

ABSTRACT TESI: L'analisi del fattore ventilativo riveste un ruolo interessante per la comprensione delle condizioni di comfort dello spazio urbano. Partendo dalla porosità dell'organismo architettonico, si è voluto incentrare l'attenzione su potenzialità e limiti della ventilazione naturale, analizzandone con occhio critico possibili ricadute progettuali in relazione ad uno specifico campo di indagine: la città storica. Proprio in questi brani di città, che oggi risultano essere quelli maggiormente vulnerabili dal punto di vista climatico, si deve parlare di ventilazione e di sfruttamento delle potenzialità di raffrescamento, lavorando in equilibrio quasi statico tra l'invarianza di un tessuto da tutelare e le possibili libertà progettuali. Dalla rilettura critica di conoscenze già acquisite all'esperienza sul campo, il lavoro di ricerca propone una calibrazione ed integrazione di metodi e strumenti operativi per una sistematizzazione metodologica ed operativa sul tema della ventilazione in questo specifico ambito urbano in vista di una possibile azione progettuale. Non linee guida, ma uno strumento speditivo di supporto nelle prime fasi di analisi e valutazione dell'intervento, capace di fornire una immediata verifica pratica degli assunti teorici, che si dimostri iterabile (ripetibile con facilità su realtà differenti), implementabile nel tempo e soprattutto flessibile (adattabile all'eterogeneità del reale).

ABSTRACT THESIS: The analysis of the wind factor plays an interesting role in understanding the comfort conditions of urban space. Starting from the porosity of the architectural organism, it was decided to focus attention on the potential and limits of natural ventilation, analyzing with a critical eye possible design effects in relation to a specific field of investigation: the historical city. Precisely in these parts of cities, which today are the most vulnerable from a climatic point of view, we must talk about ventilation and exploitation of the cooling potential, working in an almost static balance between the invariance of a fabric to be protected and the possible designable freedoms. From the critical reinterpretation of already acquired knowledge to the field experience, the research work proposes a calibration and integration of methods and operational tools for a methodological and operative systematization on the theme of ventilation in this specific urban area aiming to a possible design action. Not guidelines, but a supporting instrument in the early stages of analysis and evaluation of the intervention, able to provide an immediate practical verification of theoretical assumptions, which proves to be iterable (easily repeatable on different realities), implementable over time and above all flexible (adaptable to the heterogeneity of reality).

## Ventilazione naturale nella città storica

DOTTORANDO  
Gaia Turchetti

Dottorato di Ricerca  
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Sapienza Università di Roma | SAPIENZA UNIVERSITY OF ROME | ciclo cycle XXIX | nov. 2013 - oct. 2017  
Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura | DOCTORAL SCHOOL IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE  
Dipartimento di 'Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura' | 'PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE' DEPARTMENT



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato di Ricerca PIANIFICAZIONE, DESIGN, TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA  
PHD PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE

Coordinatore | Director  
Prof. Fabrizio Tucci

Curriculum PROGETTAZIONE TECNOLOGICA AMBIENTALE  
Curriculum ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL DESIGN

Coordinatore Curriculum | Curriculum Chair  
Prof. Luciano Cupelloni

## Ventilazione naturale nella città storica

Metodologie e strumenti per la valutazione speditiva del fattore ventilativo per il miglioramento delle condizioni di comfort dello spazio aperto

Dottorando | PhD Candidate Gaia Turchetti  
Supervisore | Supervisor Prof. Luciano Cupelloni  
Consulente esterno | External advisor Prof. Ivo Di Menno di Bucchianico associato CNR-IDASC

Ciclo | Cycle XXIX  
Novembre 2013 - Ottobre 2017







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA

Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

COORDINATORE

Prof. Fabrizio Tucci

CURRICULUM

Progettazione Tecnologica Ambientale

COORDINATORE CURRICULUM

Prof. Luciano Cupelloni

## Ventilazione naturale nella città storica

Metodologie e strumenti per la valutazione speditiva del fattore ventilativo per il miglioramento delle condizioni di comfort dello spazio aperto

DOTTORANDO

Gaia Turchetti

SUPERVISORE

Prof. Luciano Cupelloni

CONSULENTE ESTERNO

Prof. Ivo Di Menno di Bucchianico, associato  
CNR-IDASC

CICLO XXIX

Novembre 2013 - Ottobre 2017

## INDICE

### PARTE I INTRODUZIONE

- p.11 I. Inquadramento scientifico disciplinare  
p.13 II. Inquadramento specifico della ricerca  
i. Motivazioni e limitazioni del campo di indagine  
ii. Obiettivi generali della ricerca  
iii. Struttura, metodologia e obiettivi specifici della ricerca  
iv. Mappa concettuale della ricerca  
v. Multidisciplinarietà della ricerca  
vi. Risultati attesi  
vii. Destinatari della ricerca  
p.26 III. Pubblicazioni relative alla tesi

### PARTE II QUADRO DI RIFERIMENTO DELLA RICERCA- STATO DELL'ARTE

- CAPITOLO 1 La città come organismo: il concetto di metabolismo urbano e la ventilazione come input.  
p. 31 Abstract del capitolo
- CAPITOLO 2 La ventilazione naturale e lo spazio urbano: definizioni e fattori incidenti. Sintesi ragionata dello stato dell'arte.  
p.37 Abstract del capitolo  
p.39 2.1 Fattore di scala: livelli di lettura della ventilazione  
2.1.1 Anemometria all' urban canopy layer: microscala e sala locale  
p.44 2.2 Fattore di temperatura: l'isola di calore urbana (UHI)  
2.2.1 Le scale di valutazione della UHI  
2.2.2 Dipendenza tra isola di calore e vento  
p.60 2.3 Fattore di forma  
2.3.1 Modelli di analisi del fattore anemometrico in ambito urbano  
2.3.2 Variabili morfometriche: forma della città
- CAPITOLO 3 Sperimentazioni per la comprensione del fattore ventilativo in ambito urbano  
p.99 Abstract del capitolo
- CAPITOLO 4 Ventilazione e politiche di adattamento e mitigazione: una panoramica su strategie, piani, linee guida e sperimentazioni.  
p.119 Abstract del capitolo  
p.121 4.1 Politiche di mitigazione in ambiente urbano nei paesi dell'Unione Europea.  
p.125 4.2 Politiche di adattamento in ambiente urbano nei paesi dell'Unione Europea.  
p.141 4.3 Strategie, piani e progetti a scala locale nel territorio italiano.  
p.162 4.4 Le principali problematiche emerse.  
p.165 4.5 Vento ed acqua come 'materiali edilizi' nell'adattamento dello spazio aperto urbano.  
4.5.1 Quadro di sintesi
- CAPITOLO 5 Valutazione critica dello stato dell'arte  
p.211 Abstract del capitolo

### PARTE III VENTILAZIONE NATURALE E CITTA' STORICA. LA SPERIMENTAZIONE PROPOSTA

CAPITOLO 6 Ventilazione naturale nell'ambito della città storica. Mappa concettuale, obiettivi, metodologia e strumenti.

p.225 Abstract del capitolo

#### PARTE III.I Città storica di Roma: scala di indagine e parametri morfometrici.

CAPITOLO 7 La città storica di Roma ed il suo clima.

p.237 Abstract del capitolo

p.239 7.1 Città storica: dove intervenire.

p.242 7.2 Alcuni studi sul clima urbano della Capitale.

7.2.1 Le stazioni meteorologiche del tessuto urbano: Crea-Cma ed Arpa.

7.2.2 Isola di calore nella città di Roma: dai primi studi ad oggi.

7.2.3 La Carta della Vulnerabilità della Capitale.

CAPITOLO 8 Nuova scala di indagine e ridefinizione dei parametri morfometrici per i tessuti storici

p.263 Abstract del capitolo

p.265 8.1 La scala micro-locale: definizione della nuova scala di indagine

8.1.1 Perimetrazione della scala micro-locale.

p.270 8.2 Città storica, ridefinizione delle variabili morfometriche.

8.2.1 Da LCZ a RLCZ: parametri morfometrici dei tessuti storici della città di Roma.

8.2.2 Rielaborazioni dell'aspect ratio.

p.290 8.3 Individuazione e delimitazione delle aree di studio nella città di Roma (schede delle aree selezionate).

8.3.1 Parametri morfologici e morfometrici per la selezione delle aree di indagine.

8.3.2 Elenco delle aree di studio.

8.3.3 Delimitazione delle aree in base alla scala micro locale.

#### PARTE III.II Dalla calibrazione degli strumenti esistenti allo strumento semplificato di localizzazione dell'intervento: la riqualificazione degli spazi aperti della città storica.

CAPITOLO 9 Raccolta dei dati e calibrazione degli strumenti esistenti.

p.301 Abstract del capitolo

p.305 9.1 Dati diretti: metodologia di raccolta e strumentazioni.

9.1.1 Dati liminari al canopy layer: sintesi dei dati delle stazioni di rilevamento del centro città.

p.331 9.1.2 Misurazioni dirette al pedestrian level: valori misurati nelle aree selezionate.

p.341 9.2 Dati simulati: metodologia di raccolta. L'utilizzo del software Envi-met alla scala micro-locale per le aree selezionate.

p. 350 9.3 Dati a confronto: il fattore di calibrazione del modello.

9.3.1 Fattore di calibrazione: il confronto effettuato per la città di Roma.

CAPITOLO 10 Strumento semplificato di localizzazione dell'intervento: dal tessuto reale al modello ideale.

p.377 Abstract del capitolo



p.381	10.1	Cosa si intende per modello ideale: il nuovo modello parametrico.
p.386	10.2	Strumenti di valutazione del comfort su modello ideale: parametri ed indici utilizzati.
p.393	10.3	L'analisi ante operam.
	10.3.1	Analisi dei dati su modello ideale - Tessuto A. Il caso ante operam in condizione estiva
	10.3.2	Analisi dei dati su modello ideale – Tessuto B. Il caso ante operam in condizione estiva
p.411	10.4	Scenari di intervento su modello ideale. Il dispositivo 'acqua' e le interazioni con i flussi di vento: tipo di dispositivo, modalità di erogazione e localizzazione.
	10.4.1	La scelta del tipo di dispositivo.
	10.4.2	Localizzazione del dispositivo.
	10.4.3	Modalità di erogazione.
p.418	10.5	Casi analizzati: la selezione della condizione maggiormente performante.
p.419	10.5.1	Scenari con vasca a pavimento: tessuto A e tessuto B
p.442	10.5.2	Scenari con lama d'acqua: tessuto A e tessuto B
p.450	10.5.3	Schede di sintesi degli scenari analizzati
p.478	10.5.4	Scenari con zampilli e nebulizzazione
p.493	10.6	Sintesi dei dati raccolti e futuri sviluppi: diagrammi e deduzioni generali.

### PARTE III.III Uno strumento di supporto decisionale: schede di indagine speditiva da integrare nella pianificazione urbana.

#### CAPITOLO 11 Schede di indagine speditiva

p.503		Abstract del capitolo
p.505	11.1	Iter di stesura delle schede.
p.511	11.2	Strutturazione e interfaccia utente.

### PARTE IV CONCLUSIONI

#### CAPITOLO 12 Conclusioni

p. 525	Conclusioni e sviluppi futuri.
--------	--------------------------------

#### BIBLIOGRAFIA

p.535	i. Riferimenti bibliografici per capitolo
p.569	ii. Bibliografia generale

#### APPENDICI

p.581	Appendice A Schede delle misurazioni dirette.
p.582	A1 Schede di campo delle campagne di misurazione.
p.685	A2 Schede di analisi dei dati raccolti in situ - condizione estiva.
p.877	Appendice B Schede di confronto tra le diverse simulazioni 'calibrate' (scheda 2)
p.923	Appendice C Scenari di intervento.
p.924	C1.A Scenari con con vasca a pavimento. Schemi di riferimento tessuto A.
p.951	C1.B Scenari con con vasca a pavimento. Schemi di riferimento tessuto B.
p.968	C2.A Scenari con lama d'acqua. Schemi di riferimento tessuto A.
p.992	C2.B Scenari con lama d'acqua. Schemi di riferimento tessuto B.





PARTE I

# Introduzione





## I. Inquadramento scientifico disciplinare

La città è un 'sistema di relazioni', una realtà, parafrasando le parole di Edgar Morin, non soltanto fisica ma anche geo-psico-bio-umana (Morin, 2007) nella quale l'uomo deve rapportare l'estrinsecazione delle proprie necessità e libertà alle responsabilità ad esse connesse. In questa ottica la città viene letta come prodotto delle condizioni sociali, economiche, culturali e psicologiche di un ambiente, sintesi delle leggi generative dell'"oggetto urbano" che danno forma spaziale alle differenti relazioni. (Hillier, 1988). Il clima è uno dei fattori che influenzano, e hanno influenzato, i processi generativi di questo 'organismo' architettonico, che nasce dalla fusione tra "il subsistema tecnologico costruttivo, il subsistema ambientale climatico, il subsistema dell'organizzazione distributiva, il subsistema figurativo della articolazione formale [...]" (Los, 1990), nel tentativo di mediare tra le esigenze d'uso e quelle di *salubritas*, prima ancora che di comfort. (Butera, 2007)

Questa capacità di controllo/adattamento appare sempre relazionata in maniera inversamente proporzionale al grado di accessibilità alle risorse, così che, dalla rivoluzione industriale ad oggi, una maggiore disponibilità di materie e mezzi ha concesso all'uomo di spezzare quei rapporti di equilibrio quasi statico tipici dei primi insediamenti urbani. Questa politica ha portato nei secoli all'insorgenza della problematica energetico-ambientale dei centri urbani, che si acuisce proprio nelle aree più centrali dei tessuti urbani, inurbate in complessi organismi edilizi che ne hanno modificato gli equilibri. Si è iniziato a parlare, così, sempre più frequentemente del fenomeno dell'isola di calore urbana (UHI), conosciuto già nell'antichità, ma studiato scientificamente solo a partire dai primi dell'ottocento, quando il chimico Luke Howar registrò una differenza temperatura tra il centro della città di Londra e le zone rurali. Dalle prime ricerche ad oggi molto è cambiato nella definizione del problema, comprendendo come l'apporto del calore antropogenico, determinato dall'inquinamento in zona urbana, all'inizio inteso come elemento scatenante, sia invece solo uno dei fattori concorrenti (Colacino,

1998), mentre maggiore influenza si attribuisce a fattori morfologici e climatici del sito.

“Two primary weather characteristics affect urban heat island development: wind and cloud cover. In general, urban heat islands form during periods of calm winds and clear skies, because these conditions maximize the amount of solar energy reaching urban surfaces and minimize the amount of heat that can be convected away. Conversely, strong winds and cloud cover suppress urban heat islands.” Come emerge dalle conclusioni redatte dalla Environmental Protection Agency nel compendio “Reducing Urban Heat Islands” (Epa, 2008), la ventilazione naturale è causa di positivi effetti sull’entità dell’isola di calore che si differenziano in relazione alle condizioni climatiche a varie scale, alle caratteristiche del tessuto edilizio – da quelle morfologiche e morfometriche a quelle termiche- e, secondo alcuni studi, anche in relazione alla percentuale di abitanti. Tutti questi fattori incidono fortemente sulla definizione di intensità e direzione dei flussi anemometrici al *pedestrian level*, ovvero in quell’ambito urbano sede della socialità cittadina.

L’analisi della dinamica dei flussi in ambiente urbano, quindi, riveste particolare importanza per la comprensione delle condizioni di comfort e discomfort dello spazio dell’abitare a diverse scale, partendo dall’analisi dell’*urban structure* (dimensioni, geometrie, rapporti tra elementi costruiti e spazi aperti), e scendendo di scala, all’analisi dell’*urban fabric* (singole costruzioni, scelta dei materiali, elementi di dettaglio,...), senza dimenticare l’importante presenza dell’elemento naturale-vegetazionale/artificiale (*urban cover*) né tantomeno le problematiche relative al rapporto tra il tessuto urbano e l’uomo (*urban metabolism*). (Oke, 2006)

È chiaro che per un quadro esaustivo debbano essere presi in esame svariati fattori concorrenti sia a livello climatico sia morfologico legati alla definizione dei tessuti stessi, strettamente connessi tra loro e spesso difficilmente calcolabili. Le difficoltà che quindi appaiono evidenti riguardano la capacità di poter valutare una moltitudine di fattori concorrenti e di tradurre questi valori in dati ‘operativi’, utili al miglioramento delle situazioni di crisi riscontrate. Bisogna inoltre tener presente che la conoscenza del fattore ventilativo, come degli altri, varia a seconda della scala di indagine e del livello di approfondimento che si vuole raggiungere.

## II. Inquadramento specifico della ricerca

### i. Motivazioni e limitazioni del campo di indagine

Considerazioni riguardanti le caratteristiche sia di resilienza sia di invarianza di tessuti che caratterizzano una città vanno aggiunte al quadro fin qui presentato.

L'analisi dei fattori anemometrici è, infatti, prevalentemente collegata a realtà urbane di nuova edificazione o oggetto di ridefinizione sostanziale. In questi ambiti è possibile progettare, o riprogettare, una struttura urbana che tenga conto della ventilazione prevalente, stabilendo assi viari e singoli fronti edilizi in maniera da sfruttare il fattore ventilativo sia a livello indoor che outdoor. Ben altro discorso, invece, si deve affrontare se ci occupiamo della città consolidata ed ancor più della città storica che, per la sua stratificazione, presenta valori da preservare e valorizzare che limitano la capacità di azione.

Eppure, non deve sembrare strano anche in questi ambiti poter parlare di ventilazione e di sfruttamento delle relative potenzialità di raffrescamento, essendo proprio il cuore delle grandi città, oramai inurbato in un sistema edilizio molto più esteso, l'area maggiormente vulnerabile dell'intero organismo, nella quale si registrano i fenomeni di UHI più intensi<sup>1</sup>.

Queste considerazioni hanno portato a indirizzare la ricerca nello specifico campo di indagine della città storica, focalizzando la sperimentazione, come vedremo, su porzioni della città storica di Roma. In questi contesti, nel processo che dall'acquisizione dei dati porta alla definizione architettonica della soluzione, la maggiore attenzione va posta proprio all'analisi del dato raccolto e alla sua idonea e sinergica valutazione, base necessaria per una corretta 'scelta critica', consapevoli che intervenire anche solo con la 'semplice' manutenzione non è una operazione 'neutra' e qualsiasi 'errore' potrebbe voler dire rischiare di perdere 'dati' importanti.

1. Il dato emerge da molti studi che a livello internazionale e nazionale analizzano il clima urbano (Rif. capitolo 7).



2. Per un quadro esaustivo delle problematiche emerse si rimanda al capitolo 5, mentre nel successivo capitolo (capitolo 6) si presenta una sintesi, punto per punto, delle singole risposte che la ricerca ha individuato, indirizzando il lettore allo specifico capitolo di approfondimento.

Altra e non secondaria motivazione alla base della ricerca è la necessità di comprendere ed interpretare in chiave architettonica i fattori anemometrici in ambito outdoor. Nella maggior parte dei casi l'analisi della ventilazione in ambito architettonico è associata allo spazio interno, racchiuso nelle mura di un edificio e più facilmente controllabile. I fenomeni anemometrici in ambito outdoor, invece, sono prevalentemente appannaggio di altre discipline, quali la meteorologia e climatologia, che sebbene forniscono dati essenziali per la comprensione, tra gli altri, dei fenomeni anemometrici nel complesso habitat urbano, li misurano e interpretano con occhi diversi da quelli del progettista che interverrà sulla matericità dello spazio.

Emerge, come vedremo dall'analisi critica dello stato dell'arte, sia una mancanza di strumenti di conoscenza e valutazione del dato adatti allo specifico ambito di indagine e rivolti allo specifico target individuato -il progettista-, sia una mancanza di metodologie condivise e condivisibili che possano essere la base per la definizione di strumenti operativi applicabili a più realtà urbane.

Queste sono le principali motivazioni che, assieme alle altre problematiche riscontrate, costituiscono il punto di partenza di questa ricerca che mira a fornire risposte concrete alle singole questioni emerse<sup>2</sup>.

## ii. Obiettivi generali della ricerca

Sistematizzando e calibrando gli elementi positivi e minimizzando le problematiche delle metodologie e degli strumenti esistenti, la ricerca mira a definire una possibile risposta a livello metodologico-operativo per l'analisi dei fattori anemometrici nell'ambito delle trasformazioni dello spazio aperto della città storica, fornendo uno strumento di valutazione che permetta di acquisire una maggiore consapevolezza operativa e sia di supporto nella selezione di una o più modalità di intervento.

Pur consapevoli che gli apporti della ventilazione non sono risolutivi di una situazione di discomfort urbano, quello che si vuole fornire


è un ulteriore tassello da aggiungere alla conoscenza già più consolidata relativa ad altre pratiche progettuali volte al miglioramento del microclima urbano (dall'utilizzo di differenti materiali dell'invaso, alla sistemazione di schermature solari, a logiche di greening, etc...), valutando le differenti integrazioni tra flussi d'aria e struttura urbana nel suo insieme, con un approfondimento sugli effetti di raffrescamento evaporativo che avvengono per contatto aria-acqua.

Come indicato nel titolo, la metodologia di analisi proposta vuole essere 'speditiva', ovvero finalizzata ad ottenere una risposta 'rapida', facilitando, in prima istanza una lettura comparata tra aspetti morfologici, morfometrici e ambientali del tessuto ed aiutando nella localizzazione dei punti critici sui quali effettuare indagini di dettaglio, e fornendo, in seconda istanza, indirizzi progettuali che aiutino ad integrare il fattore ventilativo nelle prime fasi di stesura di programmi e progetti di intervento a livello urbano.

Pertanto la metodologia seguita per la ricerca stessa è stata sistematizzata e fatta convergere in schede 'speditive' di analisi, che vogliono rendere operativi gli assunti teorici acquisiti, trasformandoli in uno strumento flessibile (adattabile all'eterogeneità del reale), iterabile (ripetibile con facilità su realtà differenti) e implementabile nel tempo.

Soprattutto la flessibilità è un fattore fondamentale là dove è necessario intervenire in ambiti complessi dove prevale la logica del caso per caso. Lo strumento proposto, infatti, non vuole stabilire una standardizzazione dei comportamenti o delle azioni operative, ma essere di supporto nelle prime fasi decisionali consegnando nelle mani del progettista uno strumento in più per attivare, di concerto con le esigenze della comunità, quel processo partecipato di 'trasformazione ponderata' delle 'negatività' rintracciate, attraverso una valutazione speditiva, implementabile nel tempo ed a diverse scale, con lo scopo di risolvere il problema relativo alla difficoltà di accordare i tempi dell'analisi con i tempi della trasformazione e tentare di ricucire quel "difettoso raccordo tra ricerca scientifica e tutela pratica delle cose". (Argan, 1986)

### iii. Struttura, metodologia e obiettivi specifici della ricerca



**PARTE I**

**INTRODUZIONE**

**PARTE II**

**QUADRO DI RIFERIMENTO DELLA RICERCA- STATO DELL'ARTE**

**PARTE III**


**VENTILAZIONE NATURALE E CITTA' STORICA: LA SPERIMENTAZIONE PROPOSTA**

**PARTE III.I** Città storica di Roma: scala di indagine e parametri morfometrici.  
**PARTE III.II** Dalla calibrazione degli strumenti esistenti allo strumento semplificato di localizzazione dell'intervento: la riqualificazione degli spazi aperti della città storica.  
**PARTE III.III** Uno strumento di supporto decisionale: schede di indagine speditiva da integrare nella pianificazione urbana

**PARTE IV**

**CONCLUSIONI**

**Bibliografia**  
**Appendice**



Tralasciando la parte I, dedicata al cappello introduttivo, la ricerca consta di ulteriori 3 parti. Per ognuna delle tre parti è stato seguito uno specifico approccio metodologico relazionato ai singoli obiettivi da perseguire.

Parte	Metodologia	Obiettivi
Parte II Fase conoscitiva	Approccio interpretativo	<b>0.1.</b> Valutazione critica dello stato dell'arte <i>0.1.1.</i> Valutazione critica delle principali definizioni <i>0.1.2.</i> Comprensione dei fattori incidenti <i>0.1.3.</i> Comprensione dei principali modelli di valutazione <i>0.1.4.</i> Selezione delle principali sperimentazioni di settore <i>0.1.5.</i> Valutazione critica delle principali strategie, piani e linee guida sul tema della ventilazione e le loro integrazioni con l'elemento acqua.

Attraverso un approccio interpretativo, nella parte II si è voluto fornire una rilettura critica della letteratura di settore, interpretando con una visione progettuale alcune tra le definizioni più importanti e valutando quali siano gli input e output la cui conoscenza risulta indispensabile per individuare un 'corretto modello' di circolazione dell'aria, quale frutto sinergico tra vari fattori concorrenti.

La parte II presenta a livello teorico il tema della ventilazione in relazione a tre principali fattori di influenza:

- fattore di scala, in cui si presentano i differenti livelli di indagine del fenomeno;
- fattore di temperatura, in cui si analizzano le interazioni tra la massa termica dell'invaso e la movimentazione dei flussi;
- fattore di forma, in cui si presentano le differenti variabili, da quelle morfometriche a quelle morfologiche, che influenzano l'andamento dei flussi, e i relativi modelli di analisi;

individuando nel quadro internazionale le principali ricerche e sperimentazioni che analizzano il fattore ventilativo in ambito urbano. Si aggiunge a ciò un quadro sulle politiche di adattamento e mitigazione a livello internazionale per indagare se e come venga integrato il fattore ventilativo a livello operativo.

La terza parte è strutturata in tre sotto-parti che si sviluppano per successivi step di approfondimento.

Parte	Metodologia	Obiettivi
Parte III.I	Approccio statistico-deduttivo	<b>0.2.</b> Analisi climatica della città di Roma
Fase analitica	Approccio statistico- deduttivo/ induttivo	<b>0.3.</b> Nuova scala di indagine <b>0.4.</b> Calibrazione fattori morfometrici- nuova classificazione morfometrica RLCZ



Seguendo un primo approccio prevalentemente statistico-deduttivo, la parte III.I è dedicata alla raccolta di dati specifici del caso di studio selezionato, la città storica di Roma, per definire:

- un quadro climatico della città;
- la perimetrazione dell'ambito della ricerca;
- le aree maggiormente vulnerabili su cui focalizzare l'analisi.

Sempre nella parte III.I possiamo individuare una seconda fase in cui, partendo sia dallo stato dell'arte sia dall'analisi diretta del tessuto urbano della Capitale, si definiscono nuovi strumenti di indagine:

- una nuova scala di indagine;
- la calibrazione dei fattori morfometrici di base per la città storica, per la definizione di una nuova classificazione morfometrica, *Rome Local Climate Zone (RLCZ)*

che serviranno sia per la selezione sia per la valutazione delle singole aree di indagine.

Parte	Metodologia	Obiettivi
Parte III.II	Approccio	<b>0.5.</b> Calibrazione strumenti esistenti
Fase sperimentale	induttivo/ comparativo	<i>0.5.1</i> Raccolta e valutazione dati diretti raccolti da stazioni meteorologiche urbane <i>0.5.2</i> Raccolta e valutazione dati diretti ottenuti da campagne 'speditive' di misurazione in situ <i>0.5.3</i> Predisposizione del modello computazionale e valutazione dei dati simulati, comprensione di limiti e potenzialità degli strumenti di analisi <i>0.5.4</i> Definizione di un fattore di calibrazione degli strumenti analizzati per la validazione del modello computazionale su cui testare i vari scenari di intervento proposti.
	Approccio induttivo/ comparativo	<b>0.6.</b> Definizione di un modello morfometrico specifico per l'ambito di indagine <b>0.7.</b> Definizione di uno strumento semplificato di localizzazione dell'intervento su nuovo modello morfometrico.

---

0.7.1 Selezione maglia e scenari di intervento

**0.8.** Estrapolazione percentuali di miglioramento atteso per ogni scenario analizzato

**0.9.** Estrapolazione di osservazioni sull'interazione tra vento e tessuto urbano e tra vento, acqua e tessuto urbano.

---

Questa Parte si compone di due fasi:

- una prima fase sperimentale volta all'individuazione e raccolta dei principali dati climatici delle aree oggetto di indagine. Sono stati raccolti, quindi selezionati, gli strumenti più adatti in funzione dei dati ricercati e del livello di approfondimento desiderato ai fini dell'intervento, evidenziando potenzialità e criticità dei metodi di valutazione, da quelli diretti in situ a quelli desk basati su modelli fluidodinamici più comunemente utilizzati. Successivamente è stato effettuato un confronto tra il dato simulato e quello diretto, quest'ultimo ottenuto sperimentando operativamente una 'campagna di misurazione speditiva', definita tale in quanto finalizzata alla raccolta di dati, sufficienti e necessari per la comprensione del fattore anemometrico, con strumentazione manuale di più facile reperibilità e immediatezza di lettura, sviluppatasi nell'arco di 5 mesi (da maggio a settembre 2016 soffermandosi sulle condizioni ambientali primaverili ed estive). In base alla comparazione tra i differenti dati acquisiti è stato possibile definire un fattore di calibrazione utile per la validazione del modello computazionale che riproduce il tessuto reale su cui sarà possibile per il progettista testare i vari scenari di intervento proposti. Per la costruzione di questa parte è stato fondamentale l'apporto della sperimentazione sul campo ottenuto grazie alle campagne speditive in situ realizzate in collaborazione con il CNR-IDASC Istituto di acustica e sensoristica "Orso Mario Corbino", presso il quale è stato svolto un periodo di tirocinio (dal 1/04/2016 al 30/09/2016) funzionale alla ricerca.
- una seconda fase, anch'essa sperimentale, in cui, basandosi sui dati raccolti e sui nuovi fattori morfometrici dedotti dal tessuto reale, è stato definito un nuovo modello

morfometrico specifico per la realtà urbana analizzata. Su questo modello sono state condotte delle indagini volte sia a estrapolare ulteriori osservazioni sul comportamento dei flussi in ambito urbano -anche in interazione con altri fattori come l'acqua- sia a definire le percentuali di miglioramento atteso per ogni scenario analizzato, utili al progettista per la comparazione tra possibili scenari progettabili in termini di raffrescamento ventilativo-evaporativo.

La volontà di definire un modello semplificato per un'analisi multicriteriale, oltre a voler superare le problematiche legate alla simulazione su modelli che riproducono tessuti complessi, è strettamente connessa alla necessità di partenza di definire uno strumento speditivo -di 'rapida' risposta- che consenta la comparazione tra più scenari di intervento e sia adattabile a realtà con analoghe caratteristiche morfometriche, in un processo 'sistematizzato' di valutazione. La o le risposte ottenute saranno, ovviamente, delle risposte orientative che dovranno essere poi valutate più nel dettaglio nelle successive fasi di progetto.

Si sottolinea, infatti, che l'obiettivo non è standardizzare dei comportamenti o delle azioni progettuali, che snaturerebbero il concetto di progettazione architettonica e soprattutto di integrazione di tale progetto in tessuti estremamente fragili come quelli storici, ma sistematizzare una metodologia di analisi che implementi le basi conoscitive per una corretta azione progettuale. La predisposizione di differenti scenari semplificati, infatti, fornisce una panoramica su quelli che sono i vari fattori coinvolti e consente una valutazione speditiva delle differenti risposte in relazione al comportamento dei flussi d'aria, lasciando nelle mani del progettista la definizione 'critica' del progetto, calibrando le potenzialità, in termini anemometrici, dello spazio con le esigenze della trasformazione ponderata dello spazio.

Parte	Metodologia	Obiettivi
Parte III.III Fase propositiva	Approccio organizzativo	<b>0.10.</b> Definizione dello strumento speditivo di analisi e supporto decisionale  <i>0.10.1</i> Redazione delle schede di analisi speditiva

Questa ultima Parte III.III propone una riorganizzazione dei dati

raccolti e dedotti dalle precedenti fasi sperimentali e la redazione non di linee guida ma di uno strumento di supporto decisionale sotto forma di schede di indagine che, sistematizzando la metodologia seguita, guidano il progettista dalla fase conoscitiva fino a quella propositivo-progettuale. Tale strumento è stato pensato di facile consultazione e utilizzabile nelle prime fasi di sopralluogo dell'area di indagine.

Ultima parte (Parte IV) riguarda le conclusioni, in cui sono stati sintetizzati i risultati ottenuti, sottolineando i vari aspetti di originalità della ricerca e indicando possibili sviluppi futuri del lavoro.

In Appendice si riporta un estratto dei dati 'grezzi' raccolti durante le campagne speditive effettuate in situ, e la graficizzazione e sintesi di tutti i dati raccolti, sia diretti che desk, funzionali allo sviluppo della ricerca.

#### iv. Mappa concettuale della ricerca

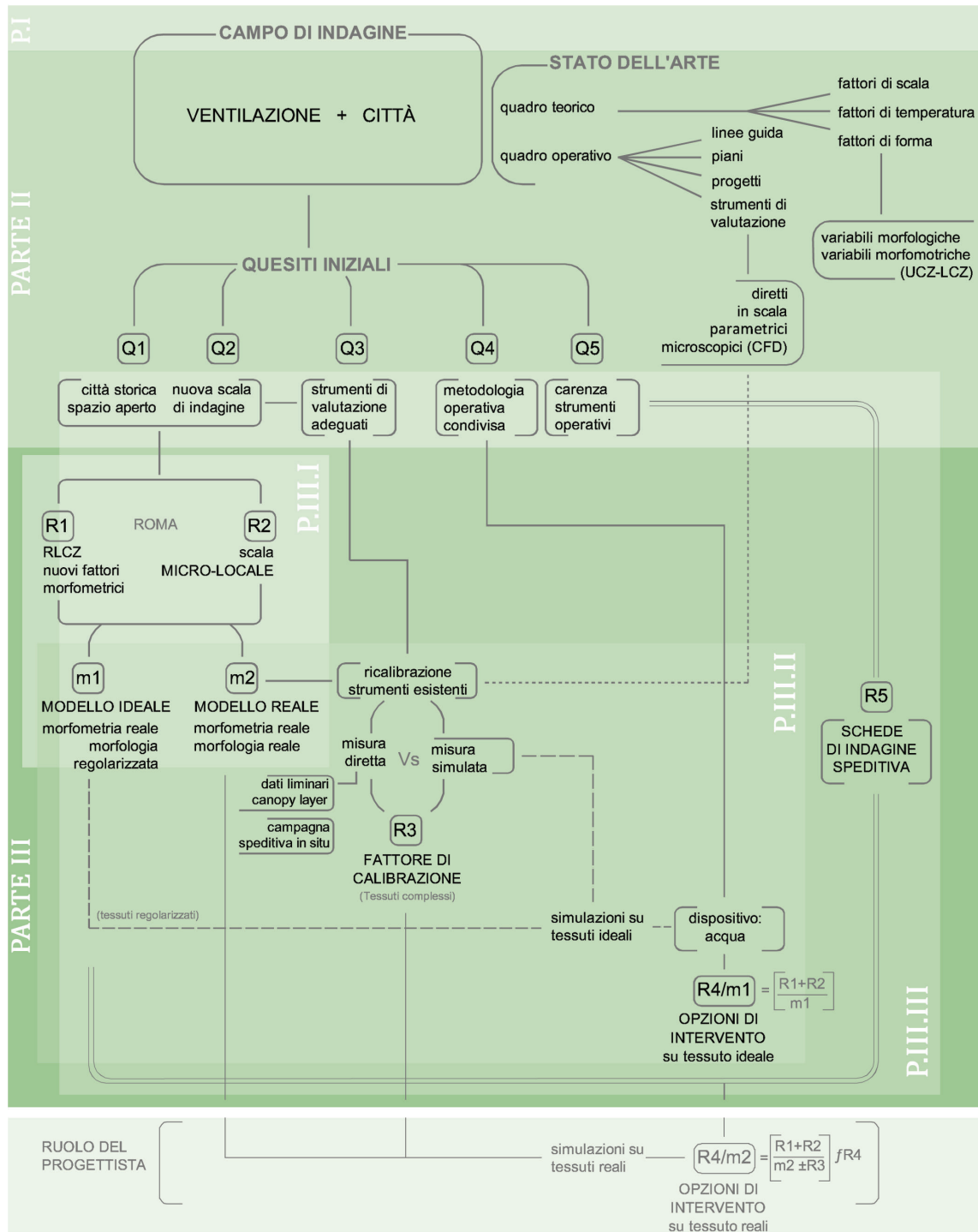
Parti, quesiti iniziali (Q) e relative risposte fornite (R) sono stati sintetizzati in una mappa concettuale che fungerà da tavola sinottica della ricerca. In ogni capitolo della parte III verrà riproposto uno stralcio di tale mappa che servirà da schema di inquadramento del capitolo nell'ambito più ampio dell'intera ricerca.

##### Legenda

Q1 quesiti iniziali

R1 risposte specifiche a/ai quesito/i

m1 modello di riferimento

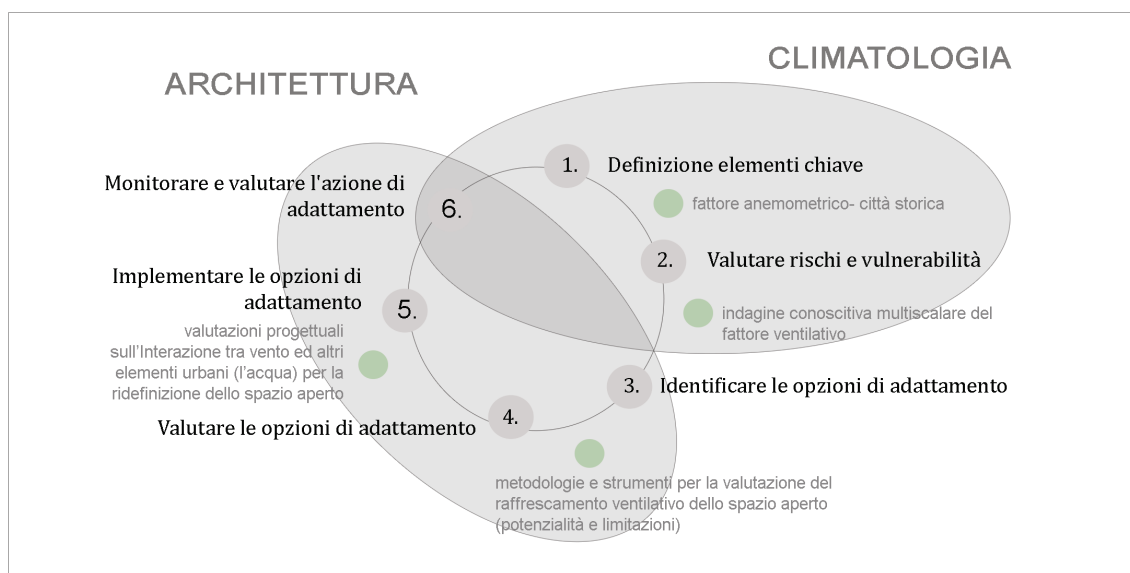


Mappa 1 Mappa concettuale della ricerca.

## v. Multidisciplinarietà della ricerca

La ricerca si inserisce nel settore disciplinate ICAR 12 (Tecnologia dell'architettura), rileggendo in chiave architettonica le basi della meteorologia e climatologia urbana e nel rispetto dei principi del restauro in ambito urbano.

Questi tre ambiti sono letti in una visione multidisciplinare che mira ad estrarre da questa 'collaborazione' un filo conduttore comune e definire una epistemologia di sintesi.



**Figura 1.** Partendo dai “campi interconnessi di equilibrio climatico” proposti da Olgay (1981) ed incrociandoli con i principali step proposti nell' *Adaptation Support Tool* (fonte EEA 2012) si ottiene un interessante quadro sinottico che mostra la multiscalarità e la multidisciplinarietà del processo di adattamento climatico, dove si inserisce il lavoro di ricerca.

## vi. Risultati attesi

La ricerca proposta mira, in prima istanza, ad offrire, nell'ambito delle politiche di adattamento specifiche per i tessuti storici, un panorama internazionale aggiornato su strategie, piani, linee guida, sperimentazioni e ricerche relative al tema della ventilazione in ambito urbano, individuando potenzialità e soprattutto limitazione degli strumenti esistenti alle varie scale, su cui poter aprire un dibattito interdisciplinare.

Partendo da queste premesse i risultati generali del lavoro riguardano prevalentemente:

- la sistematizzazione delle conoscenze, metodologie e strumentazioni esistenti;
- la calibrazione di alcuni strumenti di analisi;
- la definizione di 'nuovi' strumenti di analisi, integrando/sostituendo quelli attualmente disponibili, in relazione alla realtà urbana della città storica, al fine di sfruttare il potenziale di raffrescamento della ventilazione naturale;
- la definizione di uno strumento di supporto speditivo in fase decisionale che aiuti all'integrazione del fattore ventilativo nelle prime fasi di stesura di programmi e progetti di intervento a livello urbano;

Si riporta uno schema sintetico dei risultati specifici attesi per ogni parte della ricerca:

Parte	Risultati
Parte II	<b>R.0.</b> Quadro aggiornato a livello internazionale su politiche di adattamento, strategie, piani, linee guida, sperimentazioni e ricerche sul tema, con particolare attenzione ai tessuti storici.
Parte III	<b>R.1.</b> Nuovi fattori morfometrici della città storica (RLCZ) <b>M.1</b> Nuovo modello morfometrico per la città storica

- 
- R.2.** Nuova scala di indagine (micro-locale)
  - R.3.** Fattore di calibrazione per gli strumenti esistenti
  - R.4.** Strumenti speditivi di selezione delle opzioni di intervento, con indicazione delle percentuali di miglioramento atteso
  - R.5.** Schede di indagine speditiva
  - R.6.** Osservazioni aggiuntive sul fenomeno a scala urbana e relative interazioni

---

R: risposte ai quesiti iniziali (Q); M: modelli di riferimento.

---

## vii. Destinatari della ricerca

Come già sottolineato, uno degli obiettivi della ricerca è ri-leggere il tema della ventilazione dal punto di vista progettuale, non fermandosi alla sola comprensione del dato ma anche alla sua possibile traduzione in atto. Emerge quindi che le ricadute operative della ricerca sono rivolte principalmente al progettista quale soggetto operante a livello urbano nelle operazioni di 'rammendo' del tessuto storicizzato della città.

Accanto al progettista, possiamo individuare anche l'amministrazione pubblica quale soggetto coinvolto in tali trasformazioni, che potrebbe accogliere lo strumento proposto inserendolo nell'iter di pianificazione su vasta scala.

Infine, una parte della ricerca relativa alla definizione di un indice di calibrazione e prevalentemente centrata sugli strumenti di simulazione fluidodinamica, vede come possibili destinatari anche i singoli produttori dei programmi, con i quali aprire un dialogo sulla calibrazione di tali strumenti per la valutazione del fattore anemometrico in tessuti complessi.



### III. Pubblicazioni relative alla tesi

La ricerca è stata oggetto, per stati di avanzamento, di pubblicazioni su riviste scientifiche e presentazioni a congressi utili per un confronto diretto con il mondo scientifico e una conferma della validità del tema ricercato nel panorama internazionale di riferimento.

Si riporta brevemente l'elenco di tali pubblicazioni:

1. Turchetti, G. (2017). Urban microclimate: natural ventilation and open space in the historic city. Summary of critical evaluation on the italian and international research. *Proceedings of the 4th WTA International PhD Symposium*, 13-16 September 2017, Delft, Netherlands: 157-163. ISBN: 978-90-79216-19-2
2. Turchetti, G. (2017). Microclima urbano: ventilazione naturale e ridefinizione dello spazio della città storica/Urban microclimate: natural ventilation and space redefinition of historic city. *Urbanistica* n.157. INU Edizioni. ISSN 0042-1022
3. Turchetti, G. (2016). Microclima urbano: ventilazione naturale e ridefinizione dello spazio della città storica. In Talia M. (ed.), *Un nuovo ciclo della pianificazione urbanistica tra tattica e strategia/A new cycle of Urban Planning between Tactic and Strategy*. Planum Publisher, Roma-Milano: 120-124. ISBN 9788899237059  
(articolo selezionato per la pubblicazione in uno special issue della rivista *Urbanistica* -punto precedente)
4. Turchetti, G. (2017). Integration of passive systems to improve the environmental comfort in historic buildings: the natural ventilation. Definition of operational and design models. *How to face the scientific communication today. International challenge and digital technology impact on research outputs dissemination. Atti Seminario OSDOT 2.0 (XI)* 9 novembre 2015 e-ISBN 978-88-6453-497-8
5. Turchetti, G. (2015). La valorizzazione dell'esistente: il progetto ambientale. *REUSO 2015. III Congreso Internacional sobre documen-*

*tacion, conservacion y reutilizacion del patrimonio arquitectonico y paesajistico. - III Convegno Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica.* Editorial Universitat Politècnica de València: 643-650. ISBN 978-84-9048-386-2

6. Turchetti, G. (2015). Patrimonio culturale: coscienza sociale e progettazione. *Atti della XVIII Conferenza Nazionale SIU. Italia '45-'45. Radici, Condizioni, Prospettive.* Venezia, 11-13 giugno 2015, Roma-Milano: Planum Publisher: 1535-1539. ISBN 9788899237042



PARTE II

# Quadro di riferimento della ricerca

Stato dell'arte

## *ABSTRACT*

“The two questions that motivate me in this part of the work are “Are cities and companies, for that matter, just an extension of biology?” Are they biological – is New York a great big elephant? Microsoft a big anthill? We use those because, we can laugh at it, and we do, but the fact of the matter is biological metaphors are continually used in socioeconomic situations – the DNA of a company, the metabolism of a city. The question is, is that just a metaphor or is there something substantive about it? In what way do cities and companies behave as if they are all organisms?”<sup>1</sup>

No living structure, writes G. B. West (West, 2017), whether natural or artificial, is able to live without a continuous supply of energy that, from time to time, is transformed into something ‘useful’ for survival. All these processes of energy transformation, including ventilation, are called the metabolism that materializes at the urban level in useful energy, physical structures and waste<sup>2</sup>. (Decker, et. al. 2000).

1. Interview with Geoffrey Brian West (1940, -) British theoretical physicist, professor of the Santa Fe Institute in New Mexico, one of the leading scientists working on the identification of a theoretical model useful in describing the characteristics of the social, economic and urban dynamics of a city from a qualitative and quantitative point of view. The sameness of organisms, cities, and corporations: Q&A with Geoffrey West at <http://blog.ted.com/qa-with-geoffrey-west/>

2. The metabolic approach to studying city systems has been proposed several times under different names, but it has not been pursued rigorously beyond a few small groups. The name was first coined in 1965 to address water supplies and water and air pollution in cities. Using country-level data for the United States, rates of water, food, and fuel use and sewage, refuse, and air pollutant production were calculated for urban residents. These rates were then used to estimate the metabolism of a hypothetical American city of one million people. Cifr. Decker, et. to. (2000:716)

## CAPITOLO 1 La città come organismo: il concetto di metabolismo urbano e la ventilazione come input.

### ABSTRACT

“The two questions that motivate me in this part of the work are “Are cities and companies, for that matter, just an extension of biology?” Are they biological – is New York a great big elephant? Microsoft a big anthill? We use those because, we can laugh at it, and we do, but the fact of the matter is biological metaphors are continually used in socioeconomic situations – the DNA of a company, the metabolism of a city. The question is, is that just a metaphor or is there something substantive about it? In what way do cities and companies behave as if they are all organisms?”<sup>1</sup>

Nessuna struttura vivente, scrive G.B. West (West, 2017), che sia naturale o artificiale, è in grado di vivere senza un continuo apporto di energia che, di volta in volta, viene trasformata in qualcosa di ‘utile’ alla sopravvivenza. Tutti questi processi di trasformazione dell’energia, tra cui anche la ventilazione, prendono il nome di *metabolismo* che a livello urbano si materializza in energia utile, strutture fisiche e rifiuti<sup>2</sup>. (Decker, et. al. 2000).

1. Intervista a Geoffrey Brian West (1940, -) fisico teorico britannico, professore del Santa Fe Institute in New Mexico, uno dei principali scienziati che lavorano sull’individuazione di un modello teorico utile a descrivere le caratteristiche delle dinamiche sociali, economiche e urbanistiche di una città da un punto di vista qualitativo e quantitativo. The sameness of organisms, cities, and corporations: Q&A with Geoffrey West in <http://blog.ted.com/qa-with-geoffrey-west/>

2. “The metabolic approach to studying city systems has been proposed several times under different names, but it has not been pursued rigorously beyond a few small groups. The name was first coined in 1965 to address water supplies and water and air pollution in cities. Using country-level data for the United States, rates of water, food, and fuel use and sewage, refuse, and air pollutant production were calculated for urban residents. These rates were then used to estimate the metabolism of a hypothetical American city of one million people.” Cifr. Decker, et. al. (2000: 716)

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 32

Il concetto di metabolismo si può rintracciare, in nuce, nelle teorie dell'evoluzionismo di fine ottocento, ma sarà nel secondo dopoguerra, a seguito dei grandi cambiamenti che interessano la struttura ed il modo di vivere la città, che emergerà la necessità di affrontare problematiche complesse attraverso uno studio olistico del problema, valutando il tessuto urbano tutto come un unico organismo in cui flussi di energia e materia<sup>3</sup> si compenetrano tra loro e ne caratterizzano la linfa vitale.

Le 'materie prime' di tali scambi tra ecosistemi urbani correlati vengono schematizzati dallo scienziato americano Abel Wolman, nel suo testo *Metabolism of Cities* del 1965, dove individua tre input comuni a tutti le realtà urbane (acqua, cibo e combustibili) e tre corrispondenti output (acque reflue, rifiuti solidi e inquinamento dell'aria). (Wolman, 1965). Questi input e output saranno incrementati, secondo una logica antropica, da Eckhart Hahn, in *Ecological Restructuring*, che introduce i beni di consumo come input ed il calore disperso come output. (Siniscalco, 2010)

Si sviluppa sempre più, quindi, lo studio di questo sistema di relazioni che definisce "la nostra terra non soltanto una cosa fisica -ma- una realtà geo-psico-bio-umana" (Morin, 2007:107) nella quale l'uomo deve rapportare l'estrinsecazione delle proprie necessità e libertà alle responsabilità ad esse connesse. Nasce, o meglio rinasce, quella che Edgar Morin definisce "coscienza ecologica" in cui "le restrizioni siano sinonimo non di privazione, ma di temperanza, non di mancanza, ma di qualità.". (Morin, 2007:74)

Da questa lettura complessa del dinamico processo di flussi tra input e output come 'successione ecologica' nasce l'attenzione alle stratificazioni sociali, ambientali e del costruito, che vanno comprese e lette secondo un processo di *briefing*, ovvero lettura di sintesi in relazione alla sostenibilità di ogni fase del processo stesso<sup>4</sup>.

Terreno fertile dove avvengono tali scambi di energia e materia è principalmente lo spazio aperto che diventa, come scrive Josè Acebillo, non solo una piattaforma spaziale in cui far incontrare le diversità socio-culturali che ogni realtà urbana possiede, ma anche una piattaforma materiale dove confluiscono i flussi metabolici della città. (Acebillo, 2011).

In questo ambito, la ventilazione è uno degli input che l'organismo urbano accoglie e trasforma in energia. Pensiamo alla città come un sistema di bronchi e bronchioli che al contempo trasporta e scam-

3. "Interaction with the physical environment (energy and matter) at each level produces characteristic functional systems". Odum e Barrett (2009:4)

4. Per una più ampia trattazione del tema si fa riferimento ad alcuni testi: Hensel, Mengens, Weinstock, (2010); Spyropoulos, (2013); Coyle e Duany (2011); con particolare attenzione alla tematica del Life Cycle Assessment, ovvero valutazione del ciclo di vita: Roaf et al (2004); Cangelli e Paoletta (2001).



5. Viene riportato un breve accenno di fisiologia della ventilazione per valutare le analogie tra il sistema di ventilazione dell'organismo umano e dell'organismo città. Nava e Fanfulla (2010).

bia ossigeno con l'organismo. Nella fisiologia respiratoria il concetto meccanico di forza si traduce in pressione (ovvero la forza su un'area di riferimento), e la differenza tra la pressione atmosferica (esterna) e pressione alveolare (interna) genera quel flusso d'aria (differenza di volume/differenza di tempo) alla base dell'atto respiratorio<sup>5</sup>.

Questi 'sistemi frattali' di distribuzione dell'energia sono tipici di organismi complessi, come quello umano e si ritrovano analogamente conformati nel nostro 'organismo' urbano nel quale alle pareti dei bronchi si sostituiscono le superfici della città, siano esse gli edifici o il terreno.

Capire come sia distribuito l'"albero bronchiale" urbano e come avvenga lo scambio di energia di questa struttura organica vuol dire comprendere come funziona quel meccanismo di raffreddamento ventilativo che utilizza come fluido termovettore l'aria e come pozzi dissipatori del calore sia elementi naturali, come l'aria stessa, il terreno, l'acqua e il cielo, sia elementi artificiali quale gli edifici (Grosso, 2008), per comprendere come meglio agire.

Ovviamente in ambiente urbano esterno, così come in quello interno, la movimentazione dell'aria determinerà differenti tipologie di

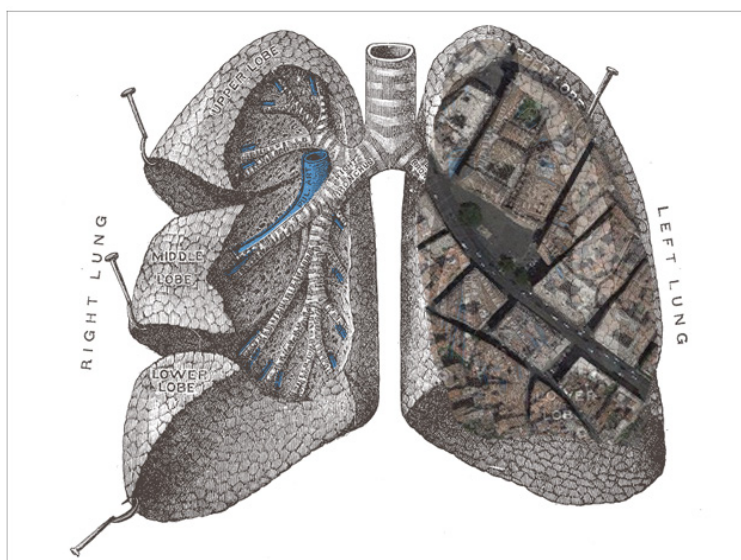


Figura 1. L'albero bronchiale urbano. Rielaborazione del disegno dell'anatomista inglese Henry Gray pubblicato in *Anatomy of the human body* del 1918.

raffrescamento sia a livello 'corporeo', sia a livello 'ambientale', sia a livello 'strutturale' ed anche benefici che possiamo valutare a livello 'psicologico'<sup>6</sup>. Ciò che varia è la possibilità di azione sulle superfici o su elementi tridimensionali integrabili con gli usi e le funzioni dell'ambiente in cui vengono inseriti, considerando e valutando quanto il singolo intervento possa incidere sulla conformazione dello spazio visto nella sua totalità.

È quindi certo che per diagnosticare le problematiche urbane vada effettuata una anamnesi completa che evidenzi quel complesso di reazioni di sintesi che si svolgono in ogni organismo vivente e che ne determinano l'accrescimento, il rinnovamento, il mantenimento, ovvero studiarne il metabolismo.

6. Analogamente a quanto definito per spazi indoor (Grosso, 2006) il raffrescamento ventilativo può esistere nelle seguenti modalità: 1) raffrescamento ventilativo corporeo (*comfort ventilation*) per scambio convettivo tra pelle ed aria, dove giocano il ruolo primario il gradiente termico tra i due corpi e l'intensità del flusso; 2) raffrescamento ventilativo ambientale (*free cooling*), che in ambito urbano è relazionato alla possibilità del flusso d'aria di entrare in contatto con 'pozzi termici' dissuasori di calore, come l'acqua, e quindi raffreddarsi; 3) raffrescamento ventilativo strutturale (*structural cooling*), prodotto dallo scambio convettivo tra l'aria e le superfici, in questo caso, dell'invaso urbano. La movimentazione d'aria a contatto con il corpo umano oltre a dare benefici oggettivi, determinati da scambi radiativi, comporta anche benefici che potremmo definire 'relativi' connessi al fattore psicologico. Per questo si potrebbe arrivare ad aggiungere una quarta modalità di raffrescamento, che potremmo definire 'raffrescamento ventilativo psicologico o relativo' che, sebbene non sia direttamente collegata ad un vero scambio termico, determina benefici a livello di comfort.

## *ABSTRACT*

The objective of this brief discussion is not to provide an exhaustive picture, but to present the main definitions and problems related to the theme of the relationship between ventilation and urban morphology, as a basis for the subsequent steps of research that see alongside the figure of the architect those experts in the field of physics, meteorology and urban climatology.

"The urban wind field is complex" (Allard and Ghiaus, 2005:82), the urban fabric, in fact, has characteristics of shape, friction and temperature that are unfavourable to the propagation of winds and breezes, reducing, drastically in some cases, the potential of flows from the point of view of cooling and improvement of air quality. Nevertheless, the analysis of the dynamics of flows in urban environments is particularly important for the understanding of comfort and discomfort conditions of living space, that is, urban metabolism, starting from the analysis of urban structure up to the analysis of urban fabric and its urban cover. (Oke, 2006). At all scales of analysis, the awareness of the existence of a close interrelationship between the various components, interdependence relationships that directly and indirectly relate outdoor comfort with indoor comfort, in the vision of the city as a complex 'urban room'<sup>1</sup>, stands firm.

The purpose of this chapter, therefore, is to re-read the main studies of ventilation in the urban context in relation to a consolidated fabric, extrapolating useful data for the evaluation of anemometric phenomena in the particular context of the historical city which, as it will be explained in part three of the research, is the specific field of research.

1. "[...] se è vero il detto dei filosofi, che la città è come una grande casa, e la casa a sua volta una piccola città, non si avrà torto sostenendo che le membra di una casa sono esse stesse piccole abitazioni..." L. B. Alberti in chapter IX of *De re aedificatoria*.

## CAPITOLO 2 La ventilazione naturale e lo spazio urbano: definizioni e fattori incidenti. Sintesi ragionata dello stato dell'arte.

### ABSTRACT

L'obiettivo di questa sintetica trattazione non è quello di fornire un quadro esaustivo, ma presentare le principali definizioni e problematiche afferenti al tema della relazione tra ventilazione e morfologia urbana, quali basi per i successivi passi della ricerca che vedono affiancarsi alla figura dell'architetto quelle di esperti nel campo della fisica, della meteorologia e climatologia urbana.

"The urban wind field is complex" (Allard e Ghiaus, 2005:82), il tessuto urbano, infatti, presenta delle caratteristiche di forma, attrito e temperatura sfavorevoli alla propagazione dei venti e delle brezze, riducendo, in alcuni casi drasticamente, la potenzialità dei flussi dal punto di vista del raffrescamento e miglioramento della qualità dell'aria.

Nonostante ciò, l'analisi della dinamica dei flussi in ambiente urbano riveste particolare importanza per la comprensione delle condizioni di comfort e discomfort dello spazio dell'abitare, ovvero dell'*urban metabolism*, partendo dall'analisi dell'*urban structure* sino all'analisi dell'*urban fabric* e della relativa *urban cover*. (Oke, 2006). A tutte le scale di analisi resta ferma la consapevolezza dell'esistenza di una stretta interrelazione tra le varie componenti, rapporti di interdipendenza che relazionano in maniera diretta e indiretta il comfort outdoor con quello indoor, nella visione della città come complessa 'stanza urbana'<sup>1</sup>.

Lo scopo di questo capitolo, quindi, è rileggere i principali studi di ventilazione in ambito urbano in relazione al un tessuto consolidato, estrapolando dati utili per la valutazione dei fenomeni anemometrici nel particolare ambito della città storica che, come verrà esplicitato nella parte terza della ricerca, è l'ambito specifico della ricerca.

1. "[...] se è vero il detto dei filosofi, che la città è come una grande casa, e la casa a sua volta una piccola città, non si avrà torto sostenendo che le membra di una casa sono esse stesse piccole abitazioni..." L.B. Alberti nel capitolo IX del *De re aedificatoria*.

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 38

## 2.1 Fattore di scala: livelli di lettura della ventilazione

Analizzando il rapporto tra morfologia urbana e clima, si possono individuare vari livelli di lettura a seconda dei parametri che si vogliono ricercare. Focalizzandosi sul tema della ventilazione, questi livelli sono prevalentemente due: un livello orizzontale e un livello verticale, che analizzeremo singolarmente.

Soffermandosi sui livelli orizzontali si possono individuare tre prevalenti scale di riferimento: la microscala, la scala locale e la mesoscala (Oke, 2006):

- a) La microscala analizza più strettamente il rapporto tra uomo e spazio aperto, considerando che ogni superficie od oggetto possiede un suo specifico microclima. Questa scala riguarda le dimensioni di singoli edifici, o singoli tratti stradali, corti interne, etc..., tenendo conto delle perturbazioni del flusso d'aria causate da piccoli ostacoli, da variazioni di superfici e temperatura presenti a brevi o brevissime distanze.
- b) La scala locale include, invece, le caratteristiche del paesaggio, a livello topografico, le caratteristiche cioè di singole porzioni di tessuto, come i quartieri, definite da simile conformazione morfologica, escludendo invece le piccole variazioni della microscala. Solitamente riguarda estensioni da uno a vari chilometri.
- c) La mesoscala analizza, infine, il rapporto tra spazio aperto e città e consente di individuare rapporti tra la scala locale e le caratteristiche climatiche generali.

Se volessimo, invece, analizzare i cambiamenti sull'asse verticale (Figura 1), dal suolo agli strati più alti dell'atmosfera, dovremmo invece far riferimento agli spessori dei diversi strati che si susseguono lungo un asse normale al suolo, influenzati direttamente dalle interazioni con la superficie terrestre, o nello specifico caso

Didascalia pagina seguente.

**Figura 1.** (a) Rappresentazione schematica dell'atmosfera urbana che illustra la classificazione a due livelli: *urban boundary* e *urban canopy layer*. Fonte: Oke (1976). (b) Possibili effetti di avvezione dovuti ad alcune interazioni con la meso-scala. Fonte: Fisher, Kukkonen, et al. (2006). (c) Graficizzazione schematica del profilo del vento in un'area urbana. La linea nera continua rappresenta l'andamento della velocità media orizzontale del vento 'u'; la linea nera tratteggiata rappresenta il completamento del profilo logaritmico teorico in prossimità dei tetti degli edifici; 'zd' è la distanza di spostamento, 'zo' la lunghezza di rugosità, 'zH' l'altezza media degli edifici, 'zr' lo spessore del substrato di rugosità. Fonte: Oke (2006) Report 81 WMO e Bonafè (2006).

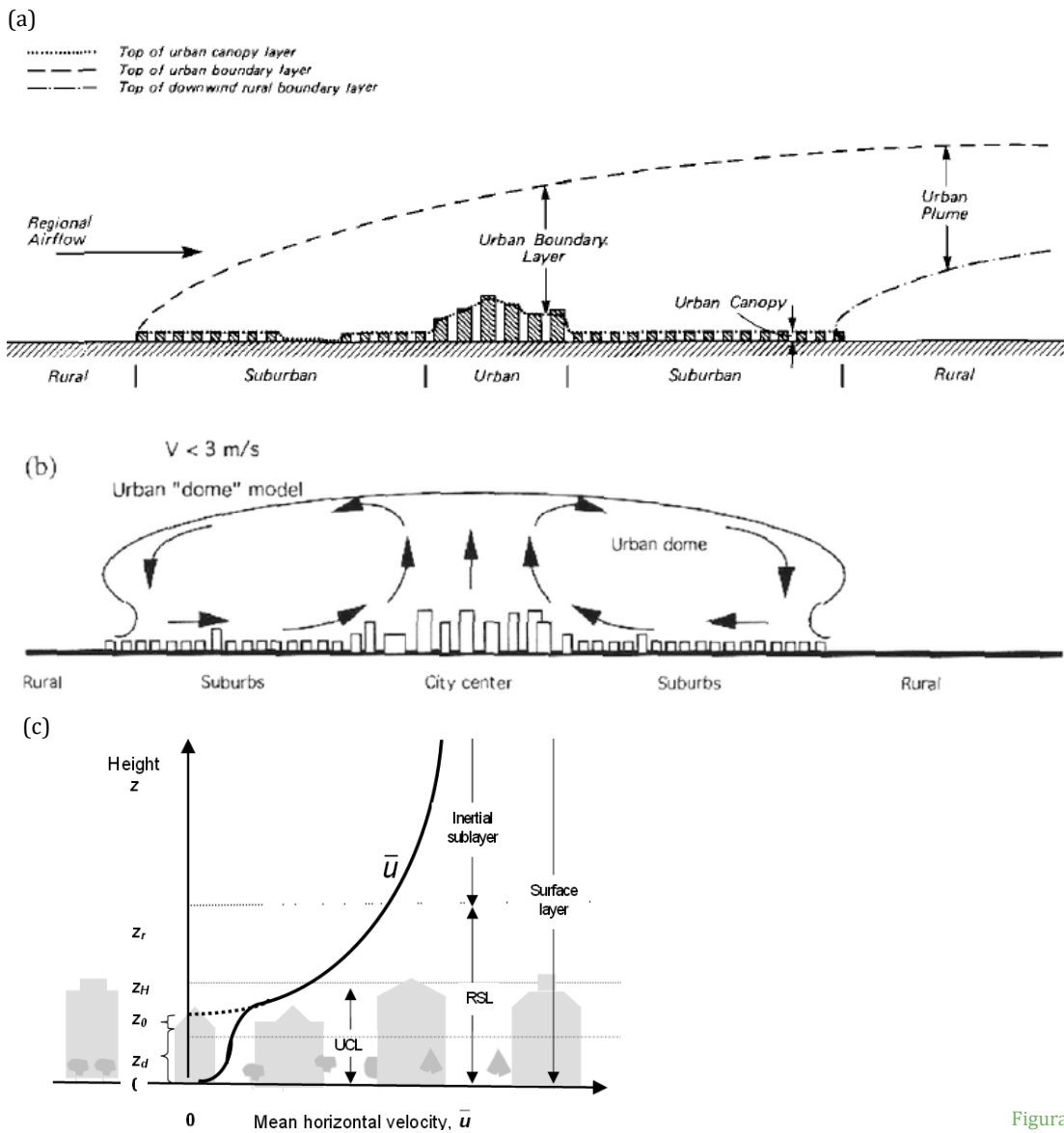


Figura 1

urbano, con la 'superficie della città'.

T.R. Oke nel 1976<sup>2</sup> individua due macro-strati dell'atmosfera urbana riferiti l'uno alla microscala e scala locale e l'altro alla meso scala (Oke, 1976:274): *urban canopy layer* (UCL), o anche definito *obstructed sub-layer* o in italiano anche *chioma d'aria urbana* (Grosso 2008:95) e *urban boundary layer* (RSL), anche definito *free surface layer* o *cupola d'aria urbana*.

La teca o chioma urbana (*urban canopy*) "consisting of the air contained between the urban roughness elements (mainly buildings). [...] is a microscale concept", è un *layer* caratterizzato dalla natura dello spazio di contorno e si estende dal livello del suolo fino al livello delle coperture degli edifici (schematizzazione, questa, maggiormente plausibile in tessuti densamente costruiti<sup>3</sup>). A questo livello gli elementi che principalmente influenzano il flusso devono essere ricercati nella conformazione della geometria urbana, sia relativa allo spazio costruito che al *pattern* delle strade e degli spazi aperti, nella scelta dei materiali, quindi nella

2. Alla fine del XIX secolo gli studi di fluidodinamica di William Froude (1810–1879) e Ludwig Prandtl (1875–1953) evidenziarono che se una superficie viene lambita da un liquido in movimento, si generano due zone distinte da due movimenti differenti del fluido: la zona di fluido indisturbato dove il movimento non subisce alterazioni generate dalla presenza della superficie e la zona di limite nella quale il moto viene modificato dalla presenza e dalle caratteristiche della superficie presente. (De Santoli, 2011: 226). Il comportamento dello strato limite individuato dai due scienziati può essere accomunato al comportamento del flusso che, seppur applicando debite schematizzazioni, si può osservare negli spazi extraurbani. Stesso principio di fondo è rintracciabile, seppure con un differente grado di complessità, analizzando le aree urbane, per la comprensione delle quali sono fondamentali gli studi di T.R. Oke e Grimmond, portati avanti dalla seconda metà del XX secolo.

3. Individuare il limite tra il *canopy* e il *boundary layer* è un'operazione complessa e presenta molti gradi di imprecisione a causa della natura della 'superficie' urbana. (Oke, 1976:275)

L'altezza della UCL è, comunque, approssimativamente equivalente

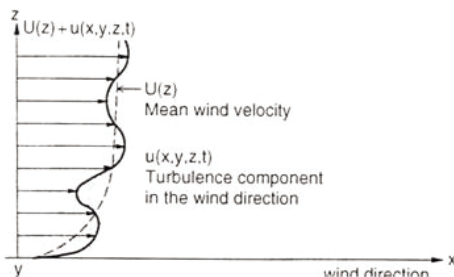


Figura 2a

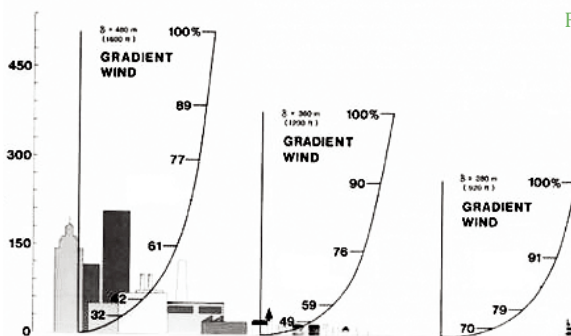


Figura 2b

Figura 2. (a) Profilo verticale di velocità istantanea e medio. (b) Altezza di gradiente per le varie tipologie di territorio. Fonte: Progetto termo fluidodinamica, Dipartimento DIISM, Università Politecnica delle Marche.



all'altezza media degli edifici  $Z_h$  (*height of mean roughness elements*). Altre 'altezze' che caratterizzano questo strato sono:

- la distanza dello spostamento  $Z_d$  (Bonafè, 2006: 12) (*zero plane displacement length* in Oke, 2006:22) che dipende dall'altezza media degli edifici e dalla loro densità.
- la lunghezza di rugosità aerodinamica  $Z_0$  (*roughness length*) parametro statico che dipende dalle caratteristiche geometriche della superficie (in termini di rugosità e di conformazione superficiale).

4. L'altezza di gradiente o anche definita *blending height* (lunghezza di mescolamento) (De Santoli, 2011:236) è altezza in cui si prevede che il flusso considerato si mescoli al flusso medio. Non è costante e dipende, in primo luogo, dalla velocità dell'aria e dal tipo di superficie terrestre su cui essa fluisce.

È stato calcolato che per luoghi con piccole asperità, quali zone desertiche o superfici del mare, lo strato limite ambientale arriva ad altezze di circa 300 metri, per regioni a elevata rugosità, come zone fortemente urbanizzate, si arriva a valori di circa 500 metri. Tali valori si riferiscono a condizioni di stabilità termica atmosferica, ovvero situazioni in cui sono assenti i gradienti termici verticali dell'aria o, comunque, sono inferiori a  $-1\text{ }^\circ\text{C}$  ogni 100 metri di salita. Progetto termo fluidodinamica, Dipartimento DIISM, Università Politecnica delle Marche.

conformazione topografica a scala locale in cui emergono tutte quelle caratteristiche costruttive ed anche vegetazionali peculiari del sito. (Erell, Pearlmutter et al. 2011:88).

Il secondo macro livello, lo strato limite urbano (*urban boundary layer*), è riferito, invece, prevalentemente ad un concetto di mesoscala, delimitato, al suo limite inferiore, dall'area urbana stessa (limite superiore delle coperture degli edifici). Il suo limite superiore, invece, corrisponde alla quota in cui la velocità media raggiunge il suo valore massimo (e costante) definita altezza di gradiente (Figura 2) o anche *blending height o roughness sublayer*<sup>4</sup>. (Oke, 2006:22).

Analizzeremo da qui in avanti prevalentemente il livello dell'urban canopy, essendo lo strato atmosferico che meglio ci permette di descrivere il comportamento dei flussi in ambiente urbano.

### 2.1.1 Anemometria all'urban canopy layer: microscala e scala locale.

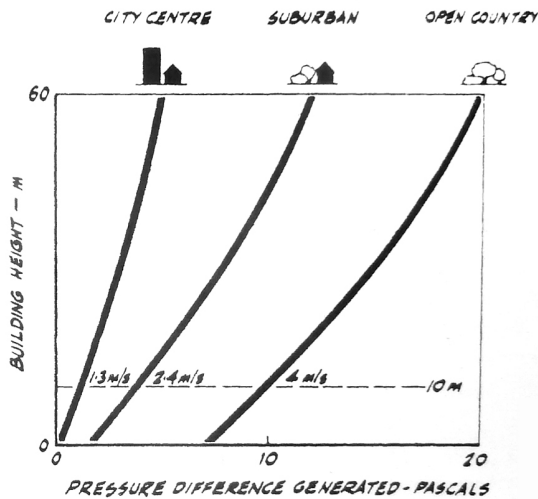
"The flow in the canopy layer is influenced by the wind in the urban boundary layer, but also depends upon the geometry of the buildings and the streets, upon the presence of other obstacle, such as trees, and upon traffic. Generally, the speed in the canopy layer is lower than in the boundary layer." (Santamouris e Wouters, 2006: posizioni nel Kindle 1101-1103).

Come già accennato nel paragrafo precedente vari sono i fattori che, in particolar modo in ambito urbano, influenzano la ventilazione e non favoriscono la propagazione dei venti e delle brezze, ostacolando di conseguenza l'azione di raffrescamento e miglioramento della qualità dell'aria.

Prendiamo il caso di un edificio isolato, calcolando un vento con velocità di  $4\text{m/s}$  ad un'altezza media di  $10\text{m}$  dal suolo "la pressione totale - per effetto del vento- che agisce sui fronti di un edificio è approssimativamente uguale alla pressione della velocità del vento" (Buono,1998:27). Differente, invece, sarà il rapporto tra velocità e

pressione in ambito urbano, dove si osserverà una riduzione dei valori rispetto a quelli calcolati in ambienti 'non disturbati' (Figura 3), causa dell'elevata rugosità del tessuto urbano che determina una riduzione di velocità dell'aria a 20m dal suolo di circa il 20-30%, con un incremento della turbolenza dal 50 al 100%. (De Santoli, 2011:250)

Figura 3. Pressione del vento indotta in un edificio posto in differenti ambiti urbani con una velocità del vento pari a 4m/s. Fonte: Buono (1998).



Selezionata la scala di indagine, quindi, verranno di seguito analizzati i principali fattori che incidono sulle potenzialità della ventilazione -temperatura e forma-, fattori caratteristici del tessuto e relazionati a direzione, velocità e frequenza dei flussi d'aria.

## 2.2 Fattore di temperatura: l'isola di calore urbana (UHI)

La valutazione del fattore di temperatura, come qui sinteticamente definito, comporta la comprensione di innumerevoli e complessi parametri, che in questa sede verranno accennati per la loro relazione con la ventilazione, focalizzando l'attenzione sul fenomeno dell'isola di calore urbana (UHI). Sebbene questo fenomeno fa riferimento principalmente alla mesoscala, scala in cui si analizzano i rapporti tra lo spazio aperto e la città tutta, è estremamente utile sintetizzarne alcuni aspetti, strettamente correlati alla ventilazione.

È verso la metà del sei-settecento, a seguito di fenomeni di raffreddamento climatico che avevano colpito prevalentemente l'Europa (Figura 4) già dalla fine del secolo precedente, che si sviluppò l'interesse, modernamente inteso, verso i cambiamenti climatici affrontando lo studio sinottico di vari parametri, grazie anche allo sviluppo di sempre più sofisticati strumenti di misura. Sarà poi dalla metà dell'ottocento che si inizierà la stesura di svariate opere climatologiche, significativo passo in avanti per la disciplina. (Cantù, 2004:43; Iafrate, 2013).

Figura 4. Laguna ghiacciata, opera di anonimo, datata 1708 (sx). Roma sotto la neve, opera di Giovanni Paolo Pannini, 1730 (dx). Fonte: Iafrate (2013).



Decisivo per la comprensione dello specifico problema dell'isola di calore sarà il testo: "The climate of London deduced from meteorological observations made in the Metropolis and at various

places around it” del chimico Luke Howard (1772-1864), un trattato di meteorologia generale, particolarmente attento ai problemi relativi a strumenti e metodi di misura. L. Howard registrò una differente temperatura tra il centro della città di Londra e le zone rurali, attribuendo tali differenze prevalentemente all’apporto del calore antropogenico determinato dall’inquinamento in zona urbana -fattore che poi si è dimostrato essere non unico e scatenante-. Studio analogo venne condotto dal francese E. Renou (1815-1902) che alla metà dell’ottocento effettuò un’analisi sulla città di Parigi. Sebbene, infatti, il fenomeno di isola di calore era conosciuto già nell’antichità, solo nell’ottocento si darà fondamento scientifico ad una valutazione che prima era prettamente percettiva. Sarà poi alla metà del xx secolo che il termine ‘isola di calore’ comparirà in letteratura per la prima volta in un articolo di Gordon Manley nel *Quarterly Journal of the Royal Meteorology*.

5. Nel sotto paragrafo successivo si affronterà il tema della dipendenza tra isola di calore e ventilazione.

Dalle prime ricerche ad oggi molto è cambiato nella definizione del problema, comprendendo come l’apporto del calore antropogenico determinato dall’inquinamento in zona urbana, all’inizio inteso come elemento scatenante, sia invece solo uno dei fattori concorrenti (Colacino, 1998), mentre maggiore influenza si attribuisce a fattori morfologici e climatici del sito<sup>5</sup>.

Il fattore della temperatura è, infatti, strettamente collegato al fattore di forma nella misura in cui la conformazione spaziale del singolo edificio o del complesso urbano facilita o riduce l’irraggiamento solare. Così un’inappropriata variazione dell’assetto urbano può determinare effetti negativi sulla temperatura dell’invaso urbano, agendo negativamente anche sulla percezione del calore. (Shishegar

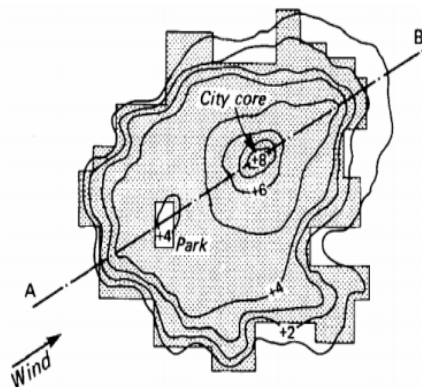


Figura 5. Isola di calore, mappa concettuale. Fonte Oke (1982). La conformazione ad “isola” delle isoterme dà il nome al fenomeno descritto. Tale conformazione spaziale presenta notevoli differenze in relazione a innumerevoli caratteristiche legate a fattori atmosferici, morfologici o morfometrici, alla percentuale di popolazione e via dicendo.

6. Uno di questi studi è stato svolto nello Stato del Maryland nel 1967 su un'area di nuova edificazione nella quale si è potuto registrare il mutamento climatico determinato dalla progressiva urbanizzazione. Altri studi riguardano altre città di 'nuova espansione' americana, come quelli di Mitchell nel 1961, o la città di Parigi -periodo di raffronto 1880-1960 come quelli di Detwiller nel 1970 (Colacino e Baldi, 1991). Per quanto riguarda la città di Roma la raccolta dei dati meteorologici ha inizio già nel 1782, anno di apertura dell'Osservatorio meteorologico del Collegio Romano, in via di Calavita, nel centro della città. La raccolta dei dati è stata pressoché costante fino ai nostri giorni ed ancora oggi la stazione è uno dei punti di riferimento per lo studio della climatologia urbana. La raccolta di dati di questa stazione ha portato già nei primi del novecento all'elaborazione di studi climatologici: da quelli di Eredia del 1911, a quelli di Bilancini del 1957, a quelli di Colacino e Dell'Osso dal 1978 (Colacino e Dell'Osso, 1978; Colacino e Baldi 1990, et al), fino agli ultimi Bollettini meteorologici disponibili.

2013). La stretta relazione tra microclima e struttura urbana è stata oggetto di numerosi studi, alcuni dei quali si sono basati su dati climatici misurati in una medesima area oggetto, in decenni differenti, di processi di urbanizzazione<sup>6</sup>. Da questi studi si è potuto rilevare che la causa più importante dell'insorgenza dell'isola di calore è il cambiamento del bilancio radiativo e non il calore emesso di origine antropogenica. (Colacino e Baldi, 1991: 19)

Prima di addentrarsi, però, in questioni specifiche, è utile un breve excursus sul significato del termine 'isola di calore' in letteratura:

T.R. Oke in *The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects* (1995):

"An urban heat island (UHI) is simply the characteristic warmth of a town or city. It is almost ubiquitous, in sense that it is found in cities of all climatic regions. It is due to human modifications of the surface and atmospheric properties which accompany urban development and is probably the best example of inadvertent climate change."

Epa, U.S. Environmental Protection Agency, in *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Basics compendium* (2008):

"What Are Urban Heat Islands?"[...] "Many urban and suburban areas experience elevated temperatures compared to their outlying rural surroundings; this difference in temperature is what constitutes an urban heat island."

Sono state scelte queste due definizioni in quanto forniscono, tra molte, una chiara spiegazione di un fenomeno complesso che è diretta dipendenza del bilancio termico e del bilancio radiativo di un'area. L'energia radiante, in termini di radiazione elettromagnetica ad onda corta (SW), raggiunge la superficie terrestre ed è in parte assorbita ed in parte riflessa. La parte assorbita viene poi riemessa sotto forma di radiazione ad onda lunga (LW infrarosso ovvero termica) nell'atmosfera.

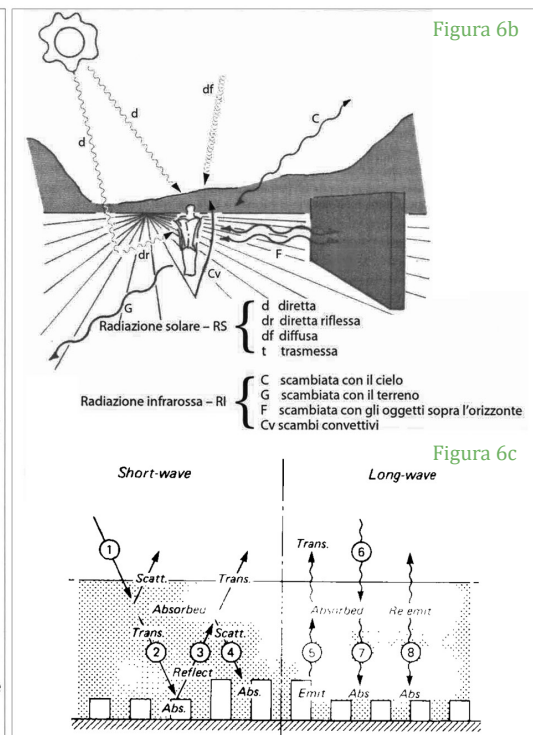
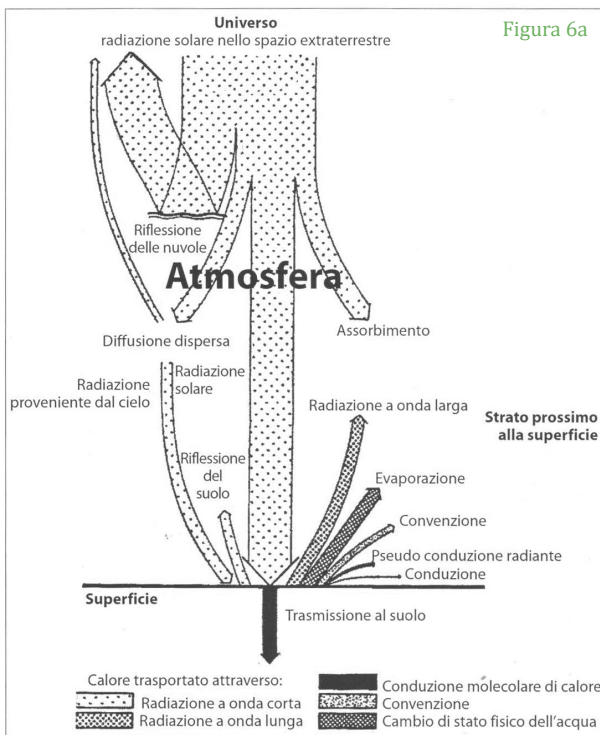
Dato che l'atmosfera risulta essere quasi opaca alla radiazione LW (mentre è quasi trasparente a quella SW), questa energia termica rimane intrappolata nell'atmosfera generando un riscaldamento

dell'aria, derivante principalmente dall'emissione del suolo e non direttamente dal sole. Quindi al calcolo del bilancio termico tipico, ad esempio, di un'area naturale:

$$Q^* + QH + QE + G = 0^7$$

vanno aggiunti coefficienti relativi agli scambi di calore con le superfici dell'edificato ( $\Delta Q_s$ ) e quello relativo alla presenza dell'elemento antropico ( $Q_f$ ) generato dalle combustioni fossili e quello relativo a fenomeni di avvezione ( $\Delta Q_a$ ). Avremo quindi una

7. Dove  $Q^*$  è la radiazione netta in tutte le lunghezze d'onda;  $H$  è il calore sensibile, assorbito o trasmesso dall'aria o dalla superficie del suolo nel corso di una variazione di temperatura;  $E$  è il calore latente, rilasciato o assorbito durante un cambiamento di stato dell'acqua;  $G$  è il calore trasmesso per conduzione dal terreno. (Di Bartolomei e Perini, 2013)



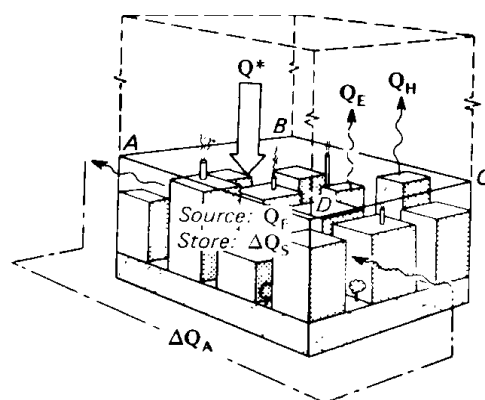
formula più complessa della precedente (Oke1988b:473) (Figura 7):

$$Q^* + Q_f = +QH + QE + \Delta Q_s + \Delta Q_a$$

Non va inoltre dimenticato che la conformazione volumetrica del tessuto urbano influenza non poco l'assorbimento della radiazione solare e quindi la relativa temperatura delle superfici, provocandone

Figura 6. I flussi energetici del sistema sole-atmosfera-terra(a); in rapporto con l'organismo umano (b) e con l'organismo urbano (c). Fonte: Olgay (1963); Scudo e Ochoa de la Torre (2003); Oke (1988b).





un aumento legato all'effetto d'intrappolamento dell'energia solare detto *solar trapping*.

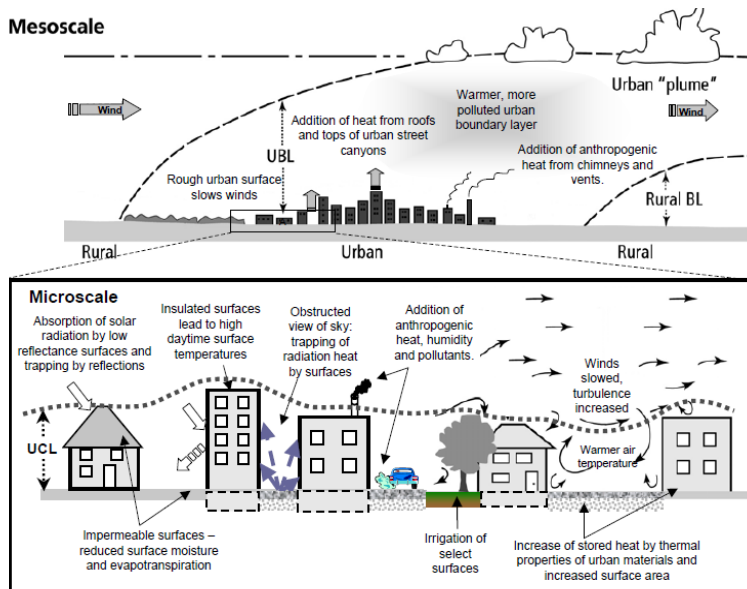
“circa il 60% della radiazione netta viene rilasciato nell'aria sotto forma di calore sensibile e il 30% è immagazzinato nei muri e strade e appena il 10% viene utilizzato per i fenomeni di evaporazione dagli eventuali spazi verdi o specchi d'acqua presenti in città. Queste percentuali variano ovviamente da città a città e da zona a zona nella città stessa.” (Spronken-Smith 2016 in Di Bartolomei e Perini, 2013; Ippolito, 2013; Gardi, 2016)

Ovviamente, al fine di individuare e studiare le caratteristiche del clima urbano è necessaria una comparazione tra un sito 'rurale' di riferimento e l'area urbana oggetto di studio, in quanto è proprio dalla comparazione tra queste due differenti realtà che è possibile desumere le specificità dell'UHI.

Nella città, in linea generale, i contrasti si evidenziano prevalentemente nel tardo pomeriggio e nelle ore dopo il tramonto -presentando la massima differenza di temperature dopo 2-3 ore dal tramonto- e sono prevalentemente determinati da fattori antropogenici, mentre a mezzogiorno tale differenza di temperatura tra area urbana e rurale è minore. Se invece il picco massimo si registra di notte, ciò che influisce maggiormente è la conformazione del tessuto urbano stesso in relazione al tipo di superfici, alla loro permeabilità ed alla ventilazione, (Colacino, Baldi 1991: 16-17; Musco e Fregolent, 2014a). Va inoltre sottolineato che il fenomeno dell'UHI non è solo tipico della stagione estiva ma anche

Figura 7. Bilancio energetico superficiale in ambiente urbano.  
Fonte: Oke (1988b)

di quella invernale, seppur manifestando in molti casi differenze di temperatura inferiori rispetto al caso estivo.



Recenti studi mostrano in che misura l'isola di calore e il riscaldamento urbano incidono sui consumi elettrici delle città. Da una comparazione tra undici ricerche che riguardano l'impatto della temperatura ambiente e la domanda energetica emerge che per ogni grado di aumento della temperatura, l'aumento del picco di energia elettrica varia tra 0,45% e 4,6% (Santamouris, Cartalis, et al 2015; Salata, Golasi, de Lieto Vollaro et al 2016)

### 2.2.1 Le scale di valutazione della UHI

Solitamente si parla di isola di calore senza ulteriori specifiche relative alla scala di indagine, riferendosi, in ambito urbano, al livello atmosferico del canopy layer (strato ubicato tra il suolo e l'altezza media dell'edificato). Se analizziamo più nel dettaglio il fenomeno,

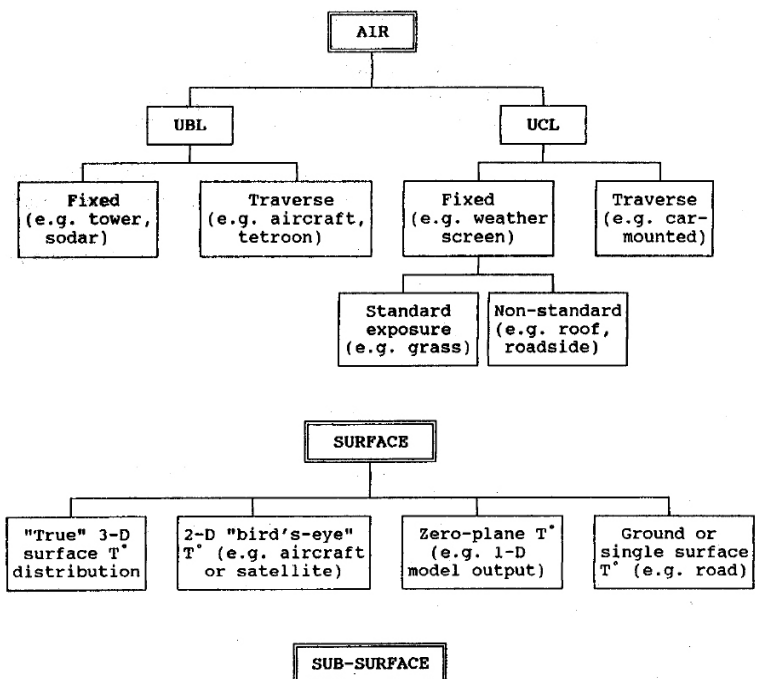
Figura 8. Urban heat island processes. Fonte: Voogt (2008)



8. Sebbene sia un fenomeno importante da valutare, soprattutto in relazione allo spostamento delle masse d'aria per differenti gradienti termico, in questa trattazione si vuole valutare il fenomeno ad una scala inferiore che, come poi vedremo, è una scala intermedia tra la microscala e la scala locale (scala micro-locale) Rif. Capitolo 7. Questa scelta ci porterà a valutare il fenomeno di UHI alla scala urbana considerando l'atmosfera al di sotto dell'altezza media dell'edificio (canopy layer). Per una trattazione del tema, comunque, si rimanda ad una vasta letteratura, tra cui: Oke (1976-1982-1987-1995-2006); Bonafè (2006); Santamouris (2007); EPA (2008); Voogt (1997-2004-2008); Asimakopoulos e Santamouris (2011); Busato, Lazzarin, Noro (2014); <http://www.urban-climate.org/>;

**Tabella 1.** Classificazione delle più comuni tipologie di isola urbana di calore e relative strumentazioni per la misura. Fonte: Oke (1995). I livelli prevalenti sono spesso indicati con gli acronimi: CLHI o CLUHI (canopy layer heat island) e BLHI (boundary layer heat island) per indicare il duplice layer a livello atmosferico (Air), SHI o SUHI (surface heat island) a livello del suolo.

sono in realtà tre i tipi di isola di calore classificati (Oke, 1995:81-82) a seconda che si misuri il fenomeno al livello dell'atmosfera (*Boundary layer* UBL e *Canopy layer* UCL), a livello del suolo, o a livello di sottosuolo. (Tabella 1). Le misurazioni di questo fenomeno ai differenti livelli differiscono per tecniche di misurazione e per risultato ottenuto, pur considerando che per ogni realtà urbana si registrano comportamenti differenti del fenomeno influenzati dagli aspetti climatici, morfologici e morfometrici specifici. "These UHI are related, of course, but the processes involved in their genesis and temporal dynamics are dissimilar." (Oke, 1995: 81). Senza questa precisazione-sottolinea Oke- sarà impossibile comprendere perché la UHI relazionata al livello di suolo (SHI) è generalmente maggiore durante il giorno, mentre quella a livello atmosferico è maggiore durante la notte e negativa durante il giorno.

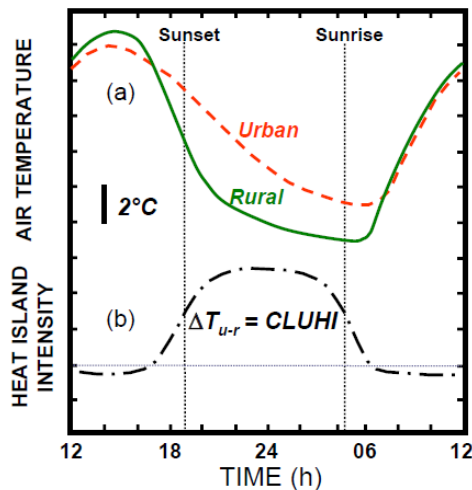


Trascurando, in questa breve digressione, il fenomeno dell'isola di calore a livello di sottosuolo e a livello del boundary layer<sup>8</sup>, ci soffermeremo brevemente sulle principali definizioni del fenomeno al surface layer e al canopy layer, definizioni che serviranno per presentare, nei capitoli successivi, le specificità del fenomeno

rilevato nel tessuto della città di Roma<sup>9</sup>.

#### A. Isola di calore al canopy layer

Il fenomeno si registra durante tutto l'anno con picchi nella stagione estiva quando la differenza di temperatura tra aree extraurbane ed urbane si accentua. Solitamente l'acuirsi della CLHI si associa alle ore notturne (Figura 9), ma essendo strettamente correlato alle specificità di ogni area urbana, si registrano casi in cui è nella fase diurna che si registrano i più alti valori<sup>10</sup>.



Un certo numero di fattori contribuiscono alla comparsa e influenzano l'intensità dell'isola di calore, tra cui (Voogt, 2004):

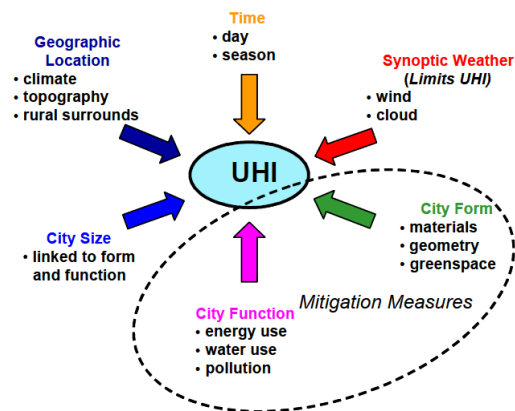
- condizioni meteorologiche: in particolare il vento e nuvole, influenzano la formazione di isole di calore. Vento calmo e cielo senza nubi determinano la crescita del fenomeno, mentre venti crescenti e nubi in aumento comportano la riduzione dell'isola di calore;
- posizione geografica: il clima e la topografia della zona, così come le caratteristiche dei dintorni rurali della città;
- ora del giorno/stagione;
- la struttura della città: dai materiali utilizzati nella costruzione, alle caratteristiche della superficie della

9. Dati riportati nel capitolo 7.

10. Negli studi di Santamouris (Asimakopoulos e Santamouris 2011) per la città di Atene si registra una maggiore temperatura nel centro della città rispetto alla periferia intorno alle ore 14:00-15:00, mentre il fenomeno va via via diminuendo alle ore 19:00.

Figura 9. Andamento della Urban heat island al canopy layer (CLUHI o CLHI). Fonte: Oke (1982).

- città -ad esempio l'albedo delle superfici urbane-, alle dimensioni dell'edificio e la spaziatura, alle proprietà termiche, e la quantità di green spaces;
- funzioni della città: il calore di origine antropica, la produzione di inquinanti nell'atmosfera urbana, il consumo energetico possono essere fattori scatenanti. Il riscaldamento antropogenico di solito ha il maggiore impatto durante la stagione invernale ma -come emerge dai dati sui consumi degli ultimi decenni- città molto densamente sviluppate possono subire un notevole riscaldamento estivo di origine antropica che deriva dall'elevato utilizzo di energia per il raffrescamento degli edifici.



Quelli presentati da Voogt sono i principali fattori che influenzano l'isola di calore urbana, causa di importanti impatti sulle condizioni di comfort sia outdoor che indoor, di qualità dell'aria e conseguentemente sulla salute umana.

#### B. Isola di calore a livello di suolo

"Surface temperature is an important boundary condition for studies of the urban atmosphere. [...] there are strong microscale variations of surface temperature that arise due to changes in radiant load with surface slope and aspect, shading, and variations in surface thermal and radiative properties." (Voogt e Oke, 1997)

Figura 10. Factor affecting Urban heat island. Fonte: Voogt (2008)

È utile un breve accenno su questo fenomeno legato strettamente alle caratteristiche fisiche e morfologiche, all'esposizione solare e alle condizioni atmosferiche cui è sottoposta la superficie urbana. L'asfalto, uno dei materiali che caratterizza in percentuale maggiore la superficie urbana di percorrenza, raggiunge in periodi di massimo irraggiamento temperature fino agli 80-90 gradi, temperatura ugualmente elevata si raggiunge, nella specificità del caso romano, su pavimentazioni in leucite (tipico materiale con cui sono realizzati i sampietrini)<sup>11</sup>.

La valutazione di questo parametro comporta la misurazione della temperatura superficiale che può essere effettuata sia in maniera puntuale, fornendo quindi dati limitati ad un'area analizzata, sia su vasta area fornendo una fotografia sulla "complete urban surface" (Figura 11).

11. Dai dati raccolti sul campo in alcune aree della città storica di Roma (Rif. Capitolo 9 e schede di campagna allegate), emerge una temperatura massima a livello di superficie fino a 50-60°C e una differenza di temperatura che può sfiorare i 10 gradi tra una zona d'ombra ed una di sole misurate alla stessa ora e a poca distanza.

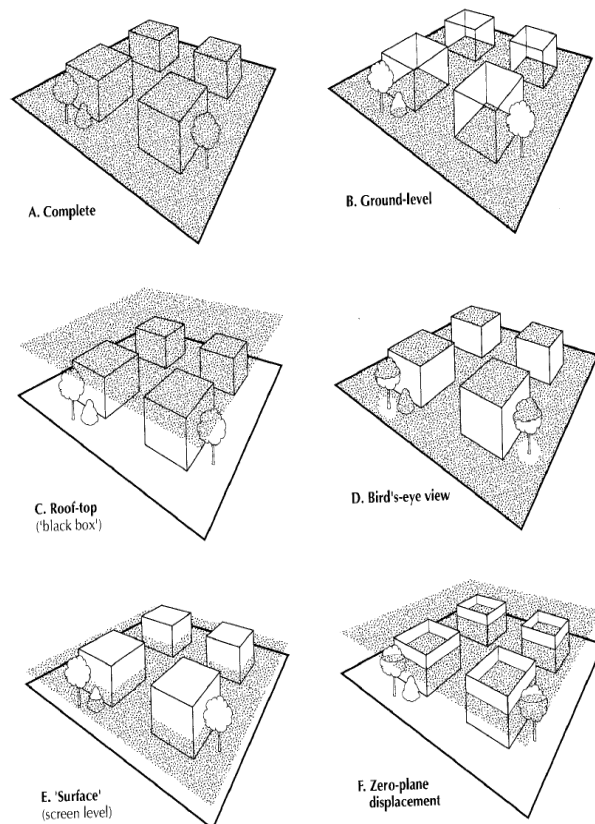


Figura 11. Schema delle diverse definizioni della superficie urbana. (A) completa, (b) a livello del suolo, (c) a livello delle coperture, (d) a volo d'uccello, (e) superficie al pedestrian level -o comunque al livello in cui sono posizionati i sensori-, (f) Zero Plane displacement. Lo Zero Plane displacement è definito, nel *Meteorology glossary* dell'American Meteorological society come "A height scale in turbulent flow over tall roughness elements associated with the average level of action of momentum transfer between the flow and the roughness elements. Fonte: Voogt e Oke (1997). La molteplicità delle definizioni comporta inevitabilmente una molteplicità nei risultati a seconda della scala di indagine, della selezione delle superfici da considerare e della definizione stabilita.

A seconda della superficie da analizzare si potranno utilizzare differenti strumentazioni: dalle termocoppie, termo-resistenze o radiometri a infrarossi (che si basano sulla misurazione indiretta della radiazione infrarossa), per aree puntuali, all'utilizzo delle tecniche di telerilevamento per aree estese (che valutano prevalentemente la *bird's-eye view*).

### 2.2.2 Dipendenza tra isola di calore e vento

Due caratteristiche meteorologiche che primariamente interessano lo sviluppo del fenomeno di isola del calore urbano sono il vento e la copertura nuvolosa. Durante i periodi di venti caldi o deboli e cieli limpidi l'intensità del fenomeno aumenta in quanto queste condizioni massimizzano la quantità di energia solare che raggiunge le superfici urbane. Se invece l'intensità del vento e/o copertura nuvolosa aumentano il fenomeno di isola di calore può diminuire, se non cessare. (Epa, 2008)

La ventilazione naturale è, pertanto, causa di positivi effetti sull'entità dell'isola di calore che si differenziano in relazione alla velocità del vento ed alle caratteristiche del tessuto edilizio che, come è noto, incide fortemente sulla definizione di intensità e direzione delle masse d'aria.

Si riportano alcuni studi in cui si rapporta il fenomeno dell'isola di calore all'intensità del flusso d'aria (Figura 12; Figura 13):

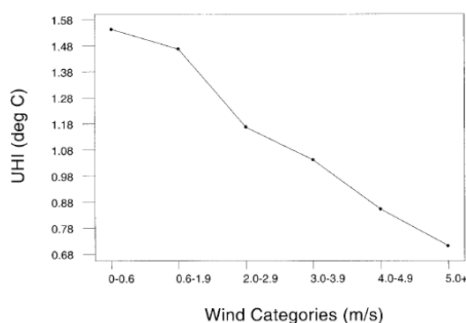
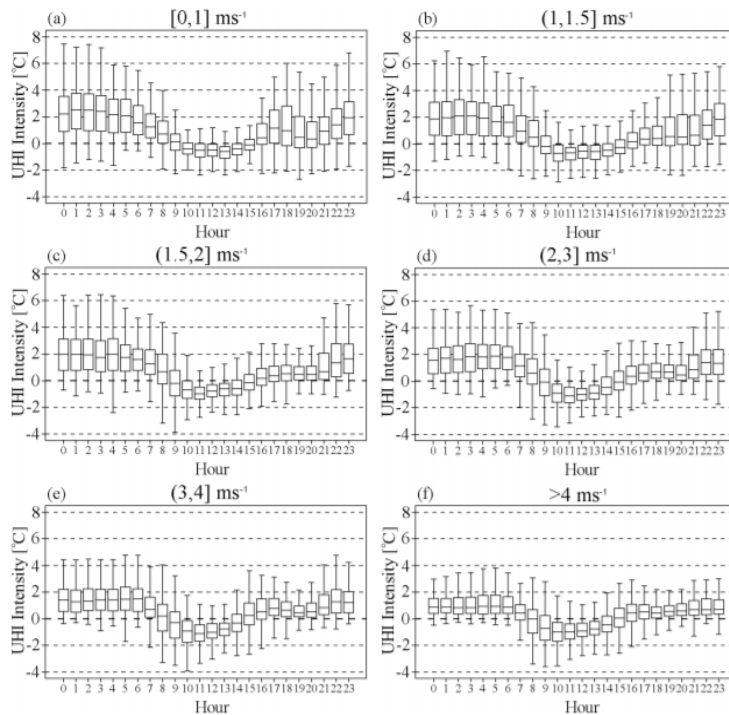


Figura 12. UHI media in relazione a sei condizioni di intensità del vento. Il grafico si riferisce ad uno studio condotto sul fenomeno isola di calore nelle principali città Australiane. Fonte: Morris et al. (2001).



12. Il Convegno, organizzato dal Dipartimento di fisica dell'Università La Sapienza di Roma, dalla Società Italiana di Meteorologia Applicata (SIMA) e dalla Società Meteorologica Subalpina (SMS) è ispirato al tema della Giornata Meteorologica Mondiale del 1997 proposta dall' Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), ed ha affrontato il tema climatico nel contesto urbano presentando studi e sperimentazioni su alcune grandi città europee tra cui Roma, Milano, Torino, Genova e Nizza.

“Le interazioni tra il vento ed il clima si possono notare sia a vasta scala che a scala locale. Ad esempio quando i venti sono deboli, il cielo pulito, il giorno soleggiato e la notte non presenta copertura nuvolosa, lo strato più basso dell’atmosfera è controllato più dagli effetti locali, nello specifico la distribuzione orizzontale e verticale delle temperature ha effetto sulla movimentazione delle masse d’aria.” (Colacino e Baldi, 1991:7)

In queste condizioni, l’intenso surriscaldamento dell’aria è strettamente legato all’influenza che l’orografia e la morfometria locale ed anche, come alcuni autori individuano, la percentuale di popolazione dell’agglomerato hanno sulla circolazione dei venti al suolo.

“[...] qualora la velocità del vento superi un dato valore, proporzionale al numero degli abitanti dell’agglomerato urbano, l’isola di calore svanisce completamente” scrivono Di Napoli e Mercalli (1998:28) in riferimento al loro studio condotto sulla città di Torino, presentato nel Convegno Internazionale sulla “Meteorologia ed aree metropolitane” tenutosi a Roma nel 1997<sup>12</sup>, un significativo

Figura 13. Dipendenza dell’isola di calore dalla velocità del vento per la città di Trento. Fonte: Giovannini L, Zardi D, de Franceschi M. (2011).

13. Il dato potrebbe essere maggiormente condiviso se modificassimo l'unità di misura indicata nel testo (Colacino e Baldi 1991:31): da m/s a Km/h. In questo caso 9,8 Km/h corrisponderebbero a 2,7 m/s.

symposium internazionale che, sebbene siano passati ormai venti anni, ha consentito un interessante dialogo ed un confronto sul tema dell'ambiente urbano alla luce dell'“emergente” problema climatico. Negli atti del convegno (Meteorologia urbana, 1998) vengono presentati importanti contributi, anche specifici sulla ventilazione in ambito urbano, con un approfondimento puntuale su alcune città estere ed italiane, tra cui la città di Roma. Questi studi hanno segnato un passo importante nella valutazione del fenomeno ventilativo e sulle potenzialità di questo fenomeno fisico nel dissipare o meglio mitigare il fenomeno, ad esempio, di isola di calore urbana.

Appare quindi evidente la stretta relazione tra ventilazione e l'entità del fenomeno dell'UHI. Quello che però alcuni autori cercano di comprendere è se possa esistere un valore limite dell'intensità di flusso oltre il quale si possa registrare la diminuzione o, come alcuni scrivono, l'eliminazione del fenomeno dell'UHI. Colacino e Baldi (1991) ci forniscono una relazione matematica che definisce un valore di  $U_{lim}$  (velocità del vento limite) oltre il quale il fenomeno di isola di calore non può essere innescato:

$$U_{lim} = 3,4 \log P - 11,6$$

Questa espressione è funzione diretta della dimensione dell'invaso urbano, relazionata in questo caso al numero di abitanti (P). In base a questa relazione matematica, gli autori hanno ipotizzato per la città di Roma un valore limite della ventilazione oltre il quale il problema dell'isola di calore non può essere innescato o si dissolve (si intende in questo caso la ventilazione al di sopra del canopy layer) pari a 9,8m/s. Ad oggi considerando il seppur minimo aumento della popolazione della città di Roma, tale valore si aggirerebbe intorno ai 10m/s. Ci si chiede, però, quanto il valore estrapolato da questa relazione matematica sia effettivamente rispondente alle condizioni reali e soprattutto qual è il valore minimo oltre il quale la ventilazione determina, non certo l'eliminazione, ma significativi benefici a livello microclimatico, dato ancora poco chiaro. Nel caso Romano, infatti, raggiungendo difficilmente -se non mai- in area urbana valori di intensità intorno ai 9-10m/s<sup>13</sup> (si consideri che il valore medio registrato dalla stazione CREACMA si aggira intorno a 2,2m/s nell'ultimo triennio), l'attenzione si deve spostare alla valutazione del fenomeno ventilativo che -come riporta M. Santamouris (2007) nella sua raccolta delle principali ricerche relative al fenomeno di UHI urbana (Tabella 3)- determina



una riduzione degli effetti di UHI se confrontato con le misurazioni effettuabili in condizioni di vento calmo.

Per la città di Torino, ad esempio, per valori di intensità del vento superiori a 7km/h, pari a 2m/sec, è stata evidenziata una dispersione del fenomeno isola di calore, sebbene i ricercatori abbiano mostrato le dovute cautele in ragione dell'esiguità dei dati registrati. (Di Napoli e Mercalli, 1998).

Alla luce di ciò, nel corso della ricerca dottorale qui presentata si cercherà in parte di ragionare su questo quesito studiando, come anticipato, proprio il tessuto della Capitale, sebbene si è ugualmente consapevoli della difficoltà di valutazione e delle limitazioni relative alla quantità dei dati presi in considerazione.

In linea con quanto detto sono anche le considerazioni presentate da N.U. Kofoed e M. Gaardsted (2004) nell'ambito del Progetto RuRos. In questo studio si relaziona la velocità del vento non solo ad effetti termici ma anche ad effetti meccanici che determinano condizioni di comfort o discomfort a livello urbano. L'analisi si riferisce ad una soglia di intensità di flusso di 5m/s (Tabella 2). Se un individuo si trova esposto ad intensità di vento pari a 5m/s per un periodo di esposizione non superiore al 6% del suo tempo di stazionamento nel sito (sia che stia seduto o fermo) allora percepirà una sensazione di comfort accettabile. La relazione si modifica se il tempo di stazionamento aumenta o se aumenta l'intensità di flusso

Attività	Area	Caratteristiche		
		A	U	VU
Camminata veloce	Pavimenti, percorsi	43%	50%	53%
Passeggiata	Parchi, strade commerciali	23%	34%	53%
Fermi in piedi/seduti per un breve periodo	Parchi, spazi urbani	6%	15%	53%
Fermi in piedi/seduti per un lungo periodo	Ristoranti all'aperto	0.1%	3%	53%

(se al di sopra di 10 m/s camminare risulta sgradevole, al di sopra di 15 m/s camminare risulta pericoloso).

“Le particolari condizioni ambientali delle aree urbanizzate

Tabella 2. “Caratteristiche dei criteri della velocità 5m/s. (A=accettabile; U= non confortevole; VU= alto discomfort/pericoloso).”

Valutando gli effetti termici del vento con velocità media di 5m/s, sono state calcolate determinate percentuali di comfort in relazione al tempo di esposizione, alle diverse condizioni di movimento del soggetto ed alle caratteristiche dell'intorno. Se, ad esempio, le persone stanno ferme o sedute in parchi o spazi aperti urbani per periodi lunghi si raggiunge una condizione di comfort (A=accettabile) solo quando la velocità del vento non supera i 5m/s per più del 6 % del tempo. Se tale % aumenta avremo situazioni di discomfort sempre maggiore, fino a raggiungere condizioni di pericolo. Viceversa se i soggetti camminano velocemente la percentuale di 'tolleranza' si alza al 43%, ma più ravvicinate saranno le soglie oltre le quali si percepirà discomfort. La tabella può essere usata per temperature dell'aria superiori ai 10°C e si suppone che le persone adattino il loro comportamento e il vestiario in base alla stagione. Fonte: Kofoed e Gaardsted (2004)



esigono, quindi, un'attenta riflessione sui meccanismi che legano il paesaggio urbano al benessere della popolazione: una massiccia presenza di manti asfaltati, cementi, laterizi, calcestruzzi e fabbricati alti (effetto canyon), associata ad una scarsa presenza di aree verdi e di specchi d'acqua, comporta minori tassi di umidità ed una alterazione sensibile e localizzata delle temperature. Il paesaggio urbano, al contrario di quello naturale, non è in grado di 'metabolizzare' i rifiuti e i residui in esso prodotti, anzi esso metabolizza e rielabora materiali che sono sostanzialmente estranei alla vita all'interno delle città. Prendere spunti dalla natura e ricorrere a elementi di infrastrutture 'naturali' come, ad esempio, parchi ricchi di biodiversità, spazi verdi, corridoi di aria fresca e specchi d'acqua, possono contribuire ad attenuare l'effetto 'isola di calore' e migliorare il microclima cittadino e lo stato di benessere.”  
(Di Bartolomei e Perini, 2013)

CITY	IMPACT OF WIND	IMPACT OF CLOUD COVER	IMPACT OF CYCLONIC AND ANTICYCLONIC CONDITIONS	PERIOD THAT THE UHI DEVELOPS
<b>SOUTHERN EUROPE</b>				
Athens, Greece	Heat island intensity is increasing under a high pressure ridge that is characterized by weak pressure gradient and weak, variable winds or calms		High pressure ridge and closed anticyclone conditions characterized by the presence of a closed anticyclone accompanied by weak winds from the southern and northern sector	Summer period
Rome, Italy	The wind action, even if not covering the effect of the UHI, determines a reduction of UHI differences with respect to those that could be recorded in the case of calm wind conditions			The heat island clearly appears either during the winter months or during the summer months with growing values from the winter toward the summer, except for December when a second maximum is found
Parma, Italy				The difference varies seasonally with the maxima in spring and summer
Florence, Italy	Maximum heat island intensity on calm days	Maximum heat island intensity on clear days		Summer period
Lisbon, Portugal	Weather types with northerly winds are associated with the highest air temperature in the downtown area, partly because of a shelter effect	Analysis performed only for cloudless nights		The seasonal variation of UHI frequency showed a maximum in wintertime

TABLE 6.1 Results of heat island studies of European cities (Cont'd)

CITY	IMPACT OF WIND	IMPACT OF CLOUD COVER	IMPACT OF CYCLONIC AND ANTICYCLONIC CONDITIONS	PERIOD THAT THE UHI DEVELOPS
Aveiro, Portugal	Intensity of the island at its maximum when there is no wind	Intensity of the island at its maximum when the sky is totally clear	Weak UHI are associated with low pressure (cyclonic) or perturbation – atmospheric instability, strong winds and cloudiness, the occurrence of precipitation. The high-intensity islands correspond to high-pressure (anticyclonic) situations – clear sky and no wind	
Madrid, Spain	Higher UHI correspond to low wind speeds	Intensity of the heat island at its maximum when the sky is totally clear	Classification of UHI values on the basis of different types of weather shows that the highest values correspond to anticyclonic situations during the cold period, and that the lowest correspond to other situations occurring during this period	Maximum at summer time
Granada, Spain	For low winds situations, the maximum differences are higher	For clear sky situations, the maximum differences are higher		Maximum differences occur during winter months
Izmir, Adana, Bursa and Gaziantep, Turkey				Urban warming is more or less equally distributed over the year with a slight increase in the autumn months

## 2.3 Fattore di forma

“The criterion, or more probably criteria, should be based on the objective(s) involved. If concern is for pedestrian comfort and safety, relationships are available to calculate the effect of winds on the thermal comfort and mechanical buffeting of persons, e.g. [...]. These, together with a knowledge of the general wind and temperature climatology and the effects of geometry, could be used to set the threshold of acceptable conditions at a given location. [...] This could be achieved via field observation or models (e.g., wind tunnel [...] or numerical [...] models). Before use it is essential that such models have been validated using field data.” (Oke, 1988: 106).

La città è caratterizzata da un mix tra vuoti e pieni relazionati secondo diversi rapporti di densità (Berghauser, Pont e Haupt 2010), dove la definizione dello spazio costruito determina e delimita quello aperto e viceversa in un mutuo rapporto tra percorsi e quinte stradali, dualità che è venuta indubbiamente meno con l'evoluzione moderna dell'idea di città, dove “roads and buildings follow their own dedicated forms”. (Marshall, 2005:6)

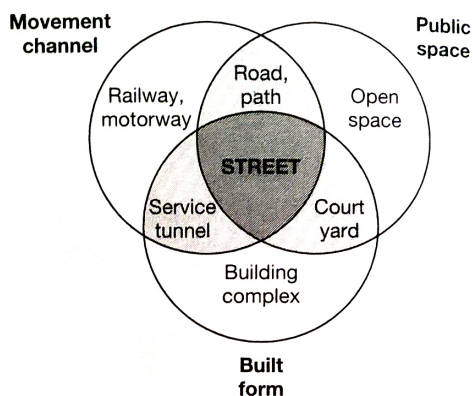


Figura 14. Elements of the street.  
Fonte: Marshall (2005).

Diversi sono i rapporti dimensionali che caratterizzano il tessuto in relazione alle varie fasi costruttive di una città, determinandone una differente definizione dello spazio, sia esso costruito che aperto. (Figura 14)

Pensiamo a come è cambiata nel tempo la facies di Roma quando, ad esempio, era il 'tempo del mercante' a scandire i ritmi e a determinare lo sviluppo di nuove quinte urbane, o come cambierà nuovamente con l'avvento di quello che potremmo definire il 'tempo dell'industria', a spese, questa volta, della percezione di un'immagine di città che diverrà "anonima e alienante, per la quale i critici ostili hanno coniato il termine distopia". (Rykwert, 2003: 22). La cultura e l'uso hanno modificato non solo il modo di percepire la città, ma la sua conformazione, adattandone i profili alle necessità del momento, quando ancora era 'lecito' trasformare ciò che la storia ci aveva tramandato<sup>14</sup>. Ecco come il tessuto della città accoglie piccole e grandi variazioni, sintomatiche di queste stratificazioni, variazioni che, ritornando al tema qui affrontato, non possono non interferire sulla definizione di differenti condizioni di ventilazione e, più genericamente, di comfort.

Prima, però, di analizzare gli specifici fattori di forma che influenzano l'andamento dei flussi, si è deciso di presentare sinteticamente i principali modelli di analisi del fattore anemometrico in ambito urbano.

### 2.3.1 Modelli di analisi del fattore anemometrico in ambito urbano.

Indagare i fenomeni fisici legati alla ventilazione urbana risulta un'operazione estremamente complessa. "In fact, they require observations taken at several horizontal positions within the city and at various vertical levels, some of them well above the average building height." (Di Sabotino, et al. 2010:1378)

È per questo che vanno trovate delle possibili strade per 'semplificare', da una parte, i dati di partenza a facilitare le operazioni di calcolo e dall'altra conservare quelle variabilità che distinguono

14. Quando ancora non si era affinato quel "modo nuovo e diverso di considerare i monumenti del passato" (Bonelli, 1963).

15. Nel capitolo 8, 9 e 10 verranno analizzati più nel dettaglio alcuni metodi di analisi relazionati a specifici modelli di calcolo, come poi analizzeremo in seguito.

16. Va fatta una precisazione sul termine 'strumenti diretti' con cui ci si riferisce ad un tipo di misurazione non solamente 'diretta' (che si basa su un confronto diretto tra grandezza da misurare e grandezza scelta come unità di misura), ma anche 'indiretta' (che si basa su un confronto tra la grandezza da misurare ed un'altra non omogenea presa come unità di misura).

la morfologia di ogni singolo tessuto.

Se si decide di analizzare il fenomeno direttamente sul campo si adotteranno delle semplificazioni in relazione, ad esempio, al numero di punti analizzati o alla relativa altezza di analisi, mentre se si decide per un'analisi 'indiretta' la principale strada di semplificazione è quella di relazionare la movimentazione dei flussi a specifiche espressioni analitiche in base alle quali si costruisce il modello di base, che potrà fornire risposte su specifici fenomeni analizzati o, in una visione olistica del problema, fornire una serie di dati in collegamento tra loro.

Vengono di seguito sintetizzate le caratteristiche dei principali modelli di analisi utilizzabili in ambito urbano, posticipando ai successivi capitoli<sup>15</sup> gli specifici approfondimenti su alcuni di questi modelli.

#### 1) Modelli a grandezza naturale

Questi modelli utilizzano come 'sagoma' direttamente il tessuto urbano reale, analizzando in specifici punti o su vasta area i dati meteorologici. Per la definizione di questo 'modello' si utilizzano prevalentemente strumenti diretti<sup>16</sup> che utilizzano differenti metodologie di misurazione a seconda della scala di indagine: dai sistemi di telerilevamento, ai sistemi di rilevamento da stazione meteorologica, fino a sistemi mobili di raccolta dati da adoperare in sede di campagna di misurazione in situ.

Le tecniche di telerilevamento, ad esempio, sono "mainly based on the combination of (statistical) image classification and the visual interpretation of Very HighResolution satellite imagery." (EEA, 2015), e ci permettono oggi di ottenere una panoramica sull'ecosistema urbano nella sua totalità. Si pensi, ad esempio, all'Atlas Urbano dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) che rientra tra i servizi di monitoraggio del suolo GMES/Copernicus. L'atlante fornisce un database utile per la comprensione delle caratteristiche dell'organismo urbano, tra cui anche alcuni fattori ambientali e nello specifico anche anemometrici (Weng, 2017), di quasi 700 grandi città dell'UE (Copernicus Land Services), mettendo a disposizione informazioni utili per un processo decisionale su

vasta scala. Indubbiamente sono dati essenziali per comprendere e localizzare le aree maggiormente vulnerabili di ogni città e poter definire una strategia d'azione che sia il più possibile rispondente alle reali necessità e peculiarità del sito. (Heidrich, Reckien et al. 2016).

Questi sistemi utilizzano una metodologia di raccolta dati che, quindi, potremmo definire 'macrometeorologica'. Ma, se da un lato si riconosce l'estrema utilità di questi dati per l'attivazione di strategie e piani alla meso-scala e scala locale, l'accuratezza dei dati forniti da tali strumenti, collegata in particolare alla risoluzione spettrale e spaziale del sensore (Mills, Bechtel et al 2017), non consente di approfondire l'analisi ad una scala più di dettaglio. Una volta, quindi, localizzata la macro area di intervento, bisogna affidarsi ad altri strumenti per comprendere a pieno la molteplicità di fattori concorrenti alla definizione ambientale dell'ambito analizzato.

Per una valutazione del dato alla scala locale si ricorre a metodi 'intermedi' prevalentemente collegati a strumenti 'di prossimità', ovvero strettamente relazionati ad un limitato campo di azione. In questo caso si fa riferimento a sistemi fissi di acquisizione dati, in cui la strumentazione è collocata in stazioni meteorologiche -site sia nelle aree aeroportuali sia nei pressi o all'interno dei centri abitati-, che ci forniscono indicazioni sulle caratteristiche del flusso al di sopra del canopy layer. Ovviamente a seconda della localizzazione della stazione otterremo differenti dati ambientali, e nello specifico anemometrici.

Fenomeno di questo ultimo decennio è il proliferare di stazioni meteorologiche 'amatoriali' che immettono in rete un'enorme mole di dati atmosferici. Esistono già diverse piattaforme in cui singoli meteo-amatori caricano i dati raccolti dalla loro strumentazione e ne consentono una facile ed aperta acquisizione, ma molto si potrebbe ancora fare per sistematizzare e soprattutto utilizzare questa consistente mole di dati raccolti.

Se invece scendiamo di scala, da quella locale a quella micro, il metodo di valutazione di riferimento è definito 'micrometeorologico' (o anemometrico) (Grimmond e Oke, 1999), e si basa su osservazioni sul campo di vento o turbolenze.

Questo metodo prevede la realizzazione di campagne di misurazioni in situ che hanno una durata media di 3-5 anni, nell'arco delle quali si raccolgono dati sul campo e se ne ricava una valutazione

17. Per un esempio si veda la scheda di progetto delle Municipalità di Hong Kong. Rif. Capitolo 3, o le schede di campagna realizzate ai fini di questa ricerca. Rif. Capitolo 9 ed allegati.

statistica. Questa analisi strumentale va preceduta da un'attenta analisi del sito, una sorta di progetto di rilievo per valutare come e dove posizionare la strumentazione<sup>17</sup>. Questo tipo di modelli sono, quindi, strettamente legati alla singola area selezionata e alla sensibilità degli strumenti utilizzati. "A sensor placed above a surface 'sees' only a portion of its surroundings. This is called the 'source area' of the instrument which depends on its height and the characteristics of the process transporting the surface property to the sensor." (Oke, 2006:6). Inoltre tale metodo di analisi non è immune da eventuali errori strumentali e/o umani di rilevamento ed interpretazione dei dati. Altra aggravante riguarda l'acquisizione e gestione dei dati raccolti, per le valutazioni statistiche. Nonostante ciò, questo metodo di analisi consente di ottenere dati che riproducono molto fedelmente la condizione reale.

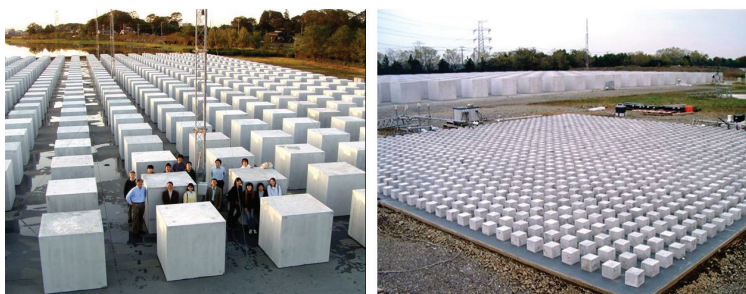
## 2) Modelli sperimentali in scala

Sono modelli che riproducono in scala un brano più o meno esteso di città. L'andamento dei flussi d'aria in questi modelli viene solitamente analizzato in galleria del vento, un'apparecchiatura in cui si simula l'andamento di un fluido (tipicamente aria) attorno ad un corpo, in questo caso attorno al modello in scala di città.

Decisa la scala adeguata del modello, si stabilisce, grazie a precedenti valutazioni in situ, il profilo del vento prevalente, in una o più direzioni e si procede dapprima a posizionare l'edificio nell'apparecchiatura, e poi a definire la griglia di punti necessaria alle rilevazioni del vento. Le misurazioni vengono eseguite con una o più sonde anemometriche che rilevano il modulo della velocità del vento lungo la direzione impostata. La simulazione del flusso in camera del vento pur permettendo di scegliere la definizione desiderata, a seconda della scala del modello, non consente, però, di valutare gli apporti termici derivanti dalle caratteristiche superficiali dell'invaso. (D'Olimpio, 2008).

Altri modelli in scala sono detti '*outdoor scale model*'. Questi modelli consentono di effettuare misure 'relativamente' complete e di ottenere dati su un'area relativamente uniforme, andando a sondare i processi fisici all'interno di una 'sagoma schematica di città' collocata all'aperto. Questi modelli forniscono risultati più semplici da interpretare rispetto ai dati reali delle città.

Due interessanti esempi sono quelli proposti da due laboratori universitari giapponesi: Crest e Cosmos (Figura 15). Questi modelli in scala forniscono un metodo alternativo per studiare il clima urbano, sebbene partendo da significative semplificazioni del dato reale.



“The specific motivations for such scale modeling of urban climate includes the need to understand (1) turbulent flow, (2) scalar dispersion, (3) local transfer coefficients, (4) radiation, and (5) energy balances. Most previous studies focus on (1) and (2). In contrast, there are relatively few studies dealing with topics (3), (4), and (5), even though these three aspects are essential ingredients of urban climate” (Kanda, 2006:23).

Per una completa somiglianza tra modello in scala e modello ‘reale’ sarebbe necessaria, infatti, una somiglianza sia geometrica che termo-dinamica dei modelli. Sebbene esistono modelli costruiti utilizzando gli stessi materiali reali, questi non riescono comunque a riprodurre le specifiche caratteristiche climatiche del sito reale, in quanto anche la sola variazione di localizzazione comporta inevitabilmente delle differenze nei risultati. Così questi modelli in scala vengono solitamente utilizzati per la validazione di modelli matematici e la raccolta di dati statistici per l’analisi di specifici fenomeni.

### 3) Modelli parametrici

Per far fronte alla ‘necessità di sintesi’ menzionata, un altro filone della ricerca si indirizza da decenni verso la parametrizzazione della morfologia urbana che nasce da una domanda di fondo:

**Figura 15.** Modelli in scala realizzati nell’ambito del progetto Cosmo (Comprehensive Outdoor Scale Model Experiment for Urban Climate) realizzato dal Nippon Institute of Technology, Saitama prefecture, Japan (36°01’N, 139°42’E). I modelli sono due e si differenziano per la scala di riduzione. Il primo è in scala 1/5 costituito da blocchi di calcestruzzo da 1,5 m per lato, con pareti di spessore 0,1 m. I blocchi sono distribuiti su pavimentazione in calcestruzzo che ha una superficie totale di 100 x 50 m. Il secondo modello è in scala 1/50 ed è stato costruito accanto a quello più grande, con simile geometria e materiali. Fonte: Progetto “Comprehensive Outdoor Scale Model Experiment for Urban Climate” (COSMO) [www.ide.titech.ac.jp](http://www.ide.titech.ac.jp).



18. “[...] I parametri e le loro interrelazioni, espressi in formule matematiche, divengono così l’espressione del nuovo linguaggio architettonico: la “struttura” nel senso delle forme e dei loro rapporti, rispondente a date funzioni di ordine pratico, etico, sociale e spirituale.” Rostagni (2008). Luigi Moretti 1907-1973.

19. Un interessante studio morfometrico è stato condotto nell’ambito del progetto Urbvent (scheda di rif. Capitolo 3).

“Does urban climate research have quantitative guidelines to offer regarding street geometry?” (Oke, 1988:103)

Certamente non si ricerca una geometria assoluta, o una risposta univoca, ma una “zona di compatibilità”, ovvero una gamma di geometrie del canyon e di densità edilizie che, massimizzando le aree di ‘riparo’ al pedestrian level e la dispersione degli agenti inquinanti o calibrando gli aspetti radiativi, possa definire una migliore qualità dello spazio urbano (Oke, 1988), ottimizzandone il comfort urbano e minimizzandone le cause di discomfort.

“[...] morphometric methods express the cities’ aerodynamics characteristics in terms of average building height  $H$ , planar area index  $I_p$ , frontal area index  $I_f$ , and other measurable parameters related to the urban morphology.” (Di Sabotino, et al. 2010:1378). Questi modelli parametrici dipendono, quindi, da un insieme finito di parametri da stimare, “parametri a cui si può ridurre la realtà, intesi come misure esprimibili numericamente”<sup>18</sup>, che vanno individuati, analizzati e messi in relazione tra loro.

In questi modelli lo ‘street canyon’ è l’unità geometrica di base.

Questa parametrizzazione della forma urbana nonostante l’esistenza di avanzati sistemi di calcolo computazionale, è ancora estremamente utile non solo per la nuova edificazione, ma anche per poter comprendere ed estrapolare dalla complessità del contesto reale esistenti particolari condizioni di flusso relazionate alla porosità urbana quali: “isolated obstacle flow, wake interference flow, and skimming flow.” (Oke, 1988:105).

Il modello parametrico utilizza, pertanto, un metodo ‘morfometrico’ (o geometrico) (Grimmond e Oke, 1999) che usa algoritmi per relazionare i parametri aerodinamici con lo studio quantitativo e comparativo dei caratteri morfologici del costruito.

Il metodo morfometrico presenta il vantaggio di poter determinare i valori ricercati senza bisogno di ricorrere a complesse misurazioni in situ, facendo, dove possibile, ricorso a database che forniscono ampie informazioni sugli ambiti di studio<sup>19</sup>. Tuttavia la maggior parte di questi studi si basano su relazioni empiriche derivanti dall’analisi in galleria del vento, su modelli geometrici che presentano caratteristiche superficiali estremamente semplificate o dove il flusso è spesso relativamente costante nella direzione, soprattutto per la difficoltà di reperire una banca dati ampia e completa. “These conditions differ from those in real cities, where wind direction is

ever changing and, even if the street pattern is relatively regular, the size and shape of individual roughness elements (mainly buildings and trees) are not regular.” (Grimmond e Oke, 1999: 1262).

Nel paragrafo successivo (2.3.2) andremo ad analizzare i singoli parametri morfometrici che definiscono il modello e che, come vedremo, saranno alla base della parte sperimentale della ricerca. (Rif. Capitolo 8, 9 e soprattutto 10).

#### 4) Modelli macro e microscopici

Ultima opzione è l'utilizzo di modelli virtuali che si basano sulla suddivisione dello spazio in volumi di controllo (celle) e sull'applicazione per ciascuna cella delle equazioni di moto dei fluidi. A seconda della dimensione di questi volumi di controllo i modelli si differenziano in macroscopici<sup>20</sup> (in cui si tralasciano le piccole variazioni delle grandezze fisiche evidenziate) e microscopici (analizzati in seguito) in cui la dimensione delle singole celle è tale da considerare, all'interno di ciascuna di esse, costante il valore della grandezza esaminata. (De Santoli, 2011:83 e 104).

I modelli microscopici sono modelli sviluppati per cercare di riprodurre il più fedelmente possibile gli aspetti microclimatici legati anche alla ventilazione e 'velocizzare' ed 'economicizzare' i processi, e fanno ricorso a metodi microscopici, detti anche CFD (*computational fluid dynamic*)<sup>21</sup>, in cui si cerca di discretizzare il dato reale rapportandolo a maglie geometriche, sempre più piccole e precise.

L'accuratezza del modello e quindi la grandezza della cella va calibrata in base ai risultati che si vogliono ottenere tenendo conto che esiste una relazione direttamente proporzionale tra la dimensione della cella e la complessità di calcolo del modello. L'operazione è, pertanto, delicata e comporta in primis l'identificazione delle risposte che si ricercano attraverso questo processo, in bilico tra il rischio di semplificare o complicare troppo il calcolo, là dove si vogliono definire griglie tanto più dense quanto più fedelmente rispondenti al dato reale. È quindi fondamentale avere chiari gli obiettivi della simulazione nell'impostazione dei dati, consapevoli che se la domanda non è ben formulata la risposta non fornirà termini utili ad elaborare dei ragionamenti. (Calcerano

20. I modelli macroscopici vengono teorizzati già all'inizio del XXI secolo dal meteorologo Napier Shaw. Questi modelli vennero applicati alla comprensione del comportamento dei flussi in ambienti indoor visti come insieme di macrocelle costituite dalle singole stanze e collegate -tramite l'equazione dell'orificio/aperture-, alle condizioni esterne.

21. Per il calcolo dei flussi anemometrici alcuni autori parlano non di CFD ma di CWE, ovvero computational wind engineering. (Murakami, Ooka et al 1999).

2014)

Le risposte che si possono ottenere dal modello dipendono, quindi, anche dall'esperienza dell'operatore nel valutare la definizione spaziale del modello, l'accuratezza, ma anche i dati di input da immettere.

Considerati questi aspetti, però, “[...] microscopic methods of computational fluid dynamics (CFD) have proven useful to predict the details of airflow (temperature and air quality) distributions within single or well-connected multiple spaces in buildings.” (Santamouris e Wouters, 2006: pos. Kindle 1793).

In questi modelli l'unità di misura base è la cella, che può essere strutturata in griglie (*mesh*) più o meno complesse che possono definirsi 'strutturate', 'non strutturate' o 'ibride'. Una *mesh* strutturata ha la caratteristica che ogni singola cella è disposta ortogonalmente o secondo coordinate regolari. Se però l'oggetto del modello presenta geometrie complesse si possono adottare *mesh* non strutturate, senza limiti di forma in quanto non costruite su una logica cartesiana. Integrando le due tipologie di griglia si possono ottenere, infine, delle griglie ibride, anche definite adattive, che a seconda della conformazione del modello adottano una definizione spaziale differente.

A seconda della griglia utilizzata si avranno differenti risposte del modello rapportate, ovviamente a diverse capacità di calcolo dello strumento utilizzato. Il calcolo, ad esempio, delle turbolenze di flusso, richiederebbe una grandezza millimetrica della cella ed una estrema complessità di calcolo che una normale strumentazione di calcolo non è in grado di supportare. Per fronteggiare questa difficoltà sono stati definiti sistemi alternativi, come i modelli K-ε, che utilizzano il numero di Reynolds, un parametro adimensionale basato su diametro e velocità media del flusso anziché quella reale.

Adottare questi modelli in ambiti outdoor complica ulteriormente la questione. Per una visione olistica dei vari fattori climatici e la valutazione delle integrazioni tra di loro e tra questi e l'uomo, è stato necessario progettare modelli combinati in grado di supportare più griglie di calcolo lette simultaneamente. Questi sistemi di griglie si definiscono 'a griglie nidificate' e consentono di analizzare, a diverse scale, differenti parametri in maniera combinata. Questi sistemi sono alla base di molti dei software CFD in commercio

appositamente calibrati per il calcolo nello spazio aperto della città<sup>22</sup>. (Figura 16).

Ad oggi il calcolo CFD basato su modelli microscopici non è solo usato come sistema di verifica, ma sempre più adoperato nella fase diagnostica e progettuale, pur con le limitazioni di cui sopra.

Alcuni studi (Acero e Herranz-Pascual, 2015; Salata et al 2016; ed altri), però, hanno fatto emergere una divergenza tra il valore della velocità del vento fornito dal modello virtuale rispetto al dato reale, problematicità che può, se non valutata, compromettere in parte il

22. Tra questi software indichiamo quello scelto ai fini della ricerca: Envi-met realizzato nel 1993 in ambito universitario dal Prof. Michael Bruse. Per un approfondimento specifico si rimanda al capitolo 9.

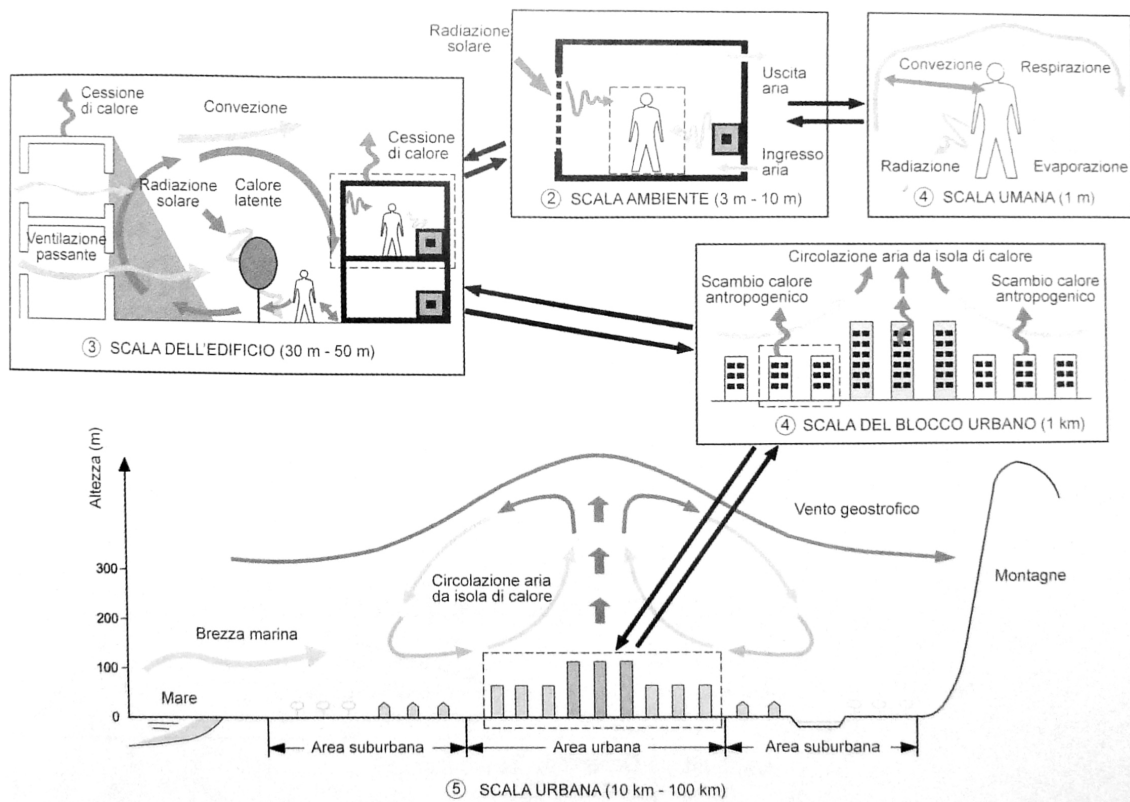


Figura 16. Schema di griglie nidificate per lo studio del clima urbano alle diverse scale. Fonte: De Santoli (2011:131).

23. Nel capitolo 9.3 si tratterà in specifico il tema della rispondenza tra dato simulato e dato reale, riportando sia i risultati dei principali studi che evidenziano queste problematiche, sia i risultati del lavoro di ricerca qui presentato con la definizione di possibili strumenti 'migliorativi'.

24. Si rimanda al capitolo 9.2 e 9.3 per un approfondimento sulle limitazioni dei modelli computazionali.

**Tabella 4.** Tabella riassuntiva delle tipologie di strumenti, modalità di raccolta del dato e relativo scopo della misurazione per ogni modello di calcolo.

risultato<sup>23</sup>.

Da quanto letto, si ritiene, comunque, che l'analisi col metodo CFD non possa essere svincolata dall'analisi morfometrica, in virtù proprio di quella conoscenza necessaria del tessuto e delle modificazioni dell'andamento dei flussi derivanti dalle sue varianti, conoscenza fondamentale per attuare quelle semplificazioni necessarie a far funzionare anche il processo computazionale<sup>24</sup>.

A conclusione di questa sintetica trattazione si presenta una schematizzazione dei principali modelli e relativi metodi e strumenti di acquisizione dati:

Modello	Tipologia strumento	Modalità raccolta dati	Scopo della misurazione
Modello a grandezza naturale	Strumenti remoti*	Metodo macrometeorologico	raccolta dati alla scala locale, meso e macro scala
		Sistemi di telerilevamento (per propagazione e/o per riflessione come sodar, lidar, etc...)	
		Strumenti 'di prossimità'*** (fissi-mobili)	Metodo intermedio
Modelli in scala	Strumenti 'rappresentativi'***	Sistemi fissi di rilevamento - stazioni meteorologiche urbane	raccolta dati alla micro scala -al pedestrian level
		Metodo micrometeorologico	
Modelli parametrici	Strumenti parametrici	Sistemi mobili di rilevamento -campagne di misurazione in situ	
Modelli microscopici	Strumenti microscopici	Sistema automatizzato di raccolta dati - sonde anemometriche su modello	Raccolta dati ante/post progetto, scala locale e micro
		Metodo parametrico	Raccolta dati ante/post progetto, scala locale e prevalentemente micro
		Variabili parametriche	
		Metodo computazionale	Raccolta dati multiscala su modello simulato (ante/post progetto)
		CFD Computazione fluidodinamica	

Note: \*solitamente utilizzati per la valutazione dell'energia eolica di un sito attraverso il dato della velocità dell'aria e della direzione. \*\* Sebbene non sia una definizione scientifica, è stata utilizzata per far meglio comprendere il campo di azione di tali strumenti. \*\*\*Rappresentazione in scala del dato reale.

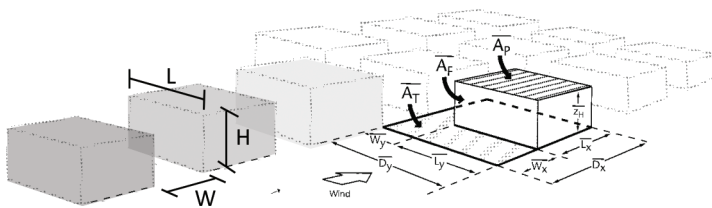
### 2.3.2 Variabili morfometriche: forma della città

Attraverso le variabili morfometriche è possibile, come visto, schematizzare la forma urbana e definire dei modelli parametrici che ne semplificano l'analisi climatica.

Le principali variabili morfometriche verranno qui presentate in relazione alla scala di indagine (punti A e B rispettivamente singolo canyon-microscala e serie di canyon-scala locale), all'orientamento del tessuto urbano rispetto al flusso prevalente (punto C), ai relativi fenomeni di turbolenza (punto D).

#### A. Analisi alla microscala: il singolo canyon.

Per comprendere la relazione tra aspetti microclimatici e morfologia urbana la strada percorsa si basa sulla definizione di vari rapporti dimensionali, riducendone la complessità alle sole grandezze essenziali: altezza, ampiezza e lunghezza e densità (espressa come rapporto tra superfici orizzontali  $\lambda_p$  e verticali  $\lambda_f^{25}$ ) (Figura 17) che rispettivamente caratterizzano lo spazio aperto così come quello costruito.



Il differente rapporto tra altezza e ampiezza dell'invaso, l'orientamento con la relativa problematica del riscaldamento superficiale sia del suolo che dei fronti dell'invaso stradale stesso e la densità con cui gli edifici sono collocati sul tessuto, determinano una modificazione del campo di flusso d'aria che li attraversa. (Figura 18 a-b-c).

Solo se si riscontano determinati rapporti dimensionali tra altezza e profondità ( $H/W$ ) si potrà parlare di *street canyon* (Figura 19),

25.  $\lambda_p$  è un parametro che indica il rapporto tra area coperta da edifici e quella non coperta ( $\lambda_p = \Sigma A_{pi} / AT$ );  $\lambda_f$  è un parametro che indica il rapporto tra area della superficie in sopravento e la superficie coperta ( $\lambda_f = \Sigma AF / AT$ ). “[...]  $\lambda_f$  represents the total area of buildings projected into the plane normal to the incoming wind direction and is a function of orientation. For a given wind direction,  $\lambda_f$  is smaller if the wind angle is oblique, rather than perpendicular, to the front face of the building. That is,  $A_{fi}$  is multiplied by a  $\sin(\theta)$  function dependent on wind angle relative to that building face.” (Di Sabotino et al. 2010:1382)

Figura 17. Parametrizzazione degli elementi che compongono il tessuto urbano. Il rapporto  $H/W$  caratterizza prevalentemente la geometria del canyon urbano, il rapporto  $L/H$  caratterizza prevalentemente gli edifici, ma anche il canyon. Fonte: rielaborazione Grimmond e Oke (1999).

26. Secondo una definizione condivisa dalla maggior parte degli studiosi un canyon urbano è schematicamente una strada con edifici allineati lungo entrambi i lati, descritta da rapporti dimensionali tra altezza e ampiezza pari o superiori a  $H/W > 0,5$  (Allard e Ghiaus, 2005; Santamouris e Wouters, 2006, ed altri)

ovverosia canyon urbano<sup>26</sup>, che al diminuire o aumentare di questi due valori si potrà definire come: *uniform street canyon* quando i rapporti dimensionali tra altezza (H) e ampiezza (W) della strada, o anche distanza tra masse costruite, si approssimano all'unità ( $H/W = 1 \sim$ ); *shallow street canyon* quando il rapporto H/W sia avvicina allo 0,5, e *deep street canyon* quando nel rapporto dimensionale prevale la verticalità del costruito rispetto allo spazio aperto ( $H/W = 2-4 \sim$ ). (Oke, 1988: 105; Allard e Ghiaus, 2005:82; Santamouris e Wouters, 2006: pos. 1104 Kindle; Shishegar, 2013: 52; et al.)

Figura 18 a

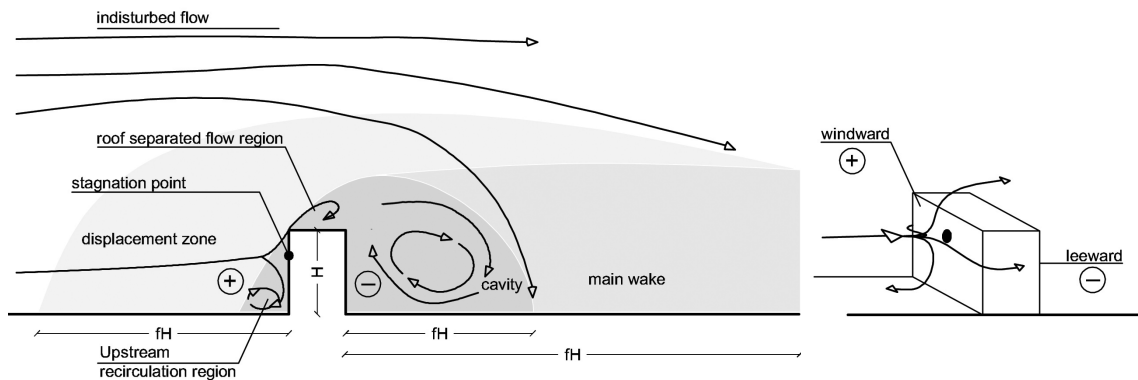


Figura 18 b

Figura 18. Vengono qui presentate schematicamente le principali definizioni e caratteristiche relative alla deviazione di un flusso dovuto alla presenza di un ostacolo singolo, assimilabile ad un edificio isolato. Questo breve inciso sarà utile per comprendere i meccanismi di base che regolano questi fenomeni in ambito urbano.

(a) Caratteristiche principali del flusso intorno ad un parallelepipedo. La *displacement zone* individua un'area cuscinetto antistante la superficie sopravvento, "[...] is a bolster eddy vortex due to flow down the windward face." (Oke, 1988: 104) L'aria spinta contro la costruzione crea pressioni relativamente alte vicino la parte

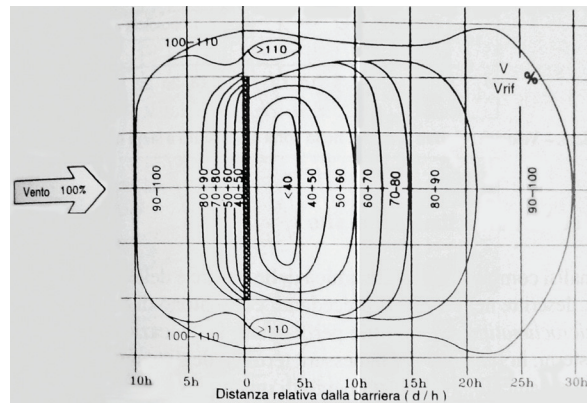
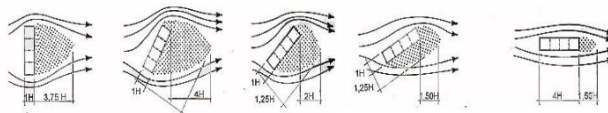


Figura 18 c





Rapportando queste prime definizioni al caso reale, vediamo come differenti rapporti dimensionali caratterizzano differenti spazi urbani, definendone alcune delle caratteristiche salienti (Figura 20).

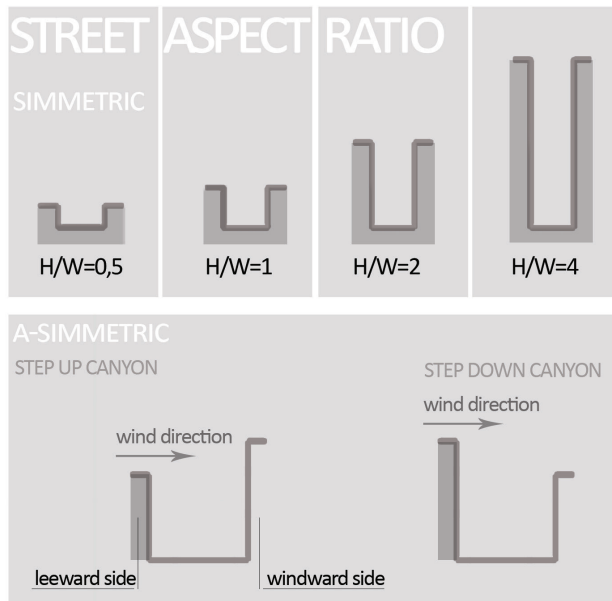


Figura 19

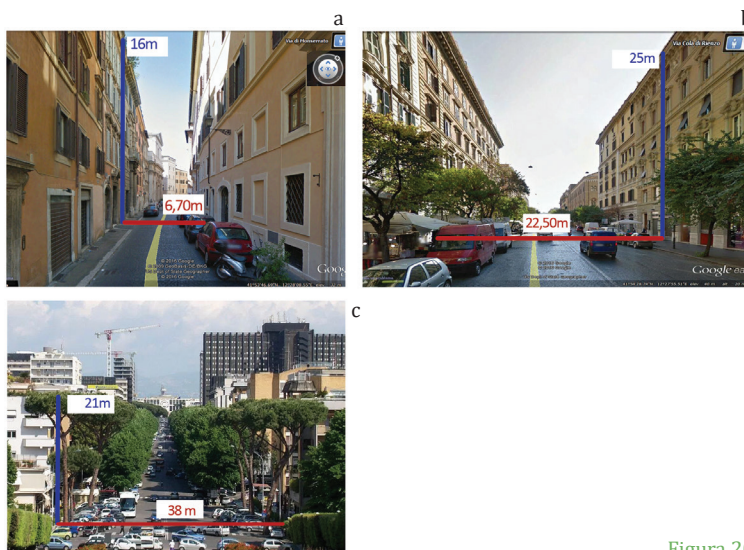


Figura 20

superiore centrale della parete mentre si identifica un 'punto di stagnazione' o 'ristagno' dove la velocità del fluido è nulla. (Erell et al. 2011: 86). Dietro l'ostacolo si forma una area di bassa pressione, denominata *cavity zone* in cui si generano vortici con direzione contraria rispetto a quella dell'aria indisturbata sommitale. Infine, con il termine *wake* si identifica la scia, ovvero la "zona del flusso a valle dell'ostacolo, all'interno dei confini della "bolla" di separazione, caratterizzata da vortici e dall'inversione della direzione di flusso al margine inferiore. Nella parte interna della scia, verso l'ostacolo – il nucleo della scia– la velocità del vento si riduce a meno del 25 % della velocità in flusso libero. [...] Forma e dimensioni della scia dipendono da quelle dell'ostacolo e dall'angolo d'incidenza del vento.". (Grosso, 2008). Rielaborazione grafica da: Ahmad, K. et al (2005); Erell et al. (2011); Grosso (2008).

(b) Riduzione percentuale della velocità del vento al suolo attorno ad un ostacolo di media porosità (in questo caso una siepe), con direzione di flusso perpendicolare. Fonte: Grosso (2008).

(c) Variazione relativa della profondità del nucleo di scia, a valle di un ostacolo solido di forma parallelepipeda, al variare della direzione del vento rispetto all'ostacolo. Fonte: Grosso (2008).

Figura 19. Schematizzazione delle caratteristiche del canyon urbano: rapporti dimensionali tra altezza ed ampiezza della strada.

Figura 20. Esempi di canyon urbani nella città di Roma in differenti



**Uno studio su Fez, Marocco.**

Erik Johanson, Housing development e management, Lund University, Sweden.

Scheda 1

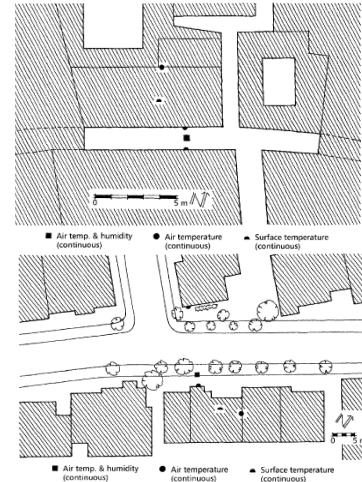
**Obiettivi:** lo studio è stato condotto per valutare il microclima urbano in aree con climi caldo umidi, incentrato sulla comprensione dell'influenza della geometria urbana sul comfort termico outdoor. Viene effettuata una valutazione confrontando due brani differenti del tessuto di Fez: un deep canyon ed un shallow canyon rispettivamente collocati nel centro della città storica e nella periferia.



Table 1  
Geometric characteristics of the measurement locations in the two neighbourhoods

Neighbourhood	Location	Average building height	Distance between buildings	H/W ratio	Orientation
Old	A	13.6	1.4	10	E-W
	1	4	3.0	1.3	E-W
	2	13	2.3	— <sup>a</sup>	N-S
	3	13	2.3	6	E-W
	4	11	1.0	11	N-S
New	5	6.5	11	0.6	N-S
	A	10.5	19	0.6	NE-SW
	1	10	18	0.6	NE-SW
	2	12	17	0.7	NW-SE
	3	10	20	0.5	NE-SW
4	11	10	1.1	NW-SE	
5	—	—	—	— <sup>b</sup>	—

<sup>a</sup>The first floor is bridging the alley.  
<sup>b</sup>A square with some vegetation.



**Metodologia:** È stata effettuata una campagna di misurazione sul campo valutando a livello strumentale: la temperatura dell'aria in specifici punti del canyon, UR%, la temperatura dell'aria indisturbata, la temperatura delle superfici dell'invaso stradale (continua e puntuale), la velocità del vento.

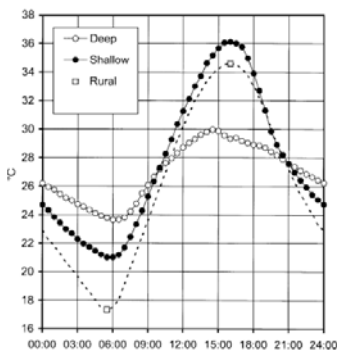
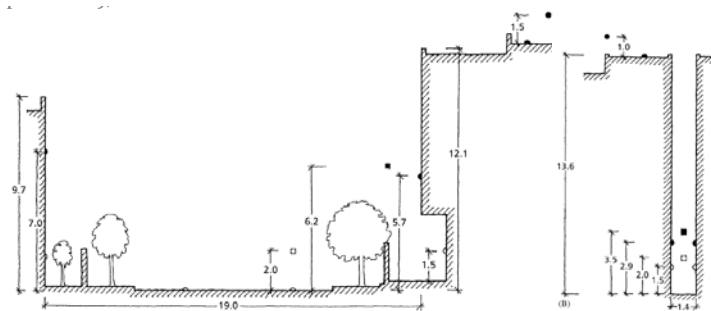


Fig. 11. Average air temperatures for the summer period in the deep and shallow canyons as well as for the rural station.

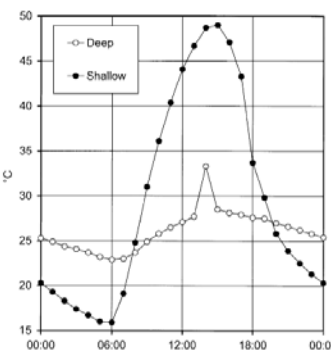


Fig. 18. Physiologically equivalent temperatures (PET) for the summer period in the deep and shallow canyons.

Grafico 1. Temperatura dell'aria nel periodo estivo.

Grafico 2. Valori PET nel periodo estivo.

Dall'elaborazione dei dati strumentali sono state redatte delle tabelle di confronto tra la situazione climatica del *deep* e *shallow* canyon, confermando come la velocità del vento nel *deep* canyon fosse più bassa ma più stabile, raggiungendo valori costanti di 0,4m/s sia in estate che in inverno, mentre nello *shallow* canyon si è registrata una media di 0,7 m/s in estate e 0,8m/s in inverno. Analizzando, ad esempio, i grafici riassuntivi relativi alla temperatura dell'aria nei due canyon, nello specifico da sinistra la media dei valori misurati e la PET (*physiologically equivalent temperature*), si nota facilmente come la situazione nel canyon più ampio è maggiormente simile alla situazione calcolata in un'area extraurbana, mentre nel *deep* canyon, in una situazione climatica caldo umida, si fanno notare gli effetti mitigatori, di ombreggiamento e protezione, tipici dei tessuti compatti. Si è scelto di mostrare questo studio in quanto i risultati, didascalicamente, mostrano chiaramente la relazione tra la geometria urbana e gli aspetti microclimatici.

Quanto finora letto, però, non è sicuramente sufficiente a rappresentare l'estrema complessità dei processi fluidodinamici nel tessuto urbano, soprattutto in quel tessuto stratificato da secoli di storia che ha reso i nostri centri estremamente irregolari ed eterogenei<sup>27</sup>. (scheda 1).

Il problema resta, quindi, quello di ridurre a soluzioni governabili questa complessità. “[...] raccogliere il massimo di certezza per affrontare ciò che è incerto” come strategia di conoscenza. (Morin, 1985)

Dovendo, quindi, sempre tentare di avvicinarsi alla situazione reale e tradurre in parametri facilmente gestibili questa complessità, una buona parametrizzazione del tessuto urbano non può non tener conto di altre peculiarità del tessuto urbano come -solo una tra le tante- la variabilità delle altezze dei fronti stradali. Grimmond e Oke nel 1999 hanno introdotto il parametro della densità di area frontale  $\lambda_f$ , visto in precedenza, ovvero il rapporto tra area della superficie in sopravvento (*upwind side* che nella letteratura viene definito *leeward*) e la superficie coperta ( $\lambda_f = \Sigma A_f / A_T$ ), per descrivere la densità degli ostacoli incontrati dal flusso d'aria.

Un interessante studio condotto da diversi istituti universitari internazionali (Dipartimento di Scienza dei Materiali, Università del Salento; Senseable City Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge) (scheda 2) ha voluto dimostrare come l'andamento dei flussi di vento sia anche funzione della varia elevazione (z) dei fronti urbani, partendo dall'idea che una città possa essere rappresentata come sovrapposizione di layer ciascuno dei quali caratterizzato da specifici valori del parametro  $\lambda_f$ , focalizzando quindi l'attenzione sulla dimensione verticale normale al flusso. (Di Sabotino et al. 2010; Ratti e al 2000).

Appare, quindi, evidente come anche la simmetria o meno dell'invaso urbano analizzato possa comportare differente movimentazione dei flussi, come dimostra lo studio condotto da Addepalli e Pardyjak dell'Università dell'Utah (scheda 3).

Analogo ragionamento può essere condotto nel caso di singoli edifici che presentano un'altezza superiore alla media del tessuto preso in esame: i *Taller buildings*, che, se nella città contemporanea sono 'segnì' diffusamente distribuiti, nei centri storici si caratterizzano

27. “Urban morphometric analyses have been conducted more widely in the United States (Burian et al. 2007) than in Europe, especially in southern Europe. Such analyses require the characterization of the built elements, which is difficult because of the irregularity and asymmetry of the associated shapes. This heterogeneity can be found at different scales within the city and among cities, and the variability is partially related to geographic positioning, geomorphologic structure, and historical background of the specific territory in which the city has developed. For example, European cities have grown with successive additions of neighborhoods from the city center to the suburbs (Long et al. 2003)” (Di Sabotino et al. 2010:1378).

tessuti storici. Partendo da sinistra: (a) via Monserrato, Rione VII Regola  $H/W = 2.4$  (*deep*), (b) via Cola di Rienzo, Rione XXII Prati,  $H/W = 1.1$  (*uniform*); (c) viale Europa, Eur,  $H/W = 0.55$  (*shallow*).

### Digital Evaluation Model per città del sud-europa. il caso di Lecce

Di Sabotino, S., Leo, L.S., Cataldo, R., Ratti, C., Britter, R.E.

Scheda 2

**Obiettivo:** identificare similitudini e differenze tra differenti configurazioni edilizie e tipologie di città (compattezza, densità Vs frammentazione, regolarità o irregolarità di orientamento dei canyon urbani) in relazione alla valutazione di inquinamento e qualità dell'aria ed alla valutazione dell'impatto della crescita urbana sul clima.

**Metodologia:** Valutata la difficoltà con simulazioni Cfd e in particolare LES (*large eddies simulation* o simulazioni della turbolenza) di calcolare il movimento dei flussi attorno ad ogni ostacolo, e la difficoltà di effettuare misurazioni in situ, valutando il gradiente verticale della velocità, viene analizzata un sistema di parametrizzazione del contesto che rappresenti la dinamicità del problema a scala urbana.

È stata sperimentata, in questo studio, l'applicazione di un modello DEM (*digital elevation elements*) per la rappresentazione bi-dimensionale di informazioni tridimensionali, attraverso una gerarchia di layer e pixel. (Figura 21).

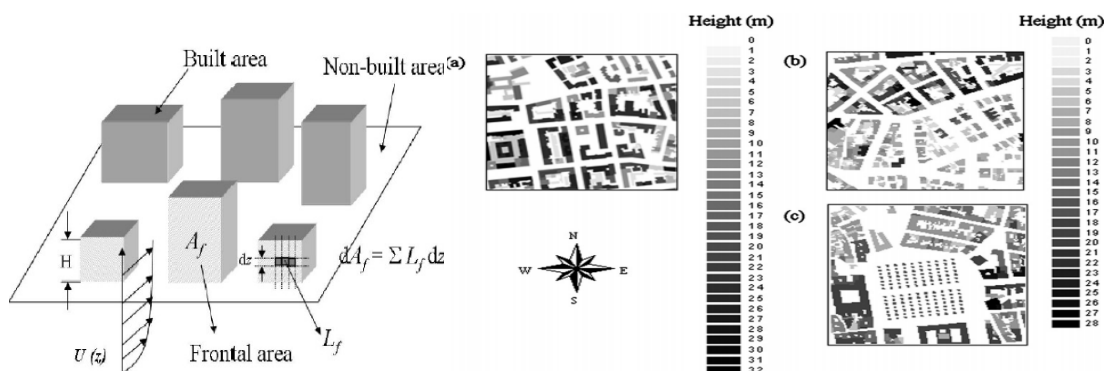


Figura 21 Parametrizzazione della variabilità delle altezze. Metodo DEMs. Fonte: Di Sabotino. (2010).

Per la definizione del modello di base sono state adottate delle semplificazioni:

- non sono stati rappresentati portici interni a gruppi di edifici;
- non sono stati rappresentati alberi sparsi, muri e tetti sporgenti, torrette e scale sulle coperture, edifici in costruzione;
- il livello della strada è stato considerato orizzontale;
- è stata fatta una approssimazione di coperture a cupola;
- è stata fatta una schematizzazione dei parchi urbano come volumi quadrati ad altezza omogenea.

La costruzione del modello Dem è consistita nella visualizzazione sulla planimetria delle differenti altezze degli edifici, definendo differenti layer per ogni livello di altezza, usando Esri ArcView Gis 3.2 per convertire le informazioni in immagini raster.

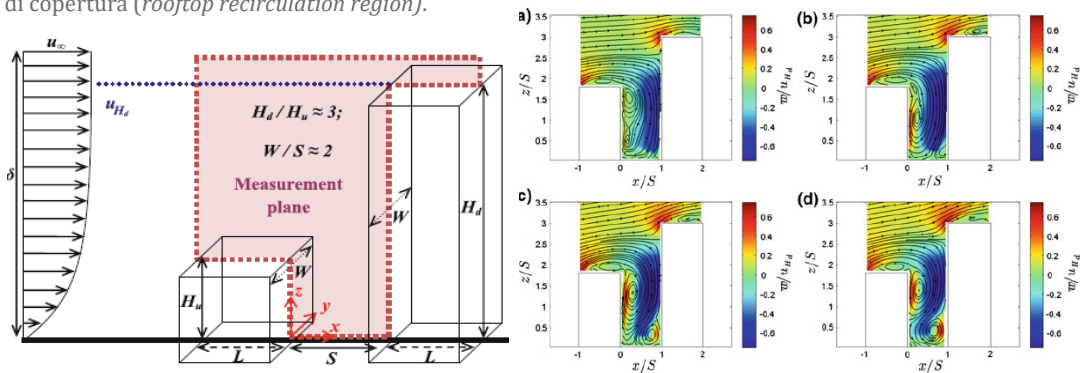
**Il caso di uno Step-Up street canyon.**

B. Addepalli e R. Pardyjak, Department of Mechanical Engineering, University of Utah, Salt Lake City, USA.

Scheda 3

“A step-up street canyon is a characteristic urban element composed of two buildings in which the height of the upwind building ( $H_u$ ) is less than the height of the downwind building ( $H_d$ ).”

**Obiettivo:** Lo studio analizza l’andamento dei flussi tangenti all’asse del canyon, valutando i contorni della velocità verticale media normalizzata in relazione alla differente conformazione dei fronti urbani ( $H_d/H_u \approx 1.67$ , a  $W/S \approx 1$ , b  $W/S \approx 2$ , c  $W/S \approx 3$ , and d  $W/S \approx 4$  ovvero larghezza e altezza differente dei fronti sopravvento) e delle superfici di copertura (rooftop recirculation region).



Riferimenti: Addepalli, B. e Pardyjak, E. R. (2013). Investigation of the Flow Structure in Step-Up Street Canyons—Mean Flow and Turbulence Statistics. *Boundary-Layer Meteorology*. 148:1, 133-155.

nella loro ‘eccezionalità’ come “riferimenti”<sup>28</sup>. (Figura 22)



Edifici che si elevano al di sopra dell’altezza media del tessuto, come possono essere i grattacieli ma anche i campanili o le torri, incrementano la velocità dei flussi, prevalentemente nelle zone d’angolo, siano essi paralleli o perpendicolari all’asse del canyon

28. Elementi puntiformi che costituiscono nella trama urbana riferimenti radiali e identitari. (Lynch, 1964:93)

Figura 22. (sx) Chiesa e monastero di S. Maria Annunziata, suore Domenicane Neofiti. Incisione di Giuseppe Vasi. Roma ieri, Roma oggi di Alvaro de Alvaris. (dx) Skyline di Milano. (Fonte: il Giorno.it).

29. Tale effetto, detto anche effetto Venturi, corrisponde ad un aumento velocità dovuto al incanalamento del flusso in presenza di restringimenti/variazioni di una sezione viaria.

analizzato. (Priyadarsini e Wong, 2005; Ahmad et al. 2005). Ciò si osserva in quanto al variare, secondo un alto indice, dei rapporti tra i due parametri che definiscono prevalentemente il canyon, ovvero  $H$  (altezza) e  $W$  (ampiezza), aumenta l'effetto di canalizzazione (*channeling effect*)<sup>29</sup>. (scheda 4)

In linea con queste ricerche, sono anche le *Considerazioni sul vento negli spazi urbani* redatte da N.U. Kofoed e M. Gaardsted nell'ambito del Progetto RuRos (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces).

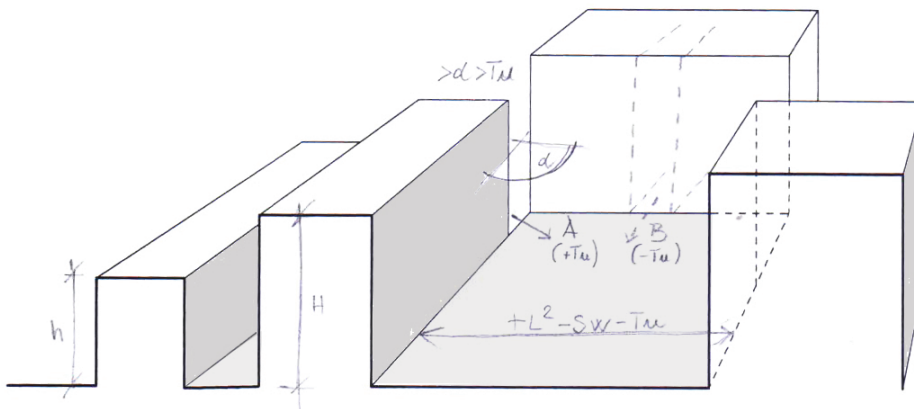
I due autori schematizzano, a conclusione del loro lavoro, alcune osservazioni relative all'interazione tra costruito e movimentazione dei flussi d'aria, che riportiamo (Figura 23):

- Più grande è la piazza – più elevata è la velocità del vento nello spazio. Esiste quasi una relazione lineare tra la piazza e velocità del vento;
- Più grande è la piazza – più turbolento è il flusso di vento;
- Più elevata è la velocità del vento  $V_{10}$  – più elevata è la velocità del vento nella piazza, con una relazione quasi lineare tra  $V_{10}$  e la velocità del vento;
- La struttura del flusso e il livello di turbolenza non subiscono quasi nessuna influenza da  $V_{10}$ ;
- Più alti sono gli edifici di confine paragonati agli isolati vicini – più elevata è la velocità del vento sulla piazza;
- Più alti sono gli edifici di confine paragonati agli isolati vicini – più elevata è la turbolenza del vento;
- Non esiste una relazione chiara tra la direzione globale del vento e la velocità del vento nella piazza;
- Più ampio è l'angolo di entrata del vento – più elevata è la turbolenza del vento. Vi è chiaramente la tendenza che la struttura del flusso diventi tanto più caotica quanto più la direzione globale del vento si discosta dal principale orientamento dello spazio;
- Non esiste una relazione chiara tra la velocità del vento sullo spazio e l'ubicazione delle aperture dello spazio;

- Le aperture agli angoli della piazza offrono una struttura del flusso più turbolenta rispetto alle aperture al centro della piazza;
- Più grandi sono le aperture - più turbolenta è la struttura del vento nella piazza.

30. "The length of canyon ( $L$ ) expresses the road distance between two major intersections subdividing the street canyon" (Ahmad et al. 2005:700)

Da queste osservazioni, i due ricercatori hanno ricavato indicazioni utili in fase progettuale a migliorare la definizione dello spazio di una piazza.



Sempre in relazione ai fattori dimensionali  $H$  e  $W$  bisogna aprire una parentesi sullo *Sky View Factor* (SVF) o fattore di vista cielo. Questo fattore, strettamente connesso al bilancio radiativo di un tessuto urbano, incide anche sulla movimentazione dei flussi non solo in relazione alle proporzioni stesse del canyon, ma anche in rapporto al differente gradiente termico tra aree con diverso SVF. (scheda 5).

Nella valutazione dei fattori di forma che influenzano l'andamento dei flussi in ambito urbano, altro parametro da valutare è la dimensione della lunghezza del canyon ( $L$ ) come sintetizzazione geometrica della frammentarietà o continuità del tracciato<sup>30</sup>. Anche in questo caso possiamo ricorrere ad alcune categorizzazioni che relazionano la lunghezza del canyon con l'altezza dei suoi fronti: *short canyon* ( $L/H=3\sim$ ), *medium canyon* ( $L/H=5\sim$ ) e *long canyon* ( $L/H=7\sim$ ). (Ahmad et al. 2005:700).

La dimensione della lunghezza dei canyon è strettamente collegata all'orientamento dell'asse di questi canyon rispetto ai venti

Figura 23. Graficizzazione delle principali interazioni tra forma urbana e ventilazione. Rielaborazione da Kofoed e Gaardsted (2004).  $L^2$  area della piazza;  $SW$  velocità dell'aria;  $Tu$  turbolenza;  $\Delta H$  differenza tra altezza edifici sulla piazza e edifici limitrofi;  $A$  e  $B$  accesso laterale o centrale alla piazza;  $\alpha$  angolo di entrata del vento.



### High-rise towers and the reducing of temperature

R. Priyadarsini and N.H. Wong Department of Building, School of Design and Environment National University of Singapore, Republic of Singapore

Scheda 4

Studio condotto dal Dep. of Buildings, School of Design and Environment-National University of Singapore, su città collocate a latitudini basse (nelle quali il problema dell'isola di calore è maggiormente sentito), con lo scopo di verificare le potenzialità della ventilazione per la mitigazione gli effetti negative dell'isola di calore urbana. Lo studio affronta in maniera completa il tema in riferimento a deep canyon, valutando nello specifico gli apporti relativi alla presenza di grattacieli distribuiti nel tessuto analizzato.

"Detailed study of the air flow can help to explore how urban canyon effect can be utilized beneficially by designing the canyons in such a way that more parts of the city can be ventilated, thus optimizing heat extraction." (Priyadarsini e Wong, 2005:115)

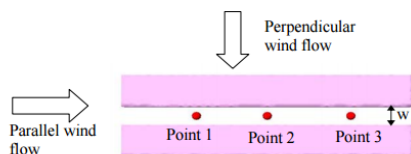
I principali *urban design elements* sui quali agire per modificare le condizioni di ventilazione sono: densità, orientamento ed altezza.

**Obiettivo:** In questo lavoro viene valutato come in aree consolidate, la presenza di edifici alti strategicamente posizionati nel tessuto possano influenzare positivamente il passaggio dei flussi d'aria apportando benefici sulla temperatura percepita.

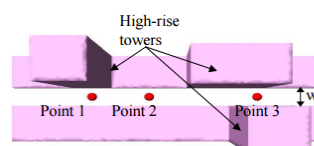
**Ambito di studio:** 3 canyon nel tessuto di Atene.

**Metodologia:** vengono individuati due canyon modello, Model 1 dove non sono presenti grattacieli, e Model 2 dove sono presenti grattacieli e dove quindi l'aspect ratio varia da  $H/W=1,5$  a  $H/W=0,4$ . Per ciascun caso vengono effettuate misurazioni nel centro del canyon a differenti altezza dal suolo, punti di misurazione che nel modello 2 sono selezionati in base alla posizione degli edifici più alti.

La velocità del vento prevista per lo studio è di 4m/s

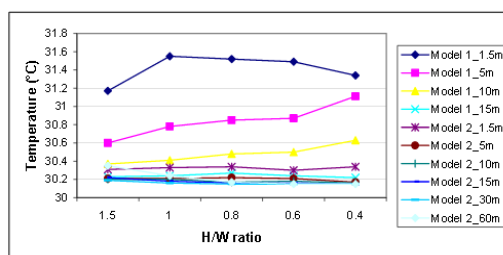
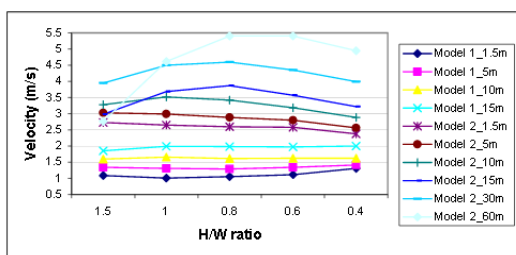


Model 1



Model 2

La simulazione numerica si è basata su due equazioni *K-ε turbulence model* usando il software CFX 5.6

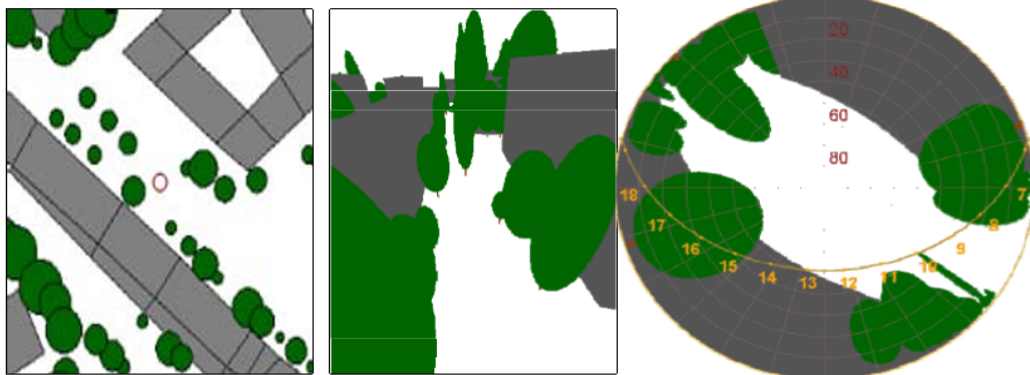


Si nota facilmente dai grafici come nel modello 2, analizzando ad esempio il caso di un flusso parallelo all'asse della strada, la velocità del flusso cresce determinando un significativo abbassamento della temperatura. Questa variazione, secondo le analisi effettuate dipende dall'aver "[...] strategically placing a few blocks of high-rise towers" e ciò, in base ai risultati della ricerca "[...] will actually help to enhance the velocity within the canyon when the wind flow in parallel or perpendicular to the canyon. In addition, the temperature was lower when high-rise towers were introduced. For parallel flow, the velocity was increased by up to 90% and the temperature was reduced by up to 1°C with the introduction of high-rise towers. For perpendicular flow, the velocity was increased up to 10 times and the temperature was reduced by 1.1°C." (Priyadarsini e Wong, 2005 :131)

**SFV Fattore di vista del cielo (Sky View Factor)**

Scheda 5

Strettamente correlato al fattore di forma del tessuto urbano ed alla sua densità è il fattore di vista del cielo (*Sky View Factor*) SVF. È un parametro che esprime il rapporto tra la radiazione ricevuta (o emessa) da una superficie piana e quella ricevuta (o emessa) dall'intero emisfero, e consiste nella misurazione tridimensionale dell'angolo solido della vista del cielo da uno spazio urbano (Hammerle, Gal, Unger et al 2011). Se lo SVF è pari a 1 significa che la vista del cielo è totale, ad esempio in un'area estremamente vasta, con la conseguente stretta correlazione tra microclima e valori meteorologici; se lo SVF è vicino a 0 significa che la vista del cielo è in gran parte ostruita. In questo secondo caso il suo effetto sull'irraggiamento e la ventilazione è piuttosto consistente, benché fondamentalmente duplice: da un lato un'elevata densità del costruito smorza la radiazione incidente, garantendo un maggiore ombreggiamento con conseguente riduzione della temperatura durante il periodo diurno, dall'altra parte essa limita la dispersione del calore prodotto dal tessuto edilizio verso un bacino termico (solitamente il cielo) che avviene soprattutto nelle ore notturne in cui la temperatura dell'aria è più bassa. È necessaria dunque un'analisi olistica per bilanciare tali fenomeni”



“Example of a modelled sky view factor image and its relation to the surrounding urban structure. a) view from top. b) birds eye view on the scene. c) sky view image”. Fonte: Matuschek e Matzarakis (2010).

Il fattore è usato in una moltitudine di studi legati al clima, e sono stati proposti anche nuovi sistemi di calcolo utili per la modellazione e pianificazione del clima urbano: partendo da un urban digital elevation models (Dem) ad alta risoluzione ed utilizzando un algoritmo capace di valutare l'ombra portata. (Lindberg e Grimmond, 2010)

Alcuni riferimenti: Lindberg, F. & Grimmond, C.S.B., 2010. Continuous sky view factor maps from high resolution urban digital elevation models. *Climate Research*, 42, pp.177–183. Matuschek e Matzarakis (2010). Matuschek e Matzarakis (2011); Hammerle, Gal, Unger et al (2011).



prevalenti: in caso di venti perpendicolari il fronte urbano può costituire un ostacolo continuo o discontinuo, in caso di venti paralleli si accentua l'effetto Venturi.



31. Bill Hillier, (Professore di Progettazione Architettonica e Morfologia Urbana presso l'Università di Londra, Presidente della Bartlett School of Graduate Studies e Direttore del Laboratorio Space Syntax alla University College di Londra), in un saggio dal titolo *La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto*, fa un interessante ragionamento riguardo l'individuazione di una legge implicita di definizione dello spazio urbano, legge di tipo aggregativo-sociale che regola la relazione tra singola particella edilizia e spazio aperto. Analizzando il tessuto di alcuni centri urbani evidenzia che mostrano una somiglianza in quella

**Figura 24.** Roma, a sinistra un brano di tessuto del Rione VII Regola, a destra un brano del tessuto del Rione XXII Prati. È evidente la differente continuità dei percorsi.

Se analizziamo il tessuto del centro storico preso in esame, vediamo come, seppur prevalga la continuità dei fronti stradali, a questa continuità si affianca un fattore di frammentarietà derivante dalla presenza di assi difficilmente rettilinei<sup>31</sup>. (Figura 24). Una valutazione sulla frammentarietà dei fronti ci dà anche indicazioni sui possibili 'percorsi trasversali di attraversamento', ovverosia incroci, slarghi e quant'altro determini una apertura dei fronti urbani con conseguente deviazione del flusso prevalente o intersezione - con relativa turbolenza- tra flussi provenienti da diverse direzioni.

#### B. Analisi estesa alla scala locale: rapporti tra canyon urbani.

I fattori di forma analizzati alla microscala del singolo canyon, incidono in varia misura sulla definizione dell'andamento e della velocità del vento a scala locale, dove invece si analizzano brani più ampi del tessuto cittadino, analisi che concorre alla valutazione del potenziale ventilativo ricercato.

"In the case of a real city, the complex urban texture generates more complicated flow patterns with occurrence of flow separation" (Di Sabotino et al. 2010:1378).

Sarà importante, a questo punto, valutare i rapporti tra la ventilazione

e la densità urbana, definendo ad esempio il tipo di regime di flusso che si potrebbe instaurare a seconda della differente disposizione degli assi viari<sup>32</sup>. (Figura 25, 1-2)

Parlare di “regimi di flusso a scie interferenti” vuol dire, ad esempio, parlare di un regime di flusso influenzato dai rapporti dimensionali tra H e W del singolo canyon e della sommatoria dei canyon caratterizzanti un brano di tessuto. In questo caso si osservano sovrapposizioni tra “the bolser and the cavity eddies” (Oke, 1988: 104) tali da non permettere alla bolla di separazione associata ad ogni edificio di svilupparsi completamente, dando origine a delle zone di turbolenza dovute proprio all’interferenza tra scie generate dai singoli edifici che, se allarghiamo la scala di indagine, si sommano le une sulle altre. Si osservano, quindi, flussi secondari in cui al movimento rotatorio contrario e verso il basso, tipico della *cavity zone*, si somma la deflessione lungo la faccia sopravvento dell’edificio accanto.

Ad alti rapporti H/W ed elevata densità urbana si arriva al caso limite, definito “regime di flusso pseudo laminare” ( $H/W \geq 2$ ) in cui i rapporti di vicinanza tra i fronti creano vortici d’aria stabili negli spazi interstiziali normali alla direzione del vento e un flusso prevalentemente laminare al di sopra del livello delle coperture “quasi come se appartenessero ad una superficie piana unica su cui scivola il flusso” (Grosso, 2008:94 ed anche Oke, 1988: 105).

Se invece la densità diminuisce drasticamente, e ci si avvicina a rapporti tra costruito e spazi vuoti più tipici di un’area non urbana, si può parlare invece di ‘regime di flusso da ostacolo isolato’ ( $H/W = 0.1 \sim$ ) dove si registrano sul flusso d’aria comportamenti analoghi a quelli che si produrrebbero nel caso di edifici isolati posti in aree non urbane.

Ma ogni regime di flusso è anche direttamente influenzato dalla velocità dell’aria, quella definita sommitale, in quanto caratteristica del flusso indisturbato, che, all’interno dei singoli canyon, assume valori sicuramente inferiori e differenti a seconda delle caratteristiche microclimatiche, morfologiche e superficiali del canyon stesso.

Per valutarne l’entità all’interno della *canopy zone*, però, devono essere valutati diversi fattori a seconda che si voglia conoscere la sua variazione sull’asse verticale (relazionata direttamente agli

che si può chiamare struttura del tipo “ad anelli e grani”, ovvero anelli di spazio di diversa conformazione in corrispondenza degli ingressi di singoli edifici, che gli conferiscono una conformazione a grani “infilati su un laccio”. (Hillier, 1988:34). L’aggregazione di questi grani, e relativi anelli di vuoto, definisce delle maglie urbane caratterizzate da vari livelli di deformazione, una deformazione bidimensionale ed una deformazione unidimensionale o assiale. Il primo tipo di deformazione riguarda la conformazione dei singoli spazi aperti, nelle dimensioni di larghezza e lunghezza, la seconda deformazione riguarda la conformazione reticolare di questi spazi, le connessioni che ne determinano le percorrenze.

32. “In the idealized case of arrays of buildings of regular size and shape, the resulting flow structure can be roughly categorized in terms of the spacing among buildings into three flow regimes, which are: isolated obstacle flow, wake interference flow, and skimming flow (Oke, 1988).

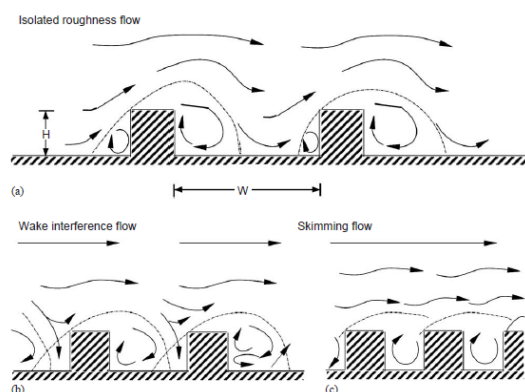


Figura 25 (1)

33. Le masse d'aria si spostano prevalentemente lungo direzioni orizzontali, a seguito delle variazioni della pressione atmosferica, ma i movimenti più importanti sono quelli che avvengono lungo direzioni verticali. Questi ultimi, infatti,

**Figura 25.** (1) Regimi di flusso perpendicolari a diverse conformazioni (qui analizzati per singoli canyon urbani, ma, come visto, facilmente applicabili a intere sezioni di tessuto urbano): regime di flusso da ostacolo isolato o *isolated roughness flow* (in alto a sinistra); regimi di flusso a scie interferenti o *wake interference flow* (in basso a sinistra); regime di flusso pseudo laminare o *skimming flow* (in basso a destra). Fonte: Oke (1988). (2) Lo schema graficizza i valori di transizione tra i tre regimi di flusso, letti come funzione dei rapporti tra la dimensione degli edifici ( $L/H$ ) e del canyon ( $H/W$ ). Fonte: Oke(1988).

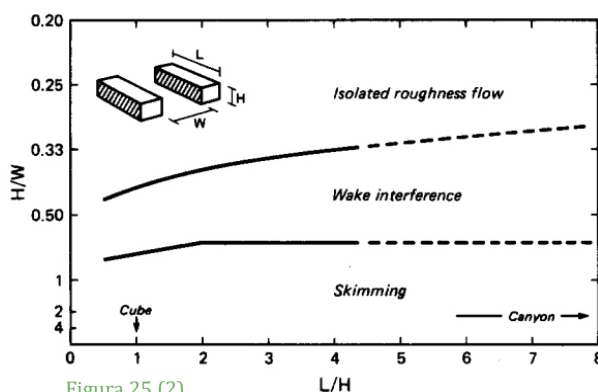


Figura 25 (2)

effetti turbolenti) o sull'asse orizzontale.

Per la valutazione dell'andamento verticale<sup>33</sup> della velocità media si fa solitamente ricorso ad una funzione di tipo logaritmico, caratterizzata dai parametri scalari di velocità di frizione ( $u^*$ ) e rugosità aerodinamica ( $Z_0$ ):

$$\bar{v}_x / u^* = (1/K) \ln (z/z_0)$$

La velocità di frizione dipende dagli sforzi di taglio turbolenti alla quota del terreno, originati dall'attrito tra suolo ed atmosfera, ed è collegata alla natura della superficie ed al valore della velocità media, per questo è definita come parametro dinamico.

La rugosità atmosferica (o lunghezza di rugosità atmosferica) è, invece, un parametro statico che dipende dalle caratteristiche geometriche della superficie (in termini di rugosità e di conformazione superficiale).

"The critical surface parameter governing the production of turbulence in the urban boundary layer is the roughness length ( $z_0$ )."  
(Oke, T.R. 1988: 106). "Fisicamente può essere immaginata come la dimensione del vortice turbolento creato dall'intersezione del vento con il suolo ed è definita dalla quota al di sopra del suolo in corrispondenza della quale la velocità dell'aria eguaglia quella del flusso."  
(De Santoli, 2011: 237). La lunghezza di rugosità è fissata in teoria dove la velocità dell'aria 'si azzerà', ma nella realtà corrisponde all'area dove si verificano transizioni turbolente caratterizzate da una componente orizzontale media della velocità

nulla. (De Santoli, 2011: 239). (Tabella 5)

classe di terreno	lunghezza di rugosità $z_0$ (m)	descrizione
4- scabro, aperto	0.10	campagna moderatamente aperta con ostacoli occasionali (p.es. edifici bassi isolati o alberi), separati tra loro di una distanza pari ad almeno 20 volte la loro altezza
5- scabro	0.25	ostacoli sparsi (edifici), separati di una distanza compresa fra 8 e 12 volte la loro altezza
6- molto scabro	0.5	area senza alberi alti, coperta moderatamente da edifici bassi, separati di una distanza compresa fra 3 e 7 volte la loro altezza
7- <i>skimming</i>	1.0	area densamente edificata, senza variazioni di rilievo nell'altezza degli edifici
8- caotico	2.0	centro città con mescolanza di edifici bassi ed edifici ad elevato sviluppo verticale

sono responsabili della condensazione del vapore acqueo presente nelle masse d'aria (nel caso di moti ascendenti) oppure della sua evaporazione (nel caso di moti discendenti). L'entità delle velocità è piuttosto modesta e generalmente nell'ordine di qualche cm/s.

34. Nel capitolo 8, riprendendo il lavoro di Oke, viene proposta una rielaborazione della classificazione qui presentata che risponde maggiormente alle caratteristiche proprie di una città storica italiana, nello specifico di Roma.

In questo contesto, di estrema utilità sono gli studi effettuati da T.R. Oke (Oke, 2006; Stewart e Oke, 2012), rielaborazione delle prime ricerche di Ellefsen, in cui si sintetizza l'*aspect ratio* di un ambito urbano, ponendo in relazione diversi fattori morfometrici che incidono direttamente sulla velocità del flusso. Questa rielaborazione propone una classificazione di forme urbane distinte utile a valutarne velocemente l'impatto sul clima locale.

L'autore propone delle "*Urban Climate Zone*" (UCZ) – che poi in collaborazione con Ian Douglas Stewart nel 2012 rielaborerà in "*Local Climate Zone*" (LCZ)- ovvero una classificazione climatica della città per aree urbane specifiche (scheda 6), di cui fornisce indicazioni dimensionali 'tipicizzabili', tra cui i rapporti dimensionali, il fattore di permeabilità del terreno e il fattore di rugosità ricercato, riferito, in questa tabella ad una delle classi riportate nella schematizzazione effettuata da Davenport (Tabella 5).

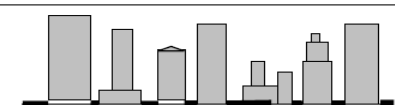
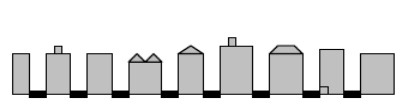

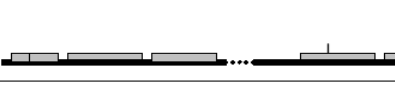
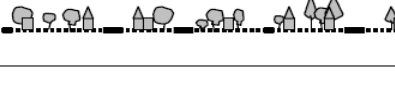
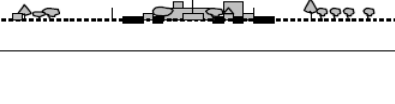
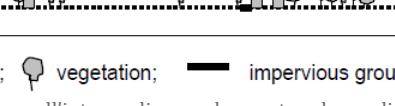
Questa classificazione consente una rapida lettura di specifiche realtà urbane ed è di estrema utilità per la definizione di modelli morfometrici di base, ma, come vedremo nei successivi capitoli<sup>34</sup>,





Tabella 5. Valori della rugosità per classe di terreno. Estratto dalla classificazione di Davenport (tratta da Davenport et al. 2000 e WMO 2006) della rugosità del terreno. Fonte: Bonafè (2006).

Per comprendere come i diversi tessuti urbani rispondono ai fenomeni climatici si sono sviluppati a partire dalla metà del XXI studi focalizzati nel definire una classificazione climatica della città, strettamente relazionata ai fenomeni di isola di calore. Gli iniziali studi, condotti da Chandler negli anni sessanta del XX secolo presentano una prima classificazione climatica urbana applicata alla città di Londra. La città viene divisa in 4 sotto-regioni climatiche distinte per differenti condizioni climatiche, fisiografia e morfologia dei luoghi. A questi studi seguirono quelli di Auer per la città di San Louis (USA), in cui si propone anche una distinzione relativa all'uso dei suoli delle diverse aree. Saranno poi gli studi di Ellefsen negli anni novanta a segnare una svolta decisiva nella definizione della classificazione oggi utilizzata. Ellefsen, prendendo a campione 10 città americane, divise il sistema urbano in 17 UTZ, ovvero "Urban Terrain Zone", classificate in base alla morfologia degli edifici, alla configurazione delle strade, ai materiali costruttivi (dati dedotti in maniera empirica).

Questi studi sono stati, poi, rielaborati nel 2004 da T.R.Oke che ridefinì una nuova classificazione con l'iniziale finalità di migliorare la localizzazione di stazioni meteorologiche urbane, affinché la strumentazione potesse meglio registrare le differenti condizioni climatiche urbane. La classificazione di Oke, pubblicata nel 2006 nel bollettino del World Meteorological Organization, consta di 7 classi, definite "Urban Climate Zone" (UCZ), delle quali Oke individua *aspect ratio*, classe di rugosità e permeabilità dei suoli. Queste sette classi descrivono 7 differenti aree della città: dalle aree più densamente edificate, caratterizzate anche da grattacieli, ad aree semi rurali.

Urban Climate Zone. Fonte: Oke (2006)






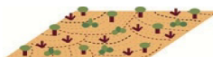



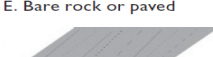

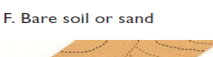
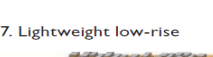

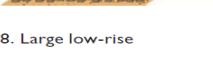
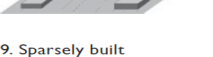
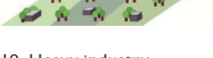
<i>Urban Climate Zone, UCZ<sup>1</sup></i>	<i>Image</i>	<i>Roughness class<sup>2</sup></i>	<i>Aspect ratio<sup>3</sup></i>	<i>% Built (impermeable)<sup>4</sup></i>
1. <i>Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers</i>		8	> 2	> 90
2. <i>Intensely developed high density urban with 2 - 5 storey, attached or very close-set buildings often of brick or stone, e.g. old city core</i>		7	1.0 - 2.5	> 85
3. <i>Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores &amp; apartments e.g. urban housing</i>		7	0.5 - 1.5	70 - 85
4. <i>Highly developed, low or medium density urban with large low buildings &amp; paved parking, e.g. shopping mall, warehouses</i>		5	0.05 - 0.2	70 - 95
5. <i>Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban housing</i>		6	0.2 - 0.6, up to >1 with trees	35 - 65
6. <i>Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospital, university, airport</i>		5	0.1 - 0.5, depends on trees	< 40
7. <i>Semi-rural development, scattered houses in natural or agricultural area, e.g. farms, estates</i>		4	> 0.05, depends on trees	< 10

Key to image symbols:  buildings;  vegetation;  impervious ground;  pervious ground

(1) "UCZ" (Urban Climate Zone): distinzione, all'interno di un agglomerato urbano, di varie 'zone' alle quali è possibile attribuire diverse caratteristiche: Classe di rugosità (2), relazionata alla classificazione di Davenport (tabella 5); *Aspect ratio* (3), ovvero rapporti proporzionali dei canyon = H / W quale altezza media degli elementi di rugosità principali (edifici, alberi) divisa per la loro spaziatura media, nel centro della città corrisponde al rapporto tra altezza / larghezza del canyon stradale. Questa misura, precisa Oke, è nota per essere correlata anche con i tipi di regime di flusso; % Costruita (impermeabile) (4), che influisce sull'umidità del terreno e quindi sull'umidificazione e sul potenziale di raffreddamento evaporativo. (segue)



Agli studi di Oke ne seguirono altri che perfezionarono o modificarono in parte tale classificazione. Il più significativo è quello proposto da I. D. Stewart nella sua tesi dottorale del 2011 (University of British Columbia – Vancouver). Il lavoro, supportato dallo stesso Oke, ha portato alla definizione di una nuova classificazione che ha incrementato quella esistente. Stewart propone 17 classi definite “Local Climate Zone” (LCZ) strettamente relazionate, come si legge dal nome, alla scala di indagine locale: 10 riferite all’area edificata della città (*building types*), 7 riferite all’uso dei suoli (*Land cover types*), con alcune precisazioni su aree industriali e stagionalità dei terreni liberi. Per ciascuna classe o zona vengono definiti specifici valori dimensionali (*SVF, aspect ratio, Building surface fraction, impervious surface fraction, pervious surface factor, height of roughness elements, terrain roughness class*) e indicazioni sulle caratteristiche termo-fisiche generali (*surface admittance, surface albedo, anthropogenic heat flux density*).

Built types	Definition	Land cover types	Definition
	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.		Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.		Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.		Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.		Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).		Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b>	
	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	<i>b. bare trees</i>	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	<i>s. snow cover</i>	Snow cover > 10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		<i>d. dry ground</i>	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		<i>w. wet ground</i>	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Estratto del lavoro di ricerca dottorale. Stewart (2011) e Stewart, Oke, T.K (2012).

35. La scala Beaufort è una misura empirica della forza del vento e prende il nome dall'ammiraglio Francis Beaufort che definì una classificazione del vento in 13 gradi basandosi sull'osservazione degli effetti del vento sul mare. Dal 1° gennaio 1949 questo sistema di valutazione ha validità internazionale. (Arpa Emilia-Romagna)

così come Oke ed il suo team l'hanno definita, risponde ad una immagine di città ben distante da quella europea -e primariamente italiana-, una realtà urbana oltreoceano, caratterizzata da canyon prevalentemente rettilinei, con grandi variazioni del fattore altimetrico del costruito, presenza di densità edilizia concentrata in altezza più che in estensione orizzontale, etc....

Proseguendo il discorso, altro importante aspetto da valutare è, anche, la variazione – o meglio riduzione- dell'intensità di flusso in ambito urbano.

Partendo dalla consapevolezza che in ambito urbano, in base alla scala Beaufort<sup>35</sup>, si registra prevalentemente vento a regime di calma, bava o brezza, Nakamura e Oke nel 1988 (Nakamura e Oke 1988) suggeriscono una equazione di tipo lineare:  $U_{canyon} = pU_{roof}$  in cui si relaziona la velocità media orizzontale del vento (u) con la velocità interna al canyon in funzione di un coefficiente di riduzione (p) valutato in rapporto ai valori dimensionali del canyon (H/W). (Oke, 1988: 105).

Indubbiamente il problema della valutazione della velocità in ambito urbano presenta innumerevoli complessità, soprattutto legate alla capacità di valutazione e gestione dei fattori concorrenti.

Significativo è stato in questo frangente l'apporto del progetto Urbvent (2001-2003) che affonda le sue radici nel precedente progetto Natvent della fine degli anni novanta (Rif. capitolo 3). Sebbene l'obiettivo principale del progetto è il potenziamento della ventilazione naturale come strumento per la diminuzione dei consumi energetici per edifici localizzati in ambiente urbano, interessanti sono gli studi condotti sul fattore ventilativo nella città di Atene che hanno portato alla definizione di un algoritmo "to translate wind speed in undisturbed airflow to wind speed inside a canyon" (Allard e Ghiaus, 2005) incorporato in uno strumento di calcolo di facile utilizzo.

Il programma da indicazioni sulla media dell'intensità del vento, sulla temperatura e sulle relative potenzialità di raffrescamento relazionate all'orientamento, imponendo però delle semplificazioni relazionate alla selezione di sole tre generiche opzioni nella scelta del tessuto da analizzare (suburban, urban e city center) e alla definizione morfometrica di un singolo canyon urbano senza la possibilità di valutare la variazione del dato lungo il tratto del canyon

Didascalia pagina accanto  
Figura 26 parte 1 e 2. Esempio di utilizzo del software UrbVent per la valutazione dei parametri di ventilazione di un canyon selezionato nel centro storico della città di Roma, via Monserrato, Rione VII Regola.

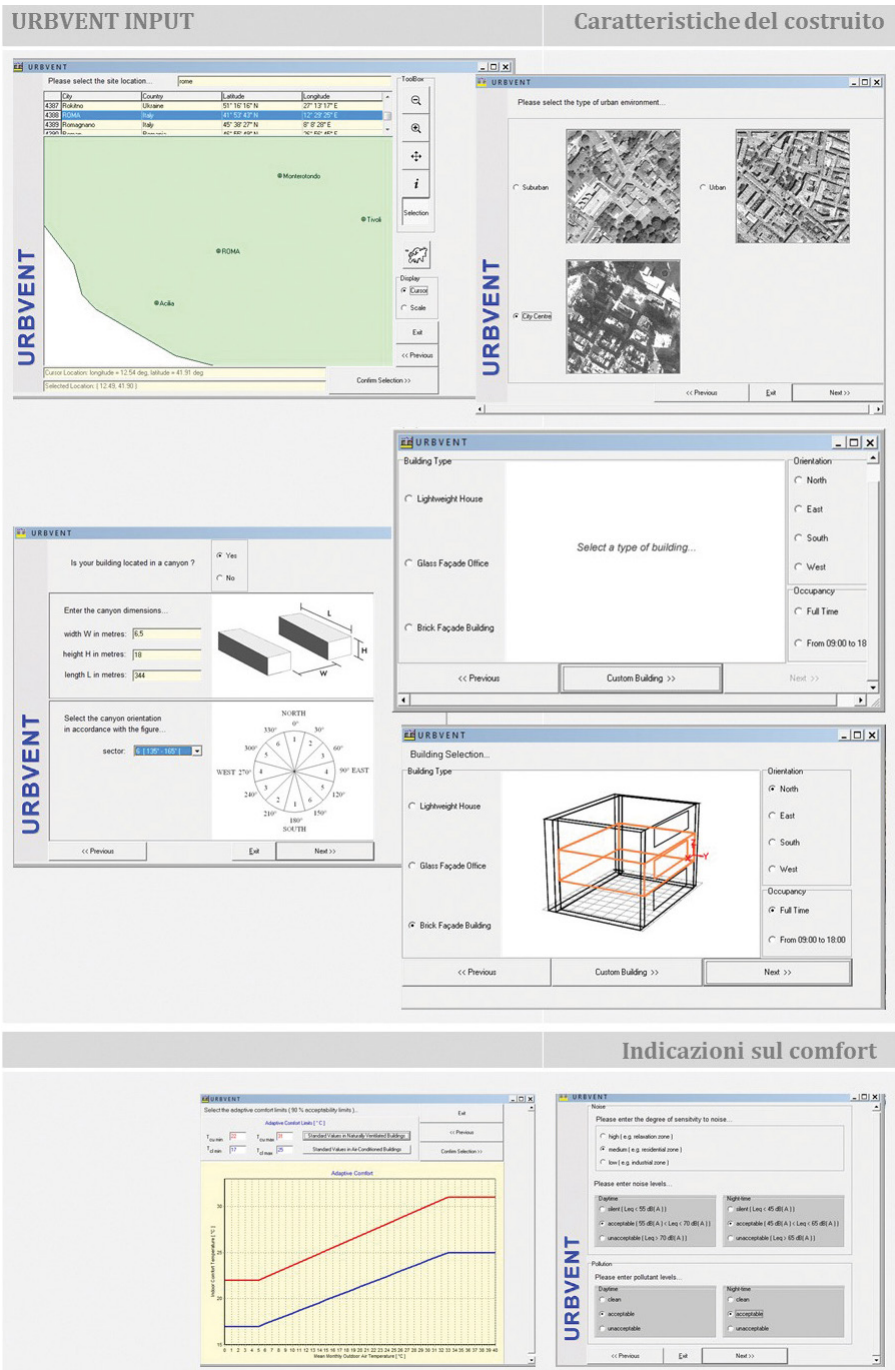


Figura 26 parte 1

Caratteristiche del costruito:

- Localizzazione;
- Tessuto urbano alla scala locale (scelta tra suburban, urban e city center);
- Aspect ratio, orientamento per edifici collocati in canyon urbano;
- Caratteristiche edificio (tipo di facciata, orientamento, fascia oraria di occupazione).

Indicazioni sul comfort per singolo edificio:

- Adaptive comfort limits [°C];
- Presenza di sola ventilazione naturale o presenza impianto di trattamento aria;
- rumore e inquinamento re-lazionate alla possibilità di usufruire di scambi d'aria direttamente con l'esterno.



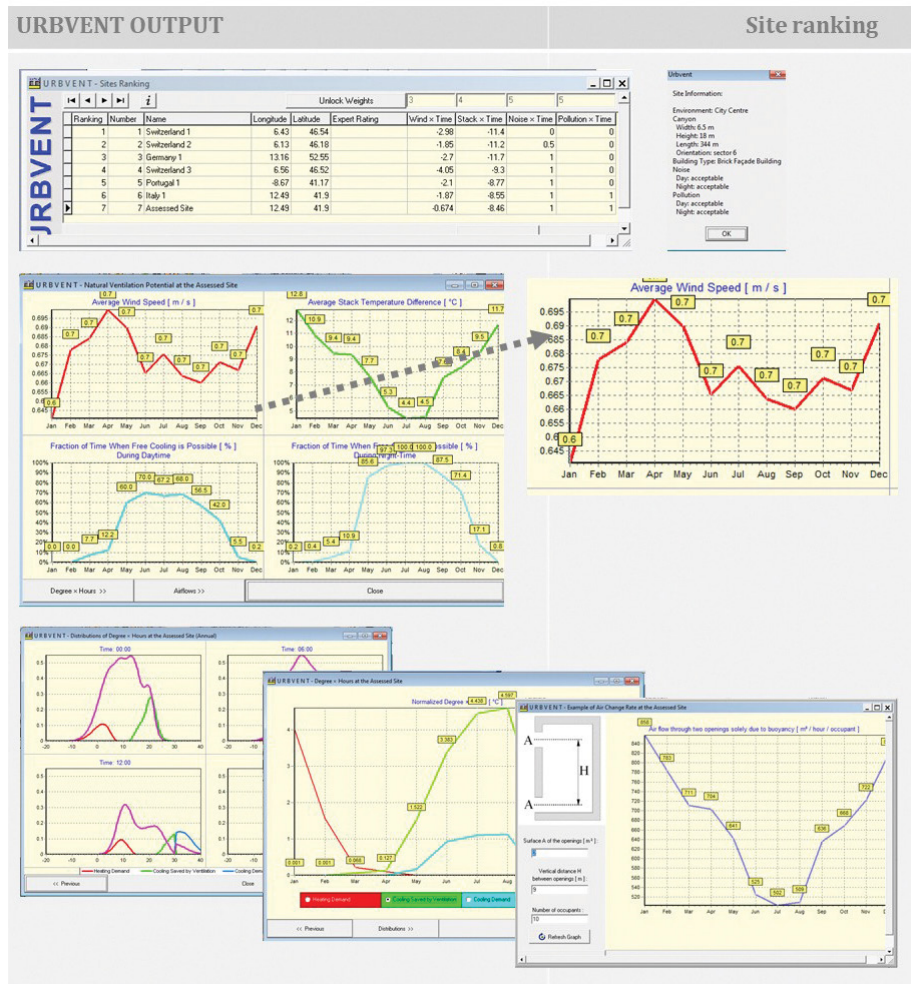


Figura 26 parte 2

Indicaziono sulle potenzialità della ventilazione naturale in relazione al sito:

- Media della velocità del vento;
- Dati di degree x hour annui e mensili;
- Schema tipo per i ricambi d'aria.

urbano selezionato per l'analisi, rimanendo, pertanto, strettamente legato all'analisi del singolo edificio o fronte urbano. (Figura 26). Si vedrà in seguito l'utilità di integrare a queste analisi anche valutazioni più complesse, come le simulazioni fluidodinamiche dello spazio aperto, che possono invece fornirci questa variazione ricercata, pur con le dovute accortezze e limitazioni<sup>36</sup>. L'importanza di questi studi è, però, nell'aver sistematizzato una metodologia di analisi all'interno del contesto urbano esistente, seppur spazialmente limitato, individuando specifiche problematiche di questo scenario complesso e cercando di rispondere alla mancanza di strumenti di supporto che aiutino architetti e ingegneri ad interpretare il fenomeno ventilativo nella fase di progettazione.

### C. Orientamento dell'asse urbano

Ulteriori gradi di complessità nascono valutando la direzione del vento prevalente in relazione all'orientamento dell'asse del canyon, fattore che incide sulla formazione delle così dette turbolenze interne al canyon. Tre sono le direzioni che comunemente vengono analizzate (con un'approssimazione di  $\pm 15$  gradi): (a) vento perpendicolare all'asse viario, (b) parallelo e (c) obliquo. (Figura 27).

(a) Direzione del vento perpendicolare all'asse viario:

Un vento si considera perpendicolare quando la sua direzione è approssimativamente ( $\pm 15$  gradi) normale all'asse longitudinale del

36. La parte III della ricerca si focalizza su questo obiettivo.

Figura 27. Principale comportamento del flusso d'aria in relazione all'orientamento dell'asse del canyon: (a) flusso perpendicolare all'asse; (b) flusso parallelo; (c) flusso obliquo. Fonte: Erell et al. (2011) rielaborazione da Hotchkiss e Harlow (1973); Yamartino e Wiegand (1986).

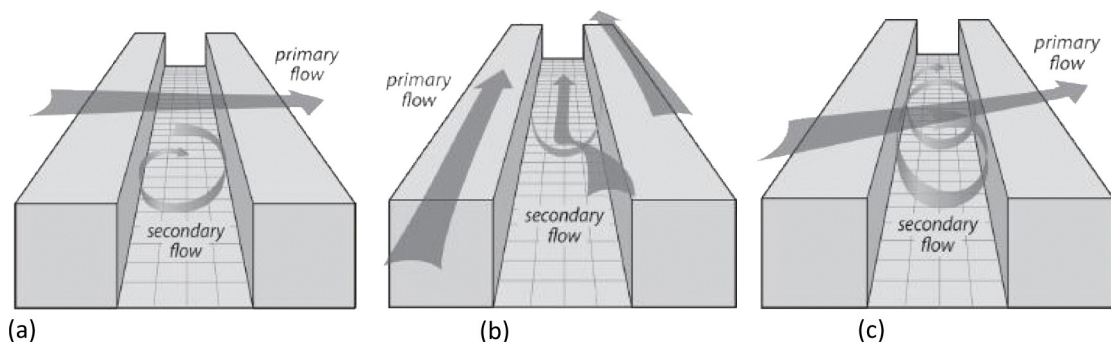


Figura 27

37. Rif. sotto paragrafo successivo punto D.

canyon urbano. In questo caso, scrive M. Santamouris riprendendo gli studi di Oke (Oke, 1988), tre sono i regimi di movimentazione dei flussi che si possono osservare e che sono diretta funzione delle proporzioni geometriche dell'edificio (L/H) e del canyon (H/W) (Santamouris e Wouters, 2006: pos. 1110 Kindle):

1. per regimi di flusso da ostacolo isolato;
2. per regimi di flusso a scie interferenti;
3. per regimi di flusso pseudo laminare.

Nel primo caso il comportamento del flusso è pari a quello analizzato per edifici isolati. Nel secondo e terzo caso si osserva la formazione di vortici stabili "because of the transfer of momentum across the shear layer of roof height." (Santamouris e Wouters, 2006: pos. Kindle 1107)<sup>37</sup>.

Per velocità del vento superiori ai 5m/s, la relazione tra i flussi d'aria indisturbata e i flussi interni al canyon si può esprimere attraverso l'equazione lineare vista in precedenza:  $U_{canyon} = pU_{roof}$  (Nakamura, Oke, 1988).

(b) Direzione del vento parallelo all'asse viario:

Un vento si considera parallelo quando la sua direzione è approssimativamente ( $\pm 15$  gradi) longitudinale all'asse del canyon urbano, e come nel caso dei venti perpendicolari, il flusso d'aria nel canyon deve essere visto come una circolazione secondaria rispetto al flusso indisturbato al di sopra del canopy layer. (Santamouris e Wouters 2006: pos. 1127 Kindle)

La velocità dei flussi d'aria all'interno del canyon in relazione alla velocità del vento indisturbato  $< 5\text{m/s}$  può essere approssimata al valore:  $U = U \cos\theta$ , dove  $\theta$  è l'angolo di incidenza e  $U$  la velocità orizzontale dell'aria indisturbata. (Yamatino e Wiegand 1986 in Santamouris e Wouters 2006). Per velocità, invece, superiori a 5m/s risulta maggiormente attendibile la formula esposta in precedenza:

$$U_{canyon} = pU_{roof}$$

(c) Direzione del vento obliquo all'asse viario:

Un vento si considera obliquo quando la sua direzione presenta un certo angolo di inclinazione ( $>15$  gradi) rispetto all'asse

longitudinale del canyon urbano.

Pochi sono gli studi condotti che forniscono informazioni su questo tipo di movimentazione di flussi. Si può osservare anche in questo caso la possibile formazione di vortici che assumono prevalentemente un movimento ad elica definito "corkscrew-type". (Santamouris e Wouters, 2006: pos. 1155 Kindle)

#### D. Turbolenze d'aria in canyon urbani.

Riferendoci alla breve panoramica relativa ai principali fenomeni derivanti dal rapporto tra l'orientamento dell'asse viario e la direzione del vento -in relazione anche ai rapporti proporzionali del tessuto urbano- viene qui evidenziato il problema della formazione di turbolenze che incidono fortemente sulla percezione degli effetti ventilativi all'interno del canyon.

Con il termine turbolenza si descrive "the tendency of wind flow to exhibit random deviations in its characteristic properties, such as its speed and direction". (Erell et al. 2011:62).

L'entità della turbolenza dipende dalle proprietà del fluido, dalla natura del flusso stesso e dall'effetto degli ostacoli fisici che il fluido può incontrare. La '*rough urban texture*', o rugosità superficiale del tessuto, analizzata in precedenza, esercita un peso fondamentale, rendendo il flusso non solo più turbolento, ma anche diminuendo la sua velocità media - più bassa vicino alla superficie.

La turbolenza è, inoltre, responsabile del trasporto verticale di energia termica, energia meccanica, umidità, anidride carbonica, inquinanti (dal suolo all'atmosfera, che qui intendiamo come *boundary zone*, e viceversa). (Bonafè, 2006)

Lo studio della turbolenza afferisce al campo della microclimatologia e per la sua misurazione occorre avvalersi di strumenti estremamente sofisticati in grado di effettuare misurazioni ad alta frequenza (decine di misurazioni al secondo) e modelli altrettanto complessi- come quelli indicati nei paragrafi precedenti-, che solitamente adottano la metodica di scomporre il problema in singole sottovariabili da analizzare in prima fase singolarmente per poi sommarne gli effetti. (Figura 28)

Per l'estrema complessità nel sintetizzare le irregolarità derivanti, il problema verrà affrontato solo marginalmente, attraverso

l'elaborazione di un quadro sinottico che riporta schematicamente i principali studi di settore, analizzando il caso più 'semplice' del canyon simmetrico sottoposto all'azione del vento. (Tabella 6). Questa scelta è motivata dalla necessità di fornire una panoramica abbastanza esaustiva, sebbene sintetica, sul tema analizzato.

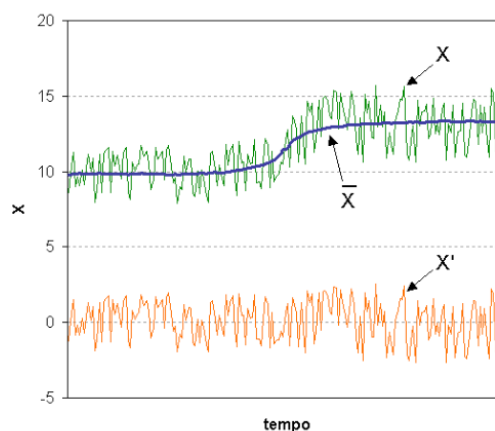


Figura 28. Nel grafico viene rappresentata a titolo esemplificativo la scomposizione di due principali variabili che caratterizzano il movimento dei flussi  $X = \bar{X} + X'$  (valore medio) +  $X'$  (valore perturbato). Fonte: Bonafè (2006).

Le dinamiche che generano turbolenza all'interno dei canyon, oltre a derivare dal rapporto tra direzione del vento e rapporti dimensionali sopra descritti (dalla conformazione geometrica alla densità e orientamento del sito), risultano strettamente correlate anche al cosiddetto effetto di galleggiamento, (*the buoyancy under temperature stratification*) determinato dalla presenza di un differente gradiente termico, anche in presenza di condizioni di calma del vento. La scarsa considerazione, in passato, di questo ulteriore fenomeno ventilativo è probabilmente una possibile spiegazione del fallimento di alcuni studi, volti a chiarire lo sviluppo e andamento di vortici in un canyon urbano, a cui è mancato il supporto di modelli adatti a valutare anche gli effetti termici di riscaldamento differenziale di alcune superfici. (Erell et al. 2011: 114; Xie, Liu et al. 2007:9031).

Xie nel 2007, valutando l'apporto derivante dalla differenza di gradiente termico, (Xie, Liu et al. 2007:9037) ha verificato un differente comportamento dei flussi in relazione ai vari rapporti dimensionali già presi in esame. (Tabella 7). Tali differenze possono

essere spiegate confrontando le simulazioni dei flussi con la definizione spaziale delle isoterme, che variano a seconda della differente esposizione alla radiazione solare (anche in relazione alle caratteristiche intrinseche delle superfici stesse), e ad altre fonti di riscaldamento esterne (ad esempio “the additional heat emission from local points like the air conditioning system and the road traffic.” Priyadarsini e Wong, 2005:115).

La sintesi ragionata sul tema della ventilazione in ambiente urbano qui condotta, servirà come punto di partenza per una valutazione più consapevole non solo di ricerche e sperimentazioni in ambito nazionale ed internazionale, presentate nei capitoli 3 e 4, ma anche come base per i successivi approfondimenti e sperimentazioni proposti nella parte III della ricerca.

Didascalie pagine successive:  
**Tabella 6.** Rielaborazione della tavola sinottica sui regimi di flusso in canyon urbani e relativi campi di turbolenza. Fonte: Ahmad et al. (2005: 706); Xie, Liu et al. (2007); Santamouris e Georgakis, *Wind and Temperature in the Urban Environment* in Allard e Ghiaus (2005); Santamouris e Wouters (2006).

**Tabella 7.** (A) Stralcio dello studio condotto da Xie, Liu et al nel 2007 relativo alla valutazione dell'andamento dei flussi derivanti da gradiente termico. “Spatial contours of normalized temperature  $(\theta-\theta_a)/(\theta_f-\theta_a)$  in street canyon with different surfaces heated in aspect ratio 1. (a) Ground heated, (b) leeward facade and ground heated, (c) windward facade and ground heated and (d) all surfaces heated.” Nello schema è riportato il caso relativo al rapporto dimensionale  $H/W=1$  nel quale si evidenzia, a differenza della simulazione presentata nella Tabella precedente, la presenza di due vortici di simile dimensioni che ruotano in senso opposto. Questa configurazione, secondo l'autore, è spiegabile se confrontiamo la simulazione con la definizione spaziale delle isoterme, in relazione alla differente temperatura delle superfici: facciata sopravento, facciata sottovento e suolo. Fonte: Xie, Liu et al. (2007). (B) Valutazione dell'effetto del riscaldamento differenziale delle superfici del canyon. Erell et al. (2011: 114) che rielabora un precedente studio di Xie, X., Huang, Z., Wang, J. and Xie, Z. (2005).

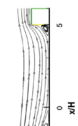
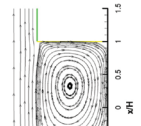
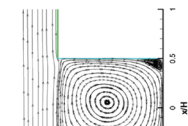
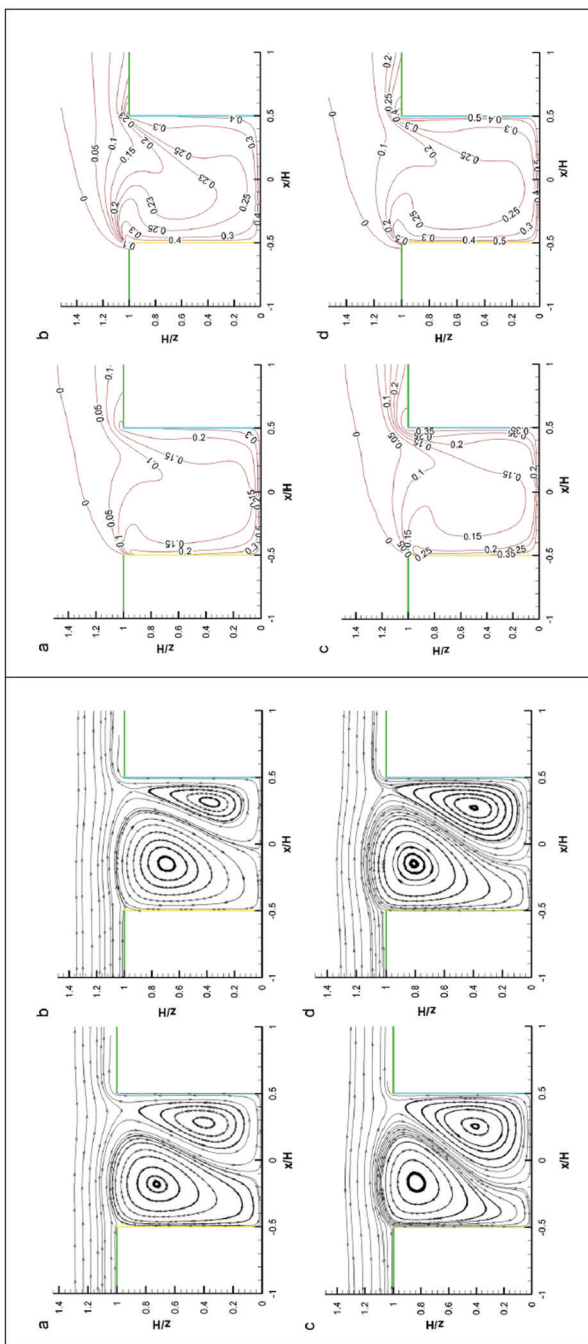
	DIREZIONE FLUSSO PERPENDICOLARE	PARALLELO	OBLIQUO
FIWF	<p>Nel caso di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>edifici isolati senza formazione di alcuna interferenza.</li> <li>'regime di flusso da ostacolo isolato'</li> <li>'regimi di flusso a scie interferenti'</li> </ul> <p><b>TWO CO-ROTATIVE VORTICES</b></p> <p><math>H/W=0,1</math></p> 	<p>Non c'è una direzione di flusso predominante all'interno del canyon. Ad alte velocità, il flusso è quasi parallelo all'asse del canyon.</p> <p>Flusso del vento lungo la parete del canyon con possibile moto ascensionale lungo le pareti del canyon.</p> <p>Prevalentemente in <i>short canyon</i>, vengono a generarsi vortici 'intermittenti' in prossimità degli angoli. Questi vortici sono responsabili del meccanismo di avvezione (processo di trasferimento orizzontale del flusso) dagli angoli alla metà del blocco analizzato, generando una 'convergence zone' in quest'area.</p>	<p>Nel caso di vento oblique all'asse del canyon, se in alcuni casi si verifica un comportamento analogo alla situazione del flusso perpendicolare, in altri il vortice assume un movimento ad elica definito "corkscrew-type"</p>
IRF	<p>Nel caso di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>'regimi di flusso a scie interferenti'</li> <li>'regime di flusso pseudo laminare'</li> </ul> <p>Il vortice superiore (<i>upper</i>), influenzato prevalentemente dal flusso d'aria indisturbato ed il secondo vortice (<i>secondary</i>), negli strati più bassi del canyon, che subisce l'influenza di quello sovrastante e del riscaldamento superficiale delle aree inferiori dell'invaso (<i>ground-level leeward corner</i>).</p> <p><b>ONE PRIMARY VORTICE</b></p> <p><math>H/W=0,5</math></p> 	<p>Per rapporti <math>H/W=1-1,5</math> velocità del vento di 1,5-2m/s, la velocità del vortice è direttamente proporzionale alla velocità del vento.</p>	
WIF	<p>Nel caso di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>'regime di flusso pseudo laminare'</li> </ul> <p>La direzione del vortice secondario è opposta a quella di quello superiore o primario. Possibile formazione di un terzo vortice di debole entità.</p> <p><b>CONTRA-ROTATIVE VORTICES</b></p> <p><math>H/W=1</math></p> 	<p>Per rapporti <math>H/W=2</math> si osserva la formazione di 2 vortici.</p> <p>Per rapporti <math>H/W=3</math> si osserva la formazione di 3 vortici.</p> <p>La velocità nei vortici inferiori è di 5-10 volte inferiore a quella superiore.</p>	
SF	<p><math>0,02</math> H/W</p> <p><math>0,125-0,1</math> H/W</p> <p><math>0,2</math> H/W</p> <p><math>0,667</math> H/W</p> <p><math>1,667</math> H/W</p>		

Tabella 6

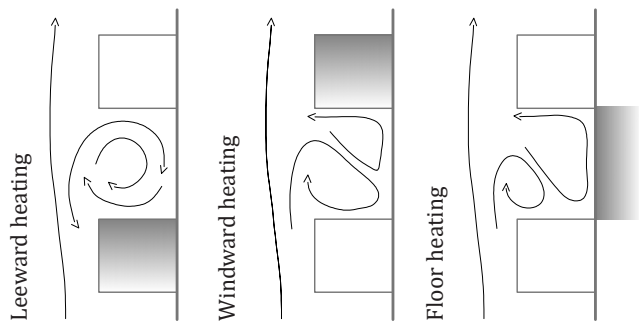


DIREZ. FLUSSO PERPENDICOLARE H/W=1



FLOW FIELD

SPATIAL ISOTHERMS



(B)

(A)



### *ABSTRACT*

This chapter presents itself as a collection of selected international research projects, since they provide a significant picture of the main tools for understanding the anemometric phenomenon in urban contexts: both through in situ measurements, the use of morphometric models, experiments in wind chamber, and through the most advanced fluid dynamic computation systems at mesoscale and local scale.

Beyond the individual aims of the projects, the importance of these studies lies in having proposed a methodology for analysis within the urban context, identifying the specific problems of this complex scenario. Since the first experiments (Natvent and Urbvent projects) it has emerged, in fact, the lack of support tools that could help architects and engineers in the design phase, providing a methodological line of investigation and evaluation of natural outdoor ventilation.

As we will see in the following section of this discussion, some passages have been extrapolated from each of these projects, which will provide a useful starting point for this research. For further details on each topic, please refer to the following chapters.

## CAPITOLO 3 Sperimentazioni per la comprensione del fattore ventilativo in ambito urbano.

### ABSTRACT

Questo capitolo si presenta come una raccolta di progetti di ricerca a livello internazionale selezionati in quanto forniscono un quadro significativo sui principali strumenti per la comprensione del fenomeno anemometrico in contesti urbani: sia attraverso misurazioni in situ, l'utilizzo di modelli morfometrici, le sperimentazioni in camera del vento, sia attraverso i più avanzati sistemi di computazione fluidodinamica alla mesoscala ed alla scala locale.

Al di là delle singole finalità dei progetti, l'importanza di questi studi è nell'aver proposto una metodologia di analisi all'interno del contesto urbano, individuando le specifiche problematiche di questo scenario complesso. Sin dalle prime sperimentazioni (progetti Natvent e Urbvent) è emersa, infatti, la mancanza di strumenti di supporto che potessero aiutare architetti e ingegneri nella fase di progettazione, fornendo una linea metodologica di indagine e valutazione della ventilazione naturale outdoor.

Come vedremo nel seguito di questa trattazione, da ognuno di questi progetti sono stati estrapolati alcuni passaggi che forniranno un utile punto di partenza per questa ricerca. Per un maggiore approfondimento su ogni singolo tema si rimanda ai successivi capitoli.

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 100

**Progetto europeo NatVent****Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente** Danish Building Research Institute, SBI**Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca**

Charlotte Svensson, J&amp;W Consulting Engineers, Sweden, Danish Building Research Institute, SBI

**Durata** 1998**Obiettivo:** "Overcoming technical barriers to low-energy natural ventilation in office type buildings in moderate and cold climates."

Un problema comune legato all'adozione della ventilazione naturale in edifici situati in ambienti urbani è la potenziale esposizione agli inquinanti esterni. Una strategia di intervento deve prevedere la comprensione delle fonti di inquinamento.

Il progetto prevede la progettazione di un programma NatVent 1.0 utile come strumento di pre-design nelle prime fasi del processo di progettazione proponendo una semplificazione dell'interfaccia utente, e permettendo, allo stesso tempo, di identificare tutte le fonti di inquinamento urbano ed aiutare in fase di realizzazione e monitoraggio.

Progetto NatVent <http://projects.bre.co.uk/natvent/>**UrbVent project Natural ventilation in urban areas****Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente**

European Commission. Fifth framework programme.

**Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca**

EU coordinator: Francis Allard, University of La Rochelle, France

External participants in Europe: National and Kapodistrian University of Athens Greece; Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf Belgium; University of North London United Kingdom; Instituto de Engenharia Mecânica Portugal; Centre National de la Recherche Scientifique France; Building Research Establishment Limited United Kingdom; Swiss participants: Sulzer Infra Lab AG

**Durata** 2001-2003**Obiettivo principale:** promuovere l'uso della ventilazione naturale in edifici localizzati in aree urbane.

Alla fine degli anni 90 il progetto NatVent mirava ad individuare gli ostacoli relativi al potenziamento della ventilazione naturale e le possibilità di applicarla in edifici per uso uffici. Uno degli problemi individuati era la mancanza di strumenti di facile utilizzo che aiutassero architetti ed ingegneri nella fase di progettazione. Il progetto Urbvent vuole rispondere a questa esigenza, cercando di migliorare l'interfaccia leggibile di questo progetto per una migliore comprensione da parte dell'utenza.

Come sintesi del lavoro, viene pubblicato un manuale: *Handbook on natural ventilation in urban areas* e nel 2005 il testo *Natural ventilation in the urban environment. Assessment and design*, curato da Cristina Ghiaus e Francis Allard.

Viene affrontato lo studio della ventilazione naturale come metodo per la diminuzione dei consumi energetici, specialmente per diminuire, se non in estremo evitare, l'utilizzo dei sistemi di condizionamento attivi, migliorando il comfort degli ambienti confinati dal punto di vista termico e di qualità dell'aria.

Punto di partenza della ricerca è la comprensione dell'uso della ventilazione in edifici localizzati in ambiente urbano, in quanto la maggior parte degli studi effettuati in precedenza affrontavano l'analisi della ventilazione in singoli edifici posizionati in aree aperte, senza valutarne il loro inserimento in ambito urbano.

In riferimento ai dati forniti dalla ricerca, l'incremento del livello di urbanizzazione del territorio europeo, pari al 75% con un incremento del 3% previsto per i successivi dieci anni, ha portato alla necessità di valutare le specifiche problematiche della ventilazione in ambito urbano:

- \* riduzione della potenzialità della ventilazione (buoyancy and turbulence)
- \* aumento degli elementi di ostacolo (i principali affrontati: rumore e inquinamento)

Le conoscenze acquisite durante la fase di sperimentazione sono servite per la definizione di quattro sotto-obiettivi:

- \* WP1 Soft Computing of Natural Ventilation Potential, la valutazione del potenziale della ventilazione naturale (NVP) in un sito specifico (punto principalmente sviluppato dal Swiss Federal Institute of Technology di Losanna)
- \* WP2 Optimal Openings Design, l'ottimizzazione del dimensionamento delle aperture per facilitare la ventilazione naturale. (punto sviluppato principalmente dall'Università di Porto, il National Scientific Research Center di Lyon e l'Università di Atene)
- \* WP3 Engineering Validation
- \* WP4 Synthesis

Sotto-obiettivo WP1: Climatic suitability - NVP assessment module:

“One of objectives of UrbVent is to develop a methodology for predicting natural ventilation potential of building in urban context” (Final Report WP1). La ricerca mira a definire una metodologia per la valutazione del potenziale della ventilazione naturale finalizzata al miglioramento della qualità dell'aria indoor, tenendo in considerazione i fattori correlati di comfort termico e riduzione dei consumi.

Le definizioni proposte:

“The natural ventilation potential (NVP) is the possibility to ensure an acceptable indoor air quality by natural ventilation only. A passive cooling potential (PCP) can also be defined, as the possibility to ensure an acceptable indoor thermal comfort in summer using solely natural ventilation.” (Final Report WP1).

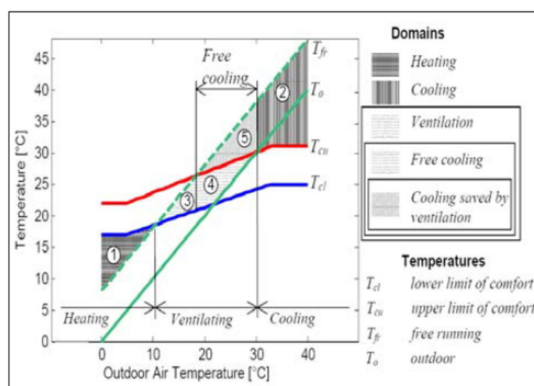
Tre sono i punti analizzati:

1. free-running temperature (temperatura indoor dell'edificio in equilibrio termico con l'ambiente esterno senza utilizzo di sistemi di condizionamento);
2. adaptive thermal comfort (in relazione alla maggiore tolleranza alle temperature interne dimostrata dagli occupanti in naturally ventilated buildings);
3. degree-days for heating.

Il modulo di Climatic suitability, incluso nello strumento Urbvent relativo al NVP assessment, ha previsto:

1. valutazione della free-running temperature, utilizzando il programma di simulazione Ecotect;
2. un campionario di temperature per molte località europee;
3. il calcolo in automatico dei Gradi Giorno (software NVPdd -Natural Ventilation Potential - degree-days).

*Heating, cooling, free cooling domains*

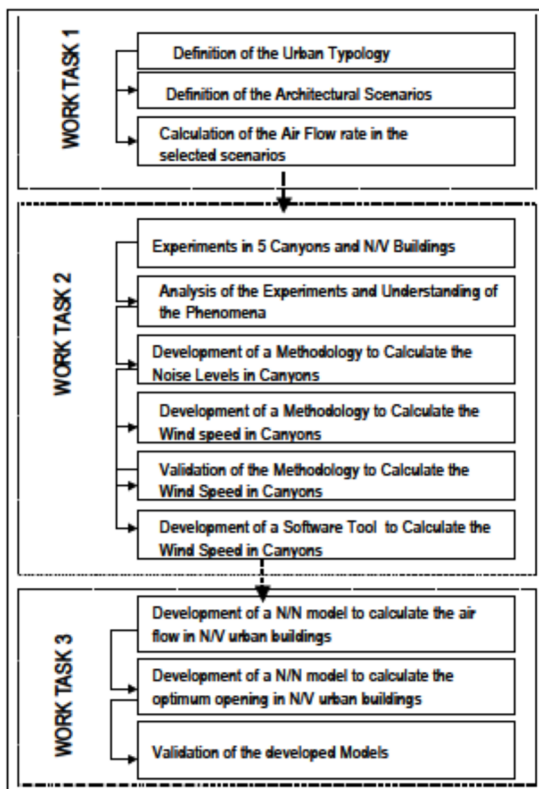


“We propose a quantitative measure of natural ventilation potential, expressed in degree-days, based on adaptive thermal comfort and probabilistic distribution of monthly temperature. This method is applicable at the scale of a region and gives a measure of climate suitability. It does not take into account local specificity of a site or of a building. [...] methodology for calculating the natural ventilation potential expressed as a function of degree-days.” (Final Report WP1:91)

Sotto-obiettivo WP2: the design of optimal opening.

“The main objective of this work package is to develop a design methodology and performance criteria for best practice design of naturally ventilated buildings. [...] optimise the façade of urban buildings to better exploit natural resources and maximise natural ventilation performance” (Final Report WP2).

Sebbene sia facile verificare ex-post se il dimensionamento di aperture risponde alle necessità di ventilazione richieste, il processo inverso, ovvero sia definire nella fase preliminare la dimensione dell'apertura, risulta essere un problema più complesso. Per dare una soluzione a questo quesito è stata effettuata una valutazione indiretta del dato: ottenere un ampio database delle portate d'aria possibili in relazione a configurazione dell'edificio, condizioni climatiche e morfologiche, utilizzando dati e configurazioni esistenti adattabili al nuovo progetto. (Allard e Ghiaus 2005: 168;186)



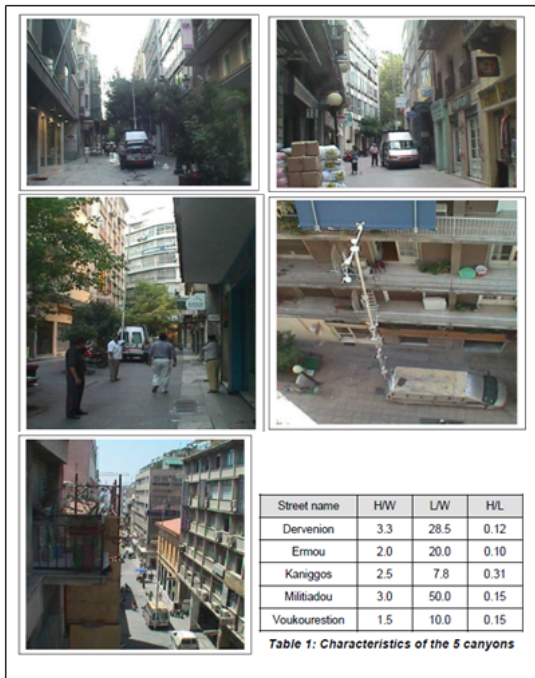
Il lavoro complessivo è suddiviso nei seguenti Task:

Work Task 1. Definition of the urban building configurations related to naturally ventilated buildings and definition of architectural scenarios for naturally ventilated buildings and theoretical evaluation of the air flow through the buildings:

1. the building type: in relazione al moto di ventilazione (singolo lato, passante);
2. the canyon geometry: H, W e L, riferendosi principalmente a tre tipi principali di edifici (piccoli uffici e appartamenti con ventilazione da un solo lato, o dotati di camini di areazione, o appartamenti e uffici di dimensioni più grandi dotati di ventilazione passante).

Work Task 2. Experimental investigation of the air flow in specific canyons. Sono state effettuate misurazioni in situ su 5 canyon selezionati nel tessuto della città di Atene. È stata valutata la distribuzione verticale (4 differenti altezze 3.5 - 7.5 - 11.5 - 15.5 metri) della velocità del vento nei canyon (misurazioni effettuate nella fascia centrale e nella fascia di bordo) in relazione alla velocità del vento indisturbata. In parallelo,

è stata valutata la distribuzione della temperatura dell'aria e le portate d'aria. Le misurazioni sono state eseguite almeno per tre giorni per ogni canyon. Da questa campagna di misurazioni si è elaborato un importante database utilizzato per comprendere meglio il flusso d'aria nel canyon urbano nonché per lo sviluppo modelli teorici (database per analisi multi-criteriale).

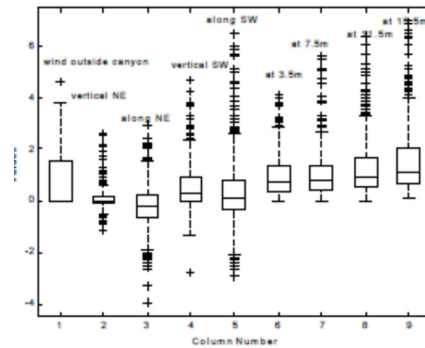


5 casi studio localizzati nella città di Atene.

Strumentazione:

- 4 Thermometers
- 4 A100K Pulse output anemometer
- 4 anemometers W200 Porton Windwane

Box plot of ambient wind speed (esempio)



È stato sviluppato un modello teorico per calcolare la velocità del vento in qualsiasi punto di un canyon e confrontato con i modelli esistenti e dati sperimentali, e successivamente questo modello è stato incorporato in uno strumento software (MATLAB Code).

Algoritmo:

È stato definito un algoritmo “to translate wind speed in undisturbed airflow to wind speed inside a canyon”. Solitamente i dati meteorologici necessari per la definizione dei flussi vengono forniti da stazioni meteo dislocate nella vicinanza di aeroporti o aree non urbanizzate, oppure si estrapolano da modelli usati per le previsioni, come il Lokal-Model (LM), modelli che tengono in considerazione principalmente le variazioni di altitudine, ma non la presenza di edifici, in riferimento alla rugosità del terreno (Allard e Ghiaus, 2005: 197). La velocità del vento stimata a 10m dalla superficie risulta, però, estremamente differente se valutata all’interno di contesti urbani, i cosiddetti *urban canyon*, in quanto entrano in gioco anche altri parametri quali l’orientamento del flusso indisturbato rispetto all’orientamento del canyon (normale, parallelo o obliquo), la profondità, altezza e lunghezza del canyon, la densità, intesa come rapporto tra l’area del lotto e la superficie coperta.

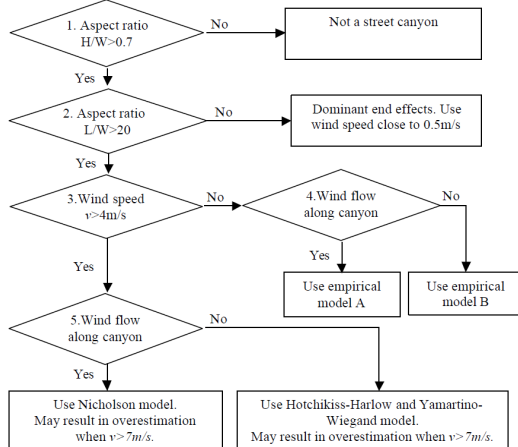


Grafico 1. Algorithm for wind velocity in canyon street.

1. The first step is to verify that the street is actually a canyon street. According to the literature, the ratio  $H/W$  must be higher than 0.7 to be in a canyon situation.

2. The second step consists to verify the influence of the end effects. From the literature, it appears that the end effects dominate if the  $L/W$  ratio is lower than 20. In that case, an average wind speed of 0.5 m/s should be used.

3. The third step is to verify the undisturbed wind speed. Indeed, the models to be used are different if this wind speed is higher or lower than 4 m/s.

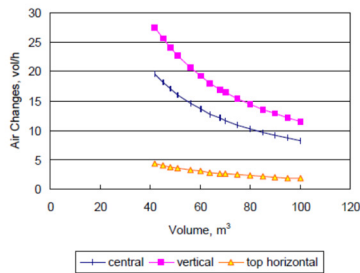
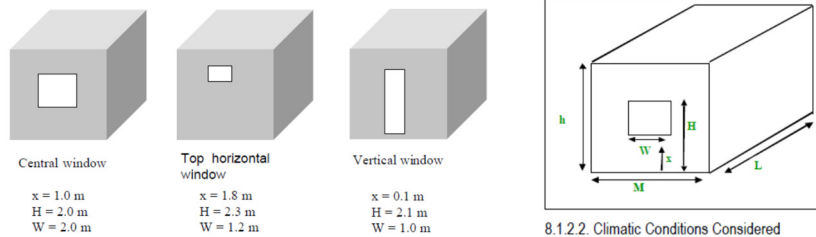
4. The fourth step is to verify if the wind lows along the canyon axis or perpendicular to it.

Grafico 1. Nicholson model: se la velocità del vento (indisturbato) è superiore a 4m/s, il flusso all'interno del canyon dipenderà dall'angolo di incidenza (parallelo all'asse del canyon con angolo di incidenza  $\leq 15^\circ$ ); Hotchkiss and Harlow model e Yamamoto and Wiegand model: quando l'angolo di incidenza è obliquo o perpendicolare all'asse del canyon.

È stata verificata la validità di questo algoritmo.

Work Task 3. Development of a methodology for optimum openings design. Development of a recurrent neural network model that calculates the air flow in natural ventilated apartments in buildings located in urban canyon under (Final Report WP2):

- specific climatic conditions;
- specific canyon characteristics;
- specific openings of a building;
- specific building geometrical and operational characteristics.



“The large database that has been produced for single-sided ventilation and stack-induced ventilation scenarios has been shown to be consistent in terms of building physics and the phenomena that are present. Results have also been validated and can be used with confidence.”

È stato affrontato in questa ricerca anche la valutazione di possibili effetti ostativi per lo sfruttamento del potenziale della ventilazione:

1. il rumore (London Metropole University): è stata effettuata la misurazione del rumore nei canyon analizzati, esaminando il grado di fastidio correlato all'apertura delle finestre per il passaggio dei flussi d'aria.
2. l'inquinamento (Universite La Rochelle): è stata effettuato uno studio sperimentale sull'inquinamento outdoor-indoor prendendo come caso studio 9 edifici scolastici (modulo aula).

### Analisi multi-criteriale

Il progetto analizzato è un esempio di analisi multi-criteriale, tramite la quale è possibile relazionare il singolo caso ad una casistica di analoghe situazioni, ottenuta tramite specifiche banche dati.

Molto spesso la scelta della 'opzione migliore' deve basarsi su diversi criteri che rivestono, in relazione al problema, differente importanza o 'peso' e alcuni di loro sono anche valori non-numerici che possono essere espressi attraverso valutazioni qualitative. (Allard e Ghiaus, 2005:208)

In riferimento al progetto UrbVent i dati di cui si dispone sono (Allard e Ghiaus, 2005:209):

- \* dati relativi al potenziale della ventilazione naturale, dati conosciuti per esperienza o dalla valutazione degli indici di IAQ ottenuti dall'analisi eseguite su edifici esistenti;
- \* dati del sito relativi ai flussi urbani;
- \* tipologia edilizia;



- \* analisi del rumore;
- \* valori della qualità dell'aria interna/esterna.

Nello specifico viene utilizzato il metodo Quantiflex (Paelinck), questo sistema effettua un ranking tra i diversi fattori in funzione di singole sotto-classificazioni, valutando il peso di queste sottocategorie in relazione all'insieme (*adaptive weights*):

- \* the *decision to take* can be expressed as “to select the site that is the most suitable to erect a naturally ventilated building” or “to decide if the site is better or worse than another, well known site”,
- \* the *alternative options* are a list of potential sites; one of them is the site for which the NVP has to be assessed, the others are sites for which the NVP is known,
- \* the *criteria* include at least temperature, wind, noise and pollution,
- \* the *weights* of the criteria are automatically determined so that the multi-criteria analysis correctly ranks the known sites,
- \* the *result* will be a ranking of sites; the NVP of the site to assess being determined by comparing the location of this site in the list of known sites.

Allard, F., Ghiaus, C., Santamouris, M. et al. (2005). Natural ventilation of urban buildings– summary of URBVENT project. International Conference *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*. Pp. 29-33.

Allard, F., Ghiaus, C., Santamouris, et al. (2005). Natural Ventilation in Urban Areas -- Results of the European Project URBVENT. Part 1: Urban Environment. *Building and Environment Journal*.

Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in the urban environment. Assessment and design*. London: Earthscan;

Ghiaus, C., Allard, F., Georgakis, C., Nicol, F. (2006). Urban environment influence on natural ventilation potential. *Building and Environment* 41(4): 395-406;

Georgakis, C., Santamouris, M. (2005). Canyon effects: Calculation of wind speed in an urban street canyon with the aid of a semi-empirical model based on experimental data. International Conference *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*. Pp. 117-123.

**Hong Kong/Sars- Air Ventilation Assessment System**

**Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente** Municipalità di Hong Kong e Chinese University of Hong Kong

**Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca**

Chinese University of Hong Kong Department of Architecture.

**Durata** 2005

**Obiettivo:** "Explore the feasibility of establishing some protocols to assess the effects of major planning and development proposals on external air movement for achieving an acceptable macro wind environment."

**Air Ventilation Assessment (AVA):** Definizione di un protocollo volto a definire migliori condizioni di ventilazione degli spazi urbani, e un controllo delle modificazioni dei flussi d'aria in funzione della ridefinizione dei volumi costruiti.

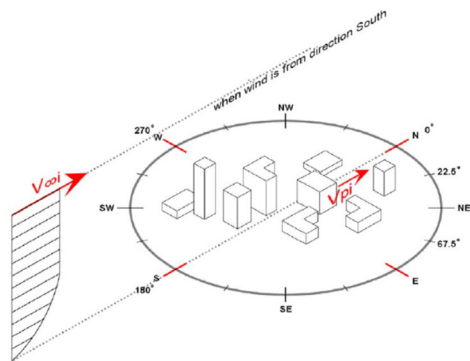
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
<b>Stage A – Performance-based Evaluation with Technical Brief but without Benchmark Standards</b> <i>Establishment of a generic framework and methodology for AVA to enable objective comparison between different design options and formulation of qualitative urban design guidelines.</i>		← Immediately		
<b>Stage B – Urban Climatic Mapping</b> <i>Identification of climatically problematic/sensitive areas that require particular attention or in need of planning and design interventions.</i>	1-2 Years			
<b>Stage C – Performance-based Evaluation with Technical Specifications and Benchmark Standards</b> <i>Establishment of a set of objective assessment standards and criteria for AVA.</i>	2-3 Years			
<b>Stage D – Quantitative Guidelines</b> <i>Formulation of quantitative design guidelines to enable the practitioners to grasp the basic and most important design requirements for a well-ventilated urban environment at an early design stage.</i>	2-4 Years			

*Cronoprogramma delle fasi della ricerca sviluppato in 4 anni.*

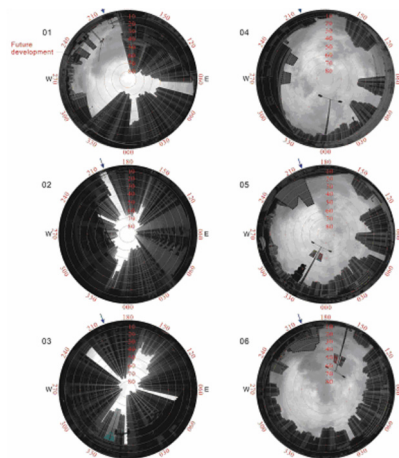
Due sono le metodologie di analisi proposte per il raggiungimento di condizioni di comfort ambientale accettabili: metodo prestazionale e metodo prescrittivo.

**A. Prestazionale (performance based approach):**

- \* identificazione di procedure standard a cui il progettista si deve attenere;
- \* definizione di requisiti minimi richiesti.



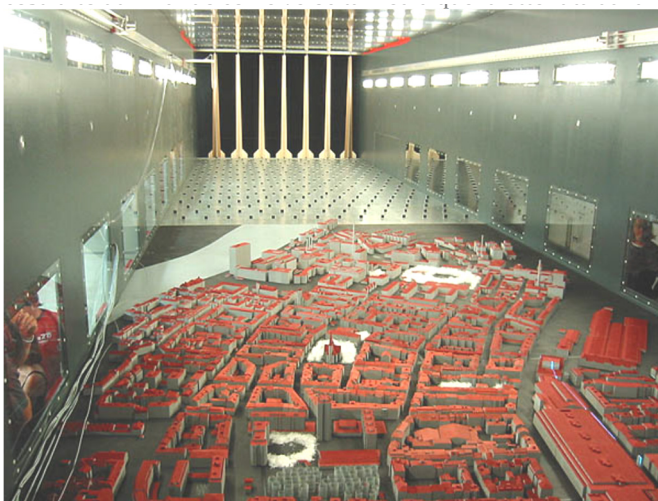
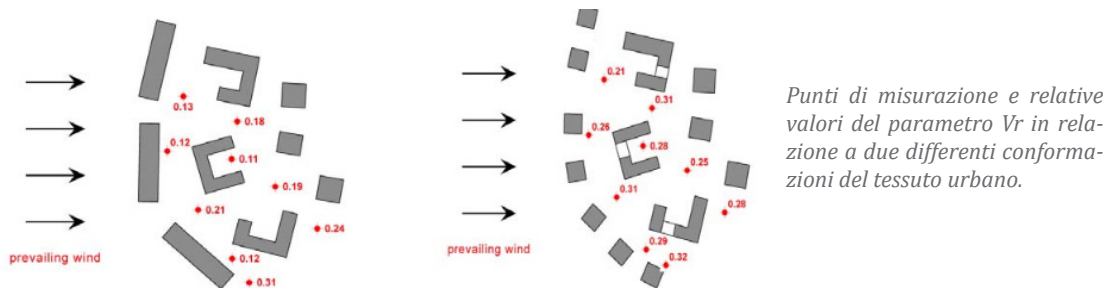
*Valutazione dei venti prevalenti e Sky view factor.*



$$VR_i = \frac{V_{pi}}{V_{\infty}}$$

Viene introdotto il parametro Wind Velocity Ratio rapporto tra la velocità dell'aria misurata al pedestrian level ( $V_p$ ) e la velocità dell'aria indisturbata ( $V_{\infty}$ ). Questo parametro permette di valutare quanto l'azione del vento possa essere utilizzata per migliorare le condizioni di comfort percepite: maggiore è il valore, migliore sarà la propagazione dell'aria nel punto valutato.

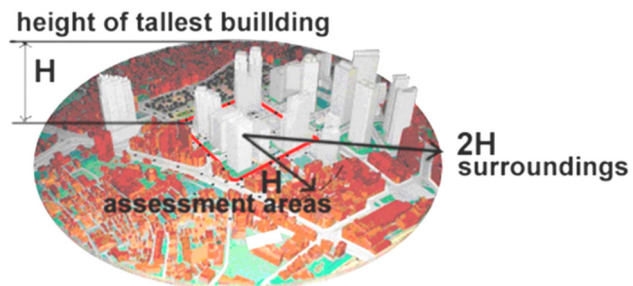
Per una valutazione maggiormente affidabile del parametro vengono effettuate misurazioni a secondo delle direzioni dei venti prevalenti in più punti del tessuto analizzato e poi viene effettuata una sorta di media ponderate tra i vari risultati.



Vengono poi effettuate delle valutazioni nella galleria del vento sull'andamento dei flussi rispetto al modello costruito utilizzando come velocità media quella ottenuta dalla media ponderata dei valori  $V_r$  individuati.

Modello testato nella galleria del vento.

Attenzione è posta alla contestualizzazione dell'area evidenziata estendendo le misurazioni e le analisi ad una fascia più ampia del tessuto:



La linea gialla tratteggiata indica la fascia di rispetto presa in esame. All'interno di questa area verranno effettuate le misurazioni. Quest'area presenta un diametro pari a 2 volte l'altezza dell'edificio di riferimento (il più alto edificio sul terreno di prova). L'area campita di giallo indica l'area specifica presa in esame, il cui diametro è pari all'  $H$  dell'e-

dificio di riferimento. La linea rossa nel grafico di destra indica il perimetro del sito di prova. I puntini verdi sulla linea rossa sono i punti di misurazione.

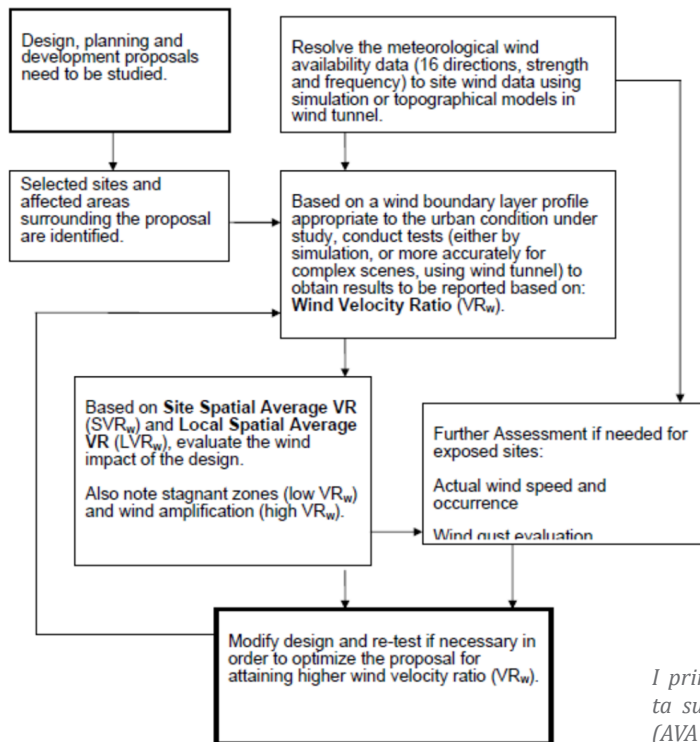
Per ogni area presa in esame si richiede un elevato numero di punti di misurazione strumentale in situ (almeno da 60 a 100). La scelta della localizzazione di questi punti avviene in due maniere:

1. posizionamento di punti di misurazione nell'area di pertinenza evidenziata dalla linea gialle, per una valutazione più attendibile delle reali movimentazioni dei flussi. Tali punti di misura vengono utilizzati per il calcolo del *Site average wind velocity ratio* (SWR<sub>w</sub>)
2. all'interno dell'area i punti vengono localizzati nelle aree di maggior affollamento previsto.

L'insieme dei punti di misurazione locali e perimetrali forniscono i dati per il calcolo di un altro parametro: *Local spatial average wind velocity ratio* (LVR<sub>w</sub>)

Il valore SWR<sub>w</sub> fornisce indicazioni sulle condizioni di ventilazione al pedestrian level, mentre il valore LVR<sub>w</sub> indicazioni sul comportamento dei flussi nella parte alta dell'invaso analizzato.

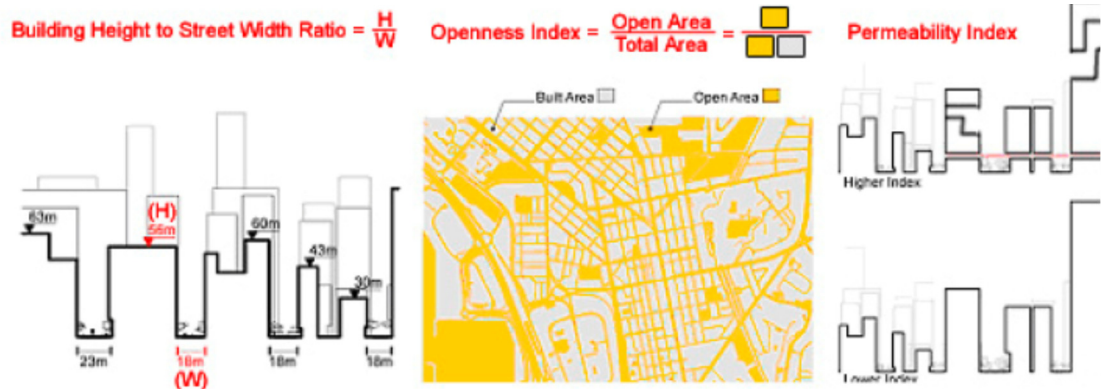
Ovviamente questo tipo di approccio può essere utilizzato per valutazioni a posteriori, effettuate dopo la progettazione dell'intero isolato, costituendo più uno strumento di verifica che di progetto.



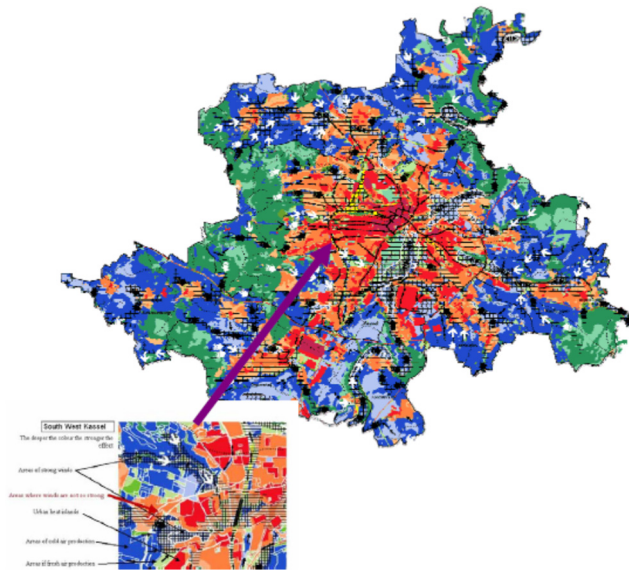
*I principali passi dell'analisi prestazionale basata sulla metodologia Air Ventilation Assessment (AVA).*

B. Prescrittivo (quantitative guidelines based approach):

l'obiettivo è fornire una serie di indicazioni progettuali che aiutano al raggiungimento dei requisiti prestazionali richiesti, parametri e indici utili nella fase di progettazione: Breezeway / Air path; Orientation of Street Grids; Linkage of Open Spaces; Non-building Area; Waterfront Sites; Scale of Podium; Building Heights; Building Disposition; Shading and greenery; Cool materials; Projecting obstructions.



Esempio di quantitative guidelines basati sugli indici individuati.



Tappa importante per lo sviluppo di questa analisi è l'elaborazione della Urban Climatic Map: mappa climatica urbana della città di Hong Kong. Con la raccolta dei dati rilevanti sulla meteorologia, topografia, tessuto urbano, uso del suolo, ecc....

Urban Climate Map della città di Hong Kong

Department of Architecture Chinese University of Hong Kong (2005) *Feasibility Study for Establishment of Air Ventilation Assessment System*. FINAL REPORT

[http://www.pland.gov.hk/pland\\_en/p\\_study/comp\\_s/avas/papers%26reports/final\\_report.pdf](http://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/avas/papers%26reports/final_report.pdf);

De Santoli, L. (2011) *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.



**Il caso di Bilbao: comparazione tra dati simulati e dati reali**

**Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente**

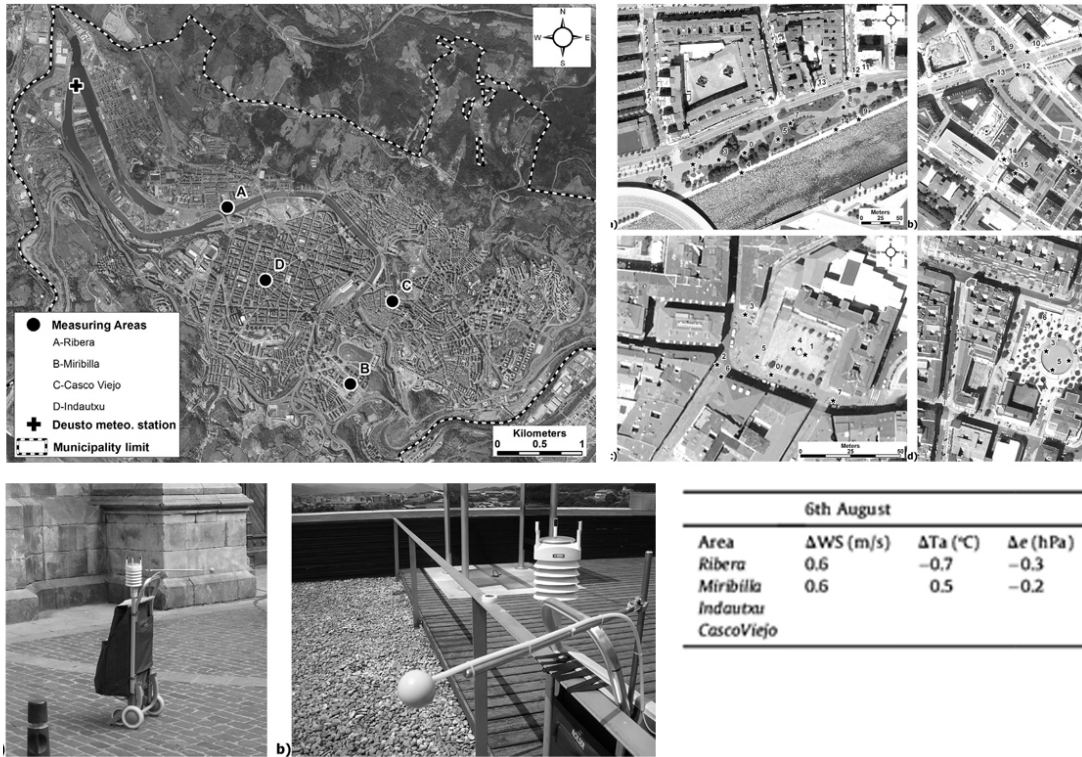
TECNALIA, Energy and Environmental Division, Parque Tecnológico de Bizkaia

**Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca**

Juan A. Acero, Karmele Herranz-Pascual

**Pubblicazione 2015**

Lo studio condotto sulla città di Bilbao da Juan A. Acero, Karmele Herranz-Pascual (2015) utilizzando come software di riferimento il programma ENVI-met versione 4, è volto a dimostrare che esistono delle divergenze tra i dati simulati e quelli misurati in situ. Nello specifico il valore della velocità del vento fornito dal software ENVI-met risulta sottostimato in tessuti del centro storico della città e sovrastimato nelle aree di espansione otto-novecentesca.



*Città di Bilbao, con localizzazione delle aree di indagine: a) Ribera b) Miribilla c) CascoViejo and d) Indautxu. (in basso) Sistema di misura mobile. I dispositivi installati sono: Vaisala WXT520 and globe temperature device. (dx) Estratto dei risultati di comparazione tra dati simulati e dati reali per uno dei giorni di campagna.*

Questi studi, sebbene pochi e localizzati a latitudini differenti da quella italiana, consentono di valutare potenzialità e limitazione dei programmi di computazione fluidodinamica più utilizzati a questa scala.

(Per un maggiore approfondimento sulla ricerca si rimanda al capitolo 9 parte III della ricerca)

Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015). A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. Building and Environment 93: 245-257

**Provincia Autonoma di Trento e Città di Trento**

**Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente**

Università di Trento- Dip. Fisica dell'atmosfera

**Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca**

Mesoscala Provincia Autonome di Trento

Scala locale Zardi, Giovannini

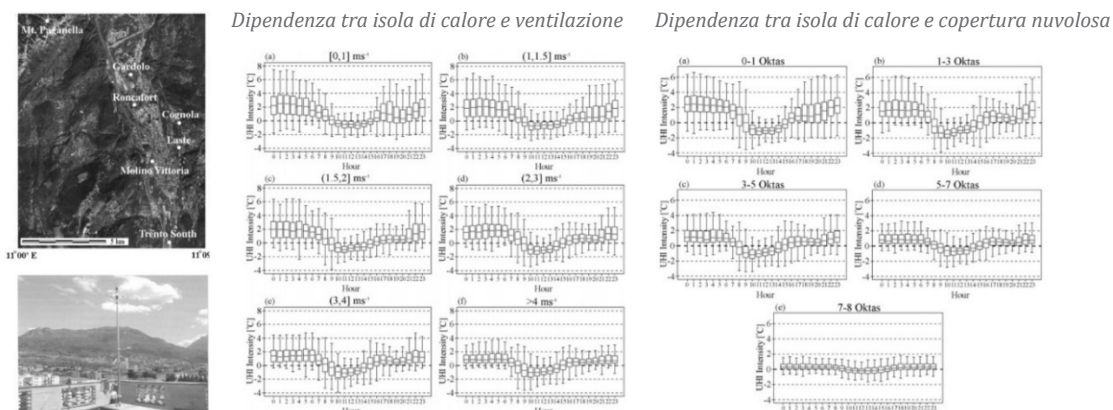
**Durata:** concluso (scala locale) marzo 2017

Alla mesoscala:

La Provincia Autonoma di Trento si è da tempo dotata di un Atlante Climatico (<https://climatlas.fbk.eu>), uno strumento WebGIS a supporto dello studio dei fenomeni climatici, sia per attività tecniche che di divulgazione pubblica. I dati utilizzati sono rilevati dalle stazioni meteorologiche appartenenti a due enti: Provincia Autonome di Trento – Ufficio Previsioni e Pianificazione – Meteotrentino; Fondazione Edmund Mach.

Alla scala locale

La ricerca parte dagli studi sulla città di Trento nell'ambito del progetto Prometeo dell'Osservatorio Meteorologico dell'Università degli Studi di Trento al "Molino Vittoria".



Nell'ambito del progetto "[...] è stato implementato un sistema previsionale del campo termico all'interno delle aree urbane combinando un tradizionale modello meteorologico e una parametrizzazione in grado di simulare le variazioni indotte dalle aree urbane sulle condizioni climatiche. Questo sistema modellistico è stato validato con campagne di misura nelle aree urbane di Trento e Rovereto, effettuate durante l'estate 2016». (Giovannini, webmagazine.unitn.it).



## WUDAPT World Urban Database and Access Portal Tools

### Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente

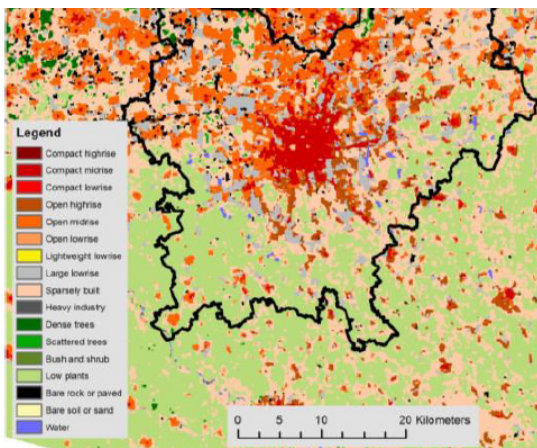
AA.VV. piattaforma internazionale

**Durata:** in corso

**Obiettivo:** Sebbene esistano banche dati nazionali e regionali che utilizzano descrittori comuni per mappare le città, come ad esempio l'Atlas Urbano dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), queste forniscono dati a vasta scala la cui accuratezza dipende dalla fonte di informazione ed in particolare dalla risoluzione spettrale e spaziale del sensore. Se queste informazioni fossero disponibili alla scala urbana, sarebbe una risorsa inestimabile per sostenere la ricerca sul clima e sull'ambiente, la gestione energetica, la valutazione del rischio e la progettazione e l'attuazione delle politiche. Il progetto WUDAPT cerca di fornire proprio questo supporto.

Il progetto parte dal presupposto che molte delle variabili LCZ (Local Climate Zone proposte da Stewart, I.D. e Oke, T.R. 2012) sono anche variabili di base per i modelli atmosferici e possono fornire indicazioni per la selezione dei parametri del modello. Quindi, sarebbe auspicabile che ogni città si dotasse di una mappa che identifica il tessuto urbano in termini di tipi LCZ.

The workflow for generating LCZ maps consists of four steps:



WUDAPT level 0 data for Milan, Italy

Per Milano (e altre città europee) tali dati sono disponibili nell'Atlas Urbano. Inevitabilmente il protocollo LCZ provoca errori che devono essere gestiti tramite un processo di valutazione. L'aspetto più critico della gestione degli errori è la qualità e la quantità delle aree di formazione (TAs). Attualmente ci sono oltre 100 città in fase di elaborazione attraverso il processo di controllo di qualità descritto in precedenza e la maggior parte di queste città si trovano in Nord America, Europa, Sud America e parti dell'Asia. Il proposito del progetto è quello di condividere un database di dati climatici che possa aiutare nella definizione di queste mappe a scala urbana e contribuire alla creazione di una scienza del clima urbano.

Il progetto prevede, quindi, di incasellare i tessuti delle varie città analizzate, indipendentemente dalla localizzazione e dalla strutturazione della maglia-razionale, organica, ...-, all'interno della classificazione delle Local Climate Zone proposta da Local Climate Zone proposte da Stewart e Oke (2012).

Progetto Wudapt <http://www.wudapt.org/>; Mills, Bechtel, Foley, Ching, See, Feddema (2017). The WUDAPT Project: Status of Database and Portal Tools. *13th Symposium of the Urban Environment. 97th Annual Meeting of the American Meteorological Society*, At Saettle, US; Stewart I.D., Oke, T.R. (2012). Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93: 1879-1900.



Alla fine di questa trattazione si è deciso di presentare alcuni progetti che, sebbene non si occupino prevalentemente o in maniera specifica di ventilazione naturale, sono stati selezionati in quanto forniscono una interessante finestra –non certa esaustiva ma a titolo esemplificativo- su alcune delle principali azioni svolte in ambito urbano, rivolte a contesti storici e consolidati, offrendo un utile spunto per comprendere dove e come integrare/potenziare l'interesse sul tema della ventilazione in contesti storici, che, come vedremo, saranno l'ambito prevalente di indagine della ricerca.

### Progetto METRICS

Programma/Dipartimento Universitario afferente/Ente

STRESS - Distretto ad alta tecnologia per le costruzioni sostenibili

Durata: concluso 2016

Il Progetto METRICS – METodologie e Tecnologie per la gestione e RIqualificazione dei Centri Storici e degli edifici di pregio – è un progetto di ricerca per lo sviluppo di metodologie e tecnologie innovative per favorire la sostenibilità e la sicurezza nei centri storici delle città, con specifica attenzione ai centri storici quali elementi caratterizzanti il panorama italiano. L'obiettivo è sviluppare soluzioni per la complessità dei sistemi urbani nei centri storici, sia al livello di singolo edificio di pregio sia al livello territoriale in termini di aggregati edilizi.

“Le attività del progetto si riferiscono ai seguenti obiettivi realizzativi (OR):

OR1 Sviluppo di approcci integrati per l'analisi ed il recupero di centri storici;

OR2 Sviluppo di metodologie per la valutazione e l'incremento della resilienza dei centri storici;

OR3 Sviluppo di metodologie per l'integrazione tra reti fisiche e sociali;

OR4 Sviluppo di metodologie per la riqualificazione sostenibile dei centri storici.”

Per questa ricerca ciò che maggiormente interessa è la parte relativa all'analisi microclimatica a livello urbano e alle politiche di riqualificazione dello spazio aperto del centro storico. Utili, quindi, ai fini della ricerca sono le schede di analisi microclimatica del Comune di Frigento (AV), analisi che interessa non solo singoli edifici di pregio, ma anche l'intero centro urbano, trattando tra i vari fattori anche la ventilazione naturale.



## PLAN RIVA Plan de Rehabilitacio Integral de Valencia ciutat vella

### Responsabile/Ricercatore/Gruppo di ricerca

Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia, Generalitat Valenciana

Durata 1992-2005

Il Plan Riva ha segnato per la città di Valencia un interessante punto di svolta per la riqualificazione di alcune aree problematiche del centro città. Si è deciso di presentare questa esperienza in quanto interessante esempio di intervento olistico di riqualificazione su temi non solo architettonici ma anche sociali ed economico-finanziari per una riprogettazione condivisa anche dello spazio aperto della città. L'obiettivo del piano era riqualificare un tessuto estremamente fragile dal punto di vista soprattutto sociale, intervenendo con un'ottica di tutela e conservazione delle peculiarità del tessuto. Attenzione particolare è stata rivolta al recupero dei sistemi tradizionali di miglioramento del comfort, attraverso una prima fase di analisi preliminare sia a livello urbano che edilizio, in uno spirito partecipativo. In particolar modo, soffermandoci sul tema della ventilazione naturale, possiamo evidenziare che a livello urbano uno dei punti di valutazione ha riguardato la misurazione in situ di parametri termogrometrici e di ventilazione (U4). A livello edilizio è stata analizzata l'efficacia dei sistemi di apertura e chiusura delle finestre e l'utilizzo dei tradizionali sistemi di schermatura (A5).



La mappa rappresenta I diversi gradi di tutela, o sarebbe meglio dire "protezione", dell'area di Russafa. (In basso a sx) Immagine di una strada nella città di Valencia, agli inizi del XX secolo. Historical Archive of the City of Valencia, Tratto da Serrano Lanzarote, B. A., Puig Tarín I., Vidal F. J. (2013). (In basso a dx) Sistemi tradizionali di schermatura solare e areazione. Questi elementi hanno un alto valore patrimoniale perché rappresentativi dell'identità culturale del luogo.

Il piano Riva si è articolato in varie fasi: nel 1992 venne firmato il primo convegno che darà il via al progetto di riqualificazione degli spazi pubblici e dell'edilizia residenziale pubblica nel tessuto della città vecchia.

A questo convegno ne seguì un secondo nel 1995 che riguardò lo sviluppo di un piano per il recupero del *barrio* di Velluters. Infine, l'ultima propaggine di questo progetto risale al 2005, anno nel quale il progetto Riva si estese a zone esterne al centro storico seppur occupandosi di tessuti consolidati di espansione sette-ottocentesca. Viene quindi elaborato un nuovo piano di intervento denominato Riva-Russafa, che interessa il *barrio* di Russafa. L'analisi per quest'area di città consolidata interessò non solo la Generalitat ma anche l'Università.



Tratto da Serrano Lanzarote, B. A., Puig Tarín I., Vidal F. J. (2013).



Tratto da Jiménez Alcañiz, C. (2014). Nel tessuto edilizio del barrio sono stati individuati 3 ambiti di studio, caratterizzati da conformazione spaziale differente, e per ognuno di questi è stata analizzata una unità tipo, analizzandola a seconda dei differenti orientamenti.

Casar Pinazo J. I. et al. (1998). *5 años de intervenciones en ciudad vella. Valencia 1992 - 1997*. Valencia: Icaro/Coacv;

Serrano Lanzarote, B. A., Puig Tarín I., Vidal F. J. (2013). La città immateriale. Esperienze ambientali in contesti storici. Il caso di Ruzafa a Valencia (Spagna). *DisegnareCon* n. 11, aprile;

Jiménez Alcañiz, C. (2014). *Análisis de las Metodologías para la recuperación patrimonial de entornos urbanos protegidos. Propuesta Metodológica: desde los valores históricos a los nuevos modelos energéticos. Ruzafa desde el siglo XIX* [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/37014.



### *ABSTRACT*

With the aim of researching the role played by ventilation within the main climate mitigation and adaptation policies on an urban scale, this chapter presents a selection of international and national documents of intent, programmes, guidelines, manuals and projects carried out mainly in the last 10 years.

More specifically, the interactions between ventilation and the urban structure as a whole have been evaluated, with an in-depth study of the evaporative cooling effects that occur through contact between air and water.

The first part mainly focuses on adaptation policies, which are considered the most effective tool for preparing States to actively act on the effects of current climate change. Faced with the multiplicity of possible actions, both top-down and bottom-up, those carried out in the Mediterranean area have been selected, with particular attention to national initiatives, selecting strategies, plans, guidelines and projects in which the theme of natural ventilation and water is addressed as instruments of intervention in the urban context.

In the second part, on the other hand, there is a specific study of the iteration between these two 'building materials' (water and wind), identifying, at an international level, potential, negativity and/or problematicity that have emerged and possible gaps for further analysis.

## CAPITOLO 4 Ventilazione e politiche di adattamento e mitigazione: una panoramica su strategie, piani, linee guida e sperimentazioni.

### ABSTRACT

Con l'obiettivo di ricercare il ruolo ricoperto dalla ventilazione all'interno delle principali politiche di mitigazione ed adattamento climatico a scala urbana, il capitolo presenta una selezione, sia internazionale che nazionale, di documenti di intenti, programmi, linee guida, manuali e progetti realizzati prevalentemente negli ultimi 10 anni.

Sono state valutate, nello specifico, le interazioni tra la ventilazione e la struttura urbana nel suo insieme, con un approfondimento sugli effetti di raffrescamento evaporativo che avvengono per contatto aria-acqua.

Nella prima parte si focalizza l'attenzione prevalentemente sulle politiche di adattamento, considerate lo strumento più efficace per preparare gli Stati ad agire attivamente sugli effetti determinati dai cambiamenti climatici in atto. A fronte della molteplicità di azioni possibili, sia top-down sia bottom-up, sono state selezionate quelle portate avanti in area mediterranea, con particolare attenzione alle iniziative nazionali, selezionando strategie, piani, linee guida e progetti in cui viene affrontato il tema della ventilazione naturale e dell'acqua quali strumenti di intervento in ambito urbano.

Nella seconda parte, invece, si presenta uno specifico approfondimento sull'iterazione tra questi due 'materiali edilizi' (acqua e vento), individuando, a livello internazionale, potenzialità, negatività e/o problematiche emerse ed eventuali varchi per ulteriori approfondimenti.

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 120

## 4.1 Politiche di mitigazione in ambiente urbano nei paesi dell'Unione Europea.

“The global temperature rose by 0.2 degrees C between the middle 1960's and 1980, yielding a warming of 0.4 degrees C in the past century. [...] The global warming projected for the next century is of almost unprecedented magnitude.” Così nel 1981 scrisse James Hansen, astrofisico e climatologo americano, nel suo articolo di denuncia “Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide”. (Hansen et al 1981)

Dalla fine del XX secolo in poi il tema del cambiamento climatico ha assunto sempre più rilevanza ed abbiamo assistito alla nascita di comitati internazionali- tra cui IPCC istituito nel 1988 o l'ICLEI fondata nel 1990- che hanno assunto una posizione scientifica di riferimento a livello mondiale, effettuando ricognizione periodica sullo stato dell'arte della ricerca, promuovendo ed incentivando l'azione dei singoli stati e aiutando ad un confronto multidisciplinare sul tema del cambiamento climatico.

Varie sono le ricerche e le sperimentazioni che, soprattutto nel corso degli ultimi dieci anni, analizzano il problema climatico a livello urbano, sia alla meso scala sia a scala locale. Partendo dalla sperimentazione di politiche di 'sviluppo sostenibile', di cui si parla già da diversi decenni, si è giunti alle più recenti politiche 'climate proof' volte alla verifica delle strategie proposte durante l'intero ciclo di vita dell'intervento, puntando ad un processo di adattamento flessibile e che possa lasciare spazio a modifiche in corso d'opera, possibili grazie ad un continuo monitoraggio dei risultati. (EEA, 2012)

In un'ottica olistica si dovrebbe poter ragionare su duplici strategie di integrazione: una 'gerarchica', orientata alla condivisione di un percorso di adattamento/miglioramento dalla macroscale alla scala locale (Tabella 1), ed una 'orizzontale', che mira a condividere tra tutte le realtà locali esistenti una metodologia operativa già dalle prime fasi della pianificazione su vasta scala, fornendo linee di indirizzo generali e costruendo, alle varie scale, scenari compatibili con le reali necessità di un tessuto urbano. L'importanza di questo



1. L'obiettivo di questa trattazione non è quello di presentare in maniera approfondita un tema già ampiamente trattato, ma ricercare all'interno di questo quadro di insieme indicazioni specifiche sul tema della ricerca.

tipo di approccio inter-scalare risulta essere più evidente in rapporto a scenari complessi, come quelli storici, dove ad una politica complessiva di riduzione dei consumi e adattamento/mitigazione ambientale, vanno integrati interventi mirati da calare su realtà particolarmente articolate. Inoltre, tali politiche, siano esse azioni top-down che bottom-up, devono anche mirare a migliorare i livelli di conoscenza e comprensione dei fenomeni che sono alla base dei vari processi di surriscaldamento urbano.

Procedendo per gradi, quindi, analizzeremo schematicamente<sup>1</sup> le principali linee di indirizzo a vari livelli, fino alla scala locale, sottolineando di volta in volta come tali politiche si relazionino con i temi qui trattati: ventilazione naturale quale fattore di mitigazione ambientale, in primis, ed integrazione del vento con gli altri fattori naturali/antropici collegati.

Tabella 1. Azioni di adattamento climatico ai differenti livelli: strategie di integrazione in senso verticale. Fonte: EEA (2102- Report 2)

Nell'ottica di "mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali, e proseguire l'azione volta a limitare l'aumento di temperatura a 1,5° C rispetto ai livelli pre-industriali" (art. 2, COP21, 2015) per ridurre in modo

Local action	Regional action	National action	European action
<b>← Implementing action</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planning and implementation of local adaptation strategies</li> <li>• Mainstreaming of adaptation concerns into other policy areas</li> <li>• Spatial integration of adaptation needs through urban planning</li> <li>• Local emergency plans</li> <li>• Allocation of municipal resources and raising of other funds</li> <li>• Upgrading local infrastructure to make it resilient to climate change</li> <li>• Engaging civil society and private actors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providing incentives, funding and authorisation to enable local action</li> <li>• Addressing inter-municipal and urban-rural relations of climate change impacts and vulnerabilities</li> <li>• Developing and implementing with cities regional approaches, e.g. in river basins</li> <li>• Ensuring regional coherence of local /municipal plans and measures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providing a supportive national legal framework, e.g. appropriate building standards</li> <li>• Mainstreaming of urban adaptation into the different national policy areas and the national adaptation strategy</li> <li>• Funding of local adaptation measures</li> <li>• Providing national information related to climate change and regionally downscaled information</li> <li>• Funding of research and knowledge development for urban adaptation</li> <li>• Supporting boundary organisations who link science and policy to local adaptation needs</li> <li>• Adjusting the degree of decentralisation of competences and authorities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providing a supportive European legal framework</li> <li>• Mainstreaming of urban adaptation needs into the different European policy areas, e.g. cohesion policy</li> <li>• Funding of local adaptation measures as well as knowledge development for urban adaptation;</li> <li>• Providing European and global information related to climate change</li> <li>• Enabling and coordinating exchange of knowledge and experience across national borders</li> <li>• Addressing and coordinating cross-border adaptation issues</li> </ul>
<b>Supporting action →</b>			

significativo i rischi e gli effetti dei cambiamenti climatici, a livello internazionale si stanno stabilendo politiche di riduzione globale di emissioni di gas ad effetto serra ed il raggiungimento di “un equilibrio tra le fonti di emissioni antropogeniche e gli assorbimenti di gas ad effetto serra nella seconda metà del corrente secolo, su una base di equità”. (art 4, COP21, 2015)

Le politiche di riduzione delle principali *cause* del cambiamento climatico rientrano nelle azioni di mitigazione che IPCC definisce come: “an anthropogenic intervention to reduce the anthropogenic forcing of the climate system; it includes strategies to reduce greenhouse gas sources and emissions and enhancing greenhouse gas sinks.” (IPCC 2007:878)

A livello europeo: “L’UE sostiene l’obiettivo dell’UNFCCC e mira a ridurre, entro il 2050, le proprie emissioni di gas a effetto serra dell’80 - 95 % rispetto ai livelli del 1990” rispetto ad una soglia del 50% prevista a livello globale, per tenere conto dei più bassi tassi di riduzione richiesti dai paesi in via di sviluppo. (www.eea.europa.eu).

Citeremo qui, solo brevemente, le principali politiche ed azioni dell’Unione europea, e non solo, in tema prevalentemente di mitigazione in ambito urbano, per dare poi maggiore spazio a quelle di adattamento:

Principali obiettivi	
	Ridurre la domanda di energia da combustibile fossile
	Efficientamento del patrimonio esistente
	Produzione di energia da fonti rinnovabili
Principali politiche ed azioni	
2008	Patto dei Sindaci (Scheda 1)
2009	Pacchetto clima 20-20-20
2011	Energy Road Map 2050
2013	Libro Verde
2014	Mayor Adapt
2015	Accordo di Parigi (COP21) Patto dei Sindaci clima ed energia

**Tabella 2.** Principali azioni intraprese dalla Ue sul tema della mitigazione in ambito urbano. Fonte: ec.europa.eu; www.eea.europa.eu ; Barbi, V. (2014); Morello, Stroppi et al. (2014).

**Le politiche a livello locale: Patto dei Sindaci, Mayor Adapt e PAES/PAESC**

Scheda 1

Nel 2008 la Commissione Europea ha promosso il Patto dei Sindaci per sostenere gli sforzi dagli enti locali nell'attuazione delle politiche nel campo dell'energia sostenibile, con azioni bottom-up. Nel 2014 è stata lanciata l'iniziativa Mayors Adapt, prevalentemente sui temi della mitigazione, basandosi sullo stesso modello di governance del Patto dei Sindaci.

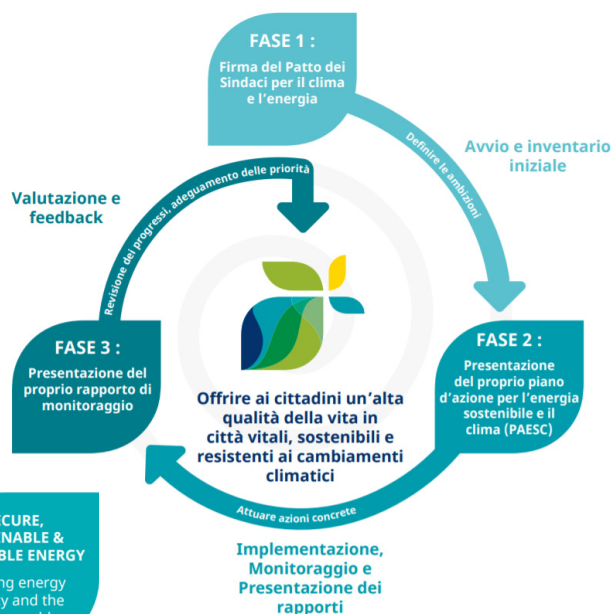
Nel 2015 la Commissione europea ha fuso le due iniziative nel tentativo di promuovere un approccio integrato all'azione del clima e dell'energia, adottando comuni obiettivi UE 2030. Nel nuovo quadro di azione, i Sindaci si sono dichiarati a favore dell'integrazione di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici sotto un "ombrello comune" ([www.pattodeisindaci.eu](http://www.pattodeisindaci.eu)) prevedendo di accelerare la decarbonizzazione, rafforzare la capacità di adattamento agli inevitabili effetti dei cambiamenti climatici e garantire ai cittadini l'accesso a un'energia sicura, sostenibile ed alla portata di tutti.



*I tre punti principali del nuovo Patto dei Sindaci clima ed energia.*

Nel catalogo dei Piani d'azione del Patto dei Sindaci si raccolgono tutti i PAES (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile presentati per il Patto 2020) e i PAESC (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima presentati per il Patto 2030) presentati dai firmatari e/o accettati dalla Commissione Eu-

ropea. In base ai nuovi accordi: "I firmatari devono presentare un proprio piano d'azione per l'energia



sostenibile e il clima (PAESC) - relativo sia alla mitigazione sia all'adattamento - entro i due anni successivi all'adesione da parte del consiglio comunale. Il PAESC si basa su un Inventario di base delle emissioni e una Valutazione dei rischi del cambiamento climatico e delle vulnerabilità. I firmatari devono presentare un rapporto di attuazione ogni due anni dalla presentazione del piano."

## 4.2 Politiche di adattamento in ambiente urbano nei paesi dell'Unione Europea.

“Le strategie di adattamento sono considerate dalla Commissione Europea lo strumento più efficace per preparare gli Stati Membri a valutare gli impatti, la vulnerabilità e le opzioni di adattamento e quindi ad affrontare gli impatti previsti dei cambiamenti climatici in tutti i settori (EC, 2013b).

A differenza della mitigazione però, non esiste un'unica politica per l'adattamento che possa essere applicata a tutti i Paesi.” (NAS Italia, 2014)

In tema di adattamento l'Europa si è attivata con varie iniziative che riguardano essenzialmente 4 filoni d'azione presentati nel Libro Bianco *Adattarsi ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo* del 2009 che segue le linee di indirizzo fissate nel Libro Verde, pubblicato nel 2007, *Adattamento ai cambiamenti climatici in Europa - quali possibilità di intervento per l'UE* (Castellari, 2012):

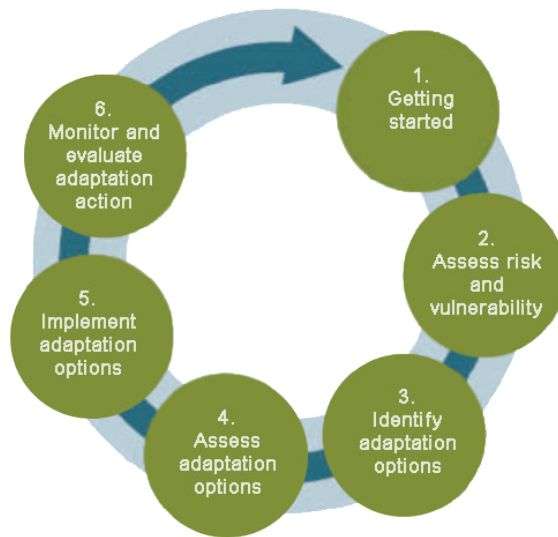
1. condivisione delle conoscenze;
2. integrazione dell'adattamento nelle politiche dell'UE;
3. combinazione di strumenti politici (strumenti di mercato, linee guida, collaborazioni pubblico-privato) per garantire un'applicazione efficace dell'adattamento;
4. rafforzamento della cooperazione internazionale in materia di adattamento;

il tutto per far fronte agli innumerevoli effetti negativi derivanti dai cambiamenti climatici che colpiscono l'Europa e l'intero globo (Health Policy Forum 2009) e contenere l'innalzamento della temperatura media mondiale, che oggi si stima tra +1°C e +5,5°C.

Nel proseguo del filone delle politiche di indirizzo previste dalle iniziative sopra citate, dobbiamo citare anche le *Strategie dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici* pubblicate nel 2013 (COM

Didascalia pagina successiva.  
**Tabella 3.** Principali azioni intraprese dalla Ue sul tema dell'adattamento climatico in ambito urbano.  
Fonte: ec.europa.eu; www.eea.europa.eu; Barbi, V. (2014); Morello, Stroppi et al. (2014).

Principali obiettivi		
	Città più resilienti – riduzione della vulnerabilità	
	Città più responsive	
	Migliorare la gestione delle risorse	
Principali politiche ed azioni		
2007	Libro Verde “L’adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l’UE”	
2009	Libro Bianco “Adapting to climate change”	
2010	Risoluzione del Parlamento europeo del 6 maggio 2010 sul Libro Bianco della Commissione Primo congresso delle Resilient Cities (Bonn 28-30 maggio 2010)	
2011	Piattaforma europea sull’adattamento ai cambiamenti climatici (Climate-ADAPT) Secondo congresso delle Resilient Cities (Bonn 12-15 maggio 2011)	
2012	Urban adaptation to climate change in Europe. EEA Report No 2/2012	
2013	EU Adaptation Strategies	
	Action 1	Incoraggiare gli Stati membri ad adottare strategie di adattamento olistiche
	Action 2	Fornire finanziamenti LIFE per sostenere la creazione di capacità e rafforzare l’azione di adattamento in Europa (2014-2020)
	Action 3	Introdurre l’adattamento nel Patto dei Sindaci (2013/2014)
	Action 4	Colmare il gap di conoscenza
	Action 5	Sviluppare ulteriormente Clima-ADAPT come ‘one-stop shop’ per l’informazione sull’adattamento in Europa
	Action 6	Facilitare la politica agricola e sulla pesca comuni
	Action 7	Garantire infrastrutture più resilienti
	Action 8	Promuovere assicurazioni e altri prodotti finanziari per gli investimenti resilienti
2016	Urban adaptation to climate change in Europe 2016 — Transforming cities in a changing climate. EEA Report No 12/2016	



2013), nelle quali vengono promosse specifiche azioni relative a differenti obiettivi:

<p>Promuovere le azioni degli Stati membri</p>	<p><i>Azione 1:</i> incoraggiare tutti gli Stati membri ad adottare strategie di adattamento globali</p> <p><i>Azione 2:</i> sostenere il consolidamento delle capacità e rafforzare le azioni di adattamento in Europa con i fondi LIFE (2013-2020).</p> <p><i>Azione 3:</i> includere l'adattamento nel quadro del Patto dei Sindaci (2013/2014)</p>
<p>Decisioni più consapevoli</p>	<p><i>Azione 4:</i> colmare le lacune nelle competenze.</p> <p><i>Azione 5:</i> sviluppare ulteriormente la piattaforma Climate-ADAPT e farla diventare un punto di riferimento per le informazioni sull'adattamento in Europa.</p>
<p>Promuovere l'adattamento in settori vulnerabili fondamentali</p>	<p><i>Azione 6:</i> favorire una politica agricola comune (PAC), una politica di coesione e una politica comune della pesca (PCP) a prova di clima.</p> <p><i>Azione 7:</i> garantire un'infrastruttura più resiliente.</p> <p><i>Azione 8:</i> promuovere prodotti assicurativi e altri prodotti finanziari per decisioni d'investimento e commerciali resilienti</p>

Figura 1. Pianificazione dell'adattamento al cambiamento climatico  
Fonte: EEA.

Tabella 4. Obiettivi ed azioni promossi nelle Strategie dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici. Fonte: COM (2013).

2. A quanto indicato nella tabella fornita nel rapporto EEA si aggiunge la bozza di strategia di Cipro redatta nel 2016. (Legambiente 2017).

Nell'ambito di queste azioni sono incentivati progetti che puntano alla condivisione delle pratiche, promuovendo innovative tecnologie, sia fisiche (*Hard Technologies*) sia virtuali (*Soft Technologies*), di adattamento, e incentivando operazioni di monitoraggio, valutazione e revisione delle politiche messe in atto, per valutarne debolezze e punti di forza.

Nella Strategia Europea di Adattamento vengono, inoltre, stimati in 100 miliardi di euro nel 2020 e 250 miliardi di euro nel 2050 i costi minimi del "non intervento" nel senso dell'adattamento ai cambiamenti climatici, stima che spinge anche il settore finanziario a mostrare interesse verso queste tematiche: la strategia europea per la crescita economica "Europa 2020" e la "EU 2050 Road Map" "considerano fondamentale il potenziamento della ricerca sulle tecnologie e pratiche di adattamento dei cambiamenti climatici, al fine di garantire un aumento dell'efficienza nell'uso delle risorse". (Castellari, 2014).

La Commissione Europea nel 2016 ha, infine, avviato una valutazione della strategia di adattamento dell'UE, con l'obiettivo di prendere in esame l'effettiva attuazione e il raggiungimento della strategia rispetto agli obiettivi prefigurati. Ad oggi è in corso la fase di consultazione pubblica (aprile 2017-ottobre 2017) con la previsione di terminare la fase di valutazione entro la metà del 2018. (Fonte: ec.europa.eu).

Dalle consultazioni, previste quale modalità partecipativa promosse nel Libro Verde e nelle successive strategie, è emerso che la risposta che la UE dovrà dare al problema non potrà essere univoca ma calibrata in base alle esigenze delle varie regioni climatiche del continente europeo.

Ad oggi sono 22<sup>2</sup> gli Stati membri dell'UE (Tabella 5) che hanno adottato una "Strategia di Adattamento Nazionale" (NAS), definendo forme di coordinamento della risposta, adattamento, aumento della consapevolezza, coinvolgimento delle parti interessate, valutazione dei rischi e delle vulnerabilità e individuazione delle lacune, e solo la metà hanno sviluppato un Piano Nazionale di Adattamento (NAP), che va ad implementare i NAS ed esplicitare le attività per il raggiungimento degli obiettivi prefigurati. (EEA 2016. Annual Indicator Report Series)

Nella *Mediterranea Region* (EEA 2017), sette sono le nazioni, com-

presa recentemente l'Italia, che si sono dotate dei NAS: Francia, Spagna, Grecia, Portogallo, Malta, Turchia (Tavola 6).

Nell'ambito delle linee di indirizzo proposte nei Nas, la Francia ha sottolineato l'importanza strategica di valutare il problema specifico della città, approfondito nei NAP, piani di adattamento. All'interno del "Plan National d'Adaptation de la France aux effets du changement climatique" (2011 – 2015), sono state previste, sotto il controllo del Ministère de l'Ecologie, du développement durable, des transports et de la mer, quattro azioni:

Action n°1 : Intervenir pour l'adaptation au changement climatique au niveau des documents d'urbanisme

Action n°2 : Adapter la gestion de la nature en ville et la gestion des espaces verts.

Action n°3 : Lutter contre la canicule en ville et limiter l'effet d'îlot de chaleur

Action n°4 : Agir pour le confort du bâti en contexte de hausse globale des températures"

Da queste linee generali sono nati diversi progetti specifici per l'area urbana, tra cui ad esempio il piano di "Nature en ville" o il progetto "Nature4cities"<sup>3</sup>. Il primo presentato a novembre 2010, ha tra gli obiettivi: incrementare la conoscenza sul tema, impostando un ciclo di conferenze nazionali sulle buone pratiche di pianificazione, urbanistica e sviluppo; stabilire un premio "Nature en ville"; definire una metodologia condivisa di intervento. Il secondo ancora in corso (2016 – 2020) prevede la costruzione e lo sviluppo di una piattaforma interattiva che possa offrire dati, strumenti per aiutare nella fase di decisione e strumenti di valutazione per la realizzazione di "solutions basées sur la nature" nelle aree urbane. (<https://www.nature4cities.eu>). Se in Francia i piani d'azione locali in materia di clima hanno contribuito e contribuiscono a sensibilizzare sulla questione climatica e a sviluppare soluzioni condivise adatte alle specificità locali, tuttavia, come alcuni studiosi affermano, da questa pluralità di azioni sembra non si siano sviluppate operazioni condotte in senso trasversale, volte a uniformare metodologia e azioni. (Heidrich et al. 2016).

3. "Nature4Cities" è uno dei programmi di ricerca selezionati e finanziati dall'Unione Europea per il programma "NBS & Re-Naturing Cities", nell'ambito di H2020.

Didascalie pagine seguenti

**Tabella 5.** Overview of national and sectoral climate change adaptation strategies and plans, by country. Fonte EEA (2016b). Annual Indicator Report Series (AIRS) Si riportano i dati: EEA, 2014, information reported by EU Member States under the European mechanism for monitoring and reporting information relevant to climate change (Regulation EU No 525/2013) and for other EEA Member countries information provided on a voluntary basis to the EEA as of May 2016.

**Tavola 6.** NAS adottati nei paesi della Mediterranean Region. Fonti: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions>; EEA (2008) *Impacts of Europe's changing climate* — 2008 indicator-based assessment; EEA (2016). Annual Indicator Report Series (AIRS); Legambiente (2017).

**Figura 2.** Le *National Adaption Strategies* e gli *Action Plan* approvati. Fonte: [climate-adapt.eea.europa.eu](http://climate-adapt.eea.europa.eu). (aggiornamento 2017).



EEA Member countries	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Austria											
Belgium											
Bulgaria											
Croatia											
Cyprus											
Czech Republic											
Denmark											
Estonia											
Finland											
France											
Germany											
Greece											
Hungary											
Ireland											
Italy											
Latvia											
Lithuania											
Luxembourg											
Malta											
Netherlands											
Poland											
Portugal											
Romania											
Slovakia											
Slovenia											
Spain											
Sweden											
United Kingdom											
Iceland											
Liechtenstein											
Norway *											
Switzerland											
Turkey											

\* Norway had a NAP before a NAS

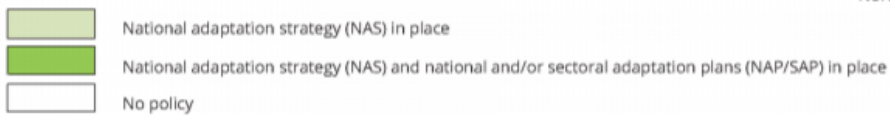


Tabella 5

Countries	Impacts, vulnerability and adaptation assessments	NAS adopted	NAP	Web links
Francia	GICC Dati ONERC	2006	2015	<a href="http://www.ecologie.gouv.fr/Adaptation-au-changement.html">www.ecologie.gouv.fr/Adaptation-au-changement.html</a>
Spagna	ECCE + Impacts on coastlines	2006	2014	<a href="http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/planificacion_seguimiento.aspx">www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/planificacion_seguimiento.aspx</a>  <a href="http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pnacc.htm">www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pnacc.htm</a>
Malta		2009-12	-	<a href="http://mra.org.mt/climate-change/">http://mra.org.mt/climate-change/</a>
Turchia		2012	2012	
Portogallo	SIAM	2010	fine 2017	<a href="http://www.siam.fc.ul.pt/siam.html">www.siam.fc.ul.pt/siam.html</a>
Italia	Ministero Italiano per l'Ambiente, Territorio e del Mare (MATTM)	2015-16	-	<a href="http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia_adattamentoCC.pdf">http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia_adattamentoCC.pdf</a>
Grecia	Ministry of Environment & Energy (MEEN)	2016	-	<a href="http://www.ypeka.gr/">http://www.ypeka.gr/</a>
Cipro		In fieri	-	<a href="http://cypadapt.uest.gr/">http://cypadapt.uest.gr/</a>
Croazia		2016 bozza	-	<a href="http://prilagodba-klimi.hr/">http://prilagodba-klimi.hr/</a>

Tabella 6

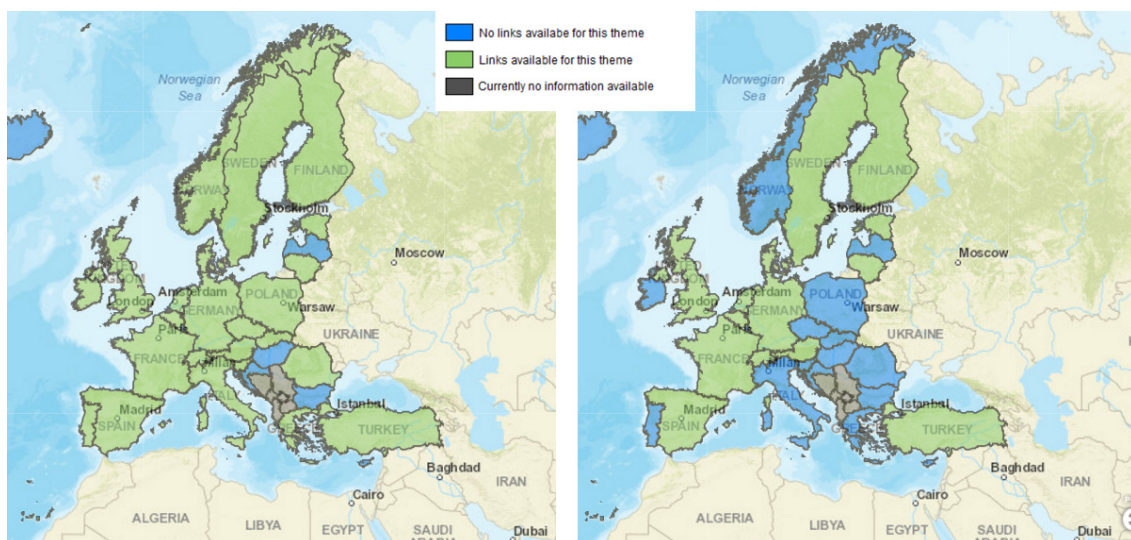


Figura 2

4. Nel 2016 il Ministero ha pubblicato la *Guía para la elaboración de planes locales de adaptación al cambio climático* che fornisce indicazioni generali sui principali passi da intraprendere per lo sviluppo di tali piani.

Continuando ad analizzare quanto accade in altri paesi che si affacciano sul Mediterraneo, possiamo notare il differente approccio della politica spagnola al tema. Nel 2004 il Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha creato la rete spagnola delle città per la protezione del clima (RECC Spanish Network of Cities for Climate Protection), a cui poi è seguita nel 2006 la Strategia di Adattamento Nazionale (NAS)<sup>4</sup>. La suddivisione politico-gestionale del paese si ripercuote anche sui temi climatici: le 17 comunità autonome, che detengono importanti competenze per le politiche di cambiamento climatico, hanno sviluppato e approvato singole strategie di cambiamento prevalentemente orientate verso strategie di mitigazione (riduzione delle emissioni in primis) che includono solo alcune misure di adattamento. (Heidrich et al. 2016).

In ambito italiano, il Ministero dell'Ambiente ha approvato con il Decreto Direttoriale del 16 giugno 2015, n. 86 la "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (SNAC) e le singole Regioni si stanno indirizzando verso l'attuazione di linee operative, sebbene con una produzione nettamente inferiore rispetto al paese d'oltralpe.

Per la definizione delle linee di indirizzo generali, un Tavolo Tecnico composto da circa cento esperti, ha provveduto ad elaborare i tre rapporti alla base della Strategia (Castellari, 2014):

1. un rapporto tecnico-scientifico: "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia"
2. un rapporto tecnico-giuridico: "Analisi della normativa comunitaria e nazionale rilevante per gli impatti, la vulnerabilità e l'adattamento ai cambiamenti climatici"
3. un documento strategico: "Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici."

Nel documento strategico vengono presentate le proposte di azione previste, che si differenziano per tipologia e per priorità.

Si possono individuare azioni di tipo non strutturali o *Soft*, azioni basate su un approccio ecosistemico o *Green* ed azioni di tipo infrastrutturale e tecnologico o *Grey*. All'interno di queste tre macrotipologie, vengono definite delle linee di indirizzo che riguardano vari settori, tra cui quello degli insediamenti urbani e del patrimo-

nio culturale, su cui verrà data maggiore enfasi in questa trattazione (Tabella 7). Per ognuna delle azioni o gruppi di azioni proposte, vengono definiti dei tempi di attuazione (breve o lungo termine), a seconda che l'azione debba essere attuata entro o oltre il 2020.

Tabella 7. Estratto delle proposte di azione più significative ai fini di questa ricerca. Fonte: NAS Italia (2014)

	Settore Insedimenti urbani	Settore Patrimonio culturale
Azioni Soft	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Integrare gli atti di regolazione delle trasformazioni urbane e di gestione degli insediamenti esistenti stabilendo sia <b>standard energetici per il costruito e per gli spazi pubblici</b> sia misure tese al contenimento del consumo di nuovo suolo e <b>standard climatici</b> riguardanti l'utilizzo di materiali che limitino l'assorbimento di calore degli edifici e la impermeabilizzazione dei suoli, le forme di ritenzione e riutilizzo delle acque piovane, che incrementino le dotazioni di verde;</li> <li>* Elaborare linee guida per l'adattamento climatico a scala locale;</li> <li>* Incentivare <b>la ricerca scientifica</b> in materia di adattamento climatico della città esistente attraverso la sperimentazione di nuovi materiali nell'edilizia e lo studio degli <b>effetti climatici dell'albedo, delle superfici artificializzate</b>, della vegetazione arborea, etc;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Comprendere il contesto ambientale, economico e sociale del patrimonio culturale;</li> <li>* Valutazione delle priorità in relazione allo stato di conservazione dei manufatti;</li> <li>* Valutazione dello stato di conservazione dei manufatti in relazione alle condizioni ambientali di conservazione rilevate;</li> </ul>
Azioni Green	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Realizzare, anche a fini dimostrativi e di sensibilizzazione dei cittadini, <b>interventi sperimentali di adattamento climatico di spazi pubblici in quartieri particolarmente vulnerabili</b>, incrementandone le dotazioni di verde, la permeabilità dei suoli, gli spazi di socialità, le prestazioni idrauliche;</li> </ul>	
Azioni Grey	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Favorire la sperimentazione di nuovi modelli insediativi capaci di far fronte ai cambiamenti climatici (es: eco-quartieri, case-clima, <b>riqualificazione climatica</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cambiare l'approccio tradizionale del restauro mirato a salvaguardare gli elementi o strutture originali, a favore di un approccio volto a migliorare la durabilità di una struttura o di un elemento in considerazione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici;</li> </ul>

Azioni di tipo trasversale tra settori (soft, green e grey)	* Introdurre le considerazioni sulla verifica di coerenza con i principi della Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici in atto e futuri nei processi di Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) e Valutazione Ambientale Strategica (VAS) attraverso l'incorporazione di nuovi criteri e prescrizioni.	--
---	---	----

Appare evidente dalla lettura del piano strategico italiano che, in ambito urbano, si punta all'integrazione delle pratiche di adattamento che non riguardano solo il singolo edificio o comparti edilizi, ma anche lo spazio aperto, ricercando anche per questi spazi degli "standard climatici" per la loro definizione o ridefinizione.

Da queste linee di principio si deve poi passare alla fase operativa, che per nel nostro Paese è in fase di elaborazione. Nel 2017 sono partiti i tavoli di consultazione pubblica per l'elaborazione del "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (Pnacc). Il Piano identifica sei macroregioni climatiche e diciotto settori particolarmente vulnerabili ai mutamenti del clima, e fino al 17 febbraio 2017 è stato disponibile on-line un questionario, per raccogliere indicazioni sull'impianto del Piano.

Il Piano dovrà favorire il coordinamento ai diversi livelli tra le azioni e proposte operative, individuando (Pernice, 2017):

- criteri per la costruzione di scenari climatici di riferimento alla scala distrettuale/regionale;
- opzioni di adattamento preferibili valorizzando opportunità e sinergie;
- ruoli per l'attuazione delle azioni e delle misure di adattamento nonché strumenti di coordinamento tra i diversi livelli di governo del territorio;
- stima delle risorse umane e finanziarie necessarie;
- indicatori di efficacia delle misure di adattamento;
- modalità di monitoraggio e valutazione degli effetti delle azioni di adattamento;

ed identifica 6 macroregioni climatiche e 18 settori particolarmente vulnerabili ai mutamenti del clima.

A supporto è stata aperta una “Piattaforma delle Conoscenze” che, sull’esempio dei network europei ed internazionali (scheda 1), è stata concepita quale mezzo di condivisione delle buone pratiche (Figura 3) “con i potenziali replicatori”. ([www.pdc.minambiente.it](http://www.pdc.minambiente.it)). L’analisi dei progetti locali/cittadini più significativi ai fini di questa ricerca verrà presentata nei paragrafi successivi.

Sullo specifico tema delle politiche urbane, qui aperto, è necessario allargare nuovamente l’orizzonte a livello europeo per commentare alcune delle iniziative più significative.

Come antesignano della pianificazione dell’adattamento urbano va brevemente citato l’apporto del progetto RuRos “Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces”, sviluppato tra il 1996 ed il 2002. (scheda 2)

Passando poi alla “CARTA DI LIPSIA sulle Città Europee Sostenibili” del 2007, è utile citare il punto 3: “Le nostre città posseggono qualità culturali e architettoniche uniche, forti strumenti di inclusione sociale e possibilità eccezionali per lo sviluppo economico. Sono centri di conoscenza e fonti di crescita e innovazione. Allo stesso tempo,



Figura 3. Geografia dei progetti di adattamento climatico in Italia.  
Fonte: [www.pdc.minambiente.it](http://www.pdc.minambiente.it) (aggiornamento 2017)

**Progetto RuRos**

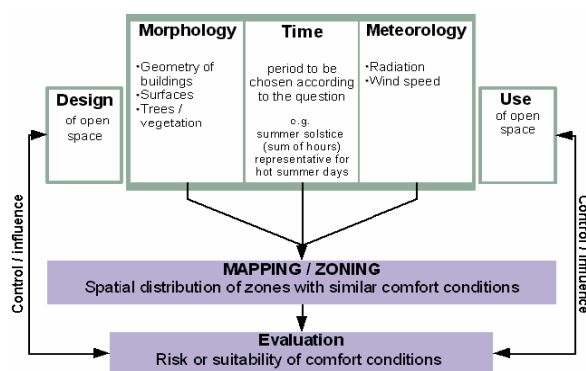
**Progettare gli spazi aperti nell'ambiente urbano: un approccio bioclimatico (1996-2002)**

Scheda 2

Tra i primi progetti europei incentrati sulle politiche di adattamento degli spazi aperti, non si può non citare il progetto RuRos, sviluppato da diverse realtà scientifiche, tra cui Università e poli della ricerca coordinati dal Department of Buildings, Centre for Renewable Energy Sources - CRES, Grecia.

Il progetto punta verso la creazione di una piattaforma comune per lo sviluppo di spazi aperti nell'ambiente urbano, combinando le caratteristiche degli ambienti fisici (cioè il microclima, il comfort termico, visivo e udibile, la morfologia urbana, ecc.) con le necessità dell'utente, verso uno studio integrato dell'ambiente urbano (termico, visivo e acustico).

Sono state condotte indagini di campo in 14 siti in tutta Europa, utilizzate come database per comprendere le condizioni di comfort all'aperto. Il monitoraggio microclimatico dettagliato si è svolto con una stazione portatile, progettata per il progetto. Vengono altresì proposte delle prime metodologie di mappatura e zonizzazione del comfort termico a scala di quartiere. Alla base del processo di individuazione delle zone di comfort c'è la comprensione di tre parametri: morfologia del sito, parametri meteorologici (focalizzando l'attenzione su radiazione solare e intensità del vento) e parametri di tempo (prevalentemente il tempo di utilizzo dell'area). Accanto alle misurazioni sono state condotte interviste strutturate e osservazioni per valutare le condizioni di comfort che le persone sperimentano (ASV *Actual Sensation Vote* comparato con l'indice PMV) e la loro percezione dell'ambiente, convinti che un approccio puramente fisiologico non sia sufficiente per comprendere le condizioni di comfort termico esterno. Parallelamente, sono state condotte anche delle indagini sociali che hanno determinato l'uso e il carattere dei diversi spazi, attività svolte, ecc., nonché l'impatto fisico dell'ambiente sulle persone.



Struttura di base del processo di zonizzazione del comfort termico.

viene attribuita una 'identità': urbana, sociale e di utilizzo (corrispondente al modo in cui uno spazio viene in media percepito dall'utente). A ciascuna identità corrispondono specifici problemi, che costituiscono le 'variabili' del progetto. I dati raccolti relativamente alle variabili possono poi essere suddivisi in 'categorie' (si possono avere più categorie per ogni singola variabile), che a loro volta confluiscono in tabelle specifiche, ordinate a seconda dell'importanza di impatto. Tale gerarchizzazione dovrebbe variare caso per caso a seconda dello spazio aperto. Quindi 'identità', 'variabili' e 'categorie' sono i principali campi di valutazione dello spazio proposti. All'interno di ogni tabella si possono quindi selezionare le categorie che possono influenzare o meno la pianificazione utilizzandole come indicatori relativi di ogni realtà.

Combinando l'output dell'indagine con la modellazione ambientale, è stato possibile individuare le appropriate correlazioni tra condizioni ambientali e comfort e morfologia urbana che hanno aiutato a sviluppare una metodologia semplificata per la valutazione delle condizioni di comfort, insieme allo sviluppo di una serie di modelli matematici per la valutazione delle condizioni di comfort termiche, visive e udibili negli spazi urbani. La metodologia proposta ha lo scopo di prendere in esame tutti gli aspetti dello spazio aperto da quelli climatici a quelli sociali e di utilizzo.

Le tappe proposte prevedono una prima analisi dello stato di fatto dal punto di vista climatico e ambientale, ma anche sociale e d'uso tramite campagne di misurazione in sito e raccolta dati meteorologici, da un lato, e questionari dall'altro. A ciascuno spazio aperto



comunque, nelle nostre città si possono anche riscontrare problemi demografici, inequità sociale, esclusione e problemi ambientali. A lungo termine le città non riescono ad adempiere alla loro funzione di motore del progresso sociale e della crescita economica come descritta nella Strategia di Lisbona, a meno che non riusciamo a mantenere l'equilibrio sociale all'interno e tra le città, proteggendo la loro diversità culturale e introducendo un'alta qualità in settori quali il design, l'architettura e l'ambiente."

Si raccomanda, quindi, di fare un maggiore ricorso alle strategie di sviluppo urbano integrato che prevedono un'azione globale tra potenzialità e bisogni dello sviluppo urbano, nel rispetto, come visto, del substrato culturale di ogni realtà. (Getimis, 2012; Heidrich, 2016) Tra le specifiche strategie indicate nella carta, molta importanza è data alla creazione di spazi pubblici di alta qualità (punto 18-19), di paesaggi culturali urbani e dello sviluppo architettonico e urbano che definiscono la qualità dell'abitare. Ciò non solo per aree di nuova espansione ma anche in contesti storici e consolidati per la "salvaguardia del patrimonio culturale preservando e valorizzando gli edifici storici dal punto di vista architettonico e urbano."

Analoghi indirizzi di miglioramento della sostenibilità delle città dell'Unione vengono proposti anche nel "7° Programma di Azione per l'Ambiente"(EAP) del 2013 e nel documento dell'Agenda Urbana Europea (COM 2014- 490 def), nel tentativo di offrire ai cittadini ambienti sani e spazi ricreativi godibili.

Nello specifico delle Strategie dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici viene dato, poi, risalto ai risultati raggiunti con il progetto pilota "Adaptation strategies for European cities" EC European Commission (2013) (scheda 4) ed ai tentativi di coordinarlo con altre politiche europee sulla base del modello del Patto dei Sindaci. Queste iniziative hanno dato l'avvio per lo sviluppo di programmi e piani in tutta Europa focalizzati essenzialmente sul tema urbano, la cui diffusione è stata facilitata dalla nascita, anche nel continente, di piattaforme di raccolte e condivisione dei dati. (scheda 3).

Altro progetto europeo incentrato sulle politiche ed interventi a scala urbana è l'"UHI Project", che attraverso misure di pianificazione territoriale, ricerca soluzioni per attenuare il fenomeno delle isole di calore (urban heat island - UHI) e degli effetti negativi sulle fasce più deboli e a rischio della popolazione, soprattutto durante i mesi più caldi dell'anno. (scheda 5).



### Climate-ADAPT

La piattaforma Climate-ADAPT è stata creata nel 2012 su iniziativa della Commissione Europea in attuazione di quanto previsto dal Libro Bianco 2008 con lo scopo di sviluppare la conoscenza sul tema, definire una combinazione tra gli strumenti esistenti, aiutare gli utenti ad accedere e condividere i dati e le informazioni su:

- \* Cambiamenti climatici attesi in Europa;
- \* La vulnerabilità attuale e futuro delle regioni e settori UE;
- \* Le strategie nazionali e transnazionali e azioni di adattamento;
- \* L'adattamento di casi di studio e possibili opzioni di adattamento;
- \* Strumenti di supporto alla pianificazione dell'adattamento.

Attualmente la piattaforma è gestita dell'EEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) con il supporto tecnico dell'European Topic Center on Climate Change impacts, vulnerability and Adaption (ETC/CCA).

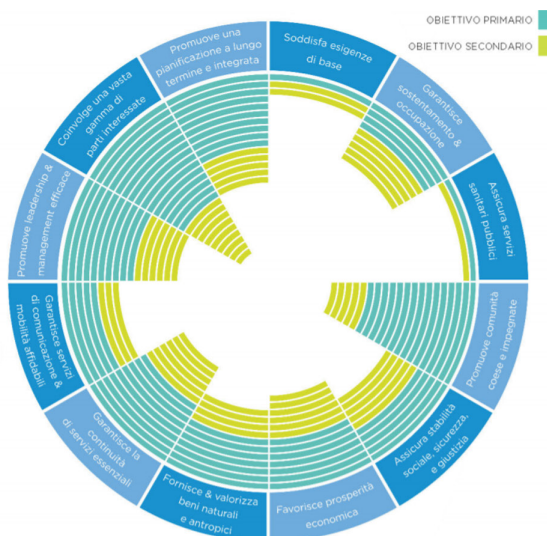
Di recente è stato previsto l'inserimento dei database climatici del progetto Copernicus.

### C40 e 100 Resilient Cities

Accanto all'esperienza europea si sono sviluppati anche altri network che affrontano il tema dei cambiamenti climatici. Tra quelli più interessanti, citeremo il network C40, rete delle megacity del mondo impegnate sul tema del cambiamento climatico e 100 Resilient Cities.

Il primo network, nato nel 2005, analogamente alla piattaforma europea, supporta le città per una collaborazione più efficace, la condivisione delle conoscenze e la promozione di azioni significative, misurabili e sostenibili. C40 è composta da 17 reti organizzate in 6 aree tematiche: *Adaptation & Water Initiative; Energy Initiative; Urban Planning & Development Initiative; Finance & Economic Development Initiative; Solid Waste Initiative; Transportation Initiative.*

100 Resilient City è una iniziativa che mette in rete 100 città, tra cui Roma, lanciata nel 2013 dalla Fondazione Rockefeller con l'obiettivo di aiutare le città a definire una loro strategia di resilienza urbana. Il framework generale e le azioni di resilienza individuate per Roma:



100 Resilient Cities. Il framework generale e le azioni di resilienza individuate per Roma.

In questo contesto di condivisione e partecipazione, la DG Climate Action (DG CLIMA) ha commissionato il progetto pilota: "Strategie di adattamento per le città europee" (EU Cities Adapt), gestito da un consorzio guidato da Ricardo-AEA e ICLEI, nel periodo dicembre 2011 - giugno 2013. Gli obiettivi di questo progetto sono stati:

- \* sensibilizzare sull'importanza della preparazione al cambiamento climatico nelle città, sullo scambio di conoscenze e buone pratiche e sviluppo di strumenti e orientamenti per le città in materia di adattamento;
- \* fornire un programma pilota per lo sviluppo e l'attuazione di strategie di adattamento.

Il programma pilota ha coinvolto ventuno città selezionate in tutta Europa in base a due diversi criteri:

- \* 15 *Training Cities*: città che hanno ricevuto formazione e coaching, suddivise in tre sottogruppi di cinque città.
- \* 6 *Peer Cities*: realtà che già possedevano un elevato livello di conoscenza e pratica sul tema. Il lavoro con queste città ha riguardato l'implementazione di pratiche e strumenti esistenti.

Per ogni realtà urbana sono stati valutati:

- \* impatti e rischi;
- \* vulnerabilità;
- \* capacità adattive;

le principali problematiche urbane analizzate sono:

- \* The impacts of heat on cities;
- \* The impacts of flooding in cities;
- \* The impacts of water scarcity and droughts on cities;
- \* Coastal impacts on cities;
- \* Interdependencies and indirect urban impacts.

In relazione alle principali problematiche emerse sono state analizzate oltre 200 tra opzioni e misure di adattamento, già presenti in uno scenario di buone pratiche a livello europeo. Queste azioni sono state raggruppate in 26 tipologie d'azione (sia *soft* che *hard*), 12 delle quali riguardano l'impatto dello stress termico.

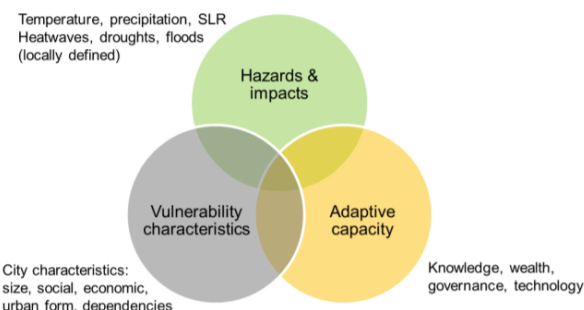
Accanto (tab.2) si riportano le azioni che riguardano prevalentemente lo stress termico in ambito urbano, che per l'81% delle città intervistate è l'impatto principale da affrontare con programmi di adattamento.

Tab.2 Estratto del riepilogo delle azioni di adattamento.



	Northern, Northern-Central & Northern-Western Europe	Southern-Central Europe (landlocked)	Mediterranean Europe (coastal)
Training cities	Albertslund (Denmark) Ghent (Belgium) Lahti (Finland) Stirling (UK) Vilnius (Lithuania)	Alba (Italy) Bratslava (Slovak Republic) Padova (Italy) Sfantu Gheorghe (Romania) Vitoria-Gasteiz (Spain)	Almada (Portugal) Barcelona (Spain) Burgas (Bulgaria) Gibraltar (UK) Zadar (Croatia)
Peer cities	Malmö (Sweden) Dublin (Ireland)	Dresden (Germany) Birmingham (UK)	Ancona (Italy) Rotterdam (Netherlands)

Tab1 Le città che hanno partecipato al progetto pilota e punti della valutazione (fig.1):



No	Type of adaptation option	Heat stress
1	Construction and design of buildings	x
2	Orientation of buildings and open spaces	x
3	Green roofs and walls	x
4	Raise albedo	x
5	Provide shading	x
10	Geothermal heating and cooling	x
11	Public green areas	x
12	Urban farming and gardening	x
15	Heat health warning system	x
17	Evacuation-contingency management plans	x
20	Extend water supply services	x
22	Public education- awareness campaigns	x

Il progetto UHI è stato sviluppato nell'ambito del programma "CENTRAL EUROPE" cofinanziato dal FESR. Partendo da un'analisi approfondita del fenomeno, l'obiettivo generale è focalizzare l'attenzione transnazionale, nonché di politiche e azioni pratiche, sulla prevenzione, l'adattamento e la mitigazione dei rischi naturali e artificiali derivanti dal fenomeno *Urban Heat Island*, fornendo 'esempi tipo' di strategie di mitigazione. Gli obiettivi specifici del progetto sono:

- \* Approfondire la conoscenza del fenomeno UHI, dei rischi ad esso connesso e delle sue interazioni con i cambiamenti climatici;
- \* Stabilire una rete transnazionale per il monitoraggio del fenomeno e delle sue evoluzioni;
- \* Definire strategie per la mitigazione del fenomeno UHI e l'adattamento agli effetti da esso generati;
- \* Migliorare gli strumenti di pianificazione territoriale/urbanistica tramite la definizione di metodologie e politiche urbanistiche e di edificazione/recupero, atte a ridurre effetti e conseguenze del fenomeno UHI, facendo interagire due discipline che tradizionalmente non comunicano tra loro: meteo-climatologia e urbanistica.

Il progetto UHI si è sviluppato in 8 tra le principali aree metropolitane (Mega Urban Regions - MEGAs) che rientrano nel territorio del Programma Central Europe tra cui l'agglomerato metropolitano Bologna - Modena (Italia) e il corridoio urbano Venezia - Padova (Italia) e per l'estero, significativo è l'operato della città di Stoccarda.

#### I risultati del progetto:

##### 1. UHI software

Il progetto ha portato alla definizione del DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS), un sistema di supporto alla decisione che interagisce con l'utente esterno tramite un'interfaccia grafica utente. Lo strumento permette di estrapolare per ogni progetto pilota alcune indicazioni utili per comprenderne la costruzione e lo sviluppo, così che ogni progetto possa divenire esempio per interventi simili.

Il DSS permette, attraverso una base dati definita per ognuno dei centri pilota, di selezionare, scelta la città:

- a. le diverse "Mitigation strategies" utilizzate:

Buildings		Pavements	
Cool roofs		Cool pavements	
Green roofs		Pervious pavements	
Green facades		Green areas	
Facade surface and construction selection/retrofit		Planting trees within the urban canyon	
Geometry of Urban Canyon		Park, green areas	

- b. diverse professionalità consultate;
- c. i diversi strumenti utilizzati per conoscere le condizioni climatiche del sito e per simulare l'effetto delle azioni di mitigazione nell'area urbana oggetto del progetto pilota. (Le simulazioni sono state condotte con il software ENVI-met);
- d. la normativa vigente nell'area selezionata;
- e. una valutazione economica per ogni tipologia di interventi prevista.

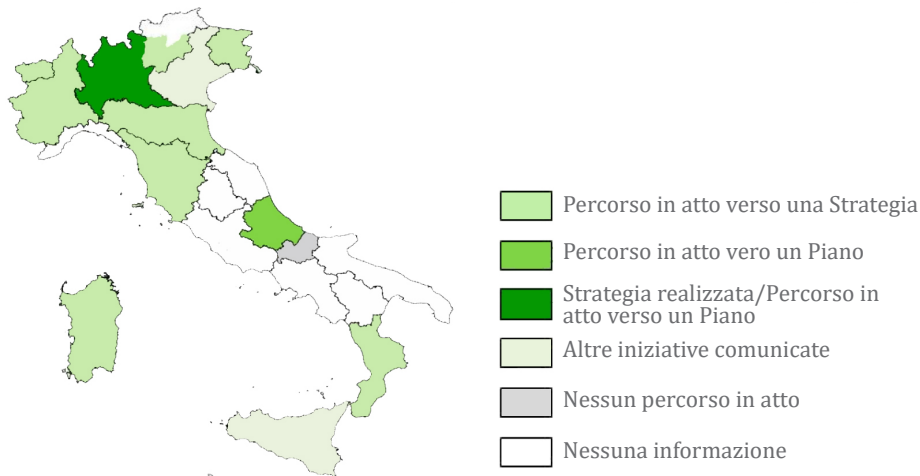
Effettuate le scelte, il programma sintetizza i dati richiesti in un report, per la specifica area pilota selezionata.

##### 2. UHI Atlas

È uno strumento che permette, nelle aree pilota, di valutare il fenomeno di isola di calore attraverso la graficizzazione dei diversi fattori che lo influenzano: "elevation, normalized difference vegetation index, land surface temperature, air temperature at 2 m, land cover and land use, night scene."

### 4.3 Strategie, piani e progetti a scala locale nel territorio italiano.

Dalla Strategia nazionale sopra menzionata si sta delineando un quadro di strategie a livello locale sia a scala regionale che a livello metropolitano ed urbano. Queste strategie di dettaglio si dovranno calare nella specificità dei singoli territori, rispondendo di volta in volta alle esigenze locali, in particolar modo delle realtà urbane. “Nella strategia uno dei capitoli riguarda gli insediamenti urbani, i quali ospitano la parte preponderante della popolazione italiana (90% al Censimento ISTAT 2011).” (Legambiente 2016)



Sebbene, rispetto ad altri paesi dell’Unione Europea, in Italia sono poche le realtà che hanno adottato strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici -come emerge dal quadro dell’Ispra Ambiente (Figura 4)- cercheremo di analizzare le principali iniziative con lo scopo di delineare le principali strategie adottate e verificare se ed in che misura viene analizzato il fattore della ventilazione naturale e la sua integrazione con gli altri materiali urbani al fine della ridefinizione dello spazio urbano.

“Le città sono il cuore della sfida climatica in tutto il mondo. Perché è nelle aree urbane che si produce la quota più rilevante di emis-

Figura 4. ISPRA (2016) Strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici -Annuario dei cambiamenti climatici (annuario.isprambiente.it/entityada/basic/6358/singola aggiornamento giugno 2016)

sioni ed è qui che l'intensità e frequenza di fenomeni meteorologici estremi sta determinando danni crescenti." Sono circa 101 i Comuni italiani dove, nel 2010, secondo Legambiente si sono registrati impatti rilevanti legati a fenomeni atmosferici estremi (Legambiente 2016)

**Agenda 21 locale- La sfida locale**

Scheda 6

Agenda 21 è un documento di intenti per la promozione di uno sviluppo sostenibile in cui sono fissati gli obiettivi programmatici su ambiente, economia e società. Il documento è stato sottoscritto da 178 paesi di tutto il mondo, durante la Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED) svoltasi a Rio de Janeiro nel giugno 1992. Tale documento è formato da 40 capitoli e suddiviso in 4 sezioni. Nel capitolo 28 della Agenda 21 si fa riferimento al ruolo delle autorità locali per educare ed agire per la promozione di uno sviluppo sostenibile: "Ogni amministrazione locale dovrebbe dialogare con i cittadini, le organizzazioni locali e le imprese private e adottare una propria Agenda 21 locale. Attraverso la consultazione e la costruzione del consenso, le amministrazioni locali dovrebbero apprendere e acquisire dalla comunità locale e dal settore industriale, le informazioni necessarie per formulare le migliori strategie". Nel 1999 in Italia nasce il Coordinamento nazionale Agende 21 trasformato, poi, in Associazione.

I pilastri dell'Agenda 21 Locale:

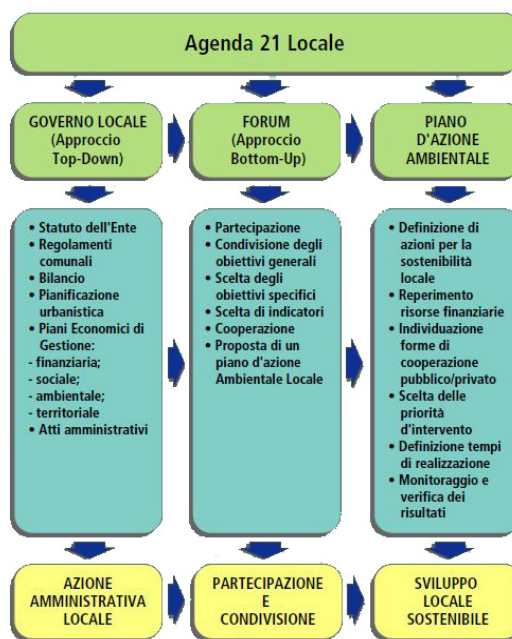
La CONOSCENZA delle risorse ambientali locali; della pressione antropica sull'ambiente, dell'organizzazione interna e delle politiche dell'Ente Locale;

La CONDIVISIONE di una visione locale a medio-lungo periodo di sviluppo;

La PARTECIPAZIONE di tutti i soggetti portatori di interessi legittimi su temi ambientali, sociali ed economici della comunità locale;

Le AZIONI singole o integrate in un piano, individuando per ciascuna azione o intervento i contenuti, i target, i partner e le risorse necessarie. (Arpav).

Secondo i dati ICLEI (2001) in Italia hanno già aderito: 362 Amministrazioni di cui: 289 Comuni, 37 Province, 1 Regione, 27 Comunità Montane, 4 Enti Parco, 1 Consorzio.



Riferimenti: [www.a21italy.it](http://www.a21italy.it); <http://www.agenda21.it>; [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it); [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

Didascalia pagina seguente.  
Tabelle 8 a-b-c. Strategie, piani, progetti o linee guida di alcune regioni e città. Fonte: Climate-Adapt net.; Legambiente (2017); [www.planningclimatechange.org](http://www.planningclimatechange.org); UHI Project; Act Project; et al.

Da una ricerca sui principali network e siti web che affrontano il tema (indicazione dei riferimenti bibliografici a fine capitolo) è stata effettuata una selezione di alcuni piani, programmi e progetti che affrontano il tema della mitigazione/adattamento ai cambiamenti climatici in area urbana (Tabelle 8) e tra questi sono stati poi analizzati nel dettaglio quelli più significativi ai fini di questa ricerca.

a. LIVELLO REGIONALE						LIVELLO COMUNALE					
ITALIA SETTE-TRIONALE	Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	descrizione		Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	Mayor adapt	descrizione	
Valle d'Aosta	0			<i>AdaptAlp</i> : difesa del suolo e risorse idriche per lo spazio alpino							
Friuli V.G.		x		<i>Principali criticità ambientali e azioni di risposta per il territorio della Regione Friuli Venezia Giulia</i> . Linee di indirizzo e coesione con gli strumenti vigenti							
Trentino-Alto Adige	x	x		Provincia autonoma di Trento (piano/strategia); <i>Rapporto sul clima -Alto Adige EURAC</i> (linee guida);							
Piemonte	0			SRACC	Torino	x				Piano di emergenza comunale (vulnerabilità e rischio)	
Lombardia	x				Milano area metropolitana	x					
Veneto		x		Manuale	Padova		x	x	x	Linee guida per la costruzione Piano di adattamento; Manuale Regionale; UHI Project- area pilota	
					Modena			x		UHI Project-area pilota	
					Carmignano del Brenta (PD)	0			x	strategia	
					Treviso	x				Integraz. adattamento nei piani esistenti	
Emilia Romagna	x		x	Progetto Rebus2	Bologna	x					
					Reggio Emilia	0			x	strategia	

b. LIVELLO REGIONALE				LIVELLO COMUNALE					
ITALIA CENTRALE	Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	descrizione	Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	Mayor adapt	descrizione
<b>Marche</b>					o				strategia
<b>Toscana</b>									
<b>Umbria</b>						x			Manuale metodologico
<b>Lazio</b>						x			100 Resilient cities
<b>Abruzzo</b>	o		x	PACC Abruzzo – Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Regione Abruzzo; Progetto Regione Abruzzo- ENEA	o			x	strategia
					o			x	strategia

c. LIVELLO REGIONALE				LIVELLO COMUNALE					
ITALIA MERIDIONALE	Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	descrizione	Strategia/ Piano	Linee guida	Progetto	Mayor adapt	descrizione
<b>Calabria</b>	o				o			x	strategia
<b>Puglia</b>					o			x	strategia
<b>Basilicata</b>					o			x	strategia
<b>Sardegna</b>	o		x	Progetto <i>Sardegna Resiliente</i> : piattaforma di condivisione	o				Il Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici di Sorradile

Note: piano, linee guida e progetto definiti (X) e in fase di definizione (o)



Nel dettaglio alcuni dei piani a livello regionale e comunale più significativi per lo sviluppo di questa ricerca:



### Regione Veneto

#### **Pianificazione Urbanistica e Clima Urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore**

Fonte: Musco e Fregolent 2015; Musco e Zanchini 2014

Il manuale si presenta come una sintesi che la Regione Veneto ha avviato sulle attività di ricerca e sperimentazione riguardanti il tema ambientale integrato nelle pratiche di pianificazione territoriale e gestione delle risorse. Strumento di supporto di cui si è dotata la regione è il Sistema Informativo Territoriale Regionale che fornisce un database tecnico e ambientale per tutto il territorio. Nel manuale vengono presentate alcune ricerche in corso nella regione, e non solo, sui temi ambientali. Tra queste, maggiore interesse riveste una ricerca sulla città di Padova che, ponendosi accanto alle sperimentazioni che lo stesso Comune ha e sta conducendo per la redazione delle linee guida, qui riportate, presenta una panoramica sulla pri-



5. Musco, F., Fregolent, L., Magni, F., Maragno, D., Ferro, D. (2014), "Calmierare gli impatti del fenomeno delle isole di calore urbano con la pianificazione urbanistica: esiti ed applicazioni del progetto UHI (Central Europe) in Veneto". In *Qualità dell'ambiente urbano, X rapporto, Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici*. Roma: ISPRA 54.

ma fase di conoscenza del territorio per la comprensione del fenomeno dell'isola di calore.

La sperimentazione è stata condotta da un gruppo di ricerca dello IUAV<sup>5</sup> all'interno del progetto europeo "UHI- Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon". La sperimentazione ha voluto cogliere i legami tra il clima urbano, i fenomeni di aumento delle temperature e la struttura urbana. Cinque le aree pilota nel territorio del Comune di Padova scelte per questa ricerca:

- Ambito 1, area urbana densa posta all'interno del centro storico di epoca medievale;
- Ambito 2, area a uso misto, compresa tra un importante corso d'acqua e un grande parcheggio;
- Ambito 3, area residenziale, definita ad "alta densità", realizzata negli anni sessanta-settanta;
- Ambito 4, area residenziale, definita a "bassa densità", realizzata anch'essa negli anni sessanta-settanta, posta nel primo anello esterno alla città e composta da edifici isolati di 1-2 piani;
- Ambito 5, area produttiva localizzata all'esterno del Comune di Padova

La prima parte del progetto ha riguardato lo studio delle condizioni climatiche delle aree selezionate (attraverso analisi sul campo e sistemi di remote sensing). È emerso che il fenomeno dell'isola di calore si manifesta prevalentemente nelle prime ore dell'alba e maggiormente nei tessuti più centrali della città. Il dato ha portato a considerare, come fattori scatenanti, le caratteristiche di impermeabilità delle superfici urbane, le caratteristiche termo-fisiche dei materiali utilizzati e la ventilazione urbana. (Musco e Fregolent, 2015). Tenendo in considerazione le linee guida dettate dalla Technische Universität di Vienna (Tabella 9), che propongono una serie di indicatori utili a quantificare i differenti fattori che determinano il fenomeno di UHI, la ricerca ha cercato di comprendere quali indici potessero meglio descrivere la realtà del contesto padovano, tessuto per tessuto.

Didascalia pagina successiva.  
Tabella 9. Indici utilizzati nell'analisi urbana ripresi dalle linee guida della Technische Universität di Vienna. Fonte: Musco e Fregolent (2015)

Gemetric properties	Symbol	Unit	Range	Definition
Sky View Factor	$\Psi_{sky}$	-	0-1	Mean value of the fraction of sky hemisphere visible form ground level
Aspect ratio	H/W	-	0-3 <sup>+</sup>	Mean height-to-width ratio of street canyons, consider length of streets as a weighting factor
Built area fraction	$A_b/A_{tot}$ $A_b$ : building plan area (mq) $A_{tot}$ : total ground area (mq)	-	0-1	Ratio of building plan area to total ground area; fraction of ground surface with building cover
Unbuilt area fraction	$1-A_b/A_{tot}$	-	0-1	Ratio of unbuilt plan area to total ground area; fraction of ground surface with building cover
Impervious surface fraction	$A_i$	-	0-1	
Pervious surface	$A_p = (A_e + A_g + A_{H_2O})$	-	0-1	Ratio of unbuilt impervious plan area (bare soil, green water) to total ground area
	$A_e$ : earth	-	0-1	Bare soil area
	$A_g$ : green	-	0-1	Green area
	$A_{H_2O}$ : water	-	0-1	Water bodies area
Mean building compactness	$I_c$ $I_c = V_b/A_b$ [m <sup>3</sup> /mq] $V_b$ : built volume [m <sup>3</sup> ]	m	-	Ratio of built volume (above terrain) to tal building plan area
Built surface fraction	$A_s/A_b$ $A_s$ : total built surface area [mq]	-	>1	Ratio of total built surface area (above terrain) of buildings (walls and roofs) to tal built area
	$A_w/A_b$ $A_w$ : total wall area [mq]	-	-1	Walls
	$A_R/A_b$ $A_R = (A_{R,i} + A_{R,p})$ $A_R$ : total roof area [mq]	-	-1	Roofs
	$A_{R,i}/A_b$ $A_{R,i}$ : total impervious roof area [mq]	-	-1	Impervious roofs
	$A_{R,p}/A_b$ $A_{R,p}$ : total pervious roof area [mq]	-	-1	Pervious roofs
Mean sea level	$h_{sl}$	m	-	Average height above sea level

Surface /material properties	Symbol	Unit	Range	Definition
Reflectance/albedo	$\rho_{sw}$	-	0-1	Mean value of albedo (shortwave)
Thermal conductivity	$\lambda = (\lambda_i + \lambda_p)$	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	The property of a material's ability to conduct heat
	$\lambda_i$ : impervious surface	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	Thermal conductivity of impervious surfaces
	$\lambda_p$ : pervious surface	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	Thermal conductivity of pervious surfaces
Specific heat capacity	$c = (c_i + c_p)$	Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	The amount of heat required to change a unit mass of a material by one degree of temperature
	$c_i$ : impervious surface	Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	Specific heat capacity of impervious surfaces
	$c_p$ : pervious surface	Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	>0	Specific heat capacity of pervious surfaces
Densiti	$\rho = (\rho_i + \rho_p)$	kgm <sup>-3</sup>	>0	The mass density of a material is its mass per unit volume
	$\rho_i$ : impervious surface	kgm <sup>-3</sup>	>0	The mass density of impervious surfaces
	$\rho_p$ : pervious surface	kgm <sup>-3</sup>	>0	The mass density of pervious surfaces
Anthropogenic heat outpout	$Q_E$	Wm <sup>-2</sup>	>0	Mean annual heat flux density from fuel combustion and human activity (traffic, industry, heating and cooling of buildings ecc.)

6. Giuliana Fornaciari e Davide Ferro in Musco e Fregolent (2015)

Sui cinque scenari analizzati sono poi state effettuate delle simulazioni con il software ENVI-met, utilizzato nella fase di definizione degli scenari di intervento. Quattro sono gli scenari progettuali esaminati, dove si punta prevalentemente su una azione *green*, dal *green ground* (aumento delle superficie permeabile dell'area dal 18% al 23%) al *cool pavements* e *cool roof* (sostituzione dei tradizionali sistemi di rivestimento con materiali "freddi" con elevata albedo), o integrazione tra le varie azioni.

Sebbene le azioni proposte non rientrano tra quelle qui ricercate, l'interesse per questa ricerca è relativo alla metodologia utilizzata per il raggiungimento degli obiettivi preposti, e all'uso di alcuni strumenti di indagine e di progetto, come la proposta<sup>6</sup> di una sorta di atlante illustrato degli interventi possibili, in cui si valuta l'integrazione percettiva di un intervento calato in uno specifico contesto tipo (ante e post intervento)- sebbene non ci sia alcun riferimento a nessuna specificità microclimatica-.

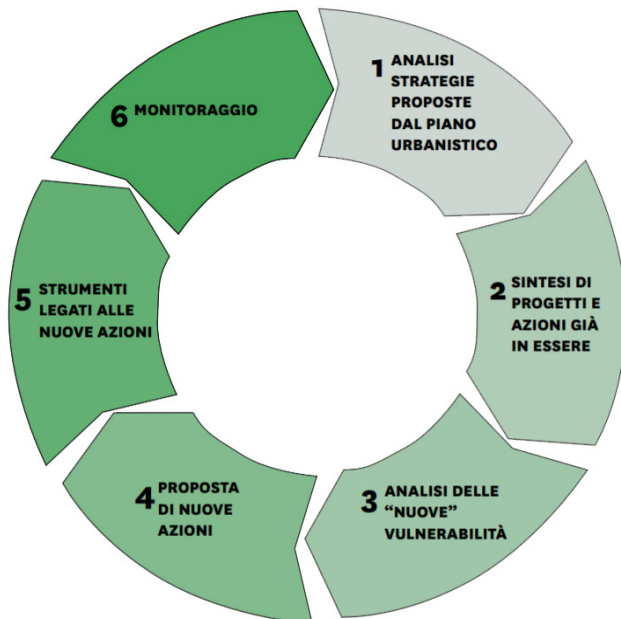
### **Città di Padova- Le linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico**

Fonte: Padova resiliente (2016); Legambiente (2017).

Nel 2010 la città ha aderito al Patto dei Sindaci nell'ambito del quale si procede all'elaborazione del PAES (Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile), approvato nel 2011, che getta le basi per la definizione del Piano di Adattamento. Tra i progetti previsti dal PAES si ritrova anche l'elaborazione ed approvazione del Regolamento edilizio di sostenibilità, che nel 2012 viene presentato a scopo di condivisione nell'ambito del Forum Agenda 21. Partecipando infine, tra il 2012 ed il 2013, al Progetto EU Cities Adapt, il Comune ha potuto confrontarsi con altre realtà a livello europeo principalmente sul tema della capacità adattiva della città (analizzata sotto 9 diversi punti di vista: consapevolezza, capacità di agire, leadership, agenti del cambiamento, partecipazione, apprendimento, gestione delle attività, obiettivi della programmazione e coerenza, competenza ed evidenza). Inoltre, l'adesione al progetto europeo UHI-Urban Heat

Island- ha permesso di partecipare alla redazione di un Manuale regionale da titolo: *Pianificazione Urbanistica e Clima Urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore.*

Questo lungo iter ha portato nel 2016 all'elaborazione delle linee guida per la costruzione di un Piano di Adattamento del Comune. La metodologia individuata (Figura 5) ha portato alla definizione di un prontuario (Figura 6) organizzato secondo la logica vulnerabilità/goal/target/azione e calibrato su due prevalenti zone urbane: zone urbane dense (intensamente e molto intensamente urbanizzate, con edifici di 2-5 piani, contigui o molto ravvicinati, spesso in mattoni o pietra) e zone urbane diffuse (suburbane mediamente sviluppate a bassa densità, con case a 1-2 piani). I principali campi di intervento riguardano la mitigazione dell'isola di calore (attraverso interventi volti prevalentemente alla riduzione



del flusso di calore immagazzinato nella struttura urbana ed alla riduzione del flusso di calore antropogenico), la gestione dei rischi/impatti (aumentando la permeabilità delle superfici e regolando la gestione delle acque), la ricerca di nuove opportunità di sviluppo sostenibile.

**Figura 5.** Sintesi concettuale della metodologia seguita:

1. Si considera l'agenda politica dell'amministrazione comunale tradotta nelle strategie generali del piano urbanistico;
2. Oltre alle strategie proposte, vengono sinteticamente elencati tutti i progetti/azioni che altri enti pubblici o pubblico-privati hanno avviato sul territorio;
3. Attraverso opportuni supporti tecnologici, si analizza il territorio comunale per far emergere le principali nuove vulnerabilità;
4. Vengono definiti nuovi tipi di azioni per rispondere alle vulnerabilità emerse dall'analisi;
5. Selezione degli strumenti già abili ad implementare le nuove azioni proposte, e integrazione degli stessi in caso di necessità attraverso logiche premiali o vincolistiche;
6. Vengono proposte delle soluzioni per il monitoraggio delle azioni previste dal piano.

Fonte: Seap Alps (Musco F., Magni F., Verones S., Maragno D., Dalla Fontana M. 2015), in Padova Resiliente (2016).

VULNERABILITA'	GOAL	TARGET	AZIONE
formazione isole di calore urbano	aumento ventilazione naturale	riduzione calore immagazinato	creare corridoi verdi
	diminuzione delle temperature	riduzione calore immagazinato/ riduzione radiazione incidente	modificare la geometria degli edifici (rapporto fra altezza media e larghezza del canyon)** aumentare riflettanza e emissività delle superfici edifici ** aumentare riflettanza e emissività delle superfici pavimentate
		riduzione radiazione incidente	aumentare ombreggiamento verde
		riduzione rapporto di Bowen (trasformazione calore sensibile in calore latente)	preservare prati e boschi e aree rimaste libere dalle edificazione aumentare superfici vegetate - tetti/ pareti ** aumentare superfici pavimentate vegetate diminuire pavimentazioni impermeabili
	riduzione consumo energetico	riduzione flusso antropogenico	azioni già presenti nel Piano di Mitigazione
deflusso difficoltoso	gestione integrata delle acque meteoriche (invarianza idraulica)	aumento permeabilità delle superfici	creare pozzi e trincee di infiltrazione diminuire pavimentazioni impermeabili aumentare superfici pavimentate vegetate
		aumento del tempo di corruzione del bacino/ riduzione dell'impatto inquinante	creare zone umide (cunette e filtri vegetali)
		separazione delle acque di prima pioggia/riduzione dell'impatto inquinante	creare aree di accumulo creare vasche di ritenzione lagune
		aumento del tempo di corruzione del bacino/riduzione dell'aportata di picco	creare laghetti artificiali e bacini di laminazione controllare gli organi di intercettazione







È interessante notare come tra gli obiettivi per la riduzione del calore venga inserito l'aumento della ventilazione naturale da raggiungere attraverso la creazione di corridoi verdi (Figura 6). A questa azione si legano poi proposte di monitoraggio volte a valutare la % di aumento di superficie verde rispetto a quella urbanizzata per singole aree specifiche.

Come partenza per la valutazione di fattibilità di ogni azione, le linee guida propongono da un lato la conoscenza del territorio, attraverso l'analisi ambientale dal punto di vista idrografico, uso del suolo, irraggiamento, sky-view-factor e le principali vulnerabilità, dall'altro lato l'analisi degli strumenti esistenti. Per la riqualificazione dell'insediamento urbano, di quelle fasce in conflitto funzionale con il contesto, ad esempio, si richiama quanto già previsto nel PAT del Comune di Padova in cui si possono individuare delle linee di indirizzo volte alla riconversione funzionale e integrazione con ele-

Figura 6. Estratto del Prontuario di azioni per le zone dense. Fonte: Padova Resiliente (2016).

menti di mitigazione anche per spazi pubblici e identitari, e la predisposizione di standard di qualità urbana ed ecologico-ambientale. Alcune aree che includono tessuti urbani e periurbani sono stati oggetto di un'analisi pilota, nella quale, grazie anche a tecniche di telerilevamento, è stata effettuato uno studio più di dettaglio individuando, a seconda del tessuto, goal/target/azioni in relazione ai temi del surriscaldamento e del deflusso difficoltoso delle acque. Nello specifico, per il tessuto residenziale (sx) e storico (dx) si presentano i seguenti risultati (Figura 7):

Figura 7. Progetto sul transetto pilota. Azioni possibili rispettivamente per tessuto residenziale (sx) e tessuto storico (dx). Fonte: Padova Resiliente (2016).

SURRISCALDAMENTO URBANO			SURRISCALDAMENTO URBANO		
GOAL	TARGET	AZIONE	GOAL	TARGET	AZIONE
<b>AUMENTO VENTILAZIONE NATURALE</b> 	AUMENTO DELLA DISPERSIONE DEL CALORE	CREARE CORRIDOI VERDI PRESERVARE LE ZONE VERDI ESISTENTI CREARE ZONE UMIDE	<b>AUMENTO VENTILAZIONE NATURALE</b> 	AUMENTO DELLA DISPERSIONE DEL CALORE	CREARE CORRIDOI VERDI PRESERVARE LE ZONE VERDI ESISTENTI CREARE ZONE UMIDE
<b>RIDURRE IL CALORE LATENTE</b> 	RIDUZIONE RADIAZIONE INCIDENTE RIDUZIONE DEL CALORE IMMAGAZZINATO DALLE SUPERFICI ESPOSTE DIMINUIZIONE DELLE SUPERFICI ESPOSTE	Intercettare la radiazione solare con alberature verdi (per ombreggiamento, evapotraspirazione, etc) COOL PAVEMENTS - Sostituzione del tradizionale asfalto (albedo 0,3) e cemento (albedo 0,4) utilizzato su strade e marciapiedi con materiali "freddi", cioè con elevato albedo COOL ROOFS - Sostituzione dei tradizionali tetti a tegola o piani rivestiti di piastrelloni con materiali freddi (albedo da 0,3 e 0,6) Sostituire le pavimentazioni destinate a parcheggio con aumento di superficie verde Cambio del colore delle superfici verticali con colori freddi Sostituzione di tetti piani tradizionali con tetti verdi Conversione di superfici asfaltate (parcheggi, vialetti) con superfici erbose o semi vegetate	<b>RIDURRE IL CALORE LATENTE</b> 	RIDUZIONE RADIAZIONE INCIDENTE RIDUZIONE DEL CALORE IMMAGAZZINATO DALLE SUPERFICI ESPOSTE DIMINUIZIONE DELLE SUPERFICI ESPOSTE	Intercettare la radiazione solare con alberature verdi (per ombreggiamento, evapotraspirazione, etc) COOL PAVEMENTS - Sostituzione del tradizionale asfalto (albedo 0,3) e cemento (albedo 0,4) utilizzato su strade e marciapiedi con materiali "freddi", cioè con elevato albedo COOL ROOFS - Sostituzione dei tradizionali tetti a tegola o piani rivestiti di piastrelloni con materiali freddi (albedo da 0,3 e 0,6) Sostituire le pavimentazioni destinate a parcheggio con aumento di superficie verde Cambio del colore delle superfici verticali con colori freddi Sostituzione di tetti piani tradizionali con tetti verdi Conversione di superfici asfaltate (parcheggi, vialetti) con superfici erbose o semi vegetate
<b>RIDURRE IL CONSUMO ENERGETICO</b> 	RIDUZIONE DEL FLUSSO ANTROPOGENICO	Rivedere e enfatizzare le azioni previste dal Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile	<b>RIDURRE IL CONSUMO ENERGETICO</b> 	RIDUZIONE DEL FLUSSO ANTROPOGENICO	Rivedere e enfatizzare le azioni previste dal Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile

Coordinamento del piano con:	Regolamento edilizio di sostenibilità; Piani del verde; PAT e PATI (piano assetto territorio intercomunale).
------------------------------	--

## Regione Emilia Romagna

### Strategia Regionale per i Cambiamenti Climatici (SRCC)

Fonte: E-R Ambiente <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it>  
(aggiornamento 2017)

Il percorso intrapreso dalla Regione si sviluppa in due direzioni: quello della mitigazione, volto a ridurre progressivamente le emissioni di gas climalteranti e quello dell'adattamento che mira a diminuire la vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici e aumentare la loro capacità di resilienza di fronte agli inevitabili impatti di un clima che cambia.

Principali obiettivi:

- "Valorizzare le azioni, i Piani e i Programmi della Regione Emilia Romagna in tema di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico attraverso la ricognizione delle azioni già in atto a livello regionale per la riduzione delle emissioni climalteranti e l'adattamento ai cambiamenti climatici;
- Definire gli indicatori di monitoraggio (tra quelli già in uso da parte dei diversi piani, sia per la VAS che per i programmi operativi dei Fondi strutturali 2014 -2020);
- Definire ed implementare un Osservatorio regionale e locale di attuazione delle politiche;
- Contribuire ad individuare ulteriori misure ed azioni da mettere in campo per i diversi settori, in relazione ai piani di settore esistenti, contribuendo ad armonizzare la programmazione territoriale regionale in riferimento agli obiettivi di mitigazione ed adattamento;
- Individuare e promuovere un percorso partecipativo e di coinvolgimento degli stakeholder locali al fine di integrare il tema dell'adattamento e della mitigazione in tutte le politiche settoriali regionali;
- Identificare possibili metodologie per il calcolo della stima dei costi del mancato adattamento;



- Identificare strumenti innovativi finanziari ed assicurativi da mettere in campo per le azioni di adattamento;
- Coordinarsi con le iniziative locali (comunali e di unione dei comuni) relativamente ai Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima del Patto dei Sindaci (PAESC) ed ai Piani di adattamento locale."

Dal 2011 la Regione è impegnata nell'iniziativa "Piani Clima in Emilia-Romagna" nata per coordinare e condividere le esperienze delle Province e dei Comuni capoluogo impegnati nella costruzione e attuazione dei propri piani clima territoriali. Per il monitoraggio e la rendicontazione delle azioni dei piani clima è stata attivata una apposita piattaforma web CLEXi, Emilia-Romagna Cross Platform for CLimate and Energy policies monitoring and accounting.

7. La legge regionale prevede tra le funzioni e gli obiettivi della pianificazione misure volte a mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici, salvaguardando da un lato le aree ad alto valore ambientale, paesaggistico e storico e dall'altro incentivando la riqualificazione del tessuto esistente, anche attraverso la definizione di "standard di qualità urbana ed ecologico ambientale" Allegato Art. A-6.

Coordinamento dei piani di mitigazione e adattamento nel settore: Insediamenti urbani	Piano territoriale regionale; Programmi di riqualificazione urbana; Piano di gestione rischio alluvioni.
---	--

### **Progetto Rebus2 REnovation of public Buildings and Urban Spaces** (scheda 7).

Fonte: E-R Ambiente <http://territorio.regione.emilia-romagna.it> (aggiornamento 2017)

Progetto sviluppato nel territorio dell'Emilia Romagna tra il 2013 ed il 2015, promosso dalla Regione Emilia-Romagna - Servizio pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio, con il Politecnico di Milano, all'interno del programma "Retrofitting Public Spaces in Intelligent Mediterranean Cities", co-finanziato dal Programma MED, Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale. Hanno partecipato al programma 10 enti da 5 paesi europei. Il progetto è incentrato sul comfort microclimatico e la progettazione urbana per il contrasto e la mitigazione del fenomeno di isola di calore, in linea con quanto richiesto dalla L.R. 20/2000<sup>7</sup> in cui si legge "preservare e migliorare le caratteristiche meteorologiche locali, ai fini della riduzione della concentrazione di inquinanti in atmosfera e di una



migliore termoregolazione degli insediamenti urbani. Concorrono in tal senso la dotazione di spazi verdi piantumati, di bacini o zone umide, il mantenimento o la creazione di spazi aperti all'interno del territorio urbano e periurbano;" (Allegato A, art A-25)

Il lavoro si configura come un "gioco simulazione" che propone una metodologia partecipativa utile nell'ambito della pianificazione con l'obiettivo di elaborare progetti e strategie in grado di migliorare il comfort microclimatico dello spazio pubblico. Tre sono le aree selezionate "che concorrono a fondi regionali per la mitigazione dell'isola di calore stanziati attraverso una (finta) legge e un (finto) bando per la trasformazione e il recupero di spazi pubblici della città costruita" e che rappresentano tre contesti urbani tipo:

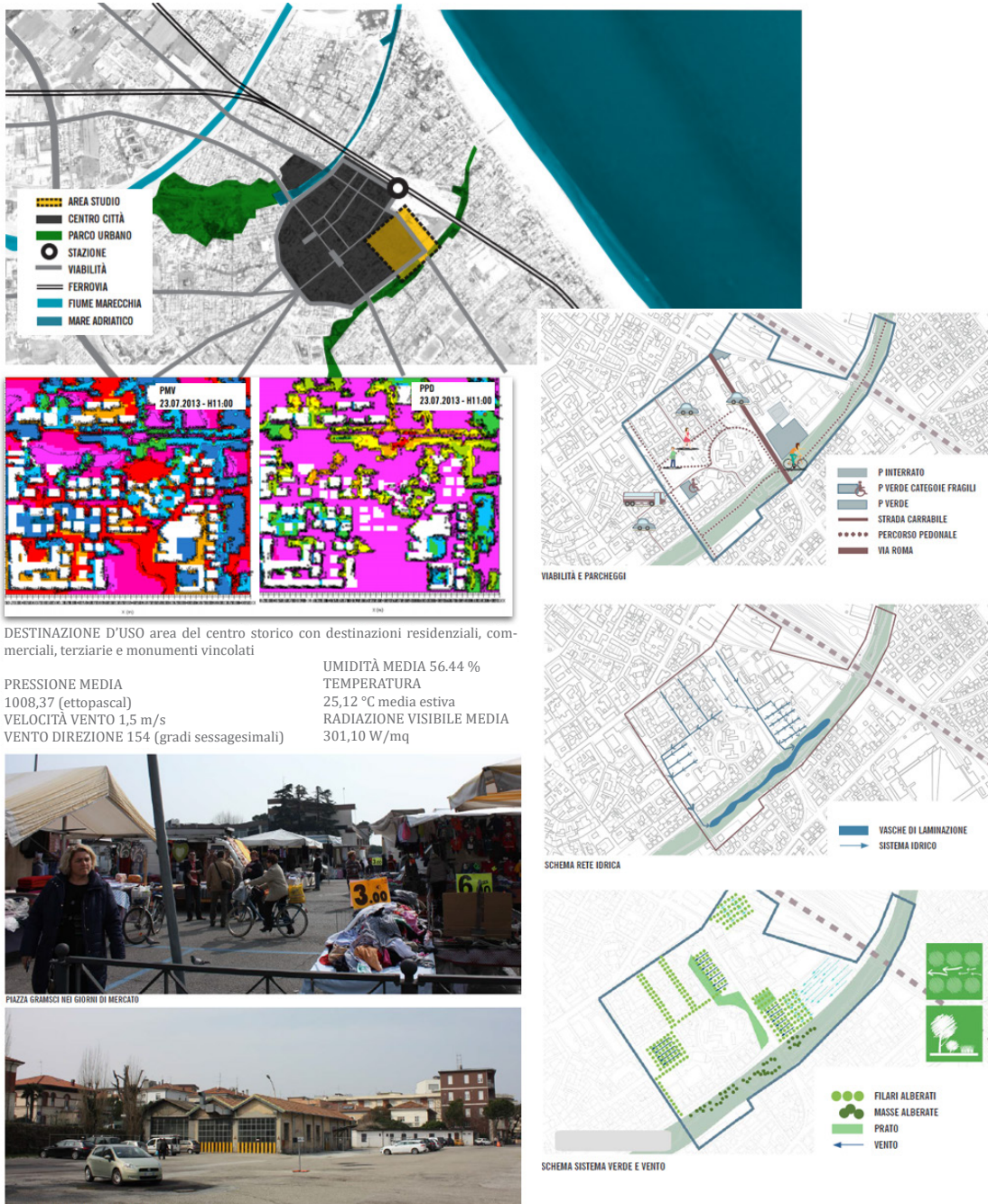
1. Comune di Parma, area del Pasubio nel quartiere San Lorenzo. Area industriale di primo novecento, dismessa, con ampie superfici impermeabili, presenza di edifici da rigenerare e alta densità costruita, collocata ai margini della città storica e inglobata dall'espansione urbana novecentesca;
2. Comune di Rimini, area del mercato del centro storico. Area residenziale urbana, densa, inglobata o adiacente al centro storico, con ampie piazze e parcheggi asfaltati e impermeabili di accesso al centro città;
3. Comune di Modena, il villaggio dell'artigiano. Area produttiva del secondo dopoguerra, ancora attiva, con ampie superfici impermeabili e alta densità costruita, insediata al margine tra città e campagna.

Per ogni area è stata selezionata una squadra composta da: cinque architetti, due architetti-paesaggisti, due agronomi, tre ingegneri, un pianificatore e tre funzionari pubblici.

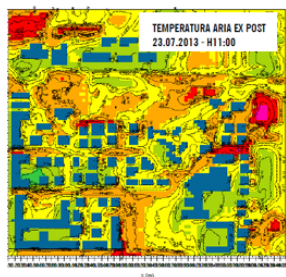
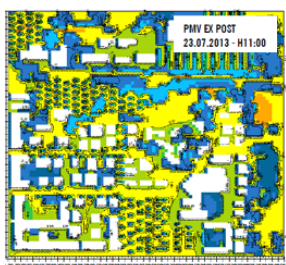
Nella simulazione di intervento è stata richiesta, per ciascun gruppo, l'elaborazione di una proposta progettuale analizzata nei suoi aspetti microclimatici, grazie all'utilizzo del software ENVI-met.

I dati meteorologici di base sono stati forniti dall'Arpa della Regione e consultati attraverso il portale DExter, Sistema Dexter per l'accesso diretto al database del Servizio IdroMeteoClima. Le variabili considerate sono state: pressione media, velocità e direzione del vento, umidità relativa, temperatura, radiazione visibile media. Dalla me-

Estratto del gioco-simulazione effettuato per l'area del mercato nel centro storico di Rimini:



La strategia	Gli obiettivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; la rinaturalizzazione dell'ambiente urbano;</li> <li>&gt; la restituzione dell'identità naturalistica e storica e dei luoghi;</li> <li>&gt; la resilienza del sistema quartiere;</li> <li>&gt; la restituzione degli spazi pubblici alla comunità;</li> <li>&gt; la partecipazione come paradigma nella costruzione del progetto e nella gestione delle opere collettive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; miglioramento del microclima locale (temperatura, umidità, velocità e direzione del vento);</li> <li>&gt; miglioramento della qualità dell'aria (concentrazione di sostanze inquinanti, CO2, No);</li> <li>&gt; miglioramento della resilienza urbana in relazione all'intensificazione dei fenomeni meteorologici (con specifico riferimento alle direttive europee sulle città costiere);</li> <li>&gt; abbattimento dell'inquinamento acustico rappresentato principalmente dalla presenza dell'asse di via Roma;</li> <li>&gt; miglioramento della qualità dell'acqua di falda (fitodepurazione).</li> </ul>
Azioni progettuali	



- > realizzazione di vasche di laminazione;
- > realizzazione di giardini dell'acqua;
- > implementazione di un sistema di raccolta delle acque meteoriche attraverso la posa di moduli drenanti collegati alla rete di raccolta delle acque meteoriche, con sistemi di sversamento del troppo pieno in vasche di laminazione;
- > utilizzo di materiali parzialmente permeabili nella pavimentazione degli spazi pubblici;
- > de-pavimentazione e ampliamento delle superfici permeabili;
- > realizzazione di barriere verdi (contenimento sonoro e depurativo);
- > de-coniferazione e sostituzione con latifoglie;
- > messa a dimora di un nuovo impianto arboreo e sostituzione di alberature esistenti secondo un'orditura orientata est-ovest in direzione dei venti dominanti (effetto Venturi);
- > pedonalizzazione di assi viari e piazze;
- > ampliamento della rete dei percorsi ciclo-pedonali;
- > ampliamento degli spazi commerciali;
- > sostituzione delle pavimentazioni con materiali con una miglior albedo;
- > utilizzo di lame d'acqua a scopo decorativo e per migliorare il microclima;
- > introduzione di zone di sosta attrezzate ed ombreggiate;
- > realizzazione di posti auto interrati.

Riferimenti: Rebus RENovation of public Buildings and Urban Spaces. Dispense: mercato centro storico Rimini 2.1 e mercato centro storico RES [Rimini Environmental Strategy] Rimini 6.2.

dia delle temperature estive mensili è stato selezionato il mese più caldo e meno piovoso (luglio), e nel mese è stata calcolata la media giornaliera delle temperature, il tutto per identificare il 'giorno tipo' nel quale effettuare le simulazioni. Per ogni opzione progettuale è stato simulato l'andamento orario delle temperature, del PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*) utili per comparare i vari scenari.

I progetti proposti sono stati poi valutati da una giuria composta da un urbanista pianificatore, un architetto esperto sul tema, un bioclimatologo.

L'auspicio è stato quello di utilizzare gli esiti di REBUS come linee guida nella definizione di nuovi criteri da inserire nella pianificazione e riprogettazione degli spazi pubblici in Emilia-Romagna. La guida *Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici* -elaborata dal Servizio Pianificazione, Urbanistica, Uso sostenibile del territorio della Regione Emilia-Romagna, con il Politecnico di Milano- rappresenta una degli esiti del percorso formativo REBUS®<sup>8</sup>.

8. Alcuni interessanti approfondimenti presenti nella guida verranno presentati nei paragrafi seguenti.

### **Città di Bologna. Piano di adattamento ai cambiamenti climatici.**

Fonti: Progetto BLUE AP [www.blueap.eu](http://www.blueap.eu); Piano di adattamento della città di Bologna: strategia di adattamento locale [www.blueap.eu](http://www.blueap.eu); Relazione del Piano Strutturale; RUE - Regolamento Urbanistico Edilizio; Legambiente (2017); Caranti, Di Pietro et al. (2014).

Il Comune di Bologna ha definito il proprio Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici attraverso il progetto "LIFE+BLUE AP" (Bologna Local Urban Environment Adaptation Plan for a Resilient City) lanciato nel 2012 e concluso nel 2015.

Anticipando la stesura del piano, il Comune ha messo in atto, dal 2012, una serie di azioni:

- Paes (piano di azione per l'energia sostenibile)

- Piano strategico Metropolitano, un processo volontario, con progetti presentati da partner pubblici e privati.
- Piano strutturale Comunale (PSC) (2008)
- Regolamento urbanistico edilizio (RUE). Tra gli obiettivi del Rue, in riferimento alle “Piazze e aree pedonalizzate” (art. 39), sono catalogati i prevalenti materiali urbani tra cui superfici permeabili; elementi vegetali; acqua). Leggiamo: “Inserimento paesaggistico e compatibilità funzionale” che presuppone le seguenti prestazioni:

[1.2] Posare pavimentazioni coerenti con le caratteristiche dei contesti urbani. Nella città storica utilizzare sempre materiali lapidei.

[1.3] Recuperare spazi aperti residuali e/o degradati, favorendo l’innescio di processi di riqualificazione diffusa, anche attraverso l’inserimento di elementi verdi, acqua, opere d’arte.

Il piano affronta sette temi principali, tra cui, nello specifico, la gestione delle acque e del verde e il raffrescamento degli ambienti interni ed esterni della città, evapotraspirazione. In relazione agli ambienti esterni vengono indicati come ambiti di intervento anche gli spazi pubblici del centro urbano, dove si prevedono “interventi greening”.

Un aspetto interessante del piano è che si struttura come piano strategico ed al contempo operativo, fornendo indicazioni sul come agire.

Coordinamento del piano con:	Strategie locali di adattamento; Piano Protezione Civile; PAES; Strumenti di pianificazione urbanistica.
------------------------------	---

## Regione Marche

### Comune di Ancona. Piano di adattamento

Si è scelto di citare l'esperienza di Ancona, seppur brevemente, in quanto è la prima città italiana che ha voluto accettare questa grande sfida, grazie al supporto finanziario dei fondi europei LIFE predisposto nell'ambito del Progetto ACT – Adapting to Climate change in Time.

Gli antecedenti (Cardinaletti, 2014):

- 2000 Ancona avvia il processo Agenda 21 attraverso la costituzione di forum telematici locali;
- 2002 il Comune approva il Piano di Azione Locale Ancona 2012;
- 2004 firma gli Aalborg Commitment;
- 2006 redige il primo Bilancio di sostenibilità;
- 2009 firma il Patto dei Sindaci per la realizzazione del PAES;
- 2010 lancia il progetto ACT terminato a giugno del 2013. Act Project è un progetto finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE, in collaborazione con i partner locali: il Comune di Ancona (Italia), il Comune di Bullas (Spagna) e il Comune di Patrasso (Grecia).
- 2013 approvazione del Piano di Adattamento Locale.

Il piano di Ancona rappresenta uno dei primi esempi in ambito nazionale di strumento di pianificazione integrata con la gestione del rischio associato ai cambiamenti climatici.

Vari sono i settori di interesse tra cui anche la cultura con il "Completion of the Risk Map of the Cultural Heritage of the City of Ancona": Il progetto prevede il sondaggio, l'analisi e valutazione del rischio per tutto il patrimonio storico e culturale della città, definendo una mappa aggiornata e completa delle attività culturali in relazione al livello di vulnerabilità e rischio legato ai fattori climatici ed ambientali.



## Regione Umbria

### **Comune di Perugia. Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica.**

Fonti: Sartogo, F., Bastiani, M. (1998). *Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica della città storica di Perugia*. Perugia: Edizioni Guerra; Sartogo, F., Brizioli, C. (2002) La ventilazione naturale nel processo evolutivo della città. *L'Architettura naturale* 15:2-9.

Il progetto è parte del programma Recite- Rebuild Networ Programme (Renewable Energies for Buildings in Historical City Center) con la partecipazione di: Olanda (Amsterdam), Portogallo (Coimbra), Grecia (Rodi), Italia (Perugia e Prato), Spagna (Jaen). (Responsabile Prof. Arthouros Zervos - Corfù).

Il progetto pilota Rebuild, promosso nel programma della UE Recite, nasce in risposta alla politica per la cooperazione tra paesi membri e per la promozione della ricerca sulle energie rinnovabili.

L'obiettivo del progetto era l'integrazione degli elementi innovativi nei tessuti storici e monumentali, ed il lavoro si è svolto per fasi di ricerca articolate scalarmente dal livello costruttivo, al livello edilizio, a quello urbanistico. Si nota una attenzione all'analisi del fattore ventilativo sia indoor che outdoor, finalizzata al possibile potenziamento dei benefici di raffrescamento compatibili e sostenibili in relazione al tessuto storico.



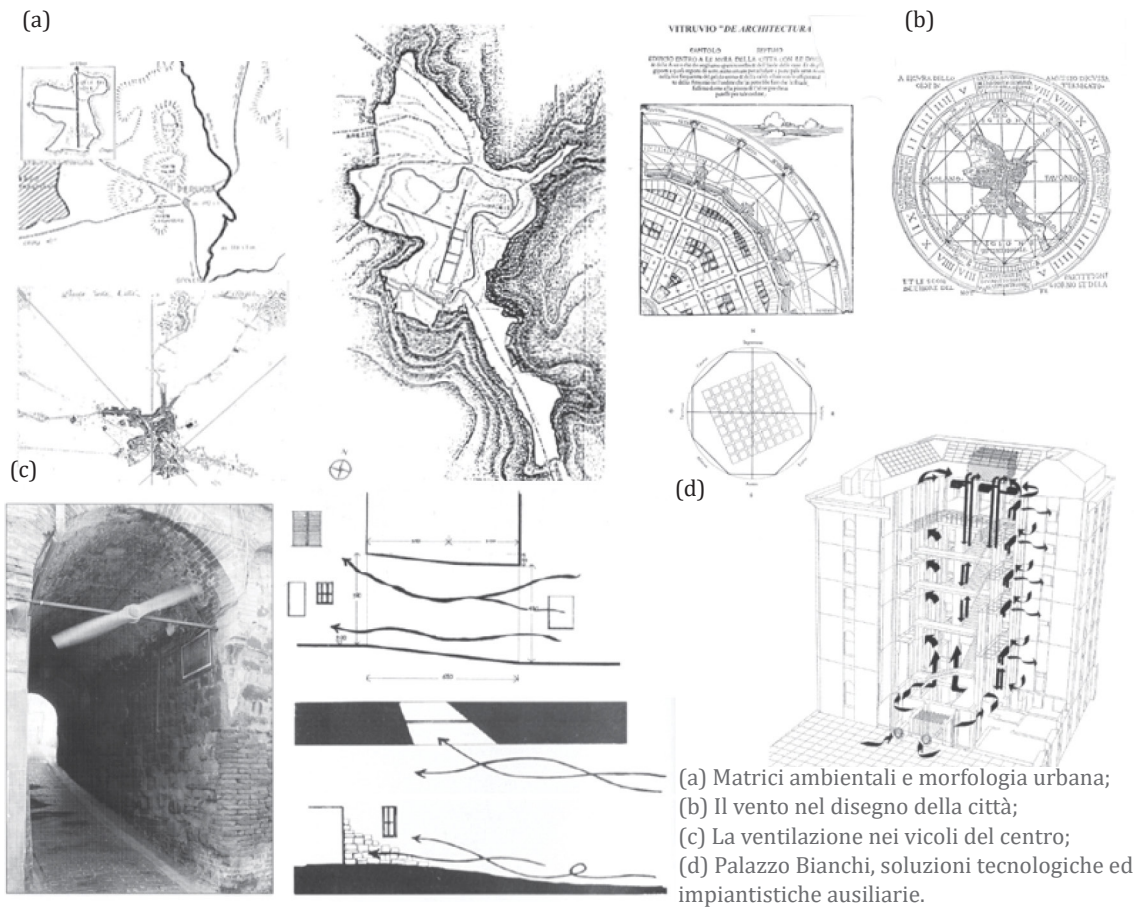


Figura 8. Estratto dal testo Sartogo e Bastiani (1998).

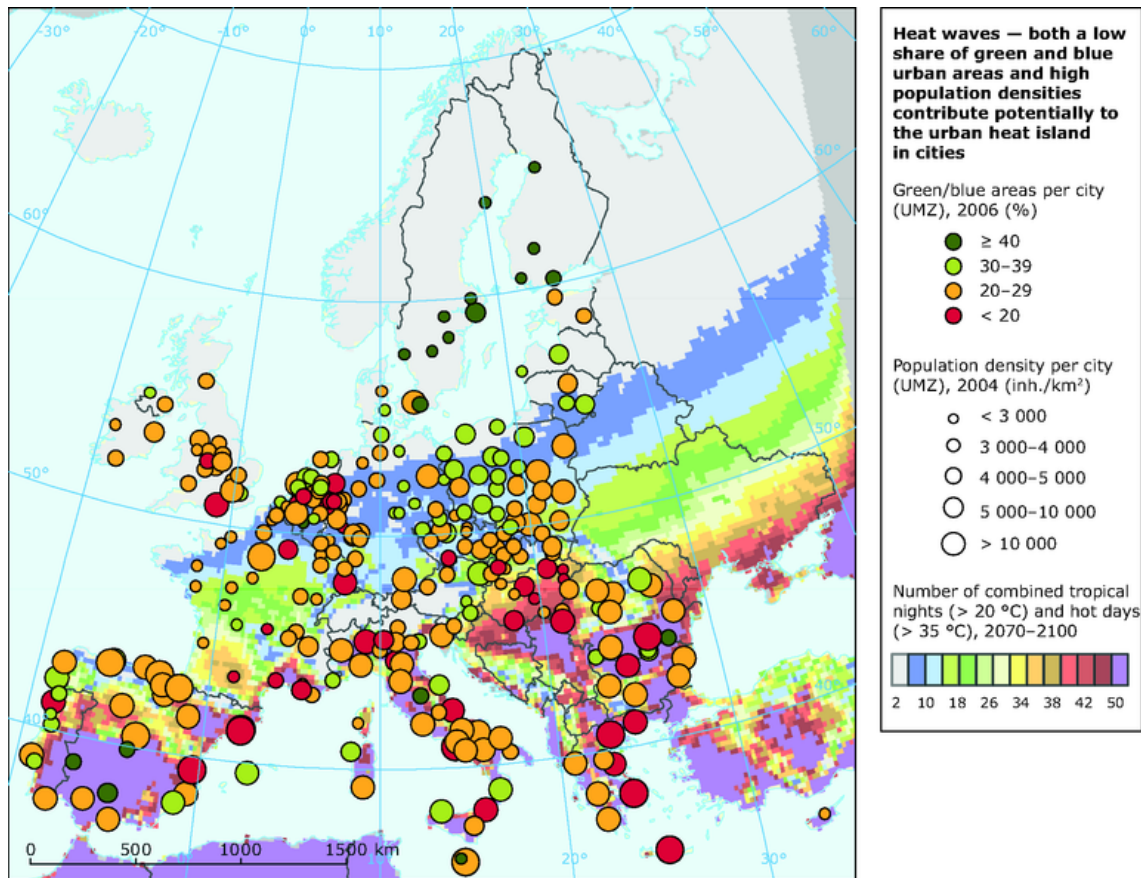
## 4.4 Le principali problematiche emerse

Se volessimo schematizzare, in ambito internazionale, le principali politiche *climate proof* individuate a livello locale (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC; U.S. Environmental Protection Agency-EPA; European Commission-EC; Agenzia Europea dell'Ambiente-EEA) e che si confrontano con la città consolidata -pur con differenti approcci- si potremmo elencare le seguenti strategie comuni:

1. *Building strategies*: interventi volti al miglioramento in termini di densità edilizia (diminuzione dell'altezza dell'edificio, cambiamento nell'orientamento del costruito in relazione al percorso solare ed alla ventilazione prevalente, etc...) o, nell'ambito della mitigazione, interventi volti alla riduzione delle emissioni del comparto edilizio;
2. *Material strategies*: utilizzo di materiali che presentano un cooling effect, un effetto di raffrescamento grazie a evapotraspirazione superficiale e all'elevato albedo. (*cool materials, cool pavements, ...*);
3. *Vegetation strategies*: introduzione o reintroduzione dell'elemento vegetale nel costruito, a livello di pavimentazioni permeabili, di piantumazione, o a livello di rivestimento di coperture e facciate;
4. *Water strategies*: interventi prevalentemente volti a progettare sistemi di raccolta e di drenaggio dell'acqua (qui si apre anche l'ampio tema del recupero delle acque meteoriche) con pochi accenni (vedremo di seguito) all'utilizzo dell'acqua per la ridefinizione dello spazio aperto.

La capacità di sviluppare e attuare queste strategie di adattamento, però, varia sensibilmente da città a città, da quelle considerate più o meno all'avanguardia su queste tematiche. In sintesi, emerge che (Mühlmann, Westerlind et al 2014):

- più del 90% delle città europee non ha sufficienti capacità di prendere decisioni a lunga durata e potenzialmente im-



pattanti sul clima;

- in circa il 77% delle città il divario di capacità è grande e servirebbe un supporto considerevole per colmarlo;
- i dati disponibili a cui attingere sono forniti prevalentemente alla mesoscala, mentre mancano dati a scala locale a supporto delle specifiche realtà urbane.

Come si può evincere dalla breve panoramica fin qui presentata, anche la mancanza di coordinamento tra strategie in senso -prevalentemente- orizzontale, a sostegno delle singole politiche urbane di mitigazione ed adattamento - e aggiungiamo anche di tutela-, incide sull'incapacità di azione e ha prodotto e produce incertezza e disorientamento negli enti locali che sono comunque chiamati ad intervenire anche in situazioni di crisi economica e mancanza di fi-

Figura 9. I colori rappresentano la quota di aree urbane 'verdi' e 'blu' all'interno della Zona Morfologica Urbana della città (rappresentata da un pallino colorato); le dimensioni dei punti riflettono la densità di popolazione all'interno delle città centrali UMZ. La mappa di fondo è il risultato della modellazione climatica e rappresenta il numero di notti tropicali combinate ( $T > 20^\circ\text{C}$ ) e giorni caldi ( $T > 35^\circ\text{C}$ ) per il periodo 2071-2100. Fonte: EEA (2012); [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)

nanziamenti specifici. (Luise 2015:19)

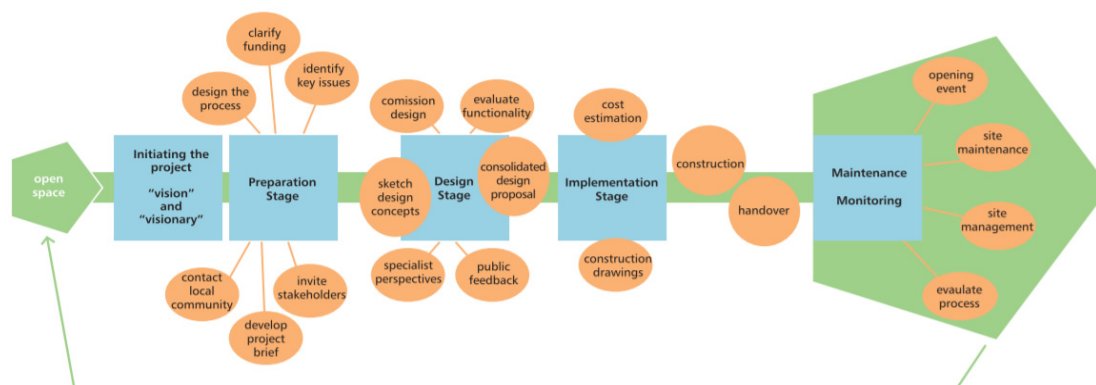
Come abbiamo potuto apprendere anche nei paragrafi precedenti, da un lato si osserva una moltitudine di soggetti coinvolti (Figura 10), collegata ad una incerta assegnazione di responsabilità (Mühlmann, Westerlind et al 2014) ed in parallelo un proliferare di piattaforme di confronto e linee comunitarie di intervento che, pur rivolte ad uniformare politiche e azioni su tali temi, rimangono nella sfera di indirizzo generale, lasciando alle singole realtà la definizione delle modalità di intervento.

Da un altro lato si registra la necessità, per migliorare l'efficacia delle singole azioni locali, di considerare le tradizioni culturali, storiche e della pianificazione nella valutazione degli sforzi per contrastare il cambiamento climatico (Getimis, 2012; Heidrich, 2016).

Una dicotomia, questa, che conduce a "risultati spesso contraddittori tra loro -che- hanno limitato l'azione innovativa delle politiche *climate proof* ai soli strumenti di natura volontaria, in molti casi promossi nel quadro di iniziative e progetti a finanziamento comunitario." (Musco e Zanchini 2014).

È in questo scenario che, come detto, la presente ricerca vuole evidenziare -all'interno prevalentemente delle recenti sperimentazioni che si focalizzano sulla definizione o ridefinizione dello spazio aperto della città- come fattori quali la ventilazione, in integrazione con altri 'materiali' urbani, siano valutati ed integrati

Figura 10. Urban Open Space Programming, Design and Maintenance. Fonte: Stiles R. (2011). Si nota subito la moltitudine di soggetti coinvolti e la complessità dei rapporti, tali da giustificare risposte non omogenee e spesso di carattere generale.



nelle strategie di intervento a scala locale e micro, e che benefici possano apportare.

Specifica attenzione verrà data agli interventi di adattamento e mitigazione rivolti ad ambiti urbani storici ed ai problemi di compatibilità con le più comuni pratiche di tutela.

## 4.5 Vento ed acqua come ‘materiali edilizi’ nell’adattamento dello spazio aperto urbano.

“An urban project resulting from an integrated approach to planning would design the square differently, considering nature-based solutions such as shading trees, vegetation that drains excess water, cooling water fountains, rain-water sinks or energy-efficient positioning of surrounding buildings. It will also consider how these solutions will create local jobs (e.g. in building and maintaining the green and blue infrastructure) and thus affect the local and regional economy.” (EEA, 2016:34)

Per la riduzione degli apporti termici derivanti da fattori di scambio termico, che influenzano il comfort dello spazio aperto, è possibile agire progettualmente conoscendo a fondo i vari fattori climatici ed ambientali, ma anche morfologici e morfometrici che definiscono tale spazio.

Questa ricerca, come verrà presentato nei capitoli seguenti, punta proprio ad analizzare gli aspetti di forma del tessuto urbano che influenzano il comfort, in stretta relazione con il fattore ventilativo, delineando un possibile quadro di azione anche per tessuti da tutelare per le loro specificità.

La movimentazione delle masse d’aria -e quindi il vento prevalentemente in regime di brezza in ambiente urbano-, infatti, influisce in maniera importante sul comfort termico in relazione all’intensità di flusso, alla differenza di temperatura tra l’aria e il corpo umano ed al suo ‘isolamento’ determinato dal vestiario. Pertanto, conoscere l’andamento dei flussi è un dato estremamente importante da relazionare alle varie “tecniche di sistemazione degli spazi esterni” (Tabella 10).

La ventilazione innesca, infatti, perdite di energia per convezione, che rappresentano un meccanismo di raffrescamento relazionato

Obiettivi progettuali	Azioni sul microclima	Tecniche di sistemazione degli spazi esterni	Riduzione tipica degli apporti termici [W]
Riduzione della radiazione solare	Controllo della radiazione diretta e diffusa	Schermi orizzontali e verticali	40-70%
	Controllo della radiazione riflessa	Schermi verticali Trattamento delle superfici circostanti	25-50%
Riduzione o inversione dello scambio radiativo ad onde lunghe	Riduzione della temperatura delle superfici circostanti	Terreno nudo: pavimentazione fredda, pellicola d'acqua	20-50%
		Manto erboso: irrigazione pellicola d'acqua Superfici verticali: cascate pareti d'acqua	
Riduzione o inversione dello scambio convettivo	Riduzione della temperatura dell'aria	Confinamento Riduzione del calore sensibile Riduzione del calore latente	15-50%
	Movimentazione di aria raffreddata	Incanalamento di brezze Getti d'acqua	

**Tabella 10.** Obiettivi progettuali e tecniche di controllo del microclima per il raffrescamento degli spazi esterni e loro effetti. Fonte: Grosso (2008). Si può agire sulla radiazione solare incidente o diretta - ad esempio con sistemi di copertura ed ombreggiamento, che come descritto poc'anzi, risultano spesso poco integrabili con le realtà della città storica-, ma anche sulla radiazione riflessa o riemessa nell'ambiente dalle superfici dell'invaso, o anche sullo scambio convettivo tra corpo umano ed il fluido di riferimento -in questo caso l'aria- in

alla velocità di spostamento di masse d'aria, alla sua temperatura e alla temperatura della pelle dell'individuo immerso nel fluido di riferimento (l'aria): (Dessi, 2007:77)

$$C = f(\text{velocità dell'aria}) \times (T_{\text{pelle}} - T_{\text{aria}})$$

Il meccanismo di raffrescamento si innesca, quindi, sia per un abbassamento della temperatura dell'aria, sia per un suo aumento di velocità. Per comprendere quindi come tale meccanismo si possa determinare anche in ambito urbano, bisogna comprendere quali sono gli elementi che in tale contesto possono influenzare sia la velocità del flusso sia la temperatura del flusso stesso.

Tra gli elementi della 'forma urbana' che influenzano il fattore ventilativo, e su cui poter agire progettualmente, possiamo sinteticamente individuare: la morfologia, i materiali, la vegetazione e l'acqua.



L'orientamento del tessuto urbano rispetto ai venti prevalenti, una specifica esposizione all'irraggiamento solare, l'utilizzo materiali con differente albedo, il posizionamento di elementi vegetali o dell'acqua sono tutti elementi che hanno la capacità di influenzare la movimentazione dei flussi.

Se, però, escludiamo, tra quelli menzionati, gli elementi il cui inserimento nel tessuto urbano risulterebbe incompatibile con le necessità della conservazione - interventi che mutino in maniera sostanziale la volumetria del tessuto, tipici di nuova edificazione o riqualificazione sostanziale di un ambito urbano - non ci rimane che lavorare sulla bidimensionalità delle superfici che caratterizzano l'invaso urbano che, a seconda della loro integrabilità, permettono una maggiore *concinnitas*<sup>9</sup> con contesti consolidati.

Lavorare sulle superfici significa lavorare sugli scambi termici dell'invaso urbano e di conseguenza sia sull'aumento/riduzione della temperatura dell'aria, sia sulla movimentazione a scala locale delle masse d'aria stesse.

Tale ricerca, però, non ha lo scopo di presentare una carrellata di materiali 'innovativi' e valutarne integrazione e capacità termofisiche - tematica estremamente interessante, ma ad oggi già oggetto di numerose ricerche a livello internazionali<sup>10</sup> - bensì vuole focalizzarsi su un solo materiale, che la storia ci ha dimostrato essere estremamente integrabile in contesti storici, ovverosia l'acqua.

Si legge spesso di *water management* in relazione alle valutazioni del rischio idrogeologico, alla carenza della materia come risorsa, in relazione alle problematiche legate agli eventi meteorici, alla raccolta ed al fenomeno di run-off ad esse collegato. Limitatamente, invece, si parla di acqua analizzando i rapporti di questo materiale con la ventilazione, in vista di una ridefinizione dello spazio pubblico, con un approccio sistematico e non limitato al singolo progetto architettonico. (Figura 11).

Come si evince dalla tabella sopra riportato (Tabella 10), l'acqua è presentata più volte tra le tecniche di controllo del comfort, sia aiutando ad abbassare la temperatura percepita tramite la riduzione di scambi radiativi con il suolo, sia per l'innescò di scambi evaporativi.

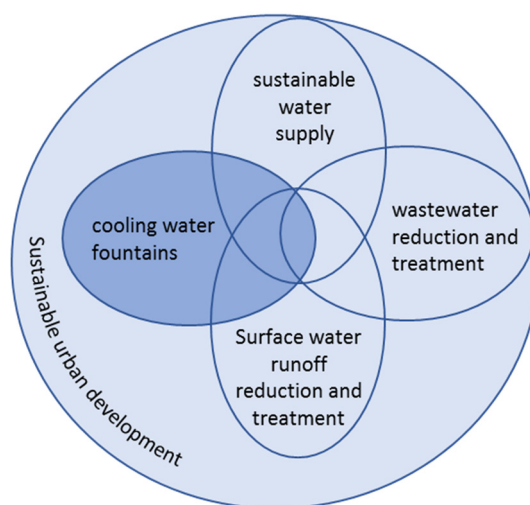
Tra i processi di raffrescamento dell'aria (sensibile e evaporativo), il raffrescamento di tipo evaporativo è, infatti, il più efficace. (Gros-

9. Il termine latino *concinnitas* (tradotto: armonia, euritmia) ben abbraccia la moltitudine di significati coinvolti nel tentativo di creare una compatibilità (*cum pati*) tra l'esistente e l'aggiunta progettuale. (Vitiello, 2012).

10. Basti pensare al filone di ricerca dedicato ai cool materials e al lavoro di molti ricercatori per la comprensione di fenomeni fisici ad essi collegati, come l'albedo di nuovi e vecchi materiali. Tra tutti, significativi sono gli studi del Prof. Mattheos Santamouris.

relazione alle caratteristiche termofisiche dei materiali ed alle caratteristiche del fluido (prevalentemente temperatura e intensità).





**Figura 11.** Integrazione dello sviluppo urbano sostenibile con la gestione delle acque e la progettazione dell'acqua in ambito urbano. Fonte: *Water Smart City project*, in Van Hattum et al. (2016). *Towards water smart cities*. Rielaborazione G. Turchetti. Si sottolinea l'importanza di integrare nel water management anche pratiche che prevedono l'utilizzo dell'acqua come materiale edilizio utile alla mitigazione microclimatica, inserendo tale aspetto nella valutazione del ciclo dell'acqua, dalla sua captazione al suo riuso.

so, 2008). Questo processo di umidificazione adiabatica “è determinato dall’assorbimento di calore dall’aria nel cambiamento di fase dell’acqua da liquido a vapore” (Dessi, 2007), grazie al fatto che il calore sensibile dell’aria viene ceduto all’acqua sotto forma di calore latente. (Grosso, 2008).

Progettualmente il procedimento può essere innescato grazie alla presenza dell’elemento acqua in ambiente urbano in associazione ad elementi di confine dello spazio stesso (rappresentati sia da elementi schermanti vegetali o artificiali, o -come accade per tessuti densi come quelli storici- dall’edificato stesso).

Non sempre in città è possibile l’inserimento di alberature o di ampie zone di verde -se non già consolidate-, mentre l’acqua come materiale della progettazione risulta maggiormente compatibile. L’integrazione, infatti, dell’acqua con il contesto storico è da sempre documentata, basti pensare alla presenza di fontane e specchi d’acqua sin dalle prime fasi di sviluppo urbano, che rispondevano sia ad esigenze di approvvigionamento della risorsa in quanto tale, sia, seppur anche inconsapevolmente, alle esigenze di miglioramento microclimatico.

Se la trattatistica e la letteratura fino agli anni 90 percepiva l’acqua ancora come elemento di arredo dello spazio pubblico: elemento percettivo-visuale (ad esempio Cullen, 1961, R. Krier, 2003 e 1979) o elemento percettivo psicologico (ad esempio *Urban design compen-*

dium UK government, Homes and Communities Agency, 2000:101), oggi non si è più solo legati all'effetto scenografico ed empatico di questo elemento, ma l'acqua può essere pensata – o meglio ripensata- come 'materiale edilizio' anche nella sua bidimensionalità: basti pensare all'utilizzo di lamine d'acqua in movimento a pavimento, ai sistemi a spruzzo o a nebulizzazione o ad altri sistemi che soprattutto negli ultimi anni stanno sostituendo il consueto modo di progettare con l'acqua.

Quanti di questi progetti utilizzano, però, l'acqua nella sua valenza microclimatica in maniera consapevole, e quanti considerano come poter migliorare le potenzialità di raffrescamento di uno spazio urbano valutando l'integrazione tra fattore ventilativo e acqua?

Figura 12. L'acqua come materiale, alcuni esempi: 1. Innsbruck IBK - Public Space Design, Alleswirdgut Architektur; 2. Piazza Indipendenza, San Donà di Piave, A Galfetti, L. Sciavon, A. Braggion; 3. Plaza de la Luna, Madrid, Arq. Brut Deluxe; 4. Miroir d'eau, Place de la Bourse



Così come avviene per spazi confinati si può parlare di raffrescamento ventilativo ambientale di tipo evaporativo (Grosso, 2006) utilizzando l'acqua come pozzo termico naturale che attiva il processo evaporativo. Il punto sta nel comprendere il fenomeno non in

Bordeaux, J. M. Llorca, P. Gangnet e M. Corajoud. 5. Piazza Ducale, Modena. Ante progetto, render di progetto e realizzazione.

ambiente confinato ma nello spazio semi-confinato della città, dove, come detto, la massa termica è rappresentata dagli edifici stessi, visti come le pareti della stanza urbana, con differenti percentuali di porosità in relazione alla densità edilizia, e la volta celeste ne costituisce la copertura.

La presenza di corpi d'acqua in un tessuto urbano influenza e modifica il microclima, in quanto il rapporto fra le due masse determina situazioni climatiche specifiche, causate principalmente dalle differenti capacità termiche della pavimentazione (generalmente basalto o asfalto) e dell'acqua, e dagli effetti di evaporazione (Littlefair, Santamouris et al 2000: 117). "It can be seen that water is a good mitigation measure, because DTS measurements (distributed temperature sensing) show that a minimum of 14% of daily incoming solar energy is absorbed by surface water." (Slingerland, 2012).

Naturalmente l'aria risulta essere non solo più fresca, ma anche più umida, e ad un aumento di umidità relativa, corrisponde una diminuzione della velocità di evaporazione.

Molta dell'efficacia di tali sistemi, poi, dipende dallo spessore di acqua e dal fatto che sia in movimento o meno. Venti o trenta centimetri di acqua possono assorbire fino all'80% della radiazione senza aumentare la temperatura superficiale in maniera significativa e riflettere solo il 3% nelle ore di massima radiazione. Il calore viene accumulato nella massa termica e dissipato di notte. (Dessi, 2007: 113 e 146; Dessì, 2015).

Dalle misurazioni da me condotte su alcune fontane storiche della città di Roma (fontana delle Tartarughe a piazza Mattei, fontana delle Rane a piazza Mincio, fontana di piazza Caprera) si è potuto constatare, nelle zone di piena esposizione alla radiazione solare, una differenza di temperatura di quasi 10°C tra la superficie della vasca d'acqua e l'aria sovrastante (Figura 13) - misurazione eseguita con l'uso di una termocoppia, debitamente schermata, posizionata in superficie nella vasca d'acqua.

Analogo risultato viene riportato in uno studio sul progetto per L'expo di Siviglia del 1992 (Figura 14- Tabella 11). Da questo studio si evince che la temperatura superficiale di uno specchio d'acqua è inferiore di circa 20°C, in presenza di getti di evaporazione, rispetto alla temperatura dell'aria, e inferiore di circa 10°C quando i getti

non sono in funzione. (Dessi, 2007:146) (Scheda 8).

Il fenomeno di raffrescamento può essere potenziato con la presenza di getti d'acqua (con fori di immissione nell'ordine del cm), nebu-

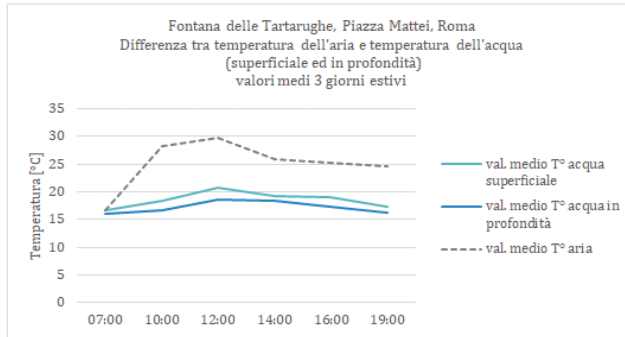


Figura 13

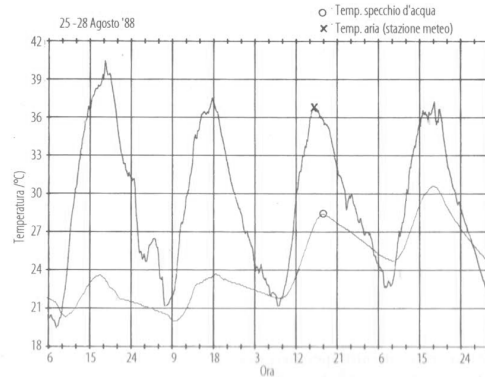


Figura 14

Tabella 11

Medidas	Actuaciones genéricas	Reducciones típicas en ganancias (W)	Técnicas específicas
Reducción de la radiación solar	Obstrucción de las radiaciones directa y difusa Obstrucción de la radiación reflejada	40 a 70 25 a 50	Coberturas. Confinamiento Tratamiento de superficies adyacentes.
Reducción o inversión intercambio radiante de larga longitud de onda	Reducción de temperaturas de superficies circundantes	20 a 50	Suelos: pavimentos fríos, láminas de agua. Coberturas: riego, láminas de agua. Superficie vertical: cascadas, cortinas de agua.
Reducción o inversión intercambio colectivo	Reducción de temperaturas del aire  Movimiento de aire enfriado	15 a 20	Confinamiento Enfriamiento sensible. Enfriamiento latente. Encauzamiento brisas Chorros de agua.

Figura 13. (sx) Fontana delle Tartarughe, Piazza Mattei, Roma. Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità). Valori medi di 3 giorni estivi. (2016).

Figura 14. (dx) Differenza di temperatura tra uno specchio d'acqua e l'aria. Immagine tratta da Alvaro Dominguez, *Control climático de espacios abiertos. El proyecto Expo '92, Ciemat, Madrid, 1992.* (Dessi 2007:146)

Tabella 11. Aspettative di comfort relazionate a specifiche tecniche di intervento. Fonte: Verlaquez et al 1992

11. Per la valutazione degli effetti dei sistemi di nebulizzazione si rimanda al capitolo 10.

12. Regimi di vento come indicati nella scala Beaufort.

lizzazione<sup>11</sup> (con fori di immissione ad alta pressione nell'ordine del mm) o lame d'acqua, che "aumentano di circa cento volte la superficie di contatto aria/acqua e quindi la potenza di raffrescamento" (Dessi, 2007: 147; Dessì, 2015).

Recenti studi stanno, inoltre, valutando l'acqua come '*cool pavements*', pavimenti freddi dove l'acqua circola all'interno della superficie. In questi casi il calore si trasferisce per conduzione dalla superficie pavimentata all'acqua (Dessi, 2007).

"Unlike a 'cool' roof, a 'cool' pavement has no standard, official definition. Until recently, the term has mainly referred to reflective pavements that help lower surface temperatures and reduce the amount of heat absorbed into the pavement. With the growing interest and application of permeable pavements—which allow air, water, and water vapor into the voids of a pavement, keeping the material cool when moist—some practitioners have expanded the definition of cool pavements to include permeable pavements as well." (EPA, 2012).

Si possono comunque individuare diverse tipologie di pavimenti freddi (Dessi, 2007; Grosso, 2008):

- raffreddati per aspersione, con ugelli di uscita dell'acqua in getti o nebulizzata;
- freddi porosi, in cui l'acqua risale per capillarità verso la superficie pavimentata. La temperatura si riduce per evaporazione dell'acqua sulla superficie e successivamente per la conduzione di calore dalla superficie all'acqua che circola all'interno del pavimento;
- freddi non porosi, in cui l'acqua non risale per capillarità e la riduzione della temperatura avviene solo per conduzione dalla superficie all'interno.

Questo tipo di pavimentazione risulta efficace per grandi superfici esposte prevalentemente al sole, dove si registrano i maggiori benefici, e, solitamente, se si utilizza un sistema di raffreddamento per aspersione, l'area in oggetto non deve essere esposta a elevata umidità relativa e in presenza di vento (Dessi, 2007-2015). Sarebbe, però, interessante capire a quale regime di vento si fa riferimento: vento in regime di bava o in regime di brezza leggera (intensità tipiche di un centro densamente edificato) o con più alta intensità (che si può registrare in tessuti in cui il rapporto di copertura risulta più basso)<sup>12</sup>.



L'impiego, quindi, dell'acqua in ambiente urbano è una soluzione per innescare il processo di raffrescamento evaporativo, sebbene il sistema risulti maggiormente indicato per climi in cui la percentuale di umidità relativa si mantiene pari o al di sotto del 50%.

Se nella stagione invernale le masse d'acqua purché non ghiacciate, influiscono sulla temperatura minima dell'aria facendola innalzare, nella stagione estiva, i corpi d'acqua abbassano la temperatura massima dell'aria, innalzando come detto i valori dell'umidità. Il problema è quindi nel trovare il giusto equilibrio tra i benefici microclimatici legati all'abbassamento della temperatura dell'aria e, di contro, l'aumento, principalmente nelle ore serali e nelle prime ore dell'alba, dell'umidità relativa.

Nonostante quanto riportato sugli aspetti positivi della presenza dell'acqua in ambito urbano e sulle potenzialità dell'integrazione tra acqua e ventilazione, in molti casi, in ambito urbano si legge che, in caso di intervento, a prevalere sui benefici microclimatici siano i benefici psicologici che questi dispositivi apportano.

Nella terza parte della ricerca, quindi, l'obiettivo è proprio quello di individuare, nell'ambito della metodologia speditiva proposta, uno strumento che possa aiutare a valutare gli apporti positivi della fonte d'acqua in relazione all'ambiente urbano e soprattutto in relazione all'elemento principe di questa trattazione- la ventilazione- cercando di uscire dalla logica puntuale del singolo intervento, e lavorando sull'estrapolazione dal caso ideale di comportamenti esportabili su più casi reali (Rif. Capitoli 9 e 10).

Sarà pertanto fondamentale fornire, su base scientifica, al progettista strumenti che servano per ottimizzare anche i benefici microclimatici dell'intervento, aiutando nella scelta della tipologia, nella definizione di dimensioni e della localizzazione migliore della fonte d'acqua.

Anticipati quelli che saranno i passaggi presentati nella terza parte della ricerca, presenteremo ora una panoramica sullo stato dell'arte della ricerca e delle sperimentazioni nazionali ed internazionali, su cui basarsi per approfondire il tema menzionato, partendo dai piani e programmi e linee guida internazionali e nazionali (a) che trattano 'progettualmente' il tema dell'acqua e della ventilazione, per poi passare ad una rapida carrellata di progetti architettonici (b) esemplificativi delle possibili applicazioni dell'acqua per la ri-

definizione dello spazio pubblico, ed infine presenteremo delle sperimentazioni che analizzano i benefici del fattore acqua all'interno di tessuti urbani (c): il caso di Valencia (2013), di Rotterdam (2012) e i due casi giapponesi di Osaka (1998) e della Prefettura di Saitama (2016).

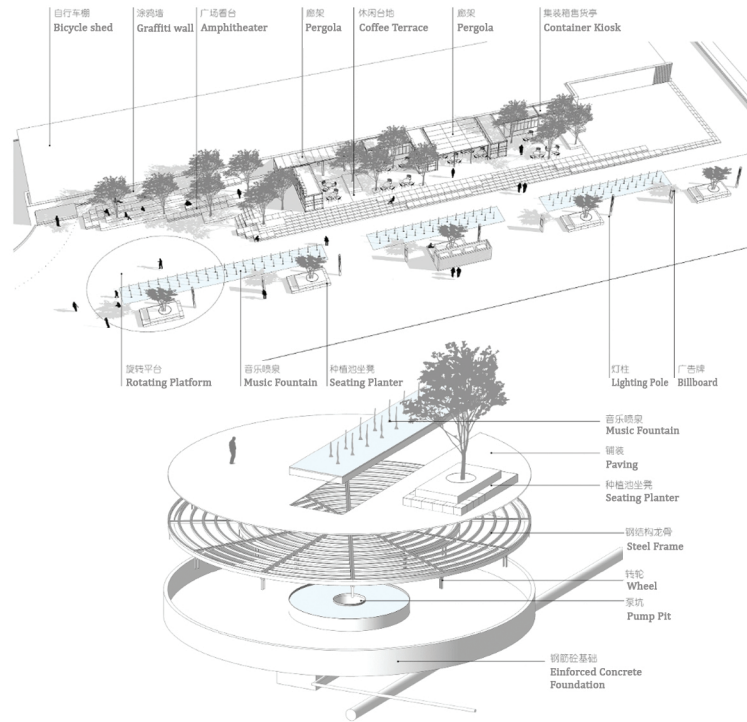
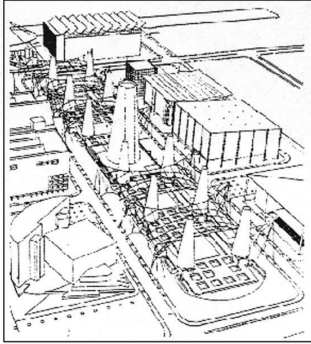


Figura 15. U-Center Plaza, China - Beijing. Z+T Studio (2016).





Data 1992  
latitudine 37° 22' 56 N

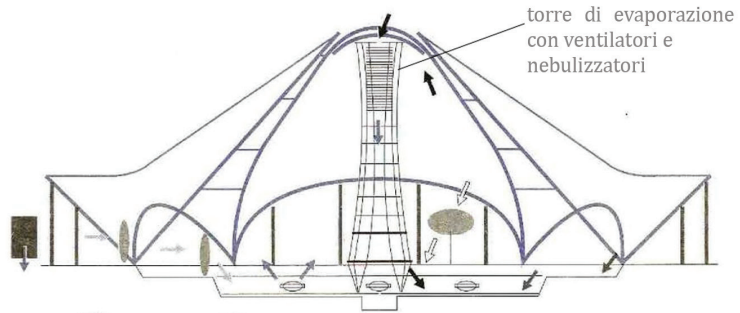
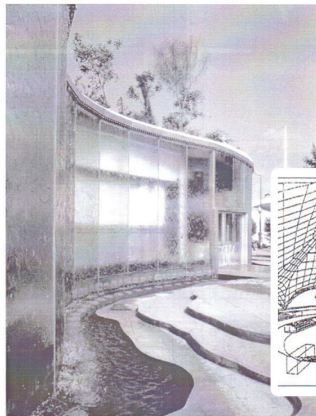
**Torri del vento**  
Arch. J. Henning, G.Lippsmerer

12 torri del vento alte 30m con diametro di 8m in basso fino a 3 in sommità. Realizzate in struttura tubolare metallica rivestita esternamente da una membrana tessile, e posizionate secondo la direzione principale del vento, sono dotate di un sistema di microspruzzatori che sfrutta il sistema di raffreddamento evaporativo, utilizzando l'acqua come pozzo termico.

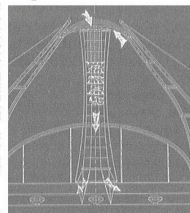


**Rotonda bioclimatica**  
Arch. Nicholas Grimshaw

Il modello comprende due coperture di diverse dimensioni ed una piscina centrale con getti d'acqua e nebulizzatori. Tutto il sistema si basa sul raffreddamento evaporativo, che avviene per contatto a aria e acqua.



Nebulizzatori negli alberi e nella torre



CRITERIOS	ACCIONES
1. Control de la radiación solar	Coberturas (directa + difusa). Confinamiento (reflejada).
2. Reducción de la temperatura de las superficies circundantes	Enfriamiento de la cobertura mediante riego. Enfriamiento del pavimento mediante agua circulando bajo él (Fig. 3).
3. Reducción de la temperatura del aire	Enfriamiento evaporativo (descrito a continuación).

Pareti degli edifici utilizzati come lame d'acqua.

Riferimenti: Bureau International des Expositions (BIE) <http://www.bie-paris.org/site/en/expos/past-expos/expo-time-line/1992-seville>.  
 Velazquez R., Alvarez S. Guerra J. (1992). Control climatico de los espacios abiertos en Expo '92. *DYNA* 2:49-60.  
 Tucci, F. (2012). *Atlante dei sistemi tecnologici per l'architettura bioclimatica: ventilazione naturale negli edifici*. Firenze: Alinea  
[www.juntadeandalucia.es/medioambiente](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente).  
 Tucci, F. (2008). *Tecnologia e natura: gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica*. Firenze: Alinea.  
 Scudo, Ochoa de la Torre (2003) *Spazi verdi urbani*. Napoli: Sistemi Editoriali.  
 Dessì, V. (2007). *Progettare il comfort Urbano*. Napoli: Sistemi Editoriali;  
 Littlefair P J, Santamouris M, Alvarez S, Dupagne A, Hall D, Teller J, F Coronel J, Papanikolaou N. (2000). *Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas*. Londra: BRE press.

13. Sono stati selezionati programmi e progetti degli ultimi dieci anni. Unica eccezione per il programma RUROS, per l'importanza rivestita a livello europeo del progetto che forniva già alla fine degli anni novanta una lettura ambientale dei processi

A) PIANI E PROGRAMMI E LINEE GUIDA

Da una valutazione di più di cinquanta documenti di intenti, programmi, linee guida e manuali<sup>13</sup> sia internazionali che nazionali, si riporta (Tabella 12) una raccolta di quelli più significativi nei quali, tra le azioni possibili, viene elencato l'utilizzo degli elementi vento ed acqua come materiali del progetto.

Tabella 12. Linee guida, programmi di adattamento/mitigazione negli ultimi 10 anni dove gli elementi acqua e vento sono stati valutati come materiale di progetto urbano.

	PIANI, PROGRAMMI E LINEE GUIDA	AMBITO TERRITORIALI- CITTÀ PILOTA	promotori	Anno	Obiettivi generali
NAZIONALI	<p><b>Pianificazione urbanistica e clima urbano.</b></p> <p>Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano.</p>	<p><i>Ambito territoriale</i> Regione Veneto</p> <p><i>Città pilota esaminata:</i> Comune di Padova</p>	<p>Regione Veneto IUAV</p> <p><i>Nell'ambito del:</i> Progetto europeo</p> <p>UHI -Development and application of mitigation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon.</p> <p>Progetto europeo EU-ADAPT</p>	2014	*Panoramica sulla ricerca scientifica e le buone pratiche per la mitigazione del fenomeno UHI nella Regione Veneto.
	<p><b>Rebus 2</b></p> <p>REnovation of public Buildings and Urban Spaces</p>	<p><i>Ambito territoriale</i> Regione Emilia-Romagna</p> <p><i>Città pilota esaminate:</i> Comune di Parma, Rimini, Modena</p>	<p>Regione Emilia-Romagna - Servizio pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio.</p> <p>Politecnico di Milano CNR Ibimet di Bologna</p> <p><i>Nell'ambito del:</i> Progetto europeo Republic-Med.</p>	2015-2016	<p>*Percorso formativo basato sul gioco-simulazione per sperimentare azioni di mitigazione e adattamento nello spazio urbano.</p> <p>* Progetti condivisi con la cittadinanza.</p>

di pianificazione e progettazione urbana.

Obiettivi specifici sul tema	vento e acqua	Altre Affiliazione / Strumenti
	<p>Il caso di Padova:</p> <p>* misurazioni UHI in situ</p> <p>* simulazione di intervento su 5 ambiti di indagine: centro storico- area ad uso misto- area residenziale anni 60-70 ad alta densità- area residenziale anni 60-70 bassa densità- area esterna al Comune.</p>	
<p>* Simulazione con Envi-met sulle aree selezionate (1 area per ogni tipologia di tessuto analizzata).</p> <p>*Fornisce panoramica anche sui possibili inserimenti dell'elemento acqua nello spazio urbano (linee generali)</p>	<p>Elemento acqua:</p> <p>* indicazioni su caratteristiche di albedo della superficie e manutenzione del sistema;</p> <p>* caratteristiche generali sulla progettazione, non riferite a specifiche caratteristiche morfologiche e morfometriche dello spazio urbano;</p> <p>* esempi progettuali;</p>	<p><i>Strumenti:</i></p> <p>La guida <i>Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.</i></p>

NAZIONALI	Le linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico	Ambito territoriale/ città pilota:  Città di Padova	Comune di Padova  IUAV	2016		
	PIANI, PROGRAMMI E LINEE GUIDA	AMBITO TERRITORIALE- CITTÀ PILOTA	promotori	Anno		
INTERNAZIONALI	<p><b>RuRos</b></p> <p>Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces</p>	<p><i>Città pilota:</i></p> <p>Athens -Alimos (GR) Thessaloniki (GR) Cambridge (UK) Copenhagen (DK) Fribourg (CH) Kassel (D) Milano (IT) Sheffield (UK)</p>	<p>Project Co-ordinator: Department of Buildings, Centre for Renewable Energy Sources - CRES, Greece.</p> <p>Other Principal Contractors:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Dep. of Architecture, University of Cambridge, UK.</li> <li>- Lab. of Building Construction and Building Physics, Faculty of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.</li> <li>- Haute Ecole Specialisee de Suisse Occidentale: Ecole d'ingenieurs et d'architectes de Fribourg, Switzerland.</li> <li>- School of Architecture, University of Sheffield, UK.</li> <li>- Esbensen Consulting Engineers, Denmark.</li> <li>- B.E.S.T. Building Environmental Science and Technology Department, Milan Polytechnic, Italy.</li> <li>- Faculty of Urban and Landscape Planning, Department of Climatology, University Of Kassel, Germany.</li> </ul>	1996-2002		
	<p><b>BRE report</b></p> <p>Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas</p>		<p>Bre, Joule Non nuclear energy, DETR</p> <p>Università di Atene, LEMA, Università di Liegi, AICIA Università di Siviglia.</p>	2000		
	<p><b>La carta di Zaragoza</b></p>		<p>Exposición Internacional Zaragoza</p> <p>Tribuna del Agua di Zaragoza</p>	2008		
	<p><b>EPA Compendium</b></p> <p>Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Pavements.</p>		United States Environmental Protection Agency	2008		
	<p><b>Klima Atlas region Stuttgart</b></p> <p>Atlanta climatico di Stoccarda</p>	<p><i>Ambito territoriale/ città pilota:</i></p> <p>Stoccarda</p>	<p>Municipalità di Stoccarda</p> <p><i>Nell'ambito del:</i></p> <p>UHI Project; Klimopass "klippS-Klimaplanungspass Stuttgart"</p>	2008	(ante 1992-2004)	

	<p>*aumento della ventilazione naturale per la riduzione del calore immagazzinato.</p> <p>* aumento della riflettanza ed emissività delle superfici pavimentate</p>		
--	---	--	--

	Obiettivi generali	Obiettivi specifici sul tema	
			vento e acqua
	<p>* Creazione di una piattaforma comune per lo sviluppo di spazi aperti nell'ambiente urbano, combinando le caratteristiche ambientali (il microclima, il comfort termico, visivo e udibile, la morfologia urbana, ecc.) con i requisiti e la soddisfazione dell'utente.</p>	<p>* Monitoraggio microclimatico dettagliato con una stazione portatile, nelle aree selezionate. Nello specifico: temperatura dell'aria, T° a bulbo umido e secco e umidità relativa, temperatura globale; velocità del vento;</p> <p>* Interviste strutturate per comprendere i bisogni e il grado di comfort dell'utente;</p> <p>* Sviluppo di una metodologia semplificata per la valutazione delle condizioni di comfort, insieme allo sviluppo di una serie di modelli matematici.</p>	<p>* "superfici d'acqua sotto forma di specchi d'acqua, cascate, laghetti o fontane possono contribuire a raffrescare l'aria, insieme alle strategie di ventilazione"</p> <p>* Particolare attenzione al fattore ventilativo, con indicazione su come meglio progettare uno spazio urbano -piazza-, prevalentemente ricalibrandone la morfologia affinché se ne ottimizzi il comfort.</p>
	<p>Guida per la progettazione degli spazi aperti incentrata sulle tematiche dell'irraggiamento solare e del raffrescamento passivo in area urbana.</p>		<p>* Panoramica sulle dinamiche della ventilazione naturale in ambito urbano: wind cooling</p> <p>* water cooling, vasche e fontane.</p>
	<p>"Que se establezcan políticas integradas para facilitar la reasignación de agua entre los diversos usos, siempre que con ello se favorezcan la eficiencia económica y la calidad ambiental" (Punto B13)</p>		
	<p>*Descrivere le cause e gli effetti nella stagione estiva della UHI urbana</p> <p>*Promuovere strategie di intervento nelle comunità degli Stati Uniti</p> <p>*Descrivere gli sforzi del volontariato e delle politiche intraprese dai governi statali e locali per mitigare isola di calore.</p>	<p>*Heat Island Reduction Activities;</p> <p>*Cool Pavements.</p>	<p>* Includere nella categoria dei <i>cool pavements</i> anche pavimentazioni con substrato d'acqua e /o sistemi di nebulizzazione.</p> <p>* Esempi di water retentive pavements e pavement-watering, pavimentazioni permeabili per ridurre l'effetto isola di calore.</p>
	<p>*Conservazione elemento naturale; gestione del suolo e dell'acqua; clima; energia.</p> <p>* Raccolta dati su: vento, irraggiamento solare, temperatura e precipitazioni.</p> <p>* Indicazione sugli spazi che possiedono un valore 'climatico' da mantenere, come aree di formazione di aria fredda, corridoi di ventilazione, etc.....</p> <p>* Guida a livello regionale e per la definizione delle destinazioni d'uso delle aree urbane. (Stoccarda punta maggiormente alla riqualificazione dell'esistente che all'espansione esterna)</p>	<p>* Organizzazione di una fitta rete di stazioni di misurazione per la raccolta dei parametri climatici, tra cui la ventilazione ha un ruolo importante;</p> <p>* Mantenimento dei corridoi di ventilazione naturale all'interno del tessuto urbano.</p>	

	<p><b>Urb-space</b></p> <p>Urban spaces - enhancing the attractiveness and quality of the urban environment</p>	<p><i>Ambito territoriale:</i></p> <p>Slovacchia Repubblica Ceca Polonia Ungheria Austria Slovenia Germania Italia</p>	<p>Central europe -European Union programme; TU Vienna; Regional Enviromental Center Slovakia</p>	<p>2008-2011</p>	
	<p><b>Urban Heat Islands - Strategy Plan Vienna</b></p>	<p><i>Città pilota esaminata:</i></p> <p>Città di Vienna</p>	<p><i>Nell'ambito del: UHI project</i></p> <p>il progetto UHI si sviluppa su 8 tra le principali aree metropolitane (Mega Urban Regions - MEGAs): Bologna - Modena Venezia - Padova Vienna (A) Stoccarda(D) Lodz e Varsavia (PL) Lubiana (SI) Budapest (H) Praga (CZ)</p>	<p>2013</p>	
	<p><b>EEA Report 12/2016</b></p> <p>Urban adaptation to climate change in Europe 2016 Transforming cities in a changing climate</p>		<p>European Environment Agency</p>	<p>2016</p>	
<p>INTERNAZIONALI</p>	<p><b>Towards Smart Cities</b></p> <p><b>Water</b></p>		<p>EIT Climate KIC, Pathfinder Ideator Programme - Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions - Dutch Ministry of Economic Affairs</p>	<p>2016</p>	
	<p><b>Nature4cities</b></p>	<p><i>Città pilota:</i></p> <p>Milano, Ankara, Alcalá de Henares (Madrid) e Szeged.</p>	<p>Consorzio di 26 partner, 9 paesi, tra cui Francia; Spagna, Inghilterra; Germania; Italia.</p> <p><i>Nell'ambito di:</i> programma "NBS &amp; Re-Naturing Cities" (H2020)</p>	<p>2016-2020</p>	



<p>Il progetto affronta la questione del miglioramento della qualità ambientale nei centri urbani minori:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* promuovendo la partecipazione attiva e consapevole degli stakeholders - autorità locali, esperti di pianificazione urbana e le imprese locali - nel processo di definizione e rivitalizzazione degli spazi aperti urbani importante per la vita pubblica delle comunità sin dalle fasi iniziali del processo.</li> <li>* sviluppando e realizzando azioni pilota in diverse aree urbane.</li> <li>* valutare la qualità scientifica di tali progetti tramite un comitato tecnico-scientifico internazionale.</li> <li>* diffondere i risultati.</li> </ul>	<p>* Indicazioni generali:</p> <p>“Water constitutes a potential for improvement of micro-climate. Fountains and water bodies have always been a part of historic squares and parks. Through drops of aerosol and natural evaporation they increase air humidity and decrease its temperature. Due to high accumulation capacity the water temperature increases more slowly than surrounding surfaces and gradually evaporates.” Hudekova Z. et al (2007)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Obiettivo del progetto è quello di individuare le misure di adattamento per ridurre gli aspetti negativi del riscaldamento urbano, sviluppando un piano strategico per la città di Vienna.</li> <li>* Utilizzo di un sistema semplificato Analisi SWOT (punti di forza, debolezze, opportunità e minacce) e per ogni criticità sono state definite delle azioni possibili. Sono state identificate circa 370 possibili misure di intervento ricadenti in 8 categorie: edificato, mobilità, albedo, spazi verdi, acqua, aperture, ombreggiamento, altro.</li> </ul>	<p>* Nel piano pilota di Vienna si fa esplicito riferimento all'integrazione dell'elemento acqua quale misura tecnica di mitigazione climatica.</p>	
<p>Transformational adaptation: a systemic approach turning challenges into opportunities.</p>	<p>* Accenno all'interno del water management della possibilità di utilizzo dell'acqua come agente per mitigare il clima urbano.</p>	<p>Nessuna indicazione operativa</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Water management per l'intero ciclo dell'acqua in ambiente urbano a vari livelli: edificio, strada/distretto, città.</li> <li>* Steps del progetto: 1. Identify challenges and opportunities; 2. Define WSC vision; 3. Explore co-creation opportunities; 4. Co-design solutions; 5. Define Business case; 6. Implement e evaluate.</li> </ul>	<p>Climate Atelier approach framework</p>	<p>*Water management nella città senza però specifica attenzione verso l'elemento acqua come materiale di definizione dello spazio pubblico, e alcuna definizione progettuale.</p>
<p>Una piattaforma interattiva su cui condividere: dati, strumenti per la fase decisionale, strumenti di valutazione per la realizzazione di "soluzioni basate sulla natura" specifici per aree urbane.</p>	<p>In attesa della pubblicazione dei lavori.</p>	



## B) PROGETTI

A titolo esemplificativo di quelle che possono essere le principali trasposizioni progettuali dell'utilizzo dell'acqua in ambito urbano, viene presentata una carrellata di progetti nei quali l'acqua riveste una posizione importante nella ridefinizione dello spazio. Come già anticipato, non tutti i progetti nascono da valutazioni di carattere microclimatico del sito di intervento, se non con l'idea di sfruttare l'effetto psicologico di comfort che l'acqua stessa genera, puntando invece prevalentemente ad utilizzarla come elemento di arredo.

Le schede sono differenziate per tipologia di utilizzo del dispositivo 'acqua':

Tipologie di intervento		
F	Vasca d'acqua	presenza costante di una superficie d'acqua con o senza posizionamento di ugelli.
L	Lama d'acqua con vasca	presenza di superfici verticali d'acqua.
S	Ugelli con spruzzi senza vasca	presenza temporanea di superfici d'acqua, anche in spessori ridotti, ed ugelli che consentono l'attivazione di spruzzi d'acqua.
N	Ugelli con nebulizzazione senza vasca	presenza di ugelli da cui fuoriesce acqua ad alta pressione.



Rehwaldt Landscape Architects,  
Goerlitz Marien Square, Görlitz,  
Germany



Alleswirdgut Architektur IBK,  
Public Space Design,  
Innsbruck, Austria

Omgeving CVBA, courtyard of  
averbode abbey, Averbode  
Abbey, Belgium



Atelier Dreiseitl, Lindenplatz,  
Gummersbach, Germany



Gustafson Porter, General  
Gordon Square, Woolwich,  
Londra, UK



A. Galfetti, L. Schiavon, A.  
Braggion, Riquilificazione di  
piazza Indipendenza, San Donà di  
Piave, Italia



Josep Mias Gifre/Mias  
Arquitectes, Plaça Major, casc  
antic Banyoles, Girona, Spagna







CITTÀ: Innsbruck  
 Progettisti: Alleswirdgut Architektur  
 Anno: 2008-11  
 Classificazione Köppen: Dfb

Concept dei progettisti:  
 la riprogettazione di Maria-Theresien-Straße reinterpreta il significato che la strada ha nel paesaggio urbano di Innsbruck: l'obiettivo è quello di creare un sito urbano con una ricca atmosfera che invita a passeggiare, uscire e incontrare persone.

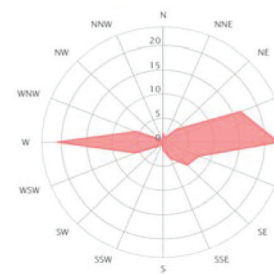


Mq intervento 8.700 m <sup>2</sup>			
Tessuto urbano:	consolidato		non consolidato
	altezza edifici	alta	media
Continuità dei fronti	media		bassa
	alta	media	bassa

Ventilazione	non analizzata		analizzata
	direz//		direz⊥
Localizzazione elemento acqua			
puntuale		diffuso	
sole		ombra	
sopravento		sottovento	



Distribuzione della direzione del vento in (%)  
 Anno



Mese dell'anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direzione del ventopredominante	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤
Probabilità del vento >= 4 Beaufort (%)	5	9	14	15	13	9	9	6	6	8	10	6	9
Velocità del ventomediana (kts)	4	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	5
Temperatura media dell'aria. (°C)	0	3	9	13	17	20	22	21	17	12	7	1	12

Fonti progetto : [www.awg.at/en/project/ibk-e/](http://www.awg.at/en/project/ibk-e/); [Landzeine.com](http://Landzeine.com);  
 Fonti clima e ventilazione: [it.climate-data.org](http://it.climate-data.org); [it.windfinder.com/](http://it.windfinder.com/) (aeroporto)



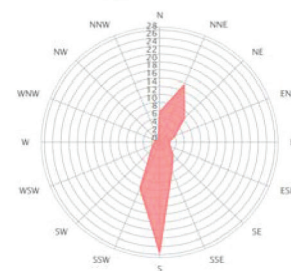
CITTÀ: Banyoles, Girona, Spagna  
 Progettisti: Josep Mias Gifre / Mias Arquitectes  
 Anno: 1998-2008  
 Classificazione Köppen: Csa

Concept dei progettisti: una nuova pavimentazione in lastre di travertino che ripiegano su se stesse, aprendosi in canali d'acqua a sezione discontinua. Da un lato viene recuperata la memoria storica della rete dei canali originaria del layout urbano, dall'altra il ricordo delle vecchie paludi essiccate per costruire la città.

Mq intervento 8.700 m <sup>2</sup>			
Tessuto urbano:	consolidato		non consolidato
altezza edifici	alta	media	bassa
Continuità dei fronti	alta	media	bassa

Ventilazione	non analizzata		analizzata
	direz//		direz⊥
Localizzazione elemento acqua			
	puntuale		diffuso
	sole		ombra
	sopravento		sottovento

Distribuzione della direzione del vento in (%)  
 Anno



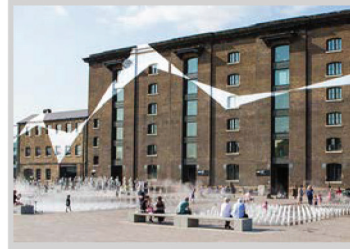
Mese dell'anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direzione del ventopredominante	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Probabilità del vento >= 4 Beaufort (%)	11	12	17	21	20	23	24	22	15	13	12	9	16
Velocità del ventomeia (kts)	5	6	7	7	7	7	7	7	6	6	5	5	6
Temperatura media dell'aria. (°C)	10	11	13	16	20	25	27	27	23	19	14	11	18

Fonti progetto : <http://www.miasarquitectes.com/>; [www.Landezine.com](http://www.Landezine.com/); [www.publicspace.org](http://www.publicspace.org/);  
 Fonti clima e ventilazione: [it.climate-data.org](http://it.climate-data.org/); [it.windfinder.com](http://it.windfinder.com/) (aeroporto)



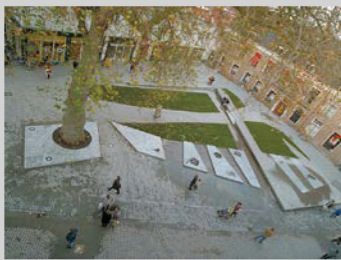


Gillespies Landscape Architects, Bradford's City Park, Bradford, UK



Townshend Landscape Architects, Granary Square, Londra, UK

Dornbracht Water Experience, Al London Design Festival



Latz + Partner Place Flagey, Bruxelles, Belgio

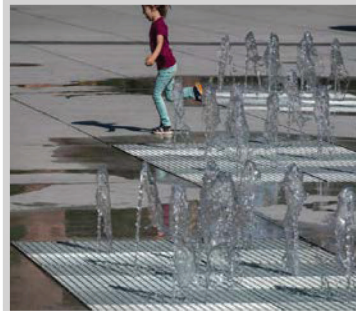


Niels de Bruin - Ansvarig landskapsarkitekt, The Konsthall Square, Malmö, Svezia

Studioata, Palacio Juan Pizarrón de Aragón, Trujillo, Cáceres, Spagna



Karres+brands; Gouvernementsplein, Bergen, Olanda







CITTÀ: Bruxelles, Belgio  
 PROGETTISTI: Latz + Partner  
 ANNO: 2005 -2009  
 Classificazione Köppen: Cfb

Concept dei progettisti:  
 l'acqua, i gruppi di alberi e la scelta della specie, nonché la struttura e il colore grigio-blu-chiaro della superficie ricordano simbolicamente la storia del luogo e formano un collegamento al parco confinante e adiacenti spazi pubblici. La sfida è integrare i percorsi di traffico con lo sfruttamento della piazza.

Mq intervento 8.700 m <sup>2</sup>			
Tessuto urbano:	consolidato	non consolidato	
altezza edifici	alta	media	bassa
Continuità dei fronti	alta	media	bassa

Ventilazione	non analizzata	analizzata	
		direz//	direz⊥
Localizzazione elemento acqua			
	puntuale	diffuso	
	sole	ombra	
	sopravento	sottovento	

Distribuzione della direzione del vento in (%)  
 Anno



Mese dell'anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direzione del ventopredominante	↖	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↖	↖	↖	↖	↗
Probabilità del vento >= 4 Beaufort (%)	35	33	32	24	24	18	23	17	16	21	30	37	25
Velocità del ventomediana (kts)	10	9	9	8	8	8	8	8	7	8	9	10	8
Temperatura media dell'aria. (°C)	4	5	8	12	16	19	20	20	17	13	9	5	12

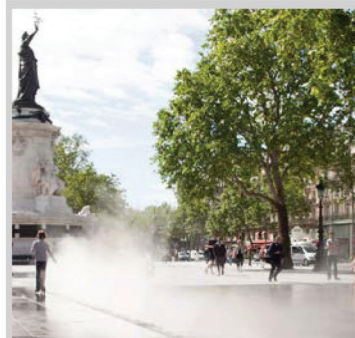
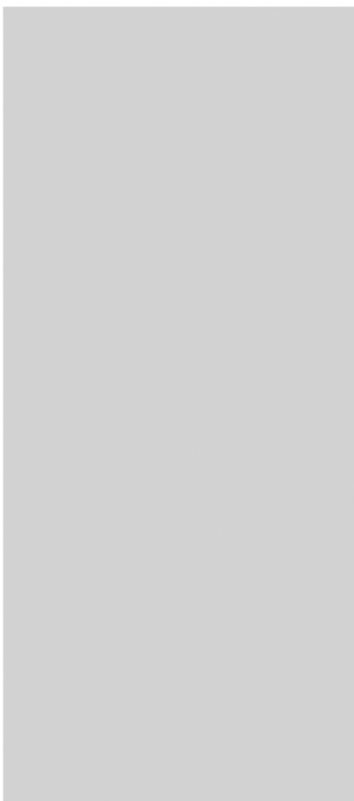
Fonti progetto : [www.latzundpartner.de](http://www.latzundpartner.de) ; [www.Landezine.com](http://www.Landezine.com); [www.publicspace.org](http://www.publicspace.org);  
 Fonti clima e ventilazione: [it.climate-data.org](http://it.climate-data.org); [it.windfinder.com](http://it.windfinder.com) (aeroporto)



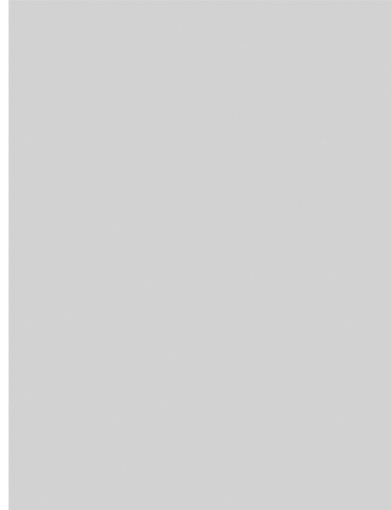
J. M. Llorca, P. Gangnet e M. Corajou, Miroir d'eau, Place de la Bourse Bordeaux, Francia



Townshend Landscape Architects, Granary Square, Londra, UK



Tvk Trévelo and Viger Kohler, Place de la République, Parigi, Francia







CITTÀ: Bordeaux - Francia  
 Progettisti: Michel e Claire Corajoud  
 con J. M. Llorca, P. Gangnet  
 Anno: 2005  
 Classificazione Köppen: Cfa

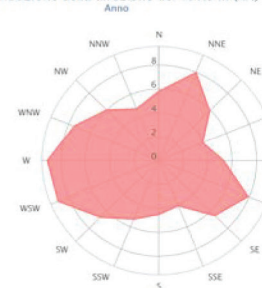
Concept dei progettisti: operazione di rinnovo urbano sulla riva sinistra della Garonne. Il progetto ha come obiettivo il ridisegno della porzione di spazio tra la città storica e il fiume. Quest'opera alterna momenti in cui uno strato di 2 cm di acqua genera un effetto specchio alla piazza intera ad altri in cui l'acqua esce sotto forma di getti vaporizzati.



Mq intervento 8.700 m <sup>2</sup>			
Tessuto urbano:	consolidato	non consolidato	
altezza edifici	alta	media	bassa
Continuità dei fronti	alta	media	bassa

Ventilazione	non analizzata	analizzata
	direz//	direz⊥
Localizzazione elemento acqua		
	puntuale	diffuso
	sole	ombra
	sopravento	sottovento

Distribuzione della direzione del vento in (%)

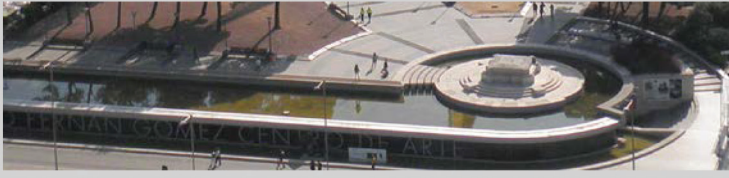


Mese dell'anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direzione del ventopredominante	↖	↖	↖	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Probabilità del vento >= 4 Beaufort (%)	22	29	32	26	25	18	19	16	14	17	17	17	21
Velocità del ventomeia (kts)	8	9	9	9	8	8	8	7	7	8	8	8	8
Temperatura media dell'aria. (°C)	8	9	12	15	18	22	24	24	21	17	12	8	15

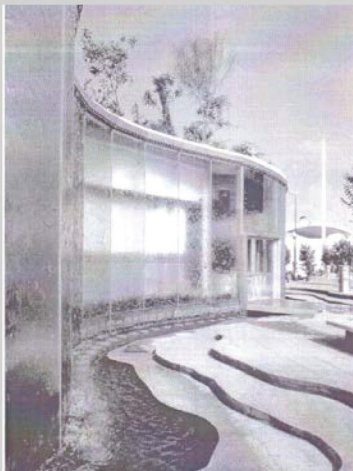
Fonti progetto: [www.bordeaux-turismo.it](http://www.bordeaux-turismo.it); [www.Landezine.com](http://www.Landezine.com);  
 Fonti clima e ventilazione: [it.climate-data.org](http://it.climate-data.org); [it.windfinder.com](http://it.windfinder.com) (Mérignac)



Fernán Gómez  
Centro Cultural  
Manuel Herrero  
Palacios, Madrid,  
Spagna



Zion e Breen,  
Paley Park,  
New York, USA



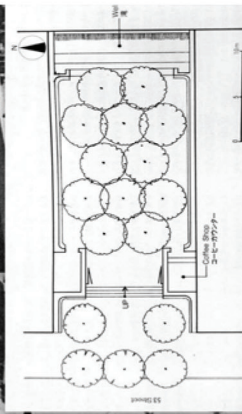
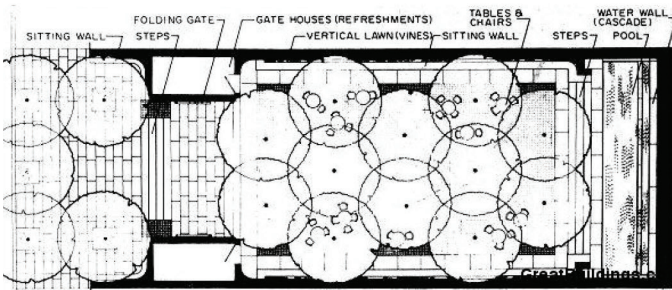
Expo Siviglia 1992, Spagna





CITTÀ: New York - USA  
 Progettisti: Zion e Breen  
 Anno: 1984  
 Classificazione Köppen: Cfa

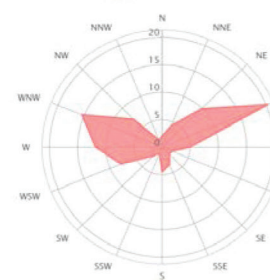
Concept dei progettisti:  
 posizionato tra gli edifici per uffici sulla East 53rd Street, è una piazza privata ad uso pubblico che misura 4.200 piedi quadrati (390 m<sup>2</sup>). La parete d'acqua, alta cascata di 6.1 m, e la vegetazione creano un contesto di 'rumore grigio' per mascherare i suoni della città.



Mq intervento 8.700 m <sup>2</sup>			
Tessuto urbano:	consolidato		non consolidato
	altezza edifici	alta	media
Continuità dei fronti	alta		bassa
	media		bassa

Ventilazione	non analizzata		analizzata
	direz//		direz⊥
Localizzazione elemento acqua			
puntuale		diffuso	
sole		ombra	
sopravento		sottovento	

Distribuzione della direzione del vento in (%) Anno



Mese dell'anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direzione del ventopredominante	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Probabilità del vento >= 4 Beaufort (%)	12	18	11	8	3	3	1	1	2	6	5	9	6
Velocità del ventomeia (kts)	7	8	7	7	6	5	5	5	5	6	6	7	6
Temperatura media dell'aria. (°C)	1	2	7	12	18	22	26	25	22	16	9	6	13

Fonti progetto : [www.greatbuildings.com](http://www.greatbuildings.com); [pinterest.com](https://pinterest.com);  
 Fonti clima e ventilazione: [it.climate-data.org](http://it.climate-data.org); [it.windfinder.com](http://it.windfinder.com) (central park)

## C) STUDI SCIENTIFICI

### **Il caso di Valencia (Spagna)**

Fonte: Gómez, F., Prez Cueva, A., Valcuende, M., Matzarakis, A. (2013).

Dalla crescente consapevolezza dell'importanza di spazi aperti e aree verdi come elementi chiave nel fornire opportunità di interazione umana, nascono studi di particolare interesse che hanno esaminato l'interazione del comfort con il clima urbano. Questo problema è stato studiato per tutto il XX sec., ma di recente significativo è il ruolo che può essere giocato da indici biometeorologici, come strumenti di aiuto per la progettazione di *urban spaces*.

Questo studio esplora l'applicazione dell'indice di PET in microspazi urbani, in cui i valori generali per le città non sono validi e in cui vi è la necessità di conoscere i valori di PET, al fine di misurare l'impatto di tutte le voci dell'ambiente urbano che interferiscono con il comfort. Lo studio è stato effettuato a Valencia (Spagna), con l'obiettivo di scoprire, attraverso questi indici, gli effetti ecologici dell'arredo urbano, in particolare: il ruolo di giochi d'acqua, strade con e senza alberi, piazze con superfici orizzontali 'dure o morbide' in relazione all'albedo, l'effetto di diversi orientamenti di strada e l'impatto delle brezze sulla città.

#### Obiettivi:

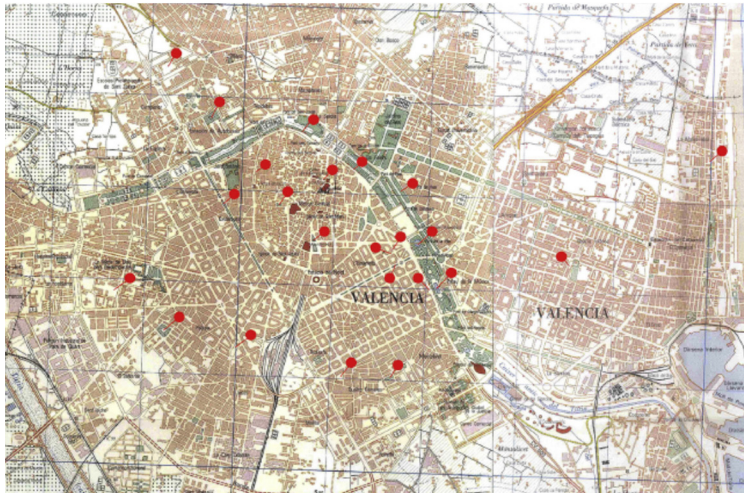
- stabilire il comportamento degli elementi d'acqua in ambito urbano;
- stabilire il ruolo svolto dal vento nelle strade secondo diversi orientamenti;
- stabilire il livello di comfort di strade con e senza alberatura;
- differente confort in piazze con superfici 'dure e morbide'.

#### Metodologia:

Sono stati selezionati 23 punti di campionamento nella città di Valencia (Figura 16) adeguati alla natura degli obiettivi. Prima è sta-

ta effettuata una analisi statistica, secondo la quale è emerso che sarebbero state necessarie almeno 9 misure per ciascun punto di campionamento (livello di confidenza del 95%). I dati sono stati raccolti per tre anni consecutivi (2007-2009), ciascuna misurazione è stata effettuata in tre giorni diversi nella metà di ciascun mese delle quattro stagioni (primavera, estate, autunno e inverno); il valore del parametro valutato per ogni posizione e stagione dello anno è la media dei valori ottenuti.

I valori ottenuti sono stati confrontati con i valori medi per ogni stagione dell'anno registrato dal Servizio Meteorologico di Valencia. Va tenuto presente che in ognuno degli spazi studiati si sono cercati contrasti tra sole e ombra, zone con e senza una brezza, terreno duro e morbido, asciutto e bagnato, ecc, al momento di scegliere i siti per le tre stazioni meteorologiche.



Clima di Valencia: inverni miti (10-12°C), estate con moderatamente alte temperature diurne, che non rientrano in modo significativo durante la notte (in generale, rimangono a circa 20°C). L'umidità relativa elevata (circa il 70-75% in inverno e 65-79% in estate, con pressione di vapore intorno 24h Pa) è direttamente legata alla vicinanza del Mediterraneo. (Il regime brezza del mare di alcune città del Mediterraneo è stato studiato in dettaglio. Fonte: Azorin-Molina et al., 2011).

Programmi utilizzati per il calcolo del PET: RayMan Model realizza-

Figura 16. Planimetria della città di Valencia, localizzazione delle aree di misurazione.



to dall' Università di Freiburg.

Aree di misurazione:

1. Per la valutazione dell'elemento acqua con e senza vento:

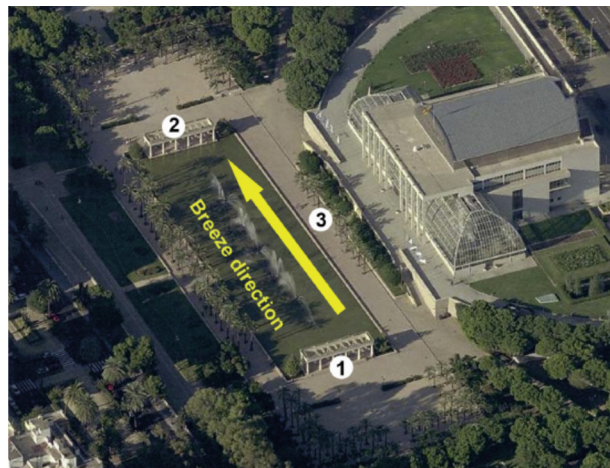


Figura 17. Tre punti attorno alla vasca d'acqua posizionata dietro al Palau de la Música, nell'alveo dell'ex fiume Turia.

Didascalia pagina accanto

Figura 18. I valori di PET ottenuti in diversi momenti della giornata (h) nelle tre stazioni meteorologiche (indicati con i punti 1, 2 e 3) disposte intorno alla fontana al Palau de la Música.

Figura 19. Plaza del Ayuntamiento (in alto) Vs Plaza de la Virgen. I valori di PET ottenuti in diversi momenti della giornata (h) alle due stazioni meteorologiche (indicati da punti 1 e 2) disposte intorno alla fontana.

“The albedo values in Table 4 confirm the hypothesis that for the stations placed over the water, (1) and (2), the albedo was rather lower than was the case for point (3) placed over the paved ground. The values obtained at points (1) and (2) were not as low as those obtained previously of around 4% (Bretz and Akbari, 1998). We assume that this is due to the currents created by the jets of water of the fountains. They were also found to be lower during the middle of the day due to the more vertical angle of incidence of the sunlight. We have only compared the values of the stations located in positions (1) and (3) due to the similarity between those of (1) and (2), for the reasons explained with regard to the PET. However, notwithstanding the foregoing, and given the PET values, the middle of the day in spring and summer should be hotter. The fact that this does not occur is due, we believe, to the presence of the wind, which is channeled right along the course of the old driveway, where this space is located, encountering fewer obstacles on its way through than it does in other parts of the city.”

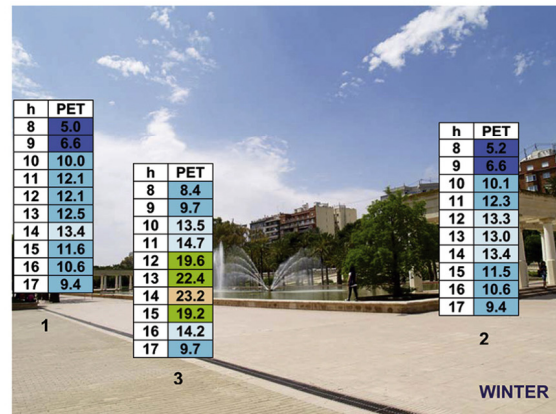
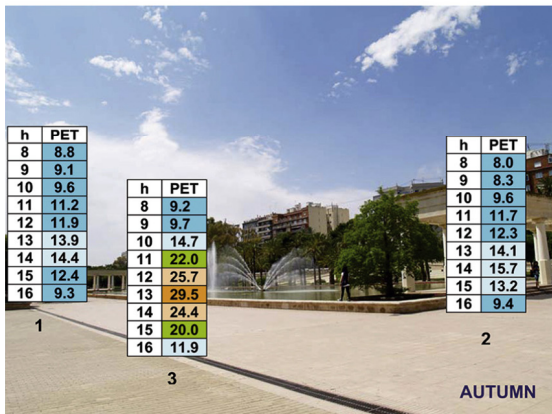
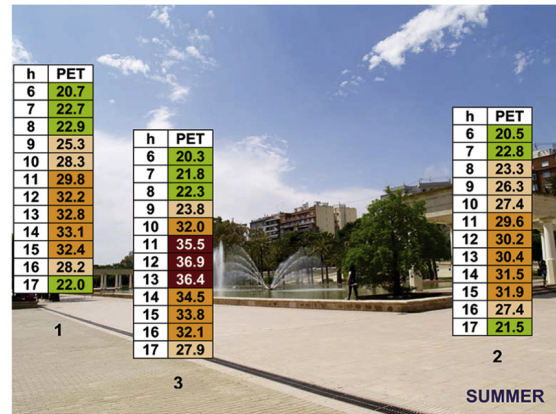
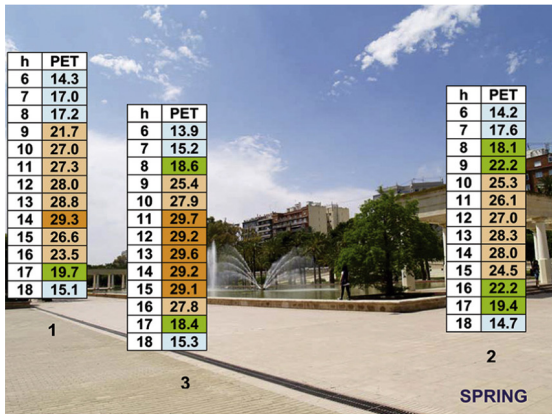


Figura 18

2. Per la valutazione dell'elemento acqua e delle superfici di pavimentazione:



Figura 19





3. Direzione del vento ed alberature:

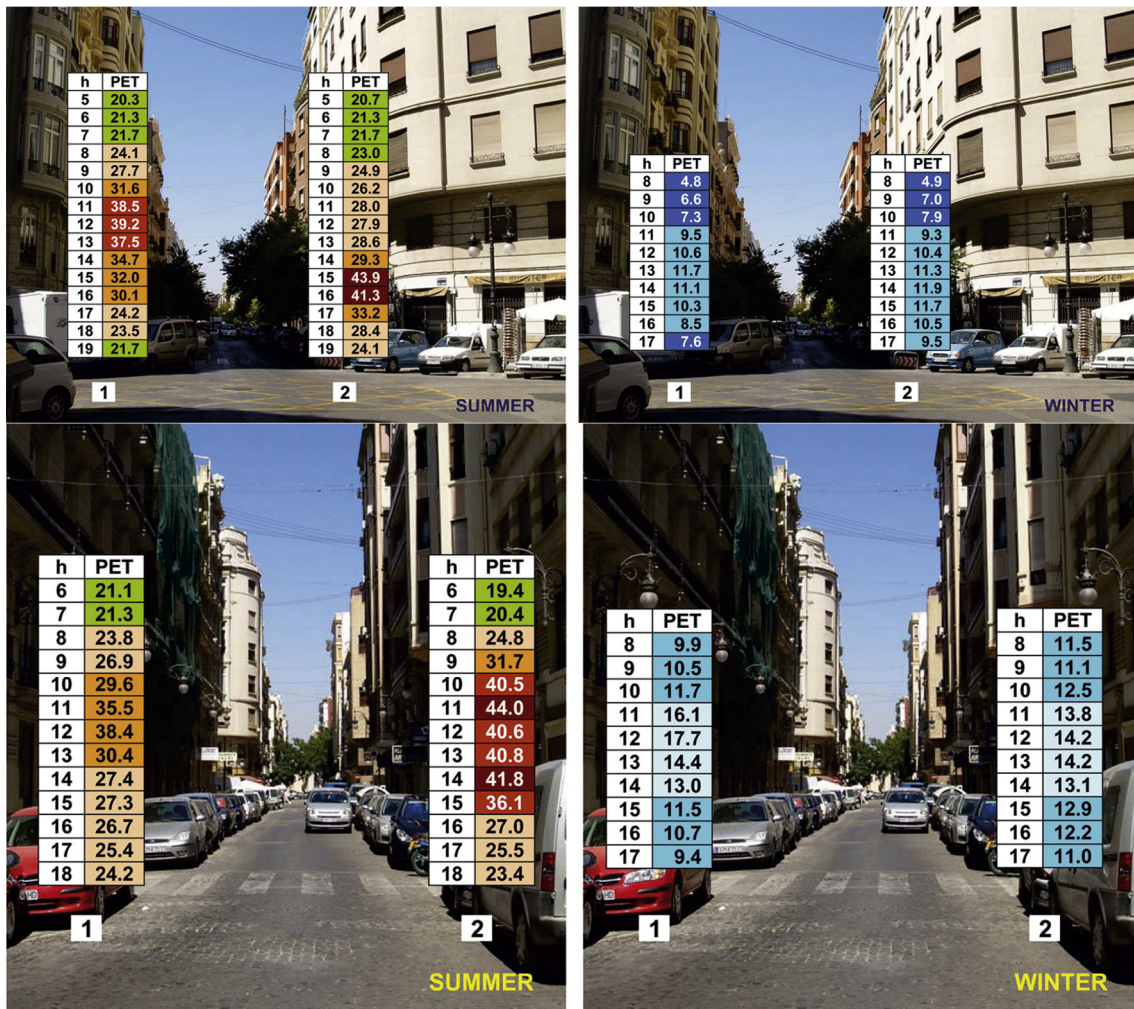
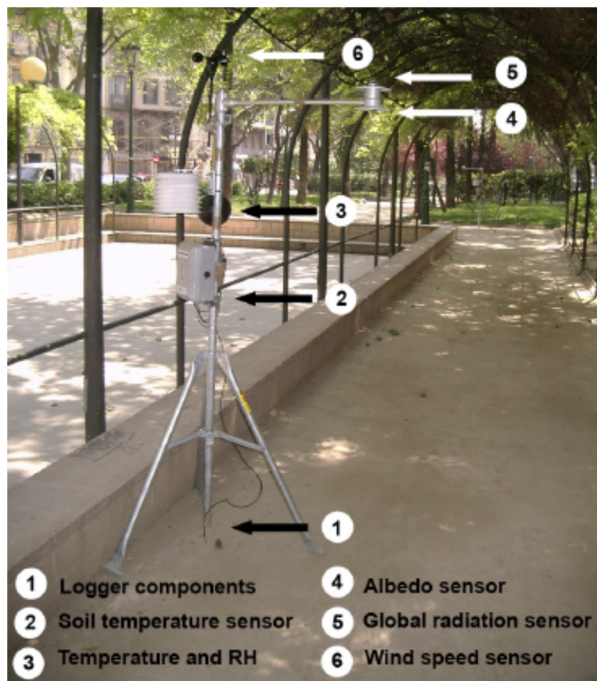


Figura 20. Via Cirilo Amorós ( in alto) Vs via Grabador Esteve. I valori di PET ottenuti in diversi momenti della giornata (h) alle due stazioni meteorologiche (indicati da punti 1 e 2).

Strumentazione:

Due o tre stazioni meteorologiche portatili Hobo H21-00



Conclusioni

È stato registrato che:

- le lame di acqua, o stagni, forniscono un effetto di raffreddamento per lo spazio in cui si trovano perché hanno un albedo inferiore;
- Nei vicoli, gli alberi possono avere un effetto coperto e impedire il passaggio di brezza;
- Getti d'acqua delle fontane devono essere progettati per sfruttare l'effetto del vento al fine di migliorare il comfort termico nella zona circostante;
- L'uso di superfici 'dure' e colori chiari provoca un grosso stress termico in estate a causa della maggiore riflessività solare che comporta un carico termico superiore.

### Il caso di Rotterdam (Olanda)

Fonte: Slingerland, J. (2012). *Mitigation of the urban heat island effect by using water and vegetation*. Tu Delft

Sono state effettuate delle misurazioni climatiche nella città di Rotterdam, con lo scopo di valutare gli effetti di mitigazione del fenomeno di isola di calore determinati dalla vegetazione e dall'acqua. Il lavoro è frutto di una ricerca di master condotta presso la TUDelft tra il 2011 ed il 2012.

Tre metodi di misurazione sono stati adottati:

- a. *Temperature sensors*. Il dispositivo permette di misurare la temperatura e l'umidità relativa e registrarle nell'arco di tempo compreso tra il 12 luglio ed il 13 ottobre 2011;
- b. *Sap flow*
- c. *Distributed temperature sensing*.

Le tre aree di misurazione:



Risultati della ricerca:

Si ritiene che l'acqua svolga un ruolo importante attenuando l'UHI, tuttavia, gli effetti sono, ad oggi, non facilmente misurabili, per la complessità dei fenomeni interessati e la difficoltà di ottenere modelli fisici rigorosi e affidabili che collegano i parametri fisici del microclima urbano e i fattori urbani.

Per assorbire l'energia solare, in caso di (ri) progettazione di aree urbane, l'estensione della superficie è più importante della profondità dell'acqua, poiché la maggior parte dell'energia solare viene assorbita dai primi decimetri di profondità dell'acqua.

Quando l'acqua evapora da una superficie pavimentata, determina una diminuzione della temperatura dell'aria che può essere di 2 °C vicino al suolo (per 1 mm di acqua evaporata) e fino a 6 °C vicino al suolo quando è disponibile una maggiore quantità di acqua. A circa un'altezza di 2 metri, l'effetto di raffreddamento diminuisce rispettivamente a 1 °C e 2 °C.

#### **Il caso di Osaka (Giappone)**

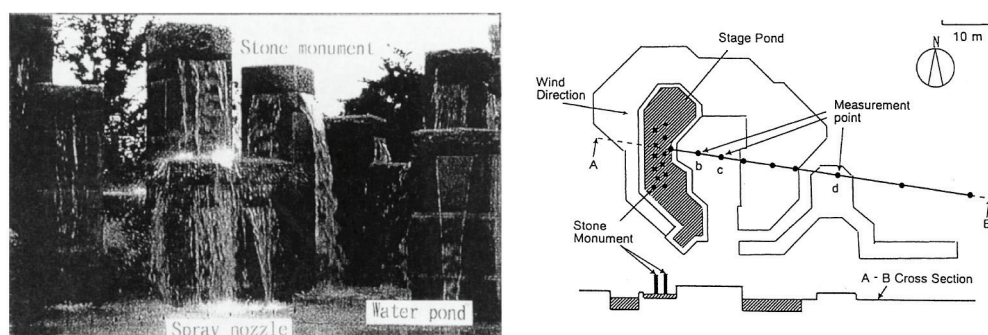
Fonte: Nishimura N., Nomura T., Iyota H, Kimoto S. (1998). Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. *Solar Energy* 644 (4-6): 197-207.

Lo studio del 1998 condotto in Giappone era volto a comprendere l'utilità dell'inserimento di una fonte d'acqua in ambiente urbano in relazione agli effetti di raffrescamento derivanti. La ricerca ha previsto due fasi: la prima sul campo, in prossimità di una fontana, collocata in un parco urbano, e l'altra in camera del vento.

- a) La prima fase ha previsto un periodo di misurazioni in situ nel Tennoji Park in una zona urbana della città di Osaka. La fontana sita in un parco urbano, è caratterizzata da una vasca d'acqua di circa 20 cm di profondità e 25 colonne da cui fuoriescono cascate d'acqua e spruzzi ad orari prestabiliti. In questa fase sono state analizzate le condizioni microclimati-



che dell'area circostante la fontana nei giorni 30 e 31 luglio 1992, con condizioni anemometriche costanti nelle due giornate (2,5m/s direzione ovest-nordovest).



Sono stati valutati i benefici in presenza o assenza di spruzzi d'acqua e in relazione alla distanza della fonte stessa:

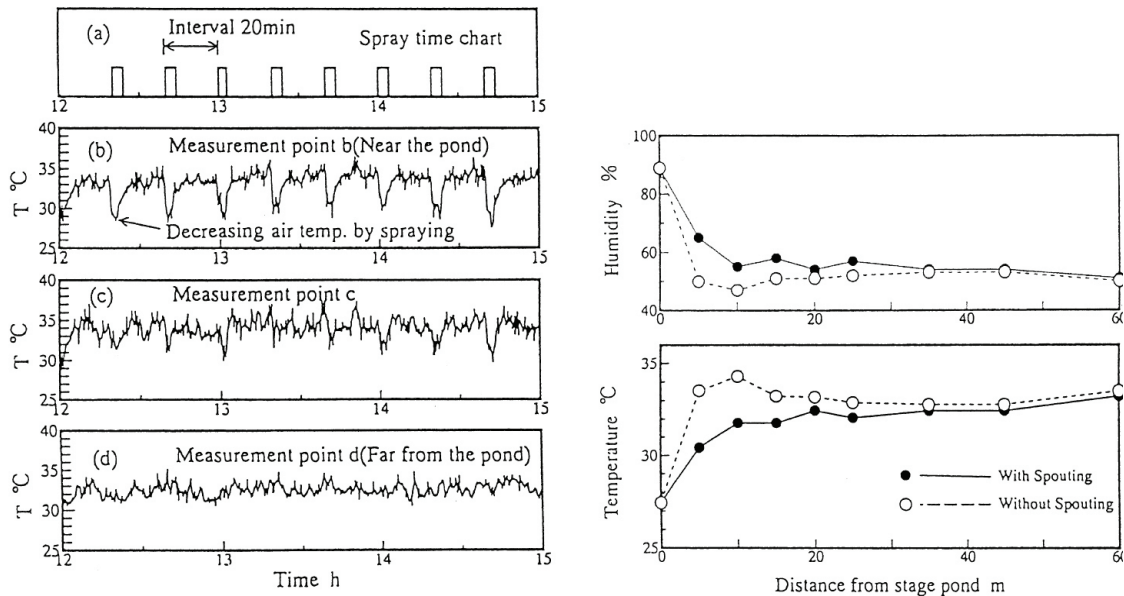
- La temperatura superficiale dell'acqua registrata era di 30°C, a differenza della temperatura registrata sulla superficie calpestabile lastricata in pietra di 50°C durante il giorno. Le aree calpestabili, invece, raggiunte dagli spruzzi d'acqua registravano una temperatura di 39°C. Da questo primo risultato è possibile già dedurre che controllando l'area di dispersione della fontana si riesce a effettuare una preventiva regolazione della temperatura dell'aria, grazie all'abbassamento della temperatura superficiale.
- È stato ovviamente valutato un maggiore raffrescamento della temperatura dell'area effettuando le misurazioni negli orari di attivazione dei giochi d'acqua. (Figura 22a), sebbene anche in assenza di spruzzi si sia potuta registrare una diminuzione della temperatura dell'aria di circa 1-2 gradi Kelvin.
- Posizionando dei sensori a distanza definita dalla fontana in sottovento, è stato possibile individuare l'area di influenza della fontana, stimata, per il caso specifico, ad una distanza di circa 35 m dalla fonte. (Figura 22b).

Figura 21. Immagine della fontana esaminata nel Tennoji park. (sx). Localizzazione dei punti di misura della temperatura dell'aria attorno alla fontana. (dx).

In questa prima fase è stata confermata l'utilità delle strutture idriche nell'adattamento dell'ambiente termico ed è stato sottolineato come le condizioni ambientali, quali la velocità

del vento, la quantità di turbolenza del vento, la direzione del vento, la temperatura e l'umidità influenzano il range di raffreddamento.

Nello specifico, quattro sono i punti su cui, come consigliano

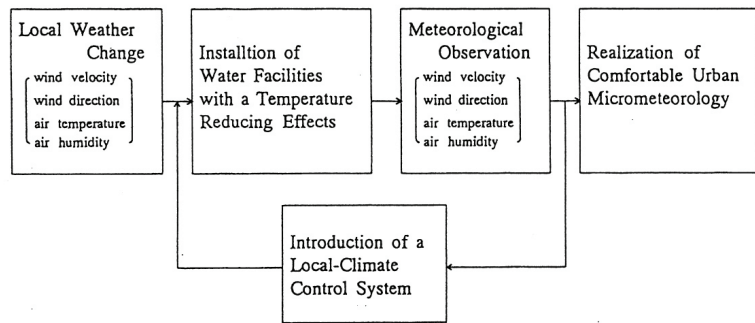


i ricercatori, si deve concentrare il progetto: il tipo di sistema idrico; le turbolenze atmosferiche della zona - si sottolinea che è indispensabile sviluppare impianti idrici in aree confinate, non soggette a condizioni atmosferiche sfavorevoli, tra cui anche alte velocità del vento-; un sistema di misurazione dei risultati; un sistema di controllo per regolare la 'turbolenza' esterna.

- b) La seconda fase ha previsto la sperimentazione in camera del vento, una camera del vento sperimentale costruita per ricreare le condizioni del sistema reale, con una scala di riduzione di 1/400. In questo ambiente in scala è stato ricostruito un tessuto urbano tipo ed una fontana ideale, con forma semplificata e con la presenza di ugelli, utilizzando 30 tubi di vetro di diametro interno di 1 mm a intervalli di 5 mm. (Figura 23). Sono state studiate varie combinazioni di forma e posizione

Figura 22a. Temperatura dell'aria in presenza o in assenza di spruzzi d'acqua (sx). 22b. Distribuzione della temperatura e dell'umidità media della corrente d'aria nei punti A (sopravento) e B (sottovento) (dx).





e dimensioni (diametro interno di 1,0 mm, 1,5 mm e 2,0 mm) degli ugelli nella fontana, per ottenere il massimo effetto di raffreddamento con un volume fisso d'acqua.

Da queste sperimentazioni si è potuto osservare che più piccolo è il diametro interno dell'ugello, più si estende la zona di raffreddamento nel lato sottovento (Figura 24), questo perché:

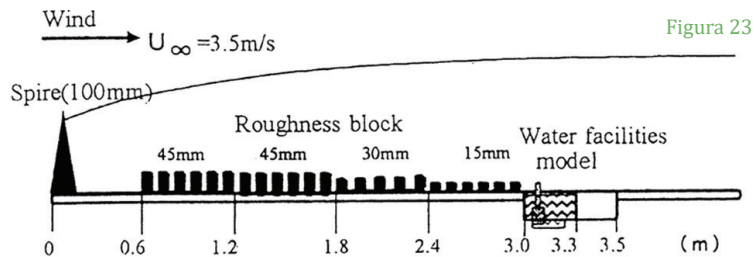
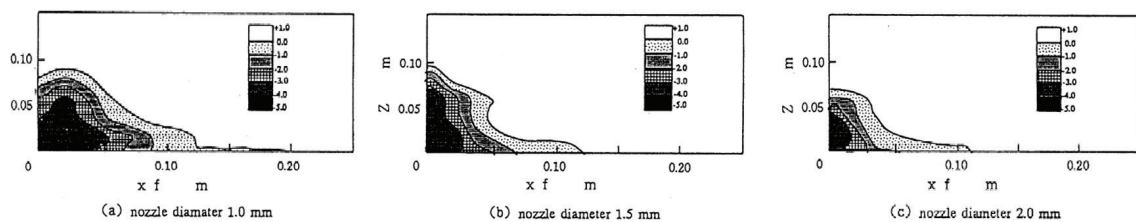


Figura 23

Figura 23. Il modello in scala.  
Figura 24. Distribuzione della temperatura dell'aria nella sezione trasversale XZ.

“the smaller the nozzle diameter, the easier small waterdrops disperse from the fountain. And these waterdrops obtain heat from the air in the air current and evaporate, which cause a larger temperature decline domain in the neighboring area.”

Figura 24



### Il caso della Prefettura di Saitama (Giappone)

Fonte: Syafii N.I., Ichinosea M. et al (2016). Experimental Study on the Influence of Urban Water Body on Thermal Environment at Outdoor Scale Model. *Procedia Engineering* 169: 191-198.

Lo scopo della sperimentazione è valutare i contributi microclimatici dei corpi d'acqua in ambito urbano. Per la valutazione del raffrescamento ambientale è stato definito un modello ideale realizzato con cubi di cemento di 1,5 m di lato e distanziati di 1,5 m che dovrebbero ricreare un tessuto urbano residenziale tipico e la sua capacità termica. Il modello in scala è stato denominato COSMO (Comprehensive Outdoor Scale Model) ed è collocato in area aperta, col vantaggio di osservare diversi fenomeni fisici in condizioni climatiche reali.

Per studiare gli effetti dei corpi idrici sull'ambiente termico e i fattori che influenzano l'effetto di raffreddamento di un canyon urbano nei giorni estivi, è stata installata all'interno della maglia una singola vasca d'acqua profonda 10 cm. Sono stati poi collocati dei sensori sia all'interno della vasca (n.2) sia in zona sopravento (n.1) che in zona sottovento (dal n. 3 al 7), uno in prossimità della vasca ed altri quattro in sottovento a distanza di 1,5 m l'uno dall'altro. Sono state, inoltre, posizionate delle termocoppie a 30 cm di altezza dal suolo per misurare la temperatura dell'aria ad un'altezza che, in scala, dovrebbe corrispondere all'altezza di un individuo. Le misurazioni sono state condotte nel periodo estivo (luglio e settembre 2015). La differenza di temperatura tra il punto più fresco (punto 2 - sopra la vasca d'acqua) e il punto più caldo osservato (punto 6) può

Figura 25. Il modello COSMO, posizionamento dei punti di misurazione.

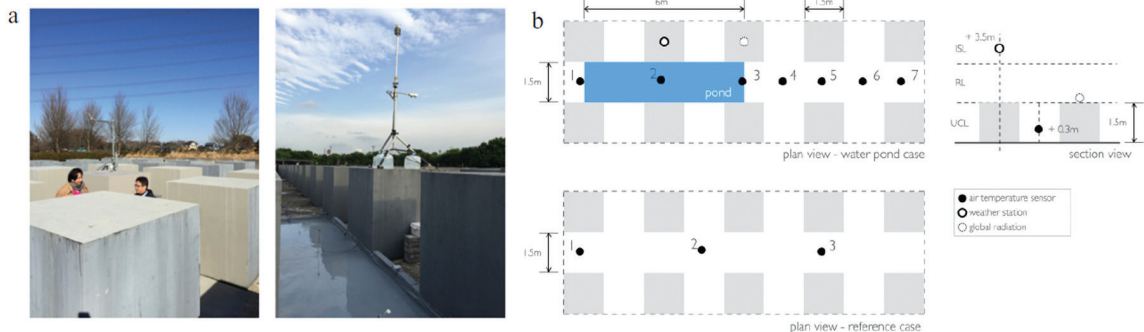


Figura 25

Figura 26. Temperatura dell'aria massima, minima e media registrata.

Didascalie pagina accanto.

Figura 27. Zone d'ombra e ventilazione prevalente nel modello Cosmo.

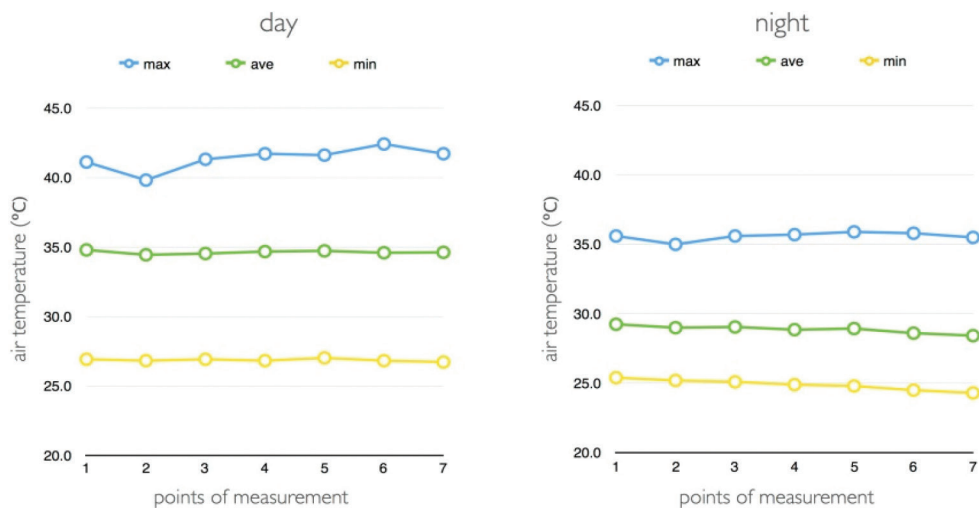
Figura 28. Tabella di sintesi con indicazione della radiazione solare, direzione ed intensità del vento, temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua.

raggiungere i 2,6 °C, sebbene una seppur minima riduzione della temperatura dell'aria si può ancora notare nel punto 5, che si trova a 3 metri dalla vasca d'acqua.

Nelle ore più calde della giornata con una velocità del vento di oltre 1 m/s e una direzione del vento relativamente stabile (SE), i punti più vicini alla vasca (punto 1-3) mostrano valori di temperatura dell'aria più bassi rispetto ai punti più lontani, mentre il punto 2 presenta il valore più basso, con una differenza fino a 1,4 °C. Quando la velocità del vento diminuisce (meno di 1 m/s), diminuisce anche la differenza di temperatura dell'aria tra i diversi punti.

Per comprendere il comportamento termico dell'acqua in presenza di zone d'ombra e a seconda delle condizioni di vento, sono stati confrontati i dati giornalieri di temperatura dell'aria con la temperatura dell'acqua e valutati con riferimento a zone d'ombra e allo stato del vento.

Nelle ore in cui i corpi in cemento generano ombra sulla superficie d'acqua si assiste ad una riduzione della differenza tra temperatura dell'aria e dell'acqua, determinata dal fatto che la mancanza di ra-



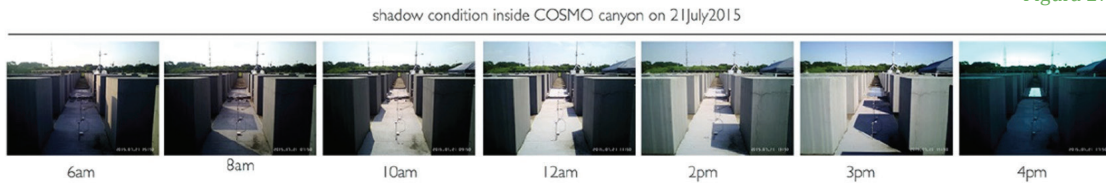
diiazione solare diretta non innesca quel processo di evaporazione che determina un abbassamento della temperatura. Questa 'anomalia' sembra aumentare con intensità del vento più basse (meno di 1,5 m/s).

Limitazioni riscontrate dai ricercatori:

- l'utilizzo di blocchi regolari potrebbe non rappresentare

- realmente la condizione reale urbana.
- ulteriori ricerche possono essere effettuate variando le dimensioni della superficie dell'acqua o simulandone differenti caratteristiche.

Figura 27



background wind condition of COSMO

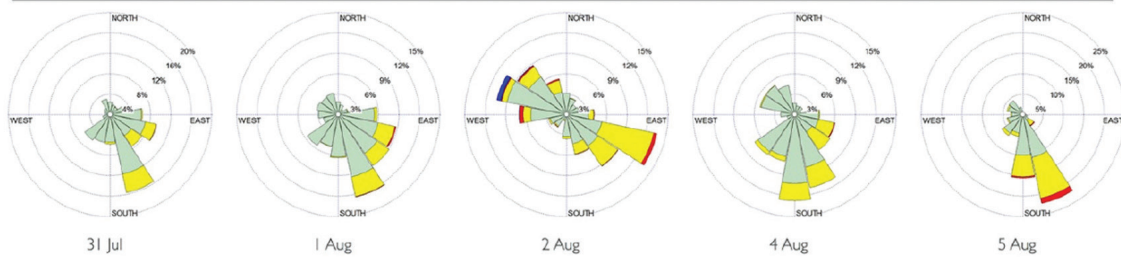
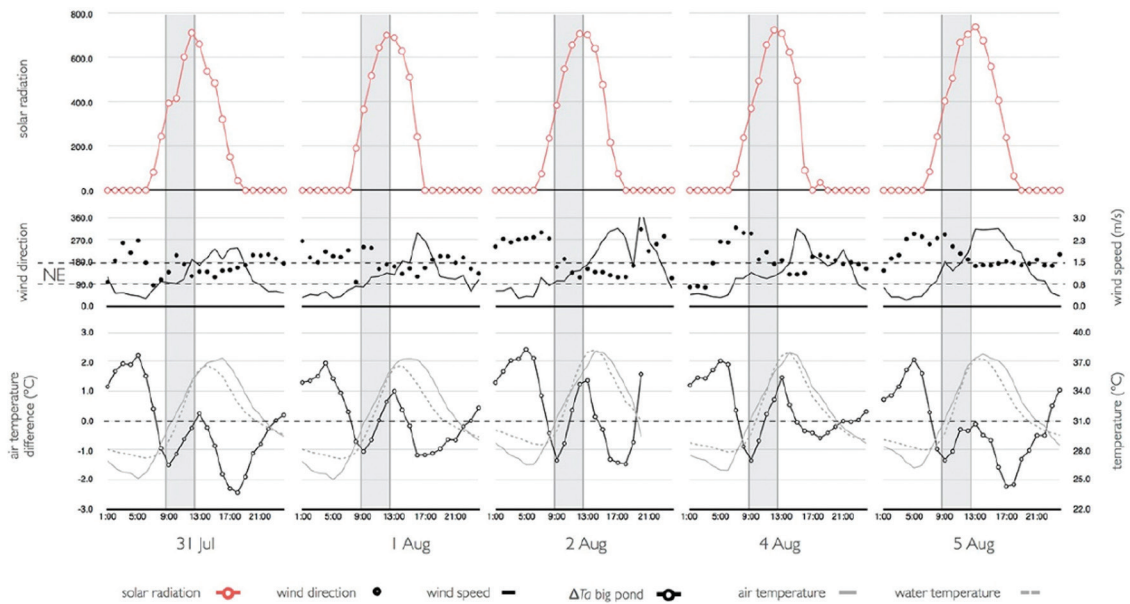


Figura 28



#### 4.5.1 Quadro di sintesi

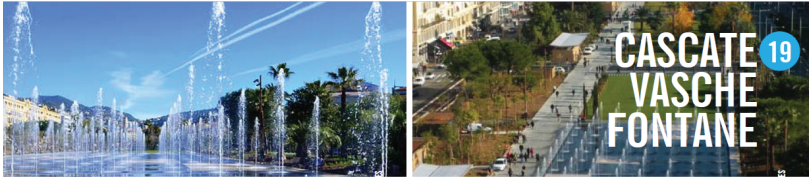
Come si evince dal breve excursus su piani, programmi e linee guida che affrontano il tema dell'adattamento/mitigazione del microclima urbano, il tema della ventilazione e dell'integrazione tra vento ed acqua vengono trattati prevalentemente in maniera separata, soffermandosi maggiormente sul management del ciclo dell'acqua (relativamente ai problemi di *runoff* e permeabilità delle superfici urbane o sotto l'aspetto della scarsità della risorsa idrica e dei problemi connessi al suo sfruttamento). Solo in pochi casi, l'acqua viene presentata come materiale di progetto urbano volto al miglioramento microclimatico, non solo di arredo urbano, ma le indicazioni che se ne ricavano rimangono su un piano generale.

Didascalia pagina successiva.  
**Figura 28.** Estratto della *Guida Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*. L'interessante lavoro del progetto Rebus ha, come visto, portato alla stesura di alcune linee guida che affrontano il tema del comfort urbano sotto vari aspetti. In particolare modo sul tema dell'acqua vengono fornite alcune indicazioni sui benefici che differenti tipologie di intervento possono determinare, e vengono forniti alcuni valori di albedo, densità e calore specifico per ogni tipologia. Non viene, però, approfondito il tema della migliore localizzazione anche in funzione del tipo di tessuto in cui l'intervento deve essere calato, né indicazioni che relazionino l'elemento acqua con la ventilazione naturale, se non nella scheda riferita alla nebulizzazione dove si consiglia di collocare il sistema in luoghi non caratterizzati da particolare umidità né in presenza di vento (non specificando se si tratti di vento a regime di brezza o di intensità maggiore).  
Fonte: Dessì et al.(2016).

Tra i progetti più significativi nell'ambito di questa ricerca si richiama il progetto Rebus della Regione Emilia Romagna e la relativa guida Rebus *Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici* (Figura 28), già citati nei precedenti paragrafi. Nel programma e nella relativa Guida viene presentata la connessione dell'elemento acqua con altri elementi che influenzano il clima urbano, sebbene manchi una valutazione specifica delle diverse interazioni, in quanto viene fornita un'idea solo generale sulle potenzialità dell'elemento, ed una valutazione dell'intervento progettuale, che nella maggior parte dei casi rimane vincolato all'area analizzata.

A livello internazionale il tema della ventilazione rapportato a quello del raffrescamento evaporativo, determinato dalla presenza di fonti d'acqua, solo in pochi casi riguarda ambiti urbani (Manteghi et al 2015; Dessì, 2007; Scudo, 2007), ed in pochissimi gli ambiti urbani storici.

Ovviamente, come è emerso, i benefici microclimatici dell'acqua sono strettamente correlati alle diverse condizioni di radiazione solare ed alle caratteristiche del flusso d'aria (intensità e direzione), fondamentali per diffondere l'impatto di raffrescamento dei corpi umidi all'area urbana spazzata dal vento. (Theeuwes et al 2013; Syafii N.I., Ichinose M. et al (2016); Nishimura N., Nomura T., Iyota H, Kimoto S. (1998); ed altri già citati in precedenza). Inoltre, l'ef-



**COMFORT RAFFRESCAMENTO MITIGAZIONE SOCIALITÀ**  
**CASCATE VASCHE FONTANE**

**CHE RUOLO SVOLGE L'ACQUA NELLO SPAZIO URBANO?**

La presenza dell'acqua in uno spazio urbano ha almeno due categorie di contributi al comfort termico:

- da una parte l'effetto psicologico dell'acqua, infatti la sola presenza dell'acqua, vista in lontananza o

**COME PROGETTARE CORRETTAMENTE VASCHE E FONTANE?**

Un reale contributo al comfort termico è dato, per esempio, da una fontana a cascata. In generale il contributo è elevato, cioè rappresenta una importante massa termica, come nel caso



albedo  
densità  
calore specifico

0,05-0,1 (sole allo zenit) 0,5-0,8 (sole all'orizzonte)  
1000 kg/mc  
4180 J/kgK



manutenzione

pulizia periodica dei filtri ed eventuale disincretizzazione in caso di deposito calcareo

**COMFORT RAFFRESCAMENTO MITIGAZIONE SOCIALITÀ**  
**NEBULIZZAZIONE**

**COME FUNZIONANO I SISTEMI DI NEBULIZZAZIONE NEGLI SPAZI URBANI?**

I sistemi di nebulizzazione si basano sul fatto che si mettono in contatto diretto l'aria e l'acqua; l'acqua, per evaporare, necessita di energia. Questa energia (calore) la fornisce l'aria che si riscalda.

**COME PROGETTARE CORRETTAMENTE UN SISTEMA DI NEBULIZZAZIONE?**

Per lavorare al meglio nello spazio pubblico, il sistema di nebulizzazione va associato ad una pergola o un gruppo di alberi. Essi non è infatti il sistema ottimale per tutte le condizioni, come, per esempio,

**COMFORT RAFFRESCAMENTO MITIGAZIONE SOCIALITÀ**  
**ACQUA LUNGO I PERCORSI**

**QUAL È IL RUOLO DELL'ACQUA LUNGO I PERCORSI URBANI?**

L'acqua in forma lineare può essere utile per definire i limiti di uno spazio urbano, indicarne una suddivisione o, più semplicemente, accompagnare un percorso. Generalmente, in questa forma, non si costituiscono grossi volumi d'acqua o, tra l'altro, non hanno un grande impatto estetico.

**COME PROGETTARE CORRETTAMENTE PERCORSI D'ACQUA?**

L'acqua lungo i percorsi può aumentare la sua efficacia se nella vasca si inseriscono dei getti d'acqua o delle cortine d'acqua che possono aggiungere il contributo della micronizzazione dell'acqua. Per quanto attiene alla presenza di acqua nei percorsi, gli effetti sono diversi.

**COMFORT RAFFRESCAMENTO MITIGAZIONE SOCIALITÀ**  
**LAME D'ACQUA**

**QUAL È IL RUOLO DELLE LAME D'ACQUA NEGLI SPAZI URBANI?**

Le lame sono delle vere e proprie pareti d'acqua che possono scorrere lungo una superficie verticale oppure rappresentare esse stesse un limite verticale nello spazio urbano. Si tratta di acqua che scorre per una superficie più o meno ampia. Il contributo al miglioramento del microclima e del comfort termico varia in funzione della dimensione della lama d'acqua, mentre l'effetto di raffreddamento risulta evidente sia se raggiunta da radiazione solare che all'ombra. Rispetto alla superficie orizzontale, l'utilizzo dell'acqua su una lama verticale risulta vantaggioso perché è maggiore la superficie di scambio con il corpo di una persona.

**COME LE LAME D'ACQUA AUMENTANO IL COMFORT PERCEPITO DALLE PERSONE?**

La presenza di una lama d'acqua in uno spazio urbano è caratterizzata da una serie di fenomeni che contribuiscono al miglioramento delle condizioni di comfort termico. L'acqua è caratterizzata da un basso coefficiente di riflessione verso l'ambiente, ma a questo non corrisponde un aumento della temperatura superficiale. Infatti l'acqua che evapora richiede un'energia che viene ceduta dall'aria che a sua volta si raffredda. Altro importante vantaggio è che gli scambi energetici persona-lama sono negativi. In altre parole, le persone che camminano o sostano nelle vicinanze (con una temperatura corporea di circa 37°C) cedono calore alla lama d'acqua che dovrebbe essere intorno ai 20°C. Basti pensare che una parete mineralizzata soleggiata, può tranquillamente superare la temperatura del corpo umano e, di conseguenza, cedere calore alla persona, che vede così aumentare il proprio bilancio termico. In zone di sosta, si possono combinare più sistemi di raffreddamento.



albedo  
densità  
calore specifico

0,05-0,1 (sole allo zenit) 0,5-0,8 (sole all'orizzonte)  
1000 kg/mc  
4180 J/kgK



manutenzione

pulizia periodica dei filtri ed eventuale disincretizzazione in caso di deposito calcareo



fetto di raffrescamento è potenziato dalla presenza di spruzzi e giochi d'acqua, ma ancor più da effetti di nebulizzazione (Dessi, 2007; Dessì, 2015 e come dimostrato dalla ricerca giapponese del 1998).

Rimane, quindi, da capire se quanto analizzato prevalentemente in climi differenti dal nostro possa essere verificabile anche alla nostra latitudine e come calibrare l'intervento rispetto ad ambiti urbani complessi come quelli storici delle città italiane. L'interazione dell'efficacia di mitigazione dei corpi umidi in ambito urbano, infatti, richiede ancora una più approfondita ricerca (Manteghi et al 2015), soprattutto in relazione a quelle che sono le prevalenti caratteristiche della geometria stradale ed urbana dei tessuti storici nel suo complesso.



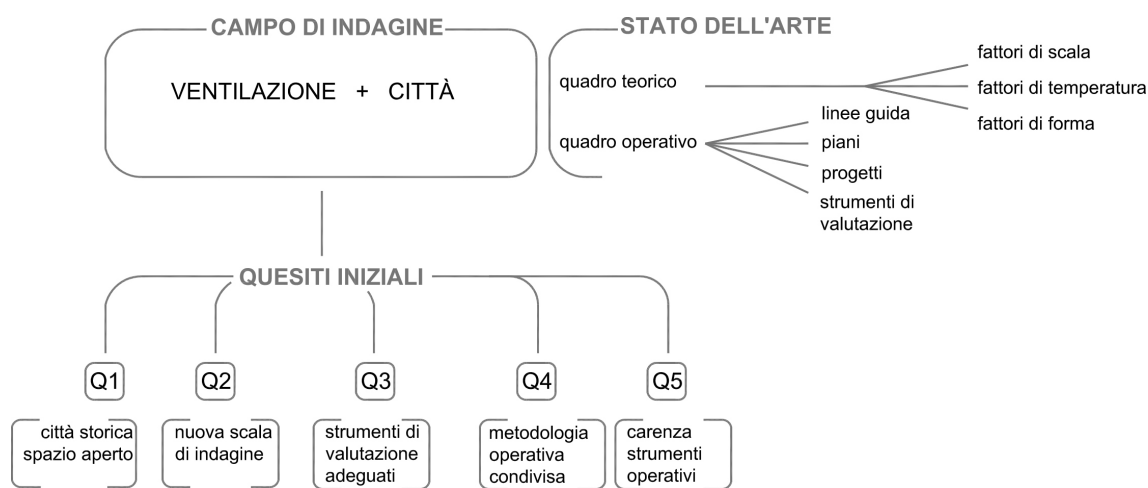
*ABSTRACT*

Starting from the analysis, from various points of view, of the relationship between urban morphology and ventilation, as one of the factors to be integrated in the common practice of investigation, there is a thought-out critical re-reading of the available literature, interpreting with a design vision some of the most important definitions and extrapolating 'initial questions', that is, the problematic issues that will be at the basis of the research development.

## CAPITOLO 5 Valutazione critica dello stato dell'arte.

### ABSTRACT

Partendo dall'analisi, sotto vari punti di vista, del rapporto tra morfologia urbana e ventilazione, come uno dei fattori da integrare nella prassi comune di indagine, si presenta una rilettura critica di sintesi della letteratura di settore vista in precedenza, interpretando con una visione progettuale alcune tra le definizioni più importanti e estrapolandone dei 'quesiti iniziali', ovvero delle problematiche che saranno alla base dello sviluppo della ricerca.



Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralcio della mappa concettuale della ricerca.

Lo studio della ventilazione naturale ha riguardato ed ancora oggi riguarda, in maniera prevalente, ambienti confinati dove il fenomeno è più facilmente controllabile e gestibile. È questo l'ambito in cui si sono sviluppate anche le prime e principali teorie sul comfort<sup>1</sup> per ambienti costruiti intorno all'uomo, ambienti inizialmente 'ideali'<sup>2</sup> e poi sempre più interdipendenti dal contesto, grazie ai significativi apporti, a partire dai primi anni cinquanta, dei fratelli Victor e Aladar Olgyay e di Baruch Givoni, ed alle prime teorie adattive introdotte da Humprey e Nicols a partire dagli anni settanta.

Il successivo ampliamento della scala di indagine ha portato a valutare i fattori ambientali, tra cui anche la ventilazione, in rapporto con un sistema tecnologico, ambientale-climatico, distributivo e figurativo, ma non ancora, parafrasando una celebre frase di S. Los (Los,1990), in rapporto con l'organismo architettonico della città. Ogni edificio viene letto come singolo ostacolo posizionato in area aperta e direttamente esposto ad un flusso d'aria indisturbata. Questo tipo di trattazione del tema ha permesso, e permette tuttora, di analizzare specifici comportamenti dell'edificio in relazione al flusso d'aria e viceversa, e le ripercussioni che si hanno dal punto di vista progettuale in termini di zone soggette ad ombra di vento, scie di vento, punti di stagnazione etc..., consentendo quindi di comprendere singoli fenomeni che, se analizzati in un tessuto urbano, si sommano e sovrappongono in maniera estremamente più complessa.

L'incremento dei livelli di urbanizzazione e delle problematiche ad esso connesse, però, ha spostato sempre più l'asse della ricerca e della sperimentazione alla scala dell'organismo urbano con la definizione di nuovi modelli di valutazione del fenomeno ventilativo capaci di analizzare i flussi d'aria in presenza di un 'ordito' molto più articolato, costituente il 'tessuto' cittadino.

La ventilazione naturale in ambito urbano, come dimostrano alcuni studi -tra cui (Epa, 2008; Santamouris, 2007; Meteorologia urbana, 1998) - è causa di positivi effetti sull'entità dell'isola di calore che si differenziano in relazione alla velocità del vento ed alle caratteristiche del tessuto edilizio, aspetto che incide fortemente sulla definizione di intensità e direzione delle masse d'aria. Il valore soglia della velocità del vento oltre il quale si ottiene un effetto di dissipazione dell'isola di calore è anche dipendente dall'estensione dell'agglomerato urbano e proporzionale anche al numero degli abitanti.

1. Primi tra tutti gli studi condotti dall'americana ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (nata dalla fusione nel 1959 della American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers ASHAE, fondata nel 1894, e l'American Society of Refrigerating Engineers ASRE, fondata nel 1904) ([www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)) a cui si affiancano gli apporti del danese P.O. Fanger che elaborò, a seguito di una sperimentazione in camera climatica, gli indici di valutazione dello stato di benessere di un individuo (PMV - predicted mean vote- e PPD - predicted percent dissatisfied) tenendo conto di variabili soggettive ed ambientali indoor.

2. Le prime valutazioni sulle condizioni ambientali di spazi indoor, risalenti già ai primi anni venti del XX secolo, restringevano il problema ai soli parametri interni di temperatura, umidità e velocità dell'aria, senza considerare alcun apporto di fattori esterni sull'ambiente studiato.



3. Gli atti del Convegno, organizzato dal Dipartimento di fisica dell'Università La Sapienza di Roma, dalla Società Italiana di meteorologia Applicata (SIMA) e dalla Società Meteorologica Subalpina (SMS), sono stati pubblicati l'anno successivo nel numero speciale della rivista *Nimbus* n.13-14 dal titolo "Meteorologia urbana". (Meteorologia urbana, 1998).

4. Sebbene riguardi un campo parallelo a quello qui affrontato, un piccolo inciso andrebbe fatto in riferimento alle sperimentazioni e progetti che interessano lo spazio aperto della città valutando l'uso indiretto della ventilazione come fonte e produzione di energia e riduzione dei consumi. Pensiamo, ad esempio, al tema dell'inserimento del micro-eolico e di sistemi a 'pannello eolico' nei tessuti esistenti: dal progetto *Abres à vent- New Wind* di Jérôme Michaud-Larivière, al progetto *Vibro-Wind* proposto dalla Cornell University. Ma possiamo anche ricordare la sperimentazione condotta in occasione della Esposizione Universale di Siviglia nel 1992 dove furono collocate 12 torri del vento nello spazio aperto connettivo tra i vari padiglioni, riprendendo la tradizione araba, o le torri progettate a Madrid e a Shanghai dal gruppo *Ecosistema Urbano*.

(Di Napoli e Mercalli, 1998)

Significativo è stato, ormai venti anni fa, il Convegno Internazionale sulla "Meteorologia ed aree metropolitane" tenutosi a Roma nel 1997<sup>3</sup>, già precedentemente citato. Ispirato al tema della Giornata Meteorologica Mondiale, proposta dal WMO in quell'anno, il convegno ha fornito una rassegna dei più significativi studi sul rapporto tra meteorologia e pratiche operative applicate in alcune grandi città - tra cui Roma, Milano, Torino, Genova e Nizza-, presentando significativi contributi anche sul tema specifico della ventilazione in ambito urbano e le sue potenzialità nel dissipare o meglio mitigare il fenomeno di isola di calore urbana.

"Two primary weather characteristics affect urban heat island development: wind and cloud cover. In general, urban heat islands form during periods of calm winds and clear skies, because these conditions maximize the amount of solar energy reaching urban surfaces and minimize the amount of heat that can be convected away. Conversely, strong winds and cloud cover suppress urban heat islands." (Epa, 2008)

Potenzialità e/o effetti negativi sul tessuto urbano della ventilazione vengono di fatto, però, prevalentemente letti con occhi diversi da quelli del progettista che interverrà sulla matericità dello spazio, ed ancora oggi si percepisce - come già emerso negli anni '90 tra le motivazioni di fondo del progetto *NatVent* e poi *UrbVent*- la carenza di uno strumento di supporto che aiuti i progettisti nella definizione del problema a scala della città. Sebbene il tema della climatologia urbana associata all'architettura sta rivestendo negli ultimi 10-20 anni un ruolo primario nella ricerca di soluzioni volte all'adattamento/mitigazione ambientale (basti pensare al filone della ricerca su nuovi materiali a bassa emissione e/o permeabili e al tema della progettazione o riprogettazione dello spazio verde urbano o delle *green infrastructure*), lo studio della movimentazione delle masse d'aria ed il contributo che possono fornire per la mitigazione climatica dello spazio aperto, quale sede dei flussi attivi della vita cittadina<sup>4</sup>, rimane in secondo piano, e non lambisce, se non in maniera marginale, il campo dell'architettura.

A scala della città, dove i singoli canyon costituiscono le pareti della stanza urbana e dove la copertura è caratterizzata dagli strati più prossimi dell'atmosfera- i cosiddetti *canopy* e *boundary layer*- non

è possibile ragionare su livelli di comfort 'assoluti' ma si devono ricercare condizioni di 'neutralità' relazionate alle capacità adattive dell'individuo<sup>5</sup>.

In questo contesto, a prevalere è il filone della ricerca che sfrutta le conoscenze sull'andamento dei flussi a scala urbana per la progettazione o riprogettazione del costruito, valutando in particolare l'interazione tra il singolo edificio o gruppo di edifici con l'area in cui è inserito. Significativo è stato in questo frangente l'apporto del progetto UrbVent (2001-2003- Rif. scheda capitolo 3) (Ghiaus, Allard et al. 2005) che affonda le sue radici nel precedente progetto NatVent della fine degli anni novanta. Il progetto ha affrontato il tema del potenziamento della ventilazione naturale come strumento per la diminuzione dei consumi energetici per edifici localizzati in ambiente urbano, comprendendo la significativa incidenza dell'aumento del livello di urbanizzazione del territorio europeo -stimato ormai circa al 75% con un incremento decennale del 3%- che è causa prevalentemente della riduzione della potenzialità dei flussi in relazione all'aumento degli elementi di ostacolo e delle problematiche collegate alla rugosità superficiale dell'invaso urbano. Nell'ambito di questo progetto sono stati condotti interessanti studi sul fattore ventilativo nella città di Atene che hanno portato alla definizione di un modello teorico di calcolo dell'intensità del vento in un canyon urbano, incorporato in uno strumento denominato analogamente Urbvent. Il software, sebbene tra i dati di input richieda informazioni generali sul clima urbano, impone però delle significative semplificazioni relazionate alla selezione di sole tre generiche tipologie di tessuto da analizzare (*suburban, urban e city center*) e la definizione morfometrica di un singolo canyon urbano, rimanendo, quindi, strettamente legato all'analisi del singolo fronte e del singolo edificio, per il quale vengono fornite indicazioni sulla media dell'intensità del vento, sulla temperatura e sulle potenzialità di raffrescamento relazionate all'orientamento. La metodologia di analisi proposta ha permesso, però, di individuare specifiche problematiche di questo scenario complesso, cercando di rispondere alla mancanza di strumenti di supporto che aiutassero architetti e ingegneri ad interpretare il fenomeno ventilativo nella fase di progettazione.

Dai primi anni del XXI secolo ad oggi, molto è cambiato nel campo della ricerca e sperimentazione sul tema, grazie soprattutto all'evo-

5. Per l'analisi dello spazio outdoor vanno ricercate, partendo dalla definizione di 'neutralità' introdotta da Humphreys nel 1975 (Nikolopoulou e Lykoudis 2006), condizioni di comfort 'relative' alla singola realtà analizzata. Negli ultimi quindici anni si stanno sviluppando studi che cercano di valutare se ed in che modo utilizzare, modificare gli indici di comfort 'tradizionali' o definirne di nuovi da applicare in campo outdoor: dalla revisione degli indici PMV e PPD, agli indici PET e UTCI, a indici tarati in maniera specifica per il clima mediterraneo (MOCI). (Matzarakis et al. 1997 e 1998; Golasi, Salata 2016; ed altri)

luzione di tecniche e tecnologie che hanno permesso di raggiungere, in un così breve lasso di tempo, risultati prima inaspettati.

Tecniche di telerilevamento, che sono “mainly based on the combination of (statistical) image classification and the visual interpretation of Very High Resolution satellite imagery.” (EEA, 2015), come visto nel capitolo 2, ci permettono oggi di ottenere non solo una panoramica sull’ecosistema urbano nella sua totalità, ma anche di definire database utili per comprendere e stimare nel tempo le caratteristiche di questi organismi complessi, mettendo a disposizione degli operatori del settore, e non solo, informazioni utili per un processo decisionale anche su temi legati ai cambiamenti climatici. (EEA, GMES/Copernicus, Urban Atlas 2012, et al.). Indubbiamente sono dati essenziali per comprendere e localizzare le aree maggiormente vulnerabili di ogni città e poter definire una strategia d’azione che sia il più possibile rispondente alle reali necessità e peculiarità del sito. (Heidrich, 2016). Così, alla meso e toposcala, rimanendo sul territorio nazionale, si registrano realtà all’avanguardia come nelle Regioni Veneto, Trentino alcune aree dell’Emilia Romagna o come in alcune città quali Trento, Bologna, Padova o Firenze che mettono a disposizione degli operatori di vari settori e anche del singolo cittadino, dati a scala regionale e/o urbana (sia satellitari che raccolti dalle stazioni meteorologiche urbane ed extraurbane) che permettono di operare in maniera coscienziosa nel rispetto dell’identità climatica di un luogo.

Ma, se da un lato si riconosce l’estrema utilità di questi dati- anche anemometrici- per l’attivazione di strategie e piani alla mesoscala e a volte anche a scala locale, l’accuratezza dei dati forniti da tali strumenti, collegata in particolare alla risoluzione spettrale e spaziale del sensore (Mills et al. 2017), non consente di approfondire l’analisi ad una scala più di dettaglio. Inoltre, non tutte le realtà italiane sono dotate di un tale rete che sistematizza i dati raccolti ai vari livelli per facilitarne lettura ed utilizzo.

Una volta, quindi, localizzata la macro area di intervento, bisogna -scendendo di scala- affidarsi ad altri strumenti per comprendere a pieno la molteplicità di fattori concorrenti alla definizione ambientale dell’ambito analizzato, cercando di valutarli in maniera olistica e di tradurre questi valori in dati utili sul piano pratico, indirizzabili cioè al miglioramento delle situazioni di crisi riscontrate. Bisogna inoltre tener presente che la conoscenza del fattore ventilativo,

come degli altri, varia a seconda della scala di indagine e del livello di approfondimento che si vuole raggiungere.

Per queste ragioni indispensabile punto di partenza è la ricerca di una scala di analisi ottimale sia dal punto di vista dell'analisi ambientale sia progettuale, riportando il discorso architettonico non solo a livello puntuale ma anche diffuso.

Valido strumento indagativo del clima urbano a scala ridotta rimane l'analisi diretta attraverso campagne di misurazione in situ che, con il passaggio da strumentazioni analogiche a digitali, consentono una lettura sempre più precisa del dato sia puntuale che esteso – grazie all'interpolazione dei dati raccolti nei vari punti di stazionamento-. Alla maggiore fedeltà del dato misurato col fenomeno reale corrisponde, però, un aumento dei tempi e costi di realizzazione dell'indagine<sup>6</sup> che poco si accordano con le necessità ed i tempi di trasformazione delle aree urbane.

Si può prevedere in alternativa di lavorare su modelli parametrici o su modelli in scala (Rif. Capitolo 2). Nel primo caso, il problema principale è relazionato alla parametrizzazione della realtà urbana – tema che affronteremo di seguito-, nel secondo caso, sia lavorando su modelli in scala outdoor sia su modelli che potremmo definire indoor -ovvero analizzati in camera del vento-, alla potenzialità di poter scegliere una definizione desiderata a seconda della scala del modello, corrisponde una difficoltà nel valutare gli apporti termici derivanti dalle caratteristiche superficiali dell'invaso<sup>7</sup>. (D'olimpio, 2008; Kanda, 2006)

Oggi, però, agli strumenti 'tradizionali', dalle campagne di misurazione in situ all'utilizzo di modelli in scala empirici o analizzati in camera del vento, si affiancano strumenti computazionali, che si basano su modelli di analisi microscopici, detti anche CFD (computational fluid dynamic), integrati anche in alcuni software che permettono una lettura olistica dei vari fattori concorrenti alla definizione del comfort, o meglio dis-comfort urbano. Questi strumenti aiutano a discretizzare il dato reale partendo da dati di input reperibili a scala vasta e rapportandoli a maglie geometriche sempre più piccole e precise (De Santoli, 2011), offrendo una lettura quasi 'immediata' di vari fattori climatici, alcuni dei quali difficilmente misurabili strumentalmente. Di contro, però, tali strumenti necessitano di semplificazioni del dato morfologico, strutturali dei software stessi e presentano dei tempi di risposta ed un'accuratezza del dato che

6. In media una campagna di misurazioni deve permettere di raccogliere dati nell'arco di 3-5 anni.

7. Alcune ricerche accademiche sperimentano l'utilizzo della galleria del vento per la valutazione del fenomeno ventilativo di una porzione di tessuto urbano. A titolo esemplificativo, tra i vari poli di ricerca che si occupano dell'utilizzo della galleria del vento per la modellazione urbana in Italia si cita il Sistema Integrato Laboratori DICCA dell'Università di Genova, dove vengono effettuati studi della ventilazione su modelli orografici. Per quanto riguarda gli studi su modelli outdoor, invece, si rimanda alle interessanti sperimentazioni giapponesi presentate nel capitolo 2.

8. Si è scelto di trattare questo tema in maniera più approfondita nel capitolo 9.3.

9. Si rimanda alla scheda di progetto nel capitolo 3 ed agli approfondimenti nel capitolo 9.3.

10. Department of Architecture Chinese University of Hong Kong (2005).

variano in maniera direttamente proporzionale all'aumento dell'area di indagine ed alla complessità del tessuto che si vuole analizzare.

Va inoltre sottolineato che la maggior parte dei software di calcolo permettono di simulare porzioni estremamente ridotte del tessuto urbano, in quanto sono prevalentemente configurati per l'analisi indoor, e solo pochi di essi sono in grado di fornire, in tempi accettabili per un calcolatore standard, una risposta alla scala locale.

È, quindi, lecito domandarsi quanto le limitazioni del modello computazionale incidano sulla rispondenza dei dati simulati con quelli reali.

Poche, sebbene significative nel panorama internazionale, sono le ricerche che analizzano l'attendibilità del valore simulato rispetto a quello reale, con specifica attenzione alla valutazione del fattore ventilativo<sup>8</sup>. Il valore della velocità del vento fornito del modello virtuale risulta in molti casi divergente rispetto al dato reale e, nello specifico, prevalentemente sottostimato in tessuti del centro storico della città e sovrastimato nelle aree di espansione otto-novecentesca (Acero, Herranz-Pascual 2015; Salata et al 2016; ed altri)<sup>9</sup>.

Ciò dimostra che gli strumenti di computazione fluidodinamica necessitano di una integrazione con gli strumenti più tradizionali di misurazione in situ, se non altro per la validazione del modello in vista del suo utilizzo nel prefigurare scenari di futuri interventi. Interessante in questo frangente è la sperimentazione della Municipalità di Hong Kong (Sars- Air Ventilation Assessment System)<sup>10</sup>, di cui è stata presentata una scheda di approfondimento nel capitolo 3. Sebbene con la finalità di ridefinire una intera porzione del tessuto urbano, la sperimentazione ha proposto metodologie di valutazione del flusso anemometrico basate sull'integrazione tra vari strumenti di analisi.

Le problematiche fin qui emerse risultano maggiormente cogenti se ci focalizziamo su tessuti storici e consolidati, caratterizzati da un'elevata complessità morfologica e morfometrica.

Va aperta, pertanto, a questo punto un'importante parentesi che riguarda la tipologia di spazio urbano. Finora in questa breve trattazione parlando di città si è intesa prevalentemente quella parte di tessuto urbano di nuova espansione o esistente ma oggetto di ridefinizione sostanziale. Questo perché la maggior parte delle ricerche e

delle sperimentazioni, se non quasi la totalità, si incentra su questa parte di tessuto tralasciando o trattando solo marginalmente la città storica<sup>11</sup>, ovvero quella parte di città caratterizzata da tessuti urbani che, di origine medievale o di espansione otto-novecentesca, vanno tutelati per la loro valenza di testimonianza storico- culturale. Eppure è proprio il tessuto storico della maggior parte delle città ad essere maggiormente vulnerabile ai cambiamenti climatici ed a soffrire per l'innalzamento delle temperature (Filpa, 2014)<sup>12</sup>. Indubbiamente il grado di libertà di intervento in questi ambiti si riduce enormemente, ma vale assolutamente la pena indagare anche qui il fenomeno ventilativo, assieme ai fattori più comunemente studiati, e comprendere se, come e perché la ventilazione possa contribuire positivamente al miglioramento ambientale di spazi consolidati ed ormai storicizzati da tutelare, anche nell'ottica del 'minimo intervento'.

In questo contesto, le problematiche riscontrate riguardano principalmente la necessità di calibrare gli strumenti esistenti, in relazione a queste specifiche realtà urbane, e definire metodologie operative condivise che introducano anche il fattore anemometrico tra i dati dell'indagine.

Si pensi, dal punto di vista degli strumenti, che i modelli parametrici, ad esempio, che sintetizzano l'*aspect ratio* di un ambito urbano partendo da classificazioni morfometriche -da quelle di Ellefsen a quelle di T.K.Oke (1976; 1988; 2006) e Stewart (2011-2012)-, si basano su valori morfometrici calibrati su realtà urbane oltreoceano (grandi megalopoli caratterizzate da canyon prevalentemente rettilinei, grandi varianza del fattore altimetrico del costruito, presenza di densità edilizia concentrata in altezza più che in estensione orizzontale, etc....), che esemplificano una immagine di città estremamente distante dal modello europeo, e nello specifico italiano.

Se, scrive T.R. Oke (1988), le condizioni migliori per lo sfruttamento della ventilazione in ambito urbano prevedono dei rapporti dimensionali dell'invaso urbano compresi tra  $H/W=0.4-0.7$ , quindi una maggiore ampiezza dell'invaso in proporzione all'altezza e una densità compresa tra 0.20 e 0.40, è evidente come la città storica europea, ed in particolare italiana che stiamo analizzando, non presenta nel suo *aspect ratio* dimensioni compatibili con quelle ottimali in relazione alla diversa densificazione del suolo ed a rapporti dimensionali nettamente differenti ( $H/W$  da 1.0 a oltre 4). Se provassimo

11. Oggi non si parla più di centro storico ma di città storica quale insieme di "quelle strutture insediative urbane che costituiscono unità culturale o la parte originaria e autentica di insediamenti, e testimoniano i caratteri di una viva cultura urbana [...]" (Commissione Franceschini, 1964 - Dichiarazione XL).

12. Si fa riferimento agli studi condotti dall'Università di Roma Tre e l'Enea-Utmea finalizzati alla redazione della Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0, che si è scelto di riportare nel capitolo 7.2



13. Si è scelto di analizzare per questa ricerca l'integrazione della ventilazione con un elemento specifico: l'acqua, ricercando nella letteratura studi, ricerche e sperimentazioni specifici sul tema. Rif. Capitolo 4.

14. Tutti i riferimenti ai progetti sono riportati nel capitolo 4.

15. Come ad esempio le *Linee guida per la riqualificazione energetica del patrimonio storico* elaborate nell'ambito del progetto A.T.T.E.S.S. (Metadistretto Veneto dei BB.CC. e Metadistretto Veneto della Bioedilizia 2011), o alle *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici ed urbani* (MiBact 2015).

ad incasellare le caratteristiche morfometriche dei vari tessuti che costituiscono la città storica nelle classificazioni morfometriche che la letteratura ci riporta, saremmo immediatamente costretti ad effettuare delle forzature che in alcuni casi snaturerebbero l'essenza stessa del tessuto.

A livello operativo, poi, come emerso dall'analisi delle principali politiche, strategie e strumenti in essere (Rif. capitolo 4), si evidenzia una molteplicità di linee di indirizzo che però trattano solo marginalmente il fattore anemometrico e spesso non portano a significativi risultati operativi. La possibilità di valutare l'integrazione tra la ventilazione e gli elementi che caratterizzano il tessuto urbano<sup>13</sup> ha portato a singole estrinsecazioni affidate al 'genio' di singole amministrazioni e/o progettisti, senza proporre strumenti operativi condivisi e condivisibili con altre realtà, tranne in rari casi. Nel panorama italiano, eccetto alcuni studi in cui si confrontano le condizioni ambientali tra nuova città e città storica o alcune interessanti sperimentazioni condotte su tessuti consolidati, come quelle proposte nel progetto REBUS® - acronimo di "REnovation of public Buildings and Urban Spaces" promosso dalla Regione Emilia Romagna- o nel *Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore* promosso dalla Regione Veneto (Musco e Fregolent 2015)<sup>14</sup>, o accenni all'importanza del fattore ventilativo a livello di linee di indirizzo, specifiche però sull'edificato storico più che per lo spazio pubblico<sup>15</sup>, la ventilazione nello spazio aperto della città storica non è oggetto di specifica trattazione.

Da questo quadro di sintesi critica dello stato dell'arte, emergono, quindi, le principali problematiche, strettamente correlate tra loro, che sono il punto di partenza di questa ricerca: dallo scarso approfondimento del tema in un ambito dell'indagine specifico, ovvero la città storica, alla necessità di definizione di una scala di indagine adeguata alla trasformazione di tali aree urbane, alla necessità di adeguare strumenti esistenti alla realtà urbana analizzata, alla necessità di definire una metodologia di valutazione che sia condivisibile e soprattutto 'speditiva', che aiuti a rileggere in chiave progettuale il fenomeno ventilativo per un miglioramento delle condizioni climatiche dell'area analizzata.

A queste carenze di metodologie e strumenti operativi è necessario, quindi, dare risposta, offrendo possibili soluzioni che mettano a sistema e/o incrementino le potenzialità di quanto già noto e aiutino

l'amministrazione e/o il progettista già nelle prime fasi decisionali -che portano dagli assunti teorici alla materializzazione su carta del progetto- con tempi veloci di risposta e fornendo una più ampia panoramica possibile di scenari d'azione, il tutto includendo, ovviamente, la ventilazione tra le variabili in gioco.

Queste saranno le domande della ricerca a cui si cercherà di dare risposta punto per punto, come sintetizzato nel capitolo successivo.



PARTE III

# Ventilazione naturale e città storica. La sperimentazione proposta

### *ABSTRACT*

This introductory chapter opens with the experimental part of the research, which bases its foundations on a critical evaluation of the state of the art, with the aim of answering the identified questions.

Here we present a quick overview of the issues that will be dealt with, relating each initial question to the corresponding chapters.

For each single chapter that follows, the excerpt of the conceptual map presented here (Map 1) will be reported, which will serve as a framework scheme for the theme covered within the research.

## CAPITOLO 6 Ventilazione naturale nell'ambito della città storica. Mappa concettuale, obiettivi, metodologia e strumenti.

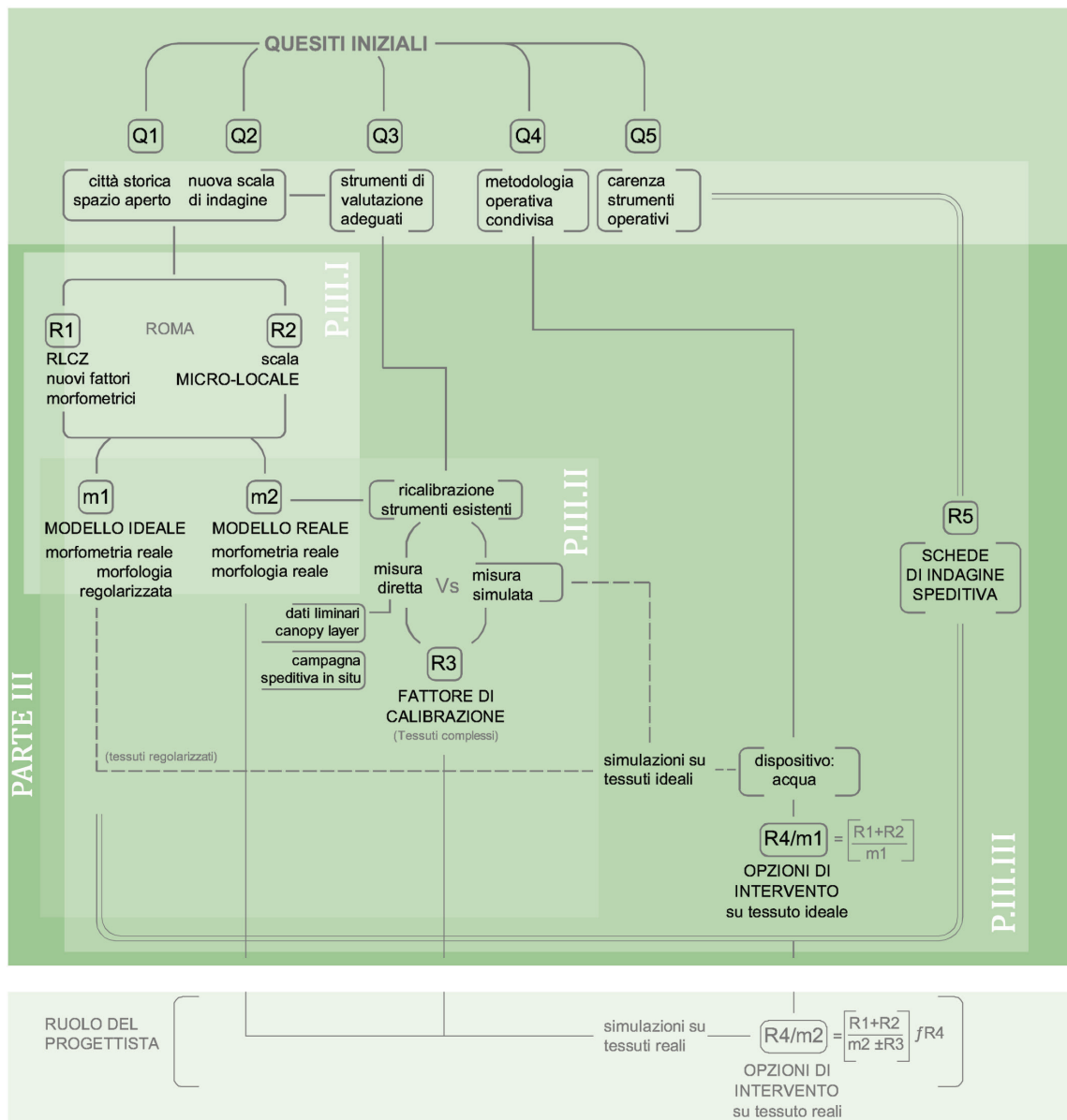
### ABSTRACT

Si apre con questo capitolo introduttivo la parte sperimentale della ricerca che fonda le sue basi sulla valutazione critica dello stato dell'arte, con l'obiettivo di dare risposta ai quesiti individuati.

Presentiamo qui una veloce panoramica delle tematiche che verranno affrontate, relazionando ogni quesito iniziale al o ai capitoli corrispondenti.

Per ogni singolo capitolo che seguirà, verrà riportato lo stralcio della mappa concettuale qui presentata (Mappa 1) che servirà quale schema di inquadramento del tema trattato all'interno della ricerca.





Mappa 1. Stralcio della mappa concettuale della parte III della ricerca.

### Quesito 1:

La problematica di partenza riguarda l'inquadramento dell'ambito di indagine. Come emerso dallo stato dell'arte, lo spazio aperto della 'città storica' non è oggetto, se non marginalmente, di specifica trattazione, eppure risulta essere la porzione di città maggiormente affetta da problematiche climatiche. Poter valutare possibili benefici derivanti della ventilazione, sia diretti che determinati dall'interazione con un progetto di riqualificazione dello spazio, è, pertanto, un punto importante da dover affrontare, cercando di individuare quella soglia, di cui parla la letteratura, oltre la quale la brezza di vento apporta positivi effetti sul microclima dell'invaso analizzato. La ricerca quindi si occuperà di analizzare tessuti ricadenti all'interno di questo ambito urbano, prendendo come caso studio la città di Roma (10 aree selezionate).

Una breve definizione di città storica e le indicazioni dei parametri di selezione delle aree scelte saranno indicati nel capitolo 7, dove analizzeremo anche le peculiarità climatiche di tali aree attraverso un approfondimento della letteratura di settore. Informazioni più dettagliate sui valori climatici registrabili sia al di sopra che all'interno del canopy layer verranno, invece, presentati nel capitolo 9, in cui vengono riportati sia una selezione dei dati meteorologici delle stazioni di riferimento del centro città, sia i risultati delle campagne di misurazioni effettuate ai fini di questa ricerca. Sono state selezionate come stagioni di indagine la primavera e l'estate, con un approfondimento maggiore sulla stagione estiva.

La comprensione degli aspetti morfometrici peculiari di tali tessuti è presentato poi nel capitolo 8, dove attraverso delle schede di analisi estrapoleremo dai tessuti reali i principali rapporti dimensionali base per la definizione di una nuova classificazione morfometrica: la *RLCZ Rome Local Climate Zone*, specifica per la città di Roma ma applicabile a realtà con caratteristiche morfometriche simili.

Quesito 1	Capitoli di riferimento
Città storica- spazio aperto	7-8-9

1. “[...] si tratta di piccoli interventi di rammendo che possono innescare la rigenerazione [...] scintille, che però stimolano l’orgoglio di chi ci vive.”(Piano, 2014)  
Un rammendo non esclusivamente di spazi ‘contemporanei’, dove non esiste più quel rapporto biunivoco tra pieni e vuoti, tra area aperta e fronte costruito, ma anche di ambiti consolidati tipici della nostra città storica, dove dalle stratificazioni temporali dei tessuti emergono discontinuità e frammentazioni che in alcuni casi danno vita a dei veri e proprio ‘vuoti urbani’.

### Quesito 2:

La necessità di definire una nuova scala di indagine è nata dall’aver notato che nella letteratura si passa solitamente dal valutare il singolo edificio ad analizzare ampie aree di indagine, al livello di quartiere ed oltre. Sebbene entrambe le scale, la micro e la scala locale, presentino la loro indubbia utilità, si è ritenuto necessario introdurre una scala intermedia che potesse delimitare porzioni di tessuto urbano che, in vista della riqualificazione dello spazio pubblico, fossero più gestibili e delimitabili nell’ottica di quel ‘rammendo’<sup>1</sup> del tessuto storico, finalizzato ad una ‘conservazione integrata’ che abbraccia anche le buone e corrette pratiche di miglioramento microclimatico.

La nuova scala proposta – definita scala micro-locale- permetterà di delimitare porzioni di tessuto urbano ‘omogeneo’ che saranno oggetto della sperimentazione proposta. Per ognuna delle aree selezionate verrà indicata una duplice perimetrazione rispettivamente associata alla specifica area di indagine (*assessment area*) e all’area di ‘contorno’ (*surrounding area*) necessaria per valutare l’influenza dell’intorno e ridurre le alterazioni sul modello computazionale, come analizzeremo in seguito.

Quesito 2	Capitoli di riferimento
Nuova scala di indagine	8

### Quesito 3:

Tra i possibili strumenti di valutazione del fattore anemometrico, sono stati individuati quelli maggiormente adatti per l’esame del fenomeno a scala urbana e tra questi, scelti quelli più adeguati alla scala di indagine selezionata.

Modello	Tipologia strumento	Modalità raccolta dati
Modello a grandezza naturale	Strumenti diretti	Strumenti remoti* Metodo macrometeorologico Sistemi di telerilevamento (per propagazione e/o per riflessione come sodar, lidar, etc...)
		Strumenti 'di prossimità'** (fissi-mobili) Metodo intermedio Sistemi fissi di rilevamento - stazioni meteorologiche urbane
		Metodo micrometeorologico Sistemi mobili di rilevamento - campagne di misurazione in situ
Modelli in scala	Strumenti 'rappresentativi'***	Sistema automatizzato di raccolta dati - sonde anemometriche su modello
Modelli parametrici	Strumenti parametrici	Metodo parametrico variabili parametriche
Modelli microscopici	Strumenti microscopici	Metodo computazionale CFD Computazione fluidodinamica

Note: \*solitamente utilizzati per la valutazione dell'energia eolica di un sito attraverso il dato della velocità dell'aria e della direzione. \*\* Sebbene non sia una definizione scientifica, è stata utilizzata per far meglio comprendere il campo di azione di tali strumenti. \*\*\*Rappresentazione in scala del dato reale.

Per ciascuno strumento/metodo di valutazione abbiamo estrapolato, dall'analisi dello stato dell'arte, le iniziali indicazioni per valutare limiti e potenzialità, ed è emersa la necessità di doverne progettare l'integrazione per ottimizzarne le risposte (Rif. capitolo 11). Successivamente, nelle aree di indagine scelte, sono stati testati gli strumenti selezionati e sono stati sperimentati dei sistemi di calibrazione per adeguare la risposta di ogni strumento alle peculiarità del tessuto storico. Nel dettaglio: per le misurazioni in situ è stata sperimentata una campagna 'speditiva', indicandone i principali passaggi metodologici (come riportato nei capitoli 9 e 11); per l'utilizzo di modelli empirici è stato ridefinito il modello parametrico di base sulla base di nuovi parametri morfometrici e della nuova classificazione morfometrica proposta (*Rome Local Climate Zone RLCZ*) (Rif. Capitoli 8 e 10); per gli strumenti microscopici (CFD) è stato proposto un 'fattore di calibrazione' per adeguare la risposta del software al calcolo su tessuti complessi (Rif. capitolo 9). Per ogni tipologia di strumento utilizzata, indicheremo di seguito la

Figura 1. Strumenti di valutazione alla scala urbana, con indicazione degli strumenti selezionati.

modalità di raccolta dei dati, lo scopo di tali misurazioni ed i relativi rimandi ai capitoli di approfondimento:

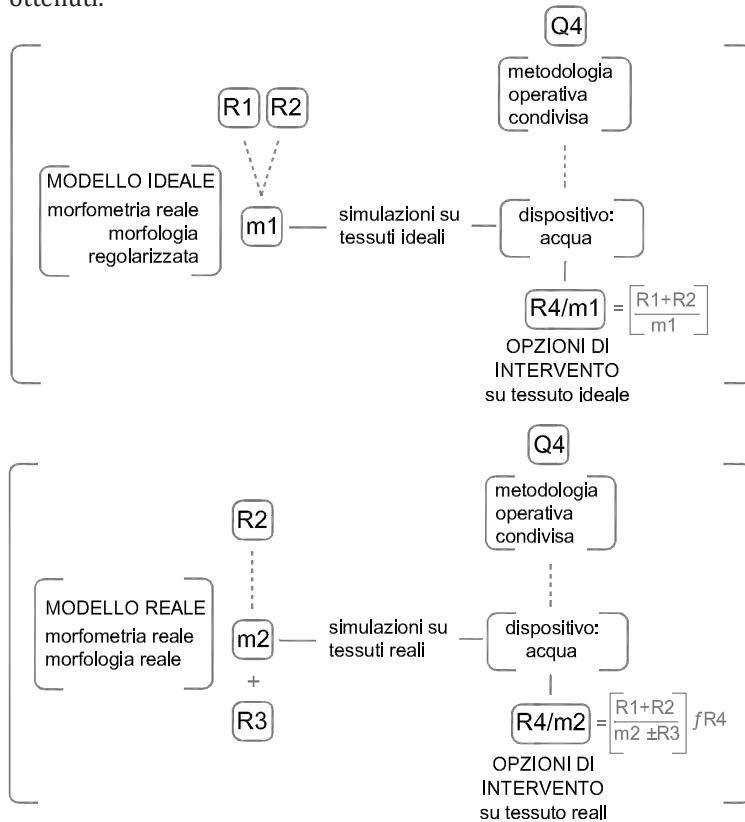
<b>Quesito 3</b> Strumenti di valutazione			
Tipologia strumento	Modalità raccolta dati	Scopo della misurazione ai fini della ricerca	Capitolo di riferimento
Strumenti diretti	Metodo intermedio-sistemi fissi di rilevamento stazioni meteorologiche urbane	Raccolta dati al boundary layer, liminari al canopy layer	7.2.1 9.1.1 11
	Metodo micrometeorologico-sistemi mobili di rilevamento-campagne di misurazione in situ	Raccolta dati al pedestrian level	9.1.2 11 appendice
Strumenti parametrici	Metodo parametrico e CFD Computazione fluidodinamica	Raccolta dati dello scenario schematico/ideale di progetto	8.2 10 11
Strumenti microscopici	Metodo computazionale -CFD Computazione fluidodinamica	Raccolta dati dello scenario reali di progetto	9.2
			9.3
			11

#### **Quesito 4:**

Per il passaggio da un approccio teorico ad uno operativo è necessario operare una selezione e definizione di un iter metodologico che indirizzi l'analisi e l'integrazione del fattore anemometrico all'interno del complesso iter di riqualificazione dell'esistente. Dalla selezione dei dati di input, alla calibrazione degli strumenti esistenti, all'utilizzo dei risultati ottenuti, emerge un iter metodologico che vuole essere base di una discussione interdisciplinare operativa tra i soggetti coinvolti nella ridefinizione dello spazio urbano.

L'iter metodologico presentato e sperimentato in questa tesi confluirà, come specificato nel punto successivo, in uno strumento operativo che potrà essere adottato in realtà similari a quelle qui analizzate.

La metodologia operativa qui proposta è duplice: parte da una base comune di acquisizione del dato, attraverso varie tipologie di strumenti, e si differenzia su due strade parallele che portano da un lato alla definizione di modelli semplificati (definiti poi ideali), su cui sperimentare in maniera facilitata e velocizzata varie opzioni d'azione; dall'altro alla calibrazione degli strumenti esistenti per la validazione del modello computazionale che rappresenta il tessuto reale su cui poi il progettista potrà testare vari scenari di intervento. Questi due iter metodologici forniranno al progettista gli strumenti per un'analisi multi-criteriale dell'intervento che includa la ventilazione e le sue interazioni con i 'materiali' del progetto nella selezione della scelta, lasciando nelle sue mani la sintesi dei risultati ottenuti.



**Quesito 4**

Capitoli di riferimento

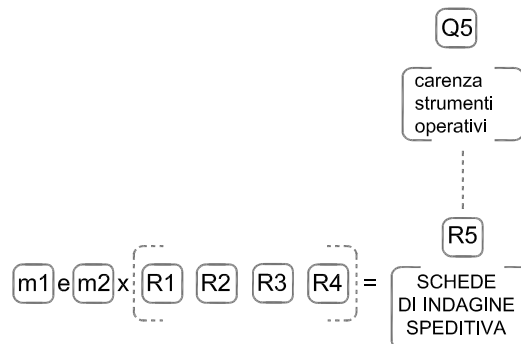
Metodologia operativa

8-9-10-11



### Quesito 5:

Sempre in risposta alla mancanza di una strategia condivisa, emersa dello stato dell'arte, si vuole sistematizzare la metodologia proposta attraverso la definizione di schede speditive di analisi che vogliono essere uno strumento di supporto per amministrazioni e progettisti, per conoscere il sito e valutare possibili trasformazioni alla scala micro-locale, inserendo il tema della ventilazione tra le problematiche-potenzialità progettuali. Non quindi delle linee guida, ma uno strumento operativo iterabile nel tempo e flessibile per adattarsi alle peculiarità di realtà complesse.



Quesito 5	Capitoli di riferimento
Carenza strumenti operativi	11





PARTE III.I

# Città storica di Roma: scala di indagine e parametri morfometrici

### *ABSTRACT*

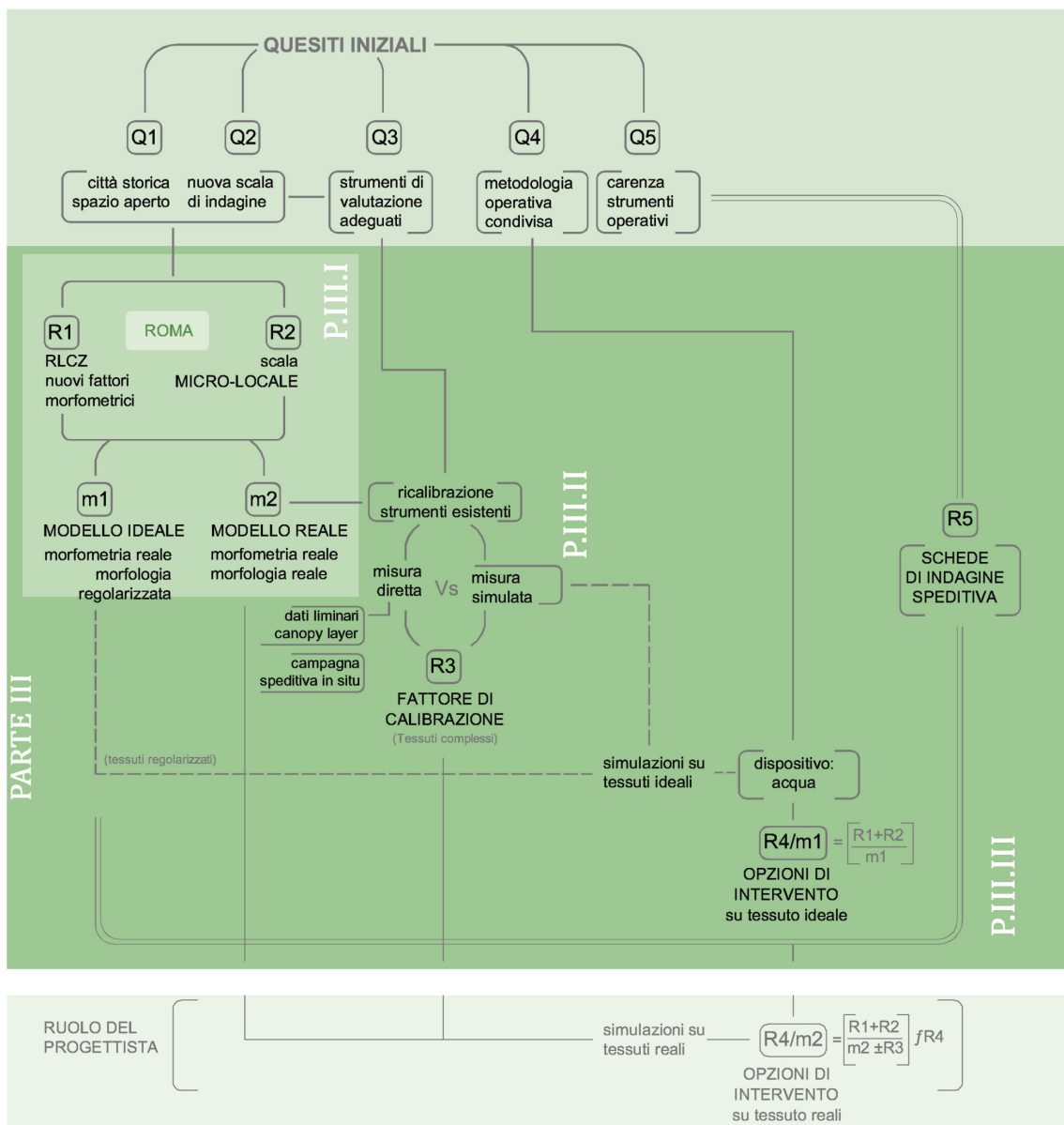
The third part of the research begins with the framing of the field of investigation, which, as shown in the previous chapters, will focus on the 'historical city', taking Rome as a case study. We will describe not only the distribution and figurative system, but also the climate and environmental system of the Capital in order to have, at the end of the chapter, an initial in-depth study, which, together with what is defined in chapter 8, will be useful for the subsequent research development.

## CAPITOLO 7 La città storica di Roma ed il suo clima.

### ABSTRACT

La parte terza della ricerca inizia con l'inquadramento dell'ambito di indagine, che, come emerso nei precedenti capitoli, si incentrerà sulla 'città storica', prendendo Roma come caso di studio. Descriveremo non solo il sistema distributivo e figurativo, ma, anche, il sistema climatico e ambientale della Capitale per avere, al termine del capitolo, un primo approfondimento, che, assieme a quanto definito nel capitolo 8, sarà utile per il successivo svilupparsi della ricerca.





Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralcio della mappa concettuale della ricerca.

## 7.1 Città storica: dove intervenire.

Con il passaggio da singolo monumento ad ‘ambiente del monumento’ e poi ad ‘ambiente quale monumento’<sup>1</sup> si inizia a delineare quel cambiamento di scala che porterà ad estendere i principi della tutela a porzioni sempre più ampie del tessuto urbano.

Di ‘centro storico’ già se ne parla nella carta dell’Aja del 1954 ed in quelle di Gubbio del 1960, prima ancora che nella Dichiarazione XL della Commissione Franceschini (1964), ma sarà nel 1987 che apparirà ufficialmente il termine “città storica”, nella *Carta internazionale per la salvaguardia delle città storiche* – conosciuta come la Carta di Washington<sup>2</sup>.

Nel preambolo si specifica che “Tutte le città del mondo, risultanti sia da uno sviluppo più o meno spontaneo sia da un determinato progetto, sono le espressioni materiali della diversità delle società attraverso la storia e sono, per questo, tutte storiche”.

Oggi, come giudica Dezzi Bardeschi, la definizione di centro storico è ormai “antiquata” perché la parte storica di una città “è quella che, con la stratificazione dei suoi monumenti e dell’intero tessuto urbano rispecchia esemplarmente il processo evolutivo storico, antropologico, culturale e artistico di cui è stata protagonista” (Dezzi Bardeschi, 1998:49).

Così le misure di salvaguardia dei centri e quartieri storici si estendono ad un’area sempre più vasta, necessitando, per essere efficaci, di “far parte integrante di una politica coerente di sviluppo economico e sociale ed essere prese in considerazione nei piani di assetto del territorio e di urbanistica a tutti i livelli.” (Carta di Washington).

Questa evoluzione semantica si traduce nello specifico caso della città di Roma in una estensione del perimetro della tutela che passa da 1000 a circa 7000 ettari. In questo nuovo perimetro, il PRG vigente (PRG, 2008) differenzia tra:

- Città storica entro le mura: riconducibile alla porzione di

1. Concetti che iniziano a delinearsi nell’urbanistica tedesca di Sitte e Stübben e che continueranno a svilupparsi dai primi decenni del XX secolo.

2. Redatta nel 1987 (Consiglio Internazionale dei Monumenti e dei Siti 1987) ‘a completamento’ di quanto esposto nella *Carta internazionale sulla conservazione ed il restauro dei monumenti e dei siti*. (Venezia, 1964).

3. Tralasciamo ora la “rete diffusa di piccoli segni” che è circoscritta a testimonianze isolate “e che costituisce l’armatura più qualificante dell’intera città esistente esterna alla città storica più densa e compatta.”

4. “[...] si tratta di piccoli interventi di rammendo che possono innescare la rigenerazione anche attraverso mestieri nuovi, microimprese, start up, cantieri leggeri e diffusi, creando così nuova occupazione. Si tratta solo di scintille, che però stimolano l’orgoglio di chi ci vive. Perché come scriveva Italo Calvino «ci sono frammenti di città felici che continuamente prendono forma e svaniscono, nascoste nelle città infelici»”. (Piano, 2014).

5. Vuoti urbani come quelli reinterpretati nel testo *Roma Interrotta* frutto di un progetto nato nel 1978 da Pietro Sartogo per ri-pensare ad una nuova Roma, intervenendo direttamente sul nucleo storico della città. Il progetto prendeva in esame l’area descritta nella pianta di Roma di Giovan Battista Nolli, proponendo dodici progetti di ‘ricucitura’ urbana di dodici architetti - Piero Sartogo, Costantino Dardi, Antoine Grumbach, James Stirling, Paolo Portoghesi, Romaldo Giurgola, Robert Venturi, Colin Rowe, Michael Graves, Leon Krier, Aldo Rossi, Robert Krier -. La mostra allestita ai Mercati Traianei di Roma è stata negli anni riproposta al Cooper Hewitt Museum di New York, nell’Architectural Association

città “di antico impianto che si è conformata sulla struttura urbana romana, sul suo utilizzo medievale e sulle trasformazioni e addizioni moderne preunitarie e che, nella fase di espansione pianificata post-unitaria realizzata prevalentemente in base alle previsioni del piano del 1883, ha registrato una progressiva saturazione delle aree libere lungo i margini murari con la conseguente scomparsa di ville e giardini.”

- Città storica dell’espansione “extra moenia, conseguente al piano del 1909 e ad alcune espansioni successive al piano del 1931, costruitasi su previsioni pianificate ma anche sulla base di processi impreveduti e spontanei, varianti urbanistiche o modifiche regolamentari.”<sup>3</sup>

All’interno di questo perimetro devono essere messe in atto azioni di manutenzione e recupero a cui si affiancano interventi di ridisegno dello spazio aperto esterno, di piazze e strade (art 20 NTA del PRG vigente), ovvero di quella porosità diffusa che costituisce la componente strutturale dei diversi impianti insediativi.

Questo ‘rammendo’, richiamando e reinterpretando una ormai celebre frase di Renzo Piano<sup>4</sup>, dovrebbe risanare quelle discordanze tra pieni e vuoti, tra aree aperte e fronti costruiti che hanno dato vita, a seguito delle continue stratificazioni che la città storica ha subito, a “vuoti urbani”<sup>5</sup>, a “non luoghi”<sup>6</sup>, “zone grigie prodotte dal metabo-

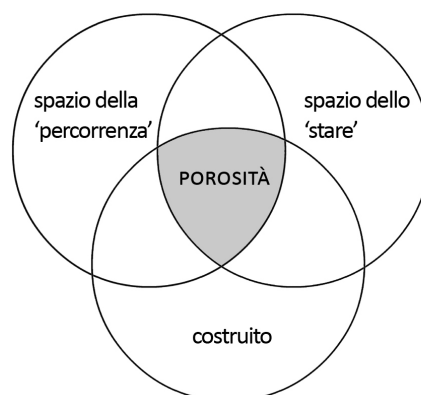


Figura 1. La porosità dello spazio urbano.

lismo urbano” (Vitiello, 2012) che vanno trasformate da “negative” a “positive space”<sup>7</sup> (Alexander, 1977: 518) riconfigurandone il corretto equilibrio<sup>8</sup>.

Intervenire in questo ‘spazio unitario’ sarà come tessere una tela fit-tissima ed articolata dove  $n$  gradi di libertà -la trama- si intrecciano a  $n$  gradi di vincolo- l’ordito- individuando e valutando ogni limite come peculiarità dello spazio stesso e indirizzando l’intervento, nei limiti delle libertà progettabili, verso la ridefinizione degli stessi elementi spaziali (superfici ed allestimenti<sup>9</sup>) con cui l’uomo è abi-tuato a definire il suo spazio domestico (Cullen, 1971:20).

In questo meccanismo di ridefinizione ‘minima’ e ‘com-patibile’<sup>10</sup> dello spazio aperto urbano, devono rientrare anche gli aspetti mi-croclimatici, che la densificazione urbana ha compromesso e che sono base delle condizioni di comfort.

Solo così potremmo parlare di ‘miglioramento’ come forma di tu-tela, traslando questa logica di intervento dall’ambito strutturale a quello climatico, come pratica consapevole di ‘conservazione inte-grata’ estesa alle tematiche microclimatiche.

Relazionando queste valutazioni ai diversi livelli di tutela cui i tes-suti sono sottoposti, si dovrà, pertanto, definire una matrice delle ‘zone di invarianza’ (dove non è possibile intervenire) e delle ‘zone di labilità’ (per le quali invece è possibile selezionare una casistica di modalità di intervento)<sup>11</sup> anche al di fuori di quelli che il Piano definisce come “Ambiti di valorizzazione”(NTA PRG, 2008).

di Londra, nel Centre Georges Pompidou di Parigi, nell’Centro de Cultura Contemporanea di Barcel-lona. Ultimamente il lavoro è stato esposto alla Mostra Internaziona-le di Architettura di Venezia del 2008 e riproposto nel 2014 in una mostra allestita presso il MAXXI *Tra/Between e Roma interrotta*, a celebrazione del fatto che nel 2013 i progetti originali di Roma Inter-rotta sono entrati nelle collezioni del MAXXI Architettura.

6. ‘Non-lieux’ legati a quella ‘surmodernità’ che ha trasformato anche la città storica. (Augè, 2005). A usare per primo, nel titolo di un suo libro, l’espressione ‘non luogo’ è stato l’antropologo francese Marc Augé nel 1992, collegando il concetto allo spazio amorfo della ‘nuova’ modernità, né identitario, né relazionale, né storico. Eppure in alcune casi questo concetto è rapportabile anche alla realtà della ‘città storica’ ridotta spesso a museo ‘apparente’ di sé stesso con la conseguente perdita di quella socialità che la rendeva centro vitale. Si rimanda, per una tratta-zione più ampia del tema, anche all’ampia letteratura sulla relazio-ne tra città storica e modernità o contemporaneità: dall’interessante



Figura 2. Vuoti urbani in alcuni scatti della città Roma: a) Spazio di circolazione; b) spazio della sosta (slarghi, piazze, ...); c) spazio di transizione aperto/chiuso; d) vuoto racchiuso. La ricerca si incentrerà, prevalentemente, sull’analisi degli spazi di sosta e di circolazione ad essi connessi.

tavola rotonda del 1965 sul tema *Gli architetti moderni e l'incontro tra antico e nuovo* (Pane, 1965), alla visione provocatoria presentata da Koolhaas, emersa nel dibattito tra Rem Koolhaas, Franco Purini e Bernardo Secchi tenutasi nell'Aula Tafuri, presso lo IUAV di Venezia il 7 giugno 2012, pubblicata nel giornale dell'Università con il titolo *Antico e Nuovo. Relazioni pericolose* (Carnevale, 2012), solo per citare alcuni testi.

7. In uno spazio positivo dove c'è "a distinct and definite shape, as definite as the shape of a room, - e dove- its shape is as important as the shapes of the buildings which surround it." è sempre possibile che "the plans have figure-ground reverse" (Alexander, 1977:518-19) in quanto anche l'area tra gli edifici manifesta una sua nitidezza. Analoga conversione gerarchica risulta maggiormente difficile nel caso di spazi indefiniti non dotati di una perimetrazione netta, né tanto meno di funzioni specifiche che ne caratterizzano l'immagine. Questo si ricollega a quanto analizzato nella Gestaltpsychologie (psicologia della forma o rappresentazione) nelle *'leggi di organizzazione percettiva o della configurazione'* (Arnheim, 1997).

8. Equilibrio spaziale ma anche sociale in quanto i rapporti sociali sono motore della definizione dello spazio costruito. Si possono richiamare i lavori di Carmona (2007) *Urban Design Reader* o (2010) *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*; Guidoni (1980), *L'architettura popolare italiana* e (1992) *L'arte di progetta-*

## 7.2 Alcuni studi sul clima urbano della Capitale.

Per la comprensione delle complesse caratteristiche climatiche della Capitale si è voluto, innanzitutto, conoscere localizzazione, caratteristiche e database<sup>12</sup> delle stazioni meteorologiche urbane della città, per poi raccogliere i principali studi sul clima (dai primi lavori di Grillini e Colacino agli ultimi bollettini forniti dal CREA-CMA<sup>13</sup> ed alle ricerche universitarie più recenti, come quelle del Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale o del Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica della Sapienza, Università di Roma), ed associare tali dati alle valutazioni su scala estesa presentate nella Carta della Vulnerabilità della città di Roma.

### 7.2.1 Le stazioni meteorologiche del tessuto urbano: Crea-Cma ed Arpa

La scelta di Roma come caso studio è dipesa soprattutto dalla possibilità di ottenere dati da stazioni di misurazione collocate nel centro cittadino (Figura 3) che possono fornire vari parametri utili per il raffronto tra le condizioni sommitali e quelle a livello stradale, prese attraverso le misurazioni in sito effettuate per questa ricerca. Reperire dati meteorologici specifici del centro città fornisce indicazioni molto più attinenti al dato reale rispetto alla possibilità di utilizzare dati meteorologici di stazioni site al di fuori del tessuto cittadino, spesso in prossimità o all'interno delle aree aeroportuali. Inoltre sono risultate molto utili le valutazioni statistiche relative ai dati climatici riferite sia agli ultimi tre anni, sia agli ultimi dieci anni, fornite dalla stazione meteorologica del CREA-CMA.

Analizzeremo ora nel dettaglio le caratteristiche delle due stazioni prese in esame e una sintesi dei principali dati raccolti ai fini della ricerca.





### Osservatorio meteorologico del Collegio Romano sede CREA-CMA (ex Ucea)

È uno degli osservatori più antichi d'Europa sorto alla fine del XVI secolo come specola astronomica dello Stato Pontificio. (Beltrano, 2012:16). Nel 1782 la strumentazione trovò definitivo alloggio nella torre Calandrelli, costruita per volere di Papa Pio VI, come idonea sede per l'osservatorio (66,4 m s.l.m.) (Figura 4).

L'attività di monitoraggio e raccolta dati risulta ininterrotta dal XVIII secolo, sebbene nel 1854 si registra lo spostamento di alcune strumentazioni nel cosiddetto "nuovo osservatorio" posizionato sulla cupola incompiuta della chiesa di sant'Ignazio, a circa 40 metri di distanza in linea d'aria dalla torre. Nel 1942 tutta la strumentazione venne poi nuovamente trasferita definitivamente nella torre Calandrelli. Significativo è riscontrare come da questa stazione meteorologica si siano registrati dati in maniera continuativa per più di

re le città. Italia e mediterraneo dal medioevo al settecento; di Hillier, *La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto* in Zanella 1988:29-64; di Krier (1990), *Lo spazio della città*; o di Sitte (1889), *City planning according to artistic principles*, per citarne alcuni.

9. Allestimento non come una semplice aggiunta di forme di arredo che esulano dal progetto, ma 'preparazione' dello spazio ad accogliere la nuova funzione. In altre lingue come il francese o lo spagnolo la parola allestimento si traduce con i termini rispettivamente di *préparation* e *preparación*, che rendono maggiormente l'idea di una operazione volta a definire lo spazio per accogliere una funzione, operazione per nulla avulsa dalla progettazione dello spazio stesso.

10. Concetti base del restauro a cui si aggiungono quelli di reversibilità, durabilità e distinguibilità. La compatibilità in questo contesto va intesa non solo dal punto di vista chimico-fisico, ma anche come "concinnitas" o "com-patibilità" (Vitiello 2012:127) ovvero azione in consonanza ed euritmia con l'intorno.

11. *Linee guida per l'uso efficiente*

**Figura 3** Localizzazione delle due stazioni di monitoraggio climatico collocate nel tessuto della città storica di Roma: 1) Osservazioni meteo Collegio Romano CREA-CMA (Unità di Ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura - ex UCEA) Piazza del Collegio Romano; 2) Arpa Lazio (Agenzia Regionale Protezione Ambientale del Lazio), via Boncompagni 101.

dell'energia nel patrimonio culturale. Draft. De Santoli (s.d). Gruppo di lavoro coordinato da Livio De Santoli e Roberto Cecchi.

12. La rielaborazione dei dati raccolti è presentata nel capitolo 9.

13. Meteorologia di Roma a cura di Beltrano M.C. pubblicati dal CREA-CMA (Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura).

**Figura 4.** La Torre Calandrelli oggi. (Lat. 41°53' 54" N Long. 12° 28' 46" E Greenwich) "Si riconosce la finestra meteorica (capannina bianca). In cima alla Torre, sulla destra si vedono il campionatore pollinico, sulla sinistra il palo che sorregge la banderuola e il mulinello di Robinson della stazione automatica; alle sue spalle si intravede l'anemografo meccanico" (Beltrano, 2012:39).  
Fonte foto: M. Scaglione.

Didascalie pagina accanto  
**Figura 5.** A sinistra uno stralcio della pianta del Nolli del 1748; a destra una foto aerea che mostra lo stato attuale del sito. Fonte: Google Earth.

**Tabella 1.** Elenco dei parametri registrati, con relative specifiche (tabella in basso), nella stazione automatica di Roma Collegio Romano, con indicazione dell'unità di misura, dell'intervallo di acquisizione, della tipologia di misura e della modalità di archiviazione. Fonte CREA-CMA 2012 e [http://cma.entecra.it/Banca\\_dati\\_agrometeo/config\\_staz\\_ran\\_rm01.htm](http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/config_staz_ran_rm01.htm)

tre secoli, in una condizione di assetto urbano che dalla data di costruzione della torre ad oggi risulta aver subito pochi cambiamenti. (Figura 5).



Le misurazioni, inizialmente eseguite quattro volte al giorno (7.00-12.00-15.00 e 21.00 Tempo medio locale MLT), vengono attualmente eseguite e registrate ogni ora sia con strumenti della stazione 'tradizionale' sia con strumenti della stazione automatica.

"Per garantire la massima omogeneità possibile con la serie storica delle misurazioni effettuate in passato, i sensori sono alloggiati in posizioni adiacenti alla preesistente strumentazione meccanica, tuttora funzionante." (Beltrano, 2012:40). I dati meteorologici pubblicati sono rilevati con strumentazione automatica, dotata di sensori (Tabella 1) e modalità di acquisizione dati conforme ai requisiti standard raccomandati dal WMO/OMM (Organizzazione Meteorologica Mondiale) e dal RAN (Rete Agrometeorologica Nazionale) nell'ambito del Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (Beltrano, 2012:40). Attualmente la stazione è gestita ed utilizzata dall' Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia Applicate all'Agricoltura conosciuta con l'acronimo CREA-CMA (ex Ucea).





Figura 5

Sensori installati	Unità di misura	Intervallo di acquisizione	Tipo di misura	Massimi e minimi
Temperatura aria a 57 m (*)	°C	60 min.	Istantanea	si
Precipitazione a 63 m (*)	mm	10 min.	Totale	no
Umidità relativa a 57 m (*)	%	60 min.	Istantanea	si
Velocità del vento a 63 m (*)	m/s	10 min.	Media	no
Direzione del vento a 63 m (*)	gradi	10 min.	Istantanea	no
Pressione atmosferica a 57 m (*)	hPa	60 min.	Istantanea	si
Radiazione globale a 63 m (*)	KJ/m <sup>2</sup>	60 min.	Totale	no
Eliofania a 63 m	ore	60 min.	Totale	no

Tabella 1

Variabili meteorologiche	
<b>Temperatura</b> gradi Celsius (°C)	valori minimo e massimo giornaliero registrati nelle 24 ore; valore medio giornaliero calcolato sui valori orari istantanei delle 24 ore; escursione termica della giornata calcolata come differenza tra il valore massimo e il valore minimo; valore medio nella decade e nel mese
<b>Eliofania</b> numero di minuti di sole direttamente visibile	totale giornaliero; valore medio nella decade e nel m
<b>Radiazione globale</b> megajoule su metro quadrato (MJ/m <sup>2</sup> )	totale giornaliero; valore medio nella decade e nel m
<b>Pressione barometrica</b> ettoPascal (hPa)	valore medio giornaliero calcolato a partire dai valori medi orari delle 24 ore valore medio nella decade e nel mese
<b>Umidità relativa</b> (%)	valori medi giornalieri calcolati a partire dai valori medi orari delle 24 ore; valore medio nella decade e nel mese
<b>Precipitazioni</b> millimetri (mm)	totale giornaliero, cioè la quantità totale di pioggia caduta nelle 24 ore; quantità di precipitazione massima caduta in un'ora e l'ora di inizio dell'evento; quantità di precipitazione totale nella decade e nel mes
<b>Vento</b> metri al secondo (m/s)	valore di velocità media giornaliera calcolato sui valori medi orari delle 24 ore; valore di velocità medio nella decade e nel mese; velocità della raffica (massima velocità raggiunta nella giornata); direzione di provenienza prevalente nelle 24 ore.

### Osservatorio meteorologico dell'Arpa Lazio

La stazione gestita dall'ARPA Lazio è ubicata in Via Boncompagni 101, sede dell'Ente, e collocata ad un'altezza di 72 m s.l.m. in un tessuto di espansione otto-novecentesca della Capitale. È dotata di anemometro, termoigrometro, radiometro e pluviometro, come da specifica scheda (Tabella 2).

**Figura 6.** Localizzazione della stazione meteo: Lat. 41°54' 33" N; Long. 12° 29' 48" E (Greenwich)  
**Tabella 2.** Dati relativi alla strumentazione in dotazione. Stazione di riferimento AL007, via Boncompagni. Fonte: [www.arpalazio.net](http://www.arpalazio.net)

Didascalia pagina accanto.

**Figura 7.** Elaborazione dati climatici su Roma, base dati Arpa. Fonte: Enea ([http://clisun.casaccia.enea.it/Profili/\\_images/regioni-mappe/lazioprovin/roma.html](http://clisun.casaccia.enea.it/Profili/_images/regioni-mappe/lazioprovin/roma.html))

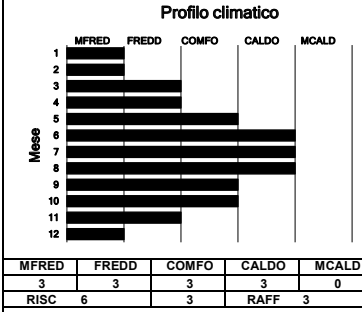


**Tabella 2**

Scheda tecnica - stazione di rilevamento AL007	
Localizzazione	
Nome postazione	ArpaLazio - Via Boncompagni
Rete di Appartenenza	Rete micrometeorologica del Lazio
Coordinate	Latitudine: 41.909317 Longitudine: 12.496543
Altitudine (slm)	72 m
Classificazione della stazione di rilevamento	
Tipo di stazione	Postazione micrometeorologica
Caratteristica della zona	Urbana
Strumentazione	
Tipo di strumento	Modello
Anemometro ultrasonico	Metek USA1 SCIENTIFIC
Pluviometro	Vaisala VRG 101
Termoigrometro	Vaisala HMP 45AC
Radiometro	Kipp & Zonen CNR1

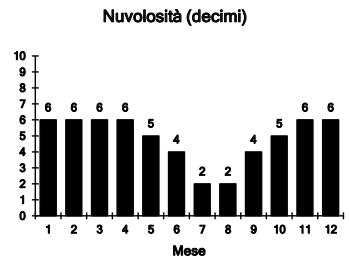
ROMA (RM) **altitudine:** 20 m s.l.m.  
**zona climatica:** D **gradi-giorni:** 1415 **coordinate:** 41°54' 12°29'  
**località:** capoluogo **altitudine:** 56 m s.l.m.  
**area climatica:** 3C **coordinate:** 41°54' 12°29'

ROMA (RM) capoluogo



### TEMPERATURE MENSILI

MESE	MIN		MAX		MED
	MED	ESTR	MED	ESTR	
1	4.0	-1.9	11.1	15.3	7.5
2	4.7	-1.0	12.5	16.8	8.6
3	6.9	1.0	15.3	20.0	11.1
4	9.4	4.7	18.6	23.8	14.0
5	13.1	8.2	23.2	29.0	18.1
6	16.7	12.5	27.5	32.9	22.1
7	19.2	15.2	30.5	35.0	24.9
8	19.1	15.1	30.1	34.5	24.6
9	16.6	11.8	26.6	31.5	21.6
10	12.5	6.4	21.2	26.2	16.8
11	8.4	1.8	15.8	20.7	12.1
12	5.3	-0.8	12.2	16.6	8.7
Anno	11.3	-1.9	20.4	35.0	15.8



### SOLE E NUVOLE

MESE	ELIOF	RADIAZ	NUVOL	GSER
1	3.7	7.1	6	12
2	4.5	9.8	6	11
3	5.4	14.2	6	13
4	6.5	17.7	6	13
5	8.3	21.9	5	15
6	9.6	23.6	4	18
7	10.8	23.7	2	24
8	9.7	20.6	2	24
9	7.7	15.8	4	19
10	5.9	11.4	5	15
11	4.2	7.6	6	12
12	3.5	5.7	6	11
Anno	2433	5460	4.8	187

### VENTO

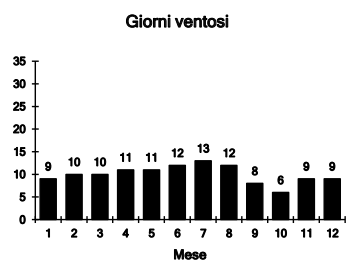
MESE	DIR	FORZ	GVEN	V MED	V MAX
1	N	NE	9	3.7	5.4
2	N	S	10	3.9	5.7
3	N	S	10	3.9	5.6
4	SO	S	11	4.0	5.6
5	SO	S	11	4.0	5.3
6	SO	S	12	4.1	5.5
7	SO	O	13	4.3	5.7
8	SO	O	12	4.2	5.6
9	SO	N	8	3.7	5.1
10	N	S	6	3.4	4.9
11	N	S	9	3.7	5.3
12	N	NE	9	3.7	5.4
Anno			120	3.9	5.7

### PRECIPITAZIONI

MESE	PRECIP	GPIOV
1	75	9
2	65	8
3	67	9
4	63	8
5	51	6
6	34	4
7	14	2
8	24	2
9	64	5
10	113	9
11	108	10
12	90	10
Anno	768	82

### UMIDITA'

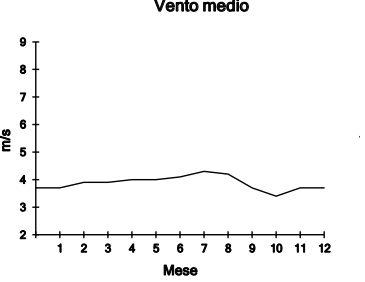
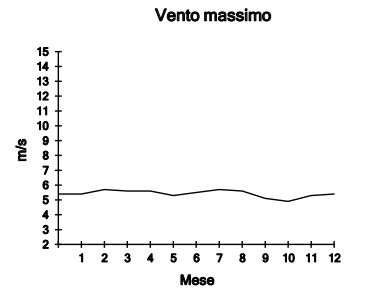
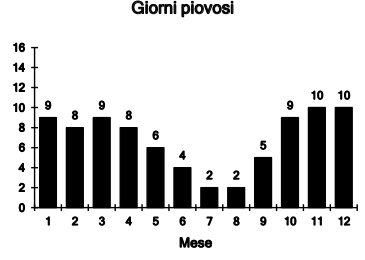
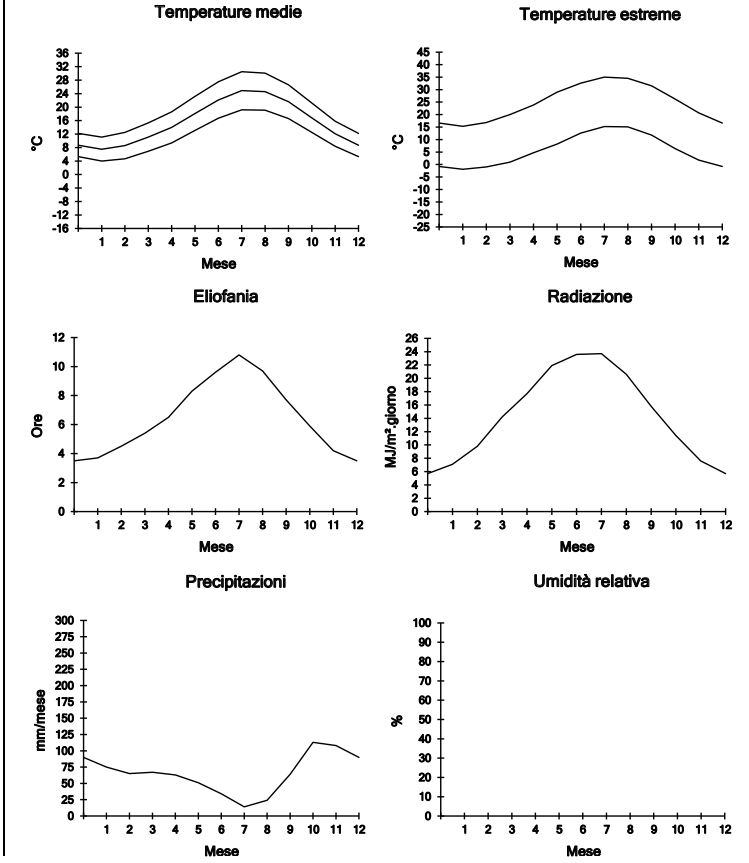
MESE	UR MIN	UR MAX
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
Anno		



**Temperatura** °C  
**Radiazione giornaliera** MJ/m²  
**Eliofania** ore e decimi di ora  
**Nuvolosità** decimi di cielo coperto  
**Velocità** m/s  
**Precipitazioni** mm/mese  
**Umidità relativa** %

**GSER** numero di giorni sereni  
**GVEN** numero di giorni ventosi  
**GPIOV** numero di giorni piovosi

ROMA (RM) capoluogo



### 7.2.2 Isola di calore nella città di Roma: dai primi studi ad oggi.

Nel caso specifico della città di Roma, vengono di seguito analizzati alcuni dei principali studi che, dalla fine degli anni settanta fino ad oggi, analizzano il fenomeno dell'UHI su base annua.

B. Grillini nel 1978 riporta una differenza della temperatura media tra il centro città (Osservatorio meteorologico Collegio Romano) e Ciampino (aeroporto) pari a 0,8°C.

Colacino e Dell'Osso (1978), analizzando lo sviluppo della circolazione di brezza di mare in una vasta area che dal litorale arriva sino agli Appennini, hanno registrato che nella stagione estiva alle ore 06:00 la temperatura superficiale delle zone rurali era di 13°C mentre in città si registravano 18°C; alle ore 13.30 ad una temperatura di 36°C in area rurale corrispondeva una temperatura di 50°C in area urbana.

“A tale distribuzione delle temperature corrispondeva, da un punto di vista anemologico, la totale assenza della brezza di terra, mentre quella di mare iniziava nelle ore diurne a partire dalle 08:00 e presentava un picco di velocità pari a 8m/s alle ore 15:00.”

Tale brezza marina, che a Roma prende il nome di Ponentino presente nelle ore serali estive, pur incuneandosi nell'entroterra fino ad una distanza di 50km dalla costa, risulta comunque ridotta per l'effetto dell'attrito e dalla presenza dell'isola di calore urbana. (Colacino e Baldi 1991)

Colacino e Lavagnini (1982), analizzando i dati ricavati da una rete di dieci stazioni di rilevamento, in un periodo di 10 anni, dal 1964 al 1975, registrano valori massimi di UHI pari a circa 2.5°C per la stagione invernale (mese di febbraio) e 4.3°C per la stagione estiva (mese di luglio) (Tabella 3).

In particolar modo nelle prime ore del pomeriggio, mentre la temperatura superficiale del mare subisce un leggero innalzamento portandosi a 21°C, nelle zone rurali si registrano temperature superficiali intorno ai 35°C mentre in città la temperatura arriva fino ai 50°C. (Figura 8)

Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	Set	ott	nov	dic
$\Delta T$	2.5	2.5	2.3	3.2	4.1	3.9	4.3	3.6	3.5	3.7	3.0	4.0

Tabella 3

14. Il 1782 è il primo anno di funzionamento della stazione meteorologica del Collegio Romano.

Gli stessi autori evidenziano, inoltre, gli effetti prodotti dalla crescita del tessuto urbano sul trend delle temperature minime, massime e medie considerate in un periodo compreso tra il decennio 1782<sup>14</sup>-1794 e il decennio 1971-1985. (Tabella 4). Si nota come i valori di

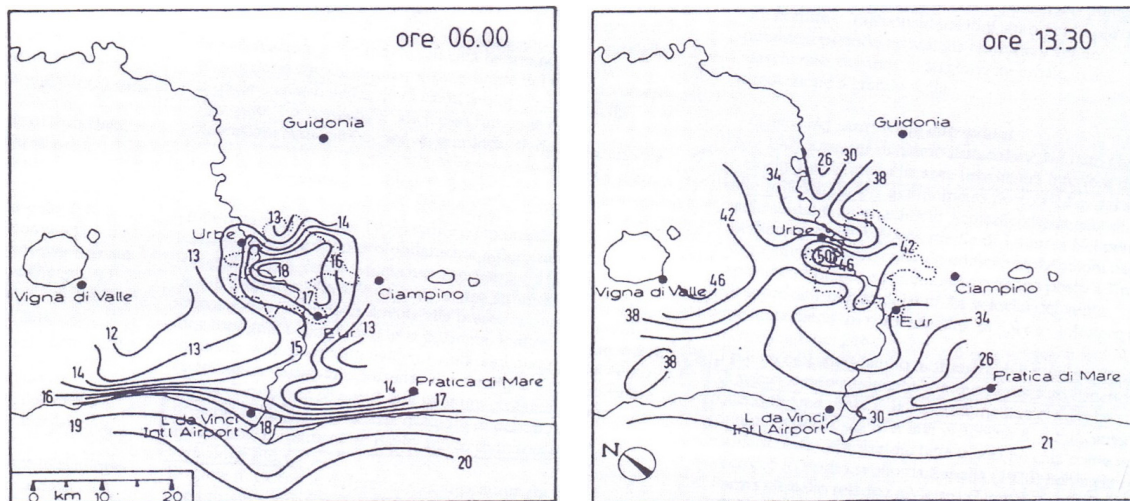


Figura 8

temperatura sia medi che massimi sono piuttosto costanti, mentre la maggiore variazione si nota nei valori minimi in crescita continua. La causa di tale incremento è stata imputata all'espansione del tessuto urbano e dei relativi effetti prodotti dall'attività umana.

Tabella 4

Periodo	T min	T media	T max
1782-1794	-	15.4	-
1811- 1830	-	15.7	-
1831- 1850	10.2	15.4	20.6
1851-1870	10.8	15.2	20.0
1871-1890	10.7	15.3	20.2
1891-1910	11.0	15.3	20.2

Tabella 3. Differenza nelle temperature medie mensili minime urbane e rurali in °C. Fonte: Colacino e Baldi (1991).

Figura 8. Isoleone delle temperature superficiali (°C) rilevate con radiometro IR in un giorno estivo a Roma. Fonte: Colacino e Dall'Osso (1978).

Tabella 4. Valori di temperatura su intervalli di 20 anni. Fonte: Colacino e Baldi (1991).



15. Come indicato nel capitolo 2, il dato potrebbe essere maggiormente condiviso se modificassimo l'unità di misura indicata nel testo (Colacino e Baldi 1991:31): da m/s a Km/h. In questo caso 9,8 Km/h corrisponderebbero a 2,7 m/s.

1911-1930	11.3	16.0	20.5
1931-1950	11.6	16.1	20.7
1971-1985	11.9	16.0	20.3
1971-1985	11.8	15.9	19.9

Dall'elaborazione dei dati raccolti, i due autori hanno desunto che "nella regione nel suo complesso il campo del vento e la temperatura, legati fino a quote di 400-500m al ciclo diurno dovuto al riscaldamento superficiale, rappresentano la situazione fondamentale alla quale è sovrapposta, nella zona centrale- corrispondente alla città di Roma- l'effetto dell'isola urbana di calore. Essa è caratterizzata da una struttura a cupola il cui vertice è situato a circa 300m di quota ed è in grado di modificare il campo del vento agendo come un *drag* di notevole intensità" (Colacino e Baldi 1991:29)

Tale isola di calore sommitale (BLHI) è presente sia nel periodo estivo che invernale ed è maggiormente pronunciata durante le ore notturne (6°C), riducendosi nelle ore di maggiore soleggiamento (2-3°C), sebbene il fenomeno di isola di calore sia presente in tutte le ore del giorno. La temperatura comunque raggiunge valori massimi intorno alle ore 14:00 a differenza delle aree rurali dove tale valore massimo si raggiunge intorno alle 12:00.

Va inoltre fatto un breve accenno a quanto già trattato nel capitolo 2. In base ad una relazione matematica [ $U_{lim} = 3,4 \log P - 11,6$ ], Colacino e Baldi nel 1991 hanno ipotizzato per la città di Roma un valore limite della ventilazione oltre il quale il problema dell'isola di calore svanirebbe (si intende in questo caso la ventilazione al di sopra del canopy layer) pari a 9,8m/s. Ad oggi, considerando il seppur minimo aumento della popolazione della città di Roma, tale soglia si sposterebbe intorno ai 10m/s. Tuttavia, valutando i dati raccolti dalle stazioni meteorologiche urbane, difficilmente si registrano in area urbana valori che raggiungono i 9-10m/s<sup>15</sup>, pertanto è opportuno chiedersi quanto effettivamente il valore estrapolato dalla formula sia attinente al dato reale (e gli stessi autori manifestano alcune perplessità su questo punto) e soprattutto qual è, invece il dato che può esserci maggiormente utile, ovvero: qual è il valore minimo oltre al quale la ventilazione determina benefici utili a livello microclimatico. (Santamouris, 2007)

Passando poi a studi più recenti, tra quelli consultati, sul fenome-

no di UHI, condotti dal 2006 al 2013 sulla la città di Roma (Bonacquisti, Casale, Palmieri, Siani 2006; Cantelli, Monti, Leuzzi 2008; Fabrizi, Bonafoni, Biondi 2010; Fanchiotti, Carnielo 2011; Pelliccioni, Monti, Gariazzo, Leuzzi 2012), si riporta quello condotto da Salvati (2016)<sup>16</sup> che propone un'analisi sul fenomeno dell'UHI della città di Roma, confrontandone gli andamenti con quanto registrato per la città di Barcellona. Nel lavoro di ricerca vengono presentati dati relativi sia all'isola di calore atmosferica riferita ai rilevamenti effettuati dalle stazioni meteorologiche di via Boncompagni (sede dell'Arpa Lazio) e Ciampino (aeroporto) per l'anno 2013; sia all'isola di calore al canopy layer, riferita ai rilevamenti effettuati da una centralina a livello stradale (via Arenula) tra quelle utilizzate dall'Arpa Lazio per il controllo della qualità dell'aria<sup>17</sup>. Questi ultimi valori misurati a livello stradale indubbiamente risentiranno maggiormente dell'effetto di *trapping* radiativo determinato dalle superfici edilizie.

Nella situazione invernale, l'effetto isola di calore registrato dalle stazioni meteorologiche, posizionate in copertura, presenta la massima intensità nel mese di febbraio con valori pari a 2,4°C intorno alle 15:00-16:00 ora locale. Valutando l'incremento di temperatura misurato dalla centralina di via Arenula (a livello stradale) -rispetto alla temperatura misurata a Ciampino aeroporto- questo raggiunge massimi livelli intorno alle ore 14:00 (Figura 9) e sempre nel mese di febbraio, con un  $\Delta T$  pari a 4,1°C.

Valutando invece la situazione estiva, si registra, a livello di copertura la massima intensità durante la notte (Figura 10) con valori moderati, tra 1,3°C e 1,6°C, rispetto alle temperature misurate nella stazione di Ciampino in tutti i mesi estivi. Maggiori variazioni inve-

16. Tesi di dottorato maggio 2016. Relatori Prof. Ing. C. Cecere, Prof. Arch. H. Coch Roura, Prof. Ing. P. Monti.

17. I dati riferiti alla centralina di via Arenula, riportati nel testo citato, risalgono all'anno 2003.

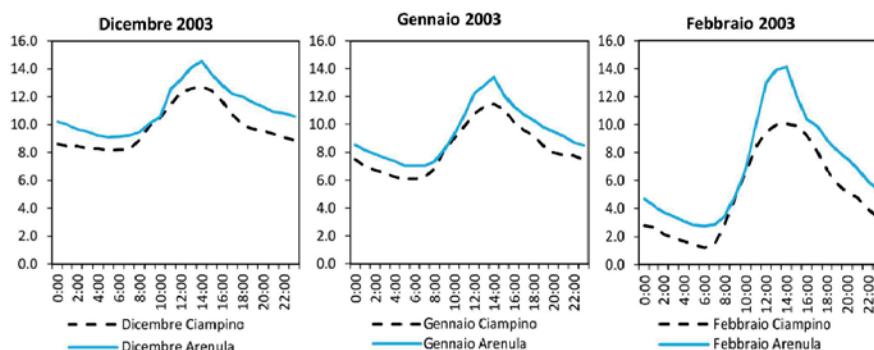


Figura 9a

Figura 9. Temperature orarie medie mensili invernali misurate all'aeroporto di Ciampino (linea nera tratteggiata) e alla stazione di via Boncompagni -anno 2013 (9a) e via Arenula -anno 2003 (9b). Fonte: Salvati (2016)



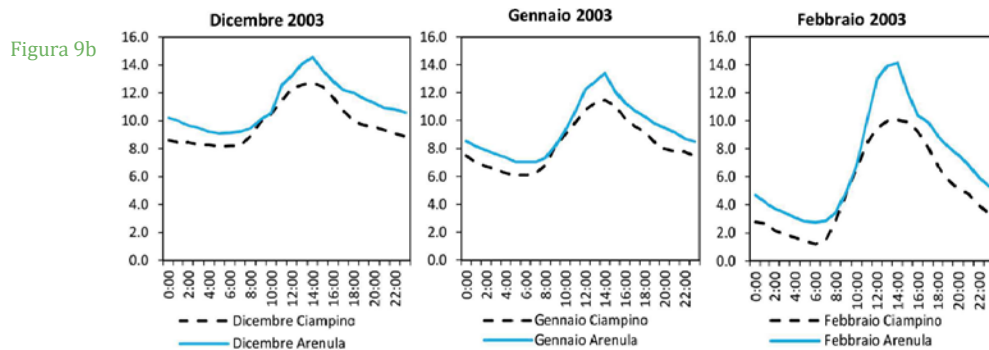
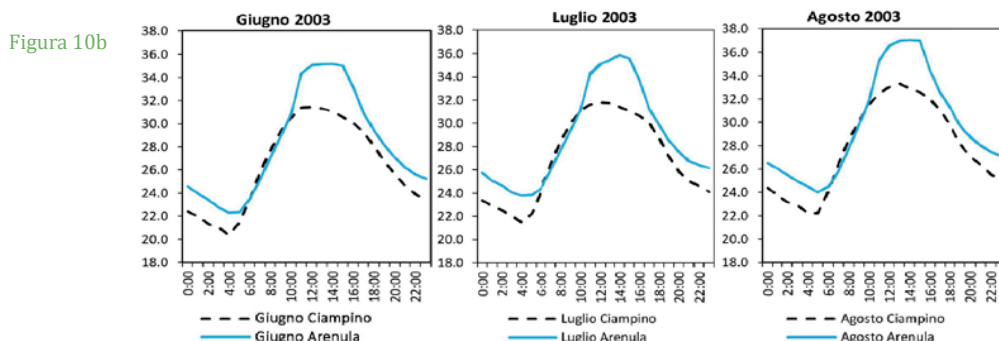
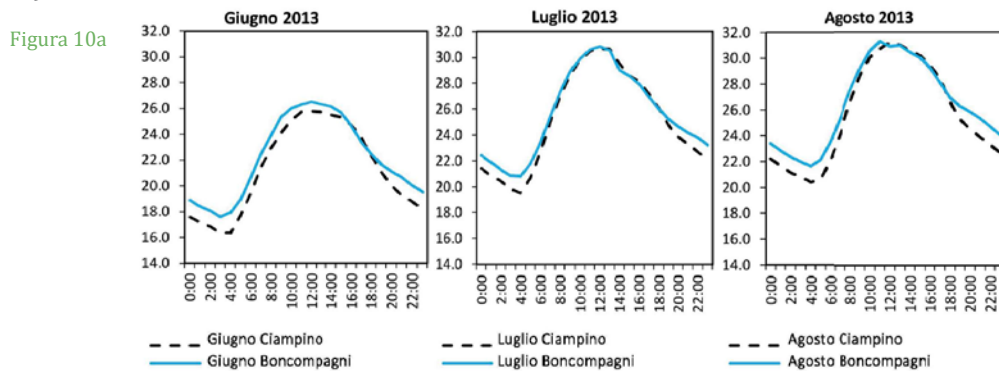


Figura 10. Temperature orarie medie mensili estive misurate all'aeroporto di Ciampino (linea nera tratteggiata) e alla stazione di via Boncompagni - anno 2013 (10a) e via Arenula- anno 2003 (10b). Fonte: Salvati (2016).

ce si registrano sempre a livello stradale prendendo a confronto le temperature misurate dalla stazione di via Arenula con quelle misurate sempre a Ciampino. In questo secondo caso si raggiungono valori pari a 4,5°C di differenza prevalentemente nelle ore 14:00 e 15:00 del mese di luglio.



	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Giugno	Luglio	Agosto
<b>UHI media</b>	1.2	1.1	1.8	1.8	1.8	1.9
<b>UHI massima</b>	2.0	1.9	4.1	4.4	4.5	4.4
<b>orario max (UTC)</b>	14:00	14:00	18:00*	15:00	14:00-15:00	15:00

<b>Boncompagni 2013</b>						
	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Giugno	Luglio	Agosto
<b>UHI media</b>	1.1	0.8	1.8	0.9	0.5	0.8
<b>UHI massima</b>	1.9	1.4	2.4	1.6	1.3	1.5
<b>orario max (UTC)</b>	18:00	19:00	15:00-16:00	4:00	4:00	21:00-5:00

18. Per un approfondimento sui dati raccolti si rimanda al capitolo 9.

In sintesi, pertanto, su Roma si registra un fenomeno di UHI relazio-  
nato al canopy layer – considerando le schematizzazioni di Voogt e  
Oke (1997) quindi al pedestrian level- più accentuato nelle ore del  
primo pomeriggio intorno alle ore 14:00-15:00, fenomeno giustifi-  
cabile se relazionata allo sfasamento temporale del calore assorbito  
durante le ore di maggiore irraggiamento solare. Differente è il dato  
che si registra misurando il fenomeno al *ground level* (sempre con-  
siderando la schematizzazione di Voogt e Oke) in quanto i picchi  
maggiori sono direttamente relazionati alle ore di maggiore irrag-  
giamento solare dell’area e quindi strettamente correlati allo *sky  
view factor*, come confermato dalle misurazioni in sito effettuate da  
chi scrive durante la stagione primavera-estate del 2016<sup>18</sup>.

Altro discorso ancora se valutiamo il fenomeno dell’isola di calore al  
boundary layer, ovvero al livello atmosferico collocato al di sopra  
dell’altezza media degli edifici. Per la valutazione del fenomeno a  
questo livello si è deciso sempre di basarsi sulle elaborazioni con-  
dotte nello studio, sopra riportato, del dott. Ing. A. Salvati, lavoro di  
ricerca condotto su Roma nel 2013 e pubblicato nel 2016.

**Tabella 5.** Isola di calore media  
mensile e media massima valutata  
nella stazione di via Arenula- anno  
2003 (alto) e di via Boncompagni  
-anno 2013 (basso). Fonte: Salvati  
(2016) (\* considerando i valori  
riportati nei grafici il dato orario  
dovrebbe essere modificato in h  
14:00.).

19. Tra i vari contributi pubblicati, si riportano: Filpa (2014) e Filpa e Ombuen (2014) relativi alla Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0.

20. *Exposure, Sensitivity e Impact Analysis, Adaptive Capacity Analysis, Vulnerability Assessment, Risk Ranking* sono passaggi codificati di un'analisi sulla resilienza urbana. (Filpa, 2013)

### 7.2.3 La Carta della Vulnerabilità della Capitale.

La Capitale presenta, già in prima analisi, problematiche assimilabili a quelle di altre grandi metropoli europee: pensiamo ai dati forniti dall'ISTAT relativi alla sensibilità nella città di Roma relazionata all'età media della popolazione (Figura 11), o ai dati sulla capacità adattiva relativa alla quantità di suolo impermeabile (Figura 12), o a quelli forniti dal sistema GMES Copernicus (Figura 13).

Figura 11. La mappa della sensibilità dell'insediamento urbano di Roma illustra la percentuale di popolazione anziana per ogni unità spaziale, desunta dai dati del censimento 2011 dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT). Fonte: Ombuen (2015).

Didascalie pagina accanto.

Figura 12. La mappa della capacità adattiva dell'insediamento urbano di Roma mostra la quantità di suolo impermeabile e, di conseguenza, la capacità nei diversi settori di essere più o meno inclini a fenomeni di inondazioni, e di isola di calore. Fonte: Ombuen (2015).

Figura 13. Urban Atlas Europeo. Fonte: Progetto Copernicus.

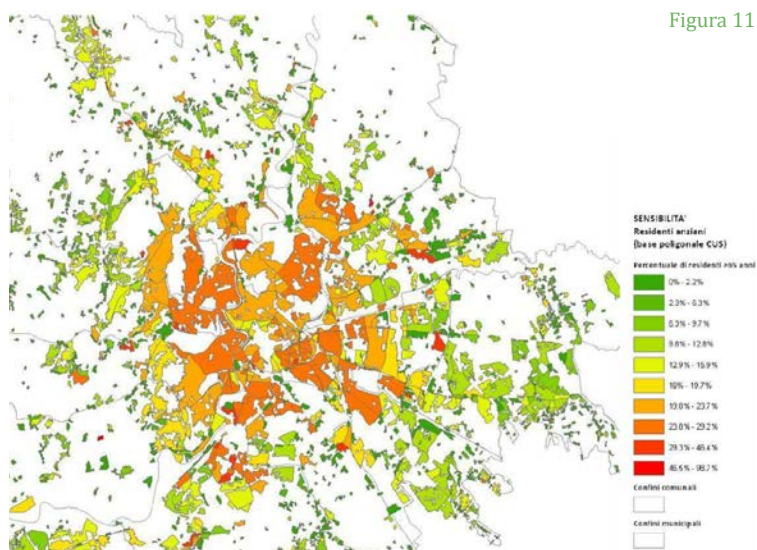


Figura 11

Nel 2014 Roma è stata inserita fra le 100 città al mondo selezionate dalla Rockefeller Foundation per il progetto "100 Resilient Cities" per la diffusione di una cultura della resiliente.

Nell'ambito dell'evento di avvio del programma "Rome Resilient City" è stato presentato uno studio condotto dall'Università di Roma Tre e l'Enea-Utmea<sup>19</sup> che, nell'analizzare l'adattamento degli ecosistemi urbani ai cambiamenti climatici, ha evidenziato i principali fattori di vulnerabilità del tessuto urbano, prendendo a modello proprio la città di Roma. Lo studio ha portato alla definizione di una "Carta di vulnerabilità climatica" della città realizzata su ampia scala, dove vengono valutati valori di esposizione, sensibilità, impatto, resilienza ed infine vulnerabilità dell'invaso urbano<sup>20</sup> della

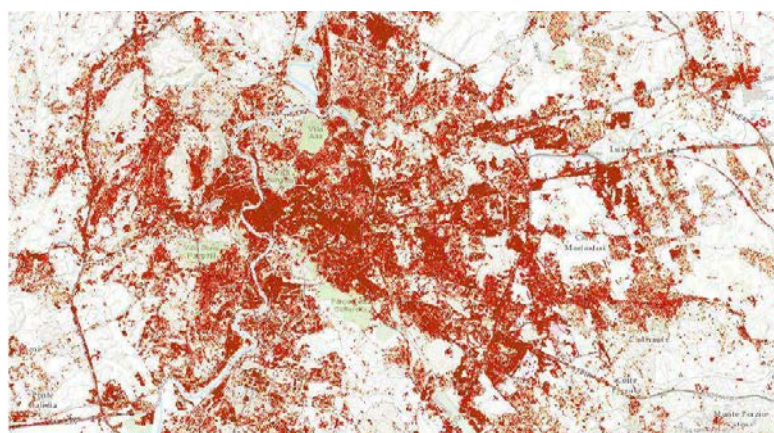
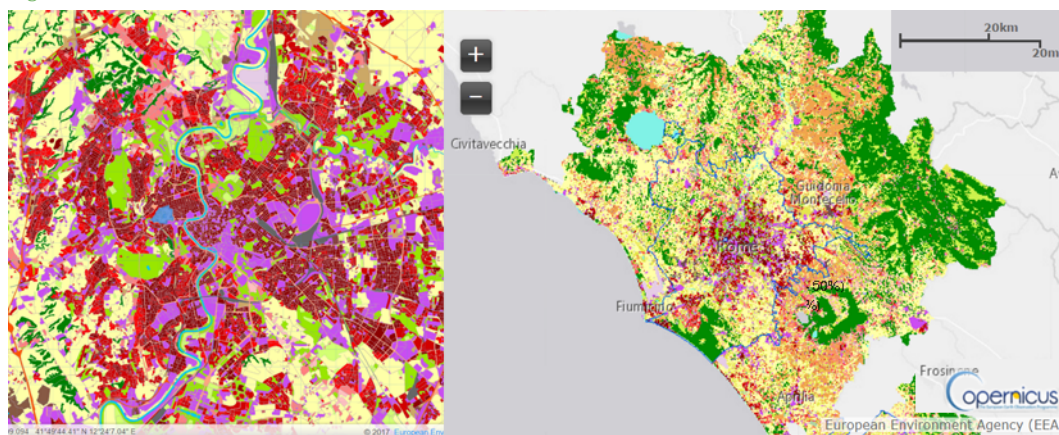


Figura 12

Figura 13



- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Continuous Urban fabric (S.L. &gt; 80%)</li> <li>Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50% - 80%)</li> <li>Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30% - 50%)</li> <li>Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10% - 30%)</li> <li>Discontinuous very low density urban fabric (S.L. &lt; 10%)</li> <li>Isolated Structures</li> <li>Industrial, commercial, public, military and private units</li> <li>Fast transit roads and associated land</li> <li>Other roads and associated land</li> <li>Railways and associated land</li> <li>Port areas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Airports</li> <li>Mineral extraction and dump sites</li> <li>Construction sites</li> <li>Land without current use</li> <li>Green urban areas</li> <li>Sports and leisure facilities</li> <li>Agricultural Areas</li> <li>Forests and semi-natural areas</li> <li>Wetlands</li> <li>Water</li> </ul> |
|---|--|

L'Atlas Urbano Europeo fa parte della componente locale dei servizi di monitoraggio del suolo GMES / Copernicus. Fornisce mappe di utilizzo del suolo affidabili e inter-comparabili ad alta risoluzione per l'area urbana.

Capitale diviso per unità di analisi (UdA), rappresentative di macroaree omogenee. Le singole UdA sono state individuate partendo da fonti cartografiche a varia scala: la Carta Tecnica Regionale (CTR scala 1:5000); la Carta di Uso del Suolo (CUS); la banca dati ISTAT-sezione censimento; la banca dati stradale MultiNet-TeleAtlas. Tali UdA, individuate in numero di 1900, hanno dimensione variabile corrispondente prevalentemente al quartiere o parte di esso, con superficie variabile tra 0,5 ha e 2,66 ha. (Filpa, 2014).

Sommando i fattori di esposizione e quelli di sensibilità ai mutamenti climatici di ciascuna macroarea, e sottraendo a queste cifre specifici indici di resilienza, sono stati identificati degli indici di vulnerabilità, parziali e generali, così da generare una “geografia della vulnerabilità -climatica- dell’insediamento romano” (Filpa, 2014), utile, nelle aspettative del gruppo di ricerca, per la definizione del *Climate Plan* di Roma.

Nel dettaglio, la metodologia adottata deriva da una ricerca EPSON (Epson 2013 Programme) (Figura 14) sulla vulnerabilità delle regioni europee ai cambiamenti climatici (Ombuen, 2015:36) dove si individuano:

- “Esposizione: natura e grado in cui un sistema è esposto alle variazioni climatiche.
- Sensibilità: grado in cui un sistema è affetto da stimoli legati al clima.
- Impatti: conseguenze dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e umani.
- Capacità di adattamento: la capacità di un sistema naturale o umano di adeguarsi ai cambiamenti climatici, a moderare eventuali danni, a trarre vantaggio dalle opportunità, o per far fronte alle conseguenze.
- Vulnerabilità: grado in cui un sistema è suscettibile, o incapace di far fronte, agli effetti negativi dei cambiamenti climatici.”

Da tale metodologia di base è stato individuato un percorso di redazione della Carta di vulnerabilità (Figura 15). Lo studio misura, quantifica e localizza i principali rischi climatici presenti nel territorio della Capitale utilizzando dati satellitari (Lidar, Modis), statistici (ISTAT), di pianificazione (Regione Lazio) e amministrativi (Autori-



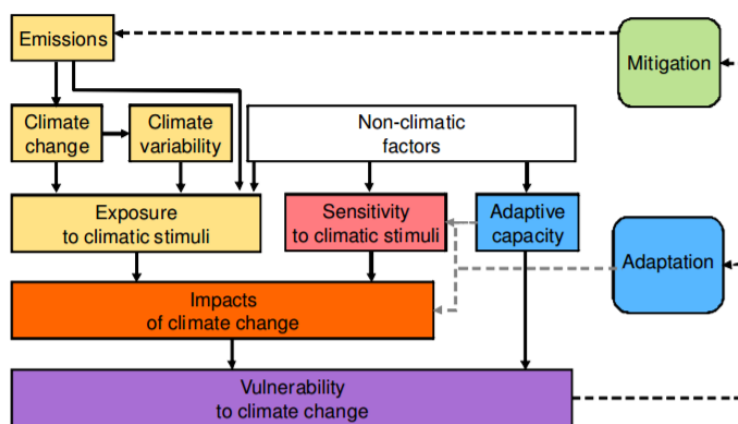
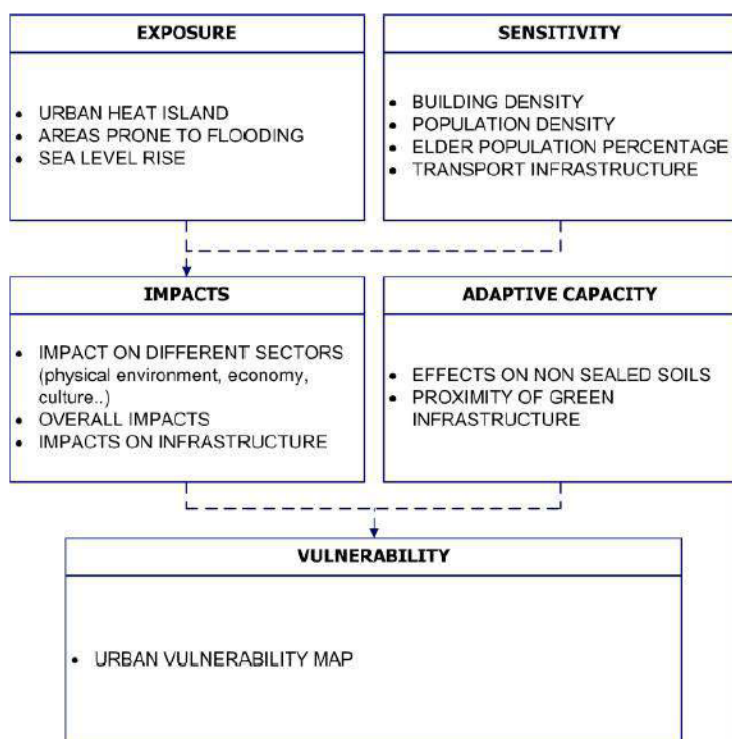
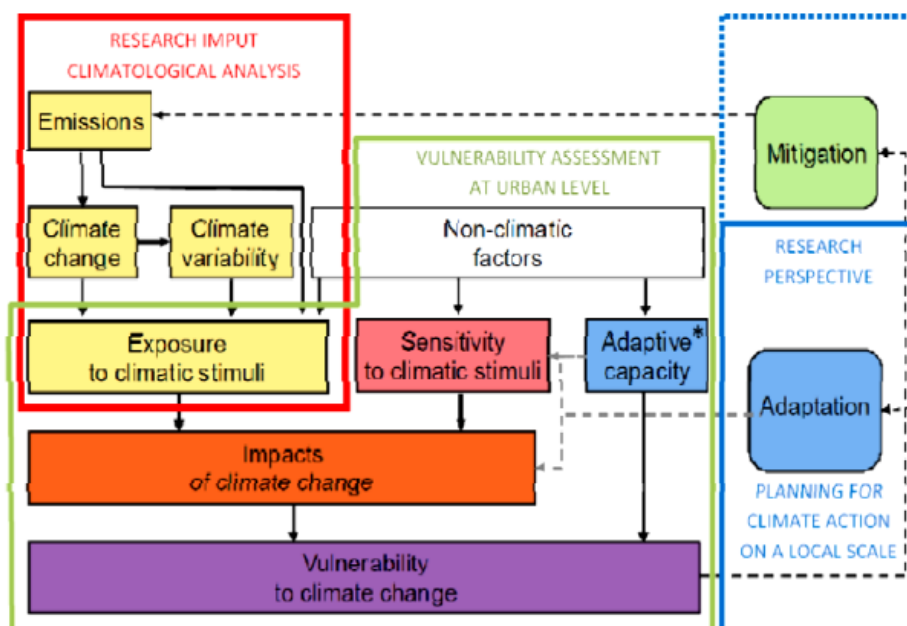


Figura 14. Metodologia di riferimento progetto "EPSON Climate Change research framework". Fonte: Epson applied research 2013-2014.

tà di Bacino del Tevere, Protezione Civile).

L'analisi sull'esposizione ha considerato due mutamenti climatici ritenuti più rilevanti per il contesto, così come emerso dai modelli climatici proposti nella ricerca Epson: l'incremento delle temperature estive, stimato come media annua in 3,6-4°C -incrociando tali dati con i rilevamenti termico-satellitari relativi al picco di calore registrato nel 2003-, e l'aumento dell'intensità delle precipitazioni -stimato in relazione all'incremento della nuvolosità del periodo estivo-.



Per ciascuna Uda, quindi, sono stati calcolati i dati di temperatura e rischio idraulico, classificati poi in *Exposure Maps* (EMs), ed a ciascuna area omogenea sono stati attribuiti valori numerici, tra 0 e 1, da utilizzare nel calcolo di impatto e vulnerabilità.

Figura 15. Collocazione metodologica della ricerca Enea Utmea -Roma Tre nell'ambito della ricerca Epson Climate. Fonte: Filpa 2014 in Ispra Ambiente X Rapporto (2014).

Analoga procedura è stata seguita per la *sensitivity, impact, adaptive e vulnerability analysis*. Per l'analisi della sensibilità urbana sono stati valutati tre fattori prevalenti legati alle caratteristiche urbane (funzioni e densità), alla densità abitativa e all'incidenza della popolazione anziana. Anche in questo caso per ogni Uda sono state de-



finite delle *Sensitivity Factor Maps* e attribuiti degli indici, variabili tra 0 e 1. Per l'analisi degli impatti, considerati come funzione degli indicatori di esposizione e sensibilità, sono state di conseguenza redatte tre *Impact Maps* e relativi indici. A tali fattori analizzati sono stati poi aggiunti dei "riduttori", con variabili numeriche tra 1 e 0,9 dedotte dalle mappe di resilienza (*Resilient Factor Maps*). L'ultimo passaggio ha previsto il calcolo degli indici di vulnerabilità sia parziali (per singolo fenomeno, ottenuti dalla moltiplicazione degli indici di impatto con i relativi indici di resilienza per fenomeno specifico) che aggregati (quali sommatoria degli indici di vulnerabilità parziali). Da ciò sono state elaborate tre *Vulnerability Maps* e una mappa della vulnerabilità aggregata che propone l'immagine dell'intera città. (Filpa, 2014).

Dalla lettura dell'elaborato di sintesi (Figura 16) emerge la maggiore vulnerabilità dei tessuti storici (soprattutto quelli nord orientali) al cambiamento climatico, dato in linea con quelli registrati in altre realtà europee, in quanto i tessuti centrali, rispetto alle aree periferiche meno densamente edificate, risultano maggiormente colpiti, per densità edilizia e mancanza di aree naturali, dal fenomeno dell'isola di calore.

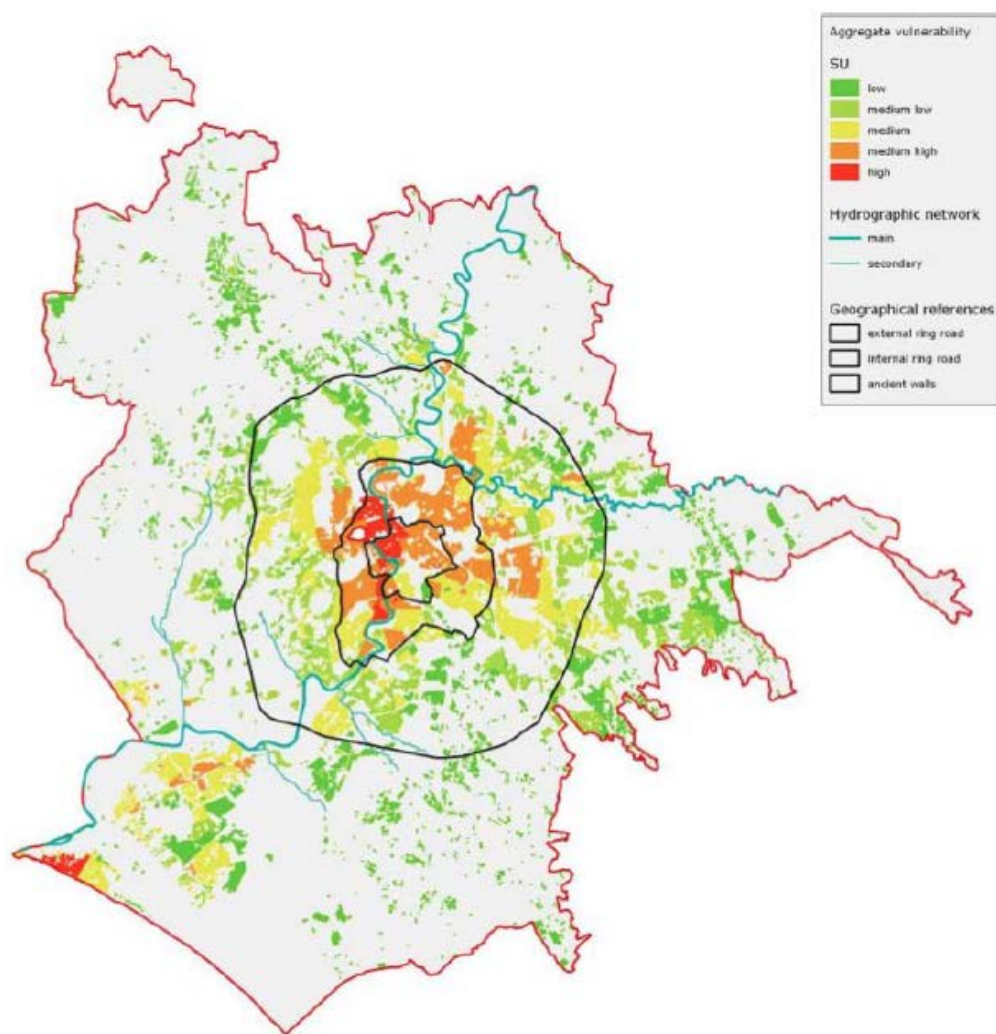


Figura 16. La Carta della Vulnerabilità Climatica di Roma 1.0. Le tre circonferenze rappresentate nella cartografia graficizzano la perimetrazione delle mura storiche della città (la più interna), il sistema delle tangenziali e il tracciato del Grande Raccordo Anulare (la più esterna). Fonte: Rapporto di ricerca CVCR 1.0, Dip. di Architettura dell'Università di Roma Tre, 2014, in Filpa e Ombuen (2014).



#### *ABSTRACT*

The chapter presents a re-elaboration of some fundamental tools for investigating the urban fabric: the survey scale and the morphometric classification of the analyzed areas.

In the first part a new scale of investigation will be presented, defined as a *micro-local scale*, which responds to the need to identify a perimeter in line with the research needs, mainly anemometric, of the site and its subsequent spatial redefinition.

The second part analyzes the morphometric characteristics of the historical city of Rome, data that will be used to rework a morphometric classification specific to the Capital, RLCZ - *Rome Local Climate Zone*. The elaboration of this new morphometric classification will be the basis for the definition of the new parametric models, which we will analyze in the following chapters.

Finally, in the light of these reworkings, the main selection criteria for the areas of investigation will be identified and the 10 selected areas will be presented in the fabric of the historic city of Rome.

## CAPITOLO 8 Nuova scala di indagine e ridefinizione dei parametri morfometrici per i tessuti storici.

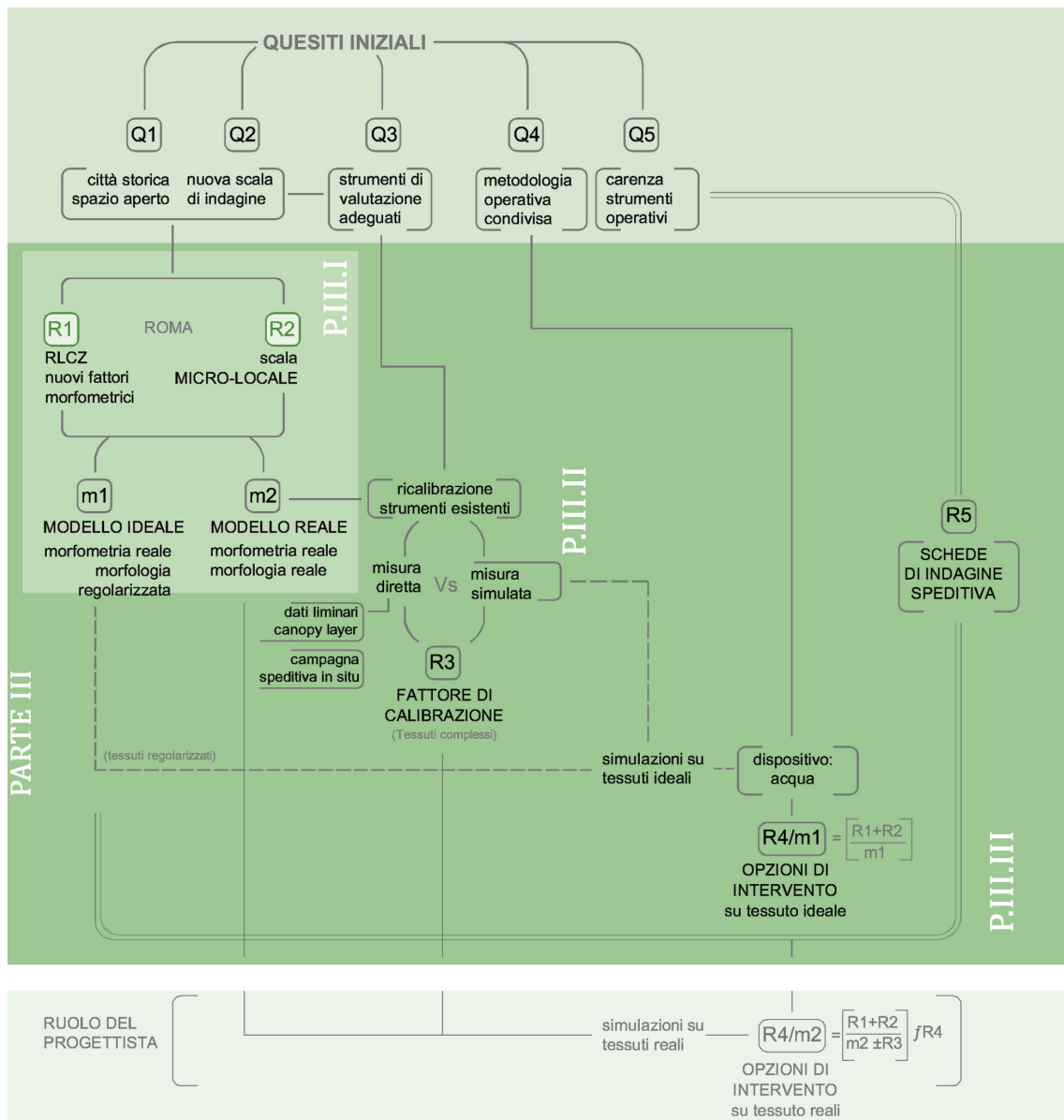
### ABSTRACT

Il capitolo presenta una rielaborazione di alcuni fondamentali strumenti di indagine del tessuto urbano: la scala di indagine e la classificazione morfometrica delle aree analizzate.

Nella prima parte verrà presentata una nuova scala di indagine, definita *scala micro-locale*, che risponde all'esigenza di individuare una perimetrazione consona alle necessità di indagine, principalmente anemometrica, del sito e alla sua successiva ridefinizione spaziale.

Nella seconda parte vengono analizzate le caratteristiche morfometriche della città storica di Roma, dati che serviranno per rielaborare una classificazione morfometrica specifica per la Capitale, RLCZ - *Rome Local Climate Zone*. L'elaborazione di questa nuova classificazione morfometrica sarà alla base della definizione dei nuovi modelli parametrici, che analizzeremo nei capitoli successivi.

Infine alla luce di queste rielaborazioni, verranno individuati i principali criteri di selezione delle aree di indagine e presentate le 10 aree selezionate nel tessuto della città storica di Roma.



Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralcio della mappa concettuale della ricerca.

## 8.1 La scala micro-locale: definizione della nuova scala di indagine.

Le scale prevalentemente utilizzate per l'analisi urbana sono la microscala, la scala locale e la mesoscala (Oke, 2006) (Figura 1):

- la *microscala* analizza più strettamente il rapporto tra uomo e spazio aperto, considerando che ogni superficie od oggetto possiede un suo specifico microclima. Questa scala riguarda le dimensioni di singoli edifici, o specifici e limitati tratti stradali, corti interne, etc..., tenendo conto delle perturbazioni del flusso d'aria causate da piccoli ostacoli, da variazioni di superfici e temperatura presenti a brevi o brevissime distanze;
- la *scala locale* include, invece, le caratteristiche del paesaggio, a livello topografico, peculiari di singole porzioni di tessuto, come i quartieri, definite da simile conformazione morfologica, escludendo invece le piccole variazioni;
- la *mesoscala* analizza il clima di un'intera città, tipicamente estesa a decine di chilometri. A questa scala una sola stazione meteorologica non è in grado di rappresentare le caratteristiche di tutta l'area.

Pur sottolineando l'importanza di una conoscenza di dettaglio, forniti attraverso l'analisi alla microscala, ed al contempo la panoramica a vasta spettro di quella locale, emerge anche la necessità, in tessuti complessi, di valutare una scala intermedia.

La scala proposta, che si è deciso di definire *micro-locale*, si frappa tra la micro e la scala locale e analizza ristrette porzioni di tessuto urbano 'omogeneo' caratteristiche di spazi urbani complessi, lavorando sulla delimitazione di assi viari articolati che non possono essere visti come invasi isolati, ma letti nei loro rapporti col tessuto limitrofo. (Figura 2 e Figura 3).

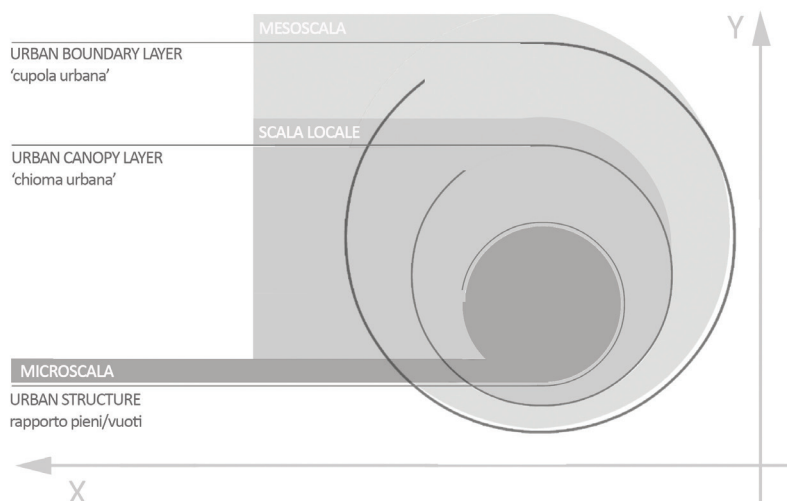
In questo contesto, per spazio urbano complesso si intende la som-



1. Il punto di vista per l'analisi della ventilazione non è quello del costruito ma quello dello spazio aperto quindi fondamentale è la definizione di 'aggregati' di spazio aperto. La cellula di base, di cui parla Hillier nel suo testo *La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto* (Hillier, 1988), nel nostro caso non sarà costituita nel suo nucleo dallo spazio costruito bensì prevalentemente da quello aperto. Più cellule 'aperte' caratterizzano un 'aggregato aperto' che, reinterpretando le parole di Caniggia (Caniggia e Maffei 1983:123) è quell'insieme di spazio aperto che "si è strutturato nel tempo, ricavando dalla processualità intrinseca al suo prolungato strutturarsi, dalla sua stessa storia, un sistema di leggi formative e di progressiva mutazione."

Figura 1. Rielaborazione grafica delle principali definizioni.

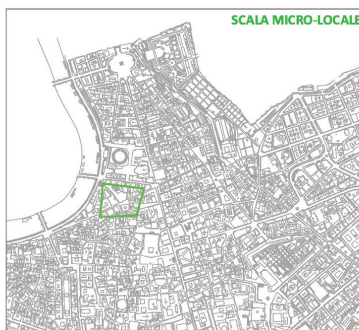
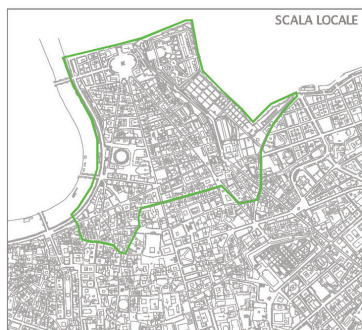
Figura 2. Graficizzazione esemplificativa delle tre scale di indagine. Nel centro la scala micro-locale proposta.



matoria di più aggregati edilizi interconnessi allo spazio aperto 'pertinenziale', come elemento costitutivo del tessuto stratificato, elemento prevalente in relazione allo studio della ventilazione naturale<sup>1</sup>. (Caniggia e Maffei, 1983:123; Hillier, 1988)

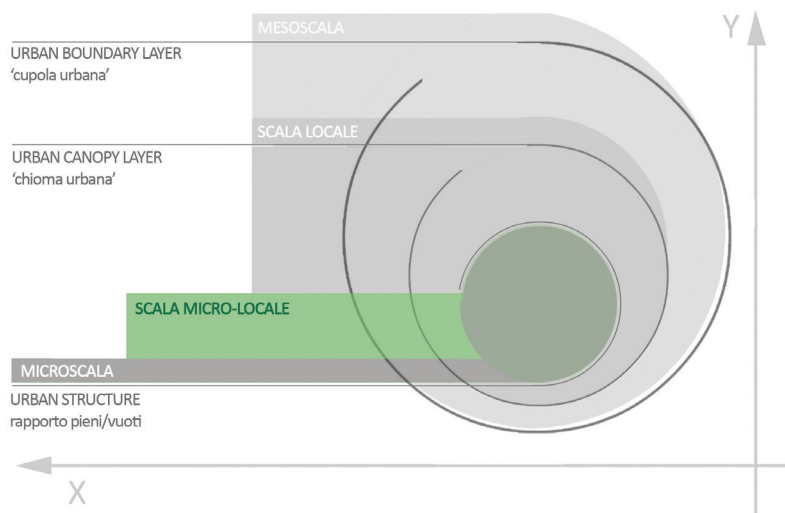
Per il dimensionamento di questa scala è stata definita una 'dimensione funzionale', non una griglia astratta di lettura di tessuti differenti, ma una perimetrazione che si adatta alle diverse realtà, di estensione media pari a 1 ettaro (+/- frazioni). L'area selezionata deve infatti poter variare a seconda delle necessità di analisi strettamente correlate al luogo di indagine.

Funzionale alla scelta della dimensione è stata la sperimentazione delle prime campagne di misurazione in situ su aree selezione della



città di Roma<sup>2</sup>. Questa fase ha permesso di verificare in situ quale fosse la minima superficie di base sufficiente a descrivere il fenomeno anemometrico nel suo complesso, anche in relazione ai tempi di presa delle misurazioni, e delimitare una dimensione tale da racchiudere ambiti caratteristici dei vari tessuti con differenti morfometria e densità edilizie.

2. Su queste aree sono state effettuate delle campagne di misurazione speditiva in situ (Rif. Cap.9) che hanno permesso di perfezionare la definizione di questa scala, potendo, sul campo, valutarne l'adeguato dimensionamento.



### 8.1.1 Perimetrazione della scala micro-locale.

La dimensione della scala micro-locale, qui definita, coincide con la delimitazione dell'area di indagine a cui, per motivi tecnici, è stata aggiunta una seconda perimetrazione esterna di estensione maggiore.

Nel dettaglio, per ogni area selezionata, sono state delimitate due perimetrazioni:

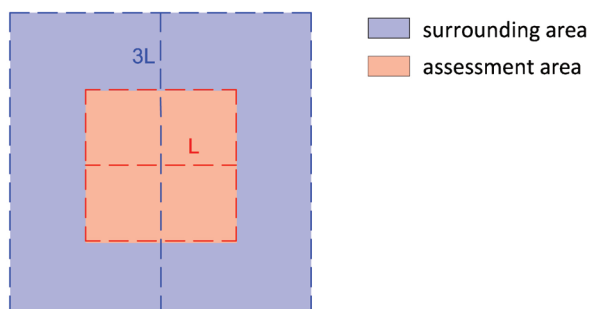
- *assessment area*: l'area di indagine specifica di estensione pari ad 1 ettaro (+/-frazioni), della quale si ricercano i dati climatici;
- *surrounding area*: superficie esterna di raggio triplo rispet-

Figura 3. Collocazione del nuovo livello della scala proposta.

3. Come si vedrà nel capitolo 9, è necessario per la costruzione del modello computazionale impostare un'estensione maggiore dell'area di indagine per diminuire le alterazioni nelle aree laterali del modello stesso. L'estensione di questa fascia di bordo è stata stabilita a seguito di varie prove effettuate su tessuti campione. Per un approfondimento sulla scelta dimensionale effettuata si veda il capitolo 9.3.

4. Rif. scheda di approfondimento, Capitolo 3.

to alla prima, necessaria per valutare l'influenza dell'intorno e ridurre le alterazioni sul modello computazionale derivanti dalla limitazione di estensione dell'area. (Figura 4)

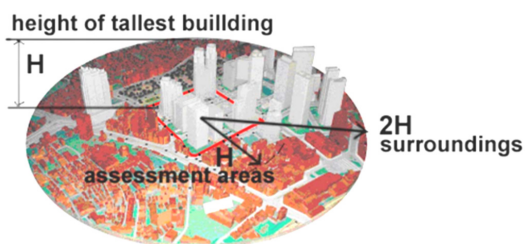


La scelta di individuare una perimetrazione dell'area selezionata che comprendesse una superficie maggiore di quella di interesse (*surrounding area*) dipende prevalentemente dalla necessità di ridurre in fase di utilizzo dei programmi di simulazione del flusso di vento, le alterazioni di calcolo tipiche delle superfici di limite del modello tridimensionale, alterazioni che comporterebbero delle non esatte valutazioni del fenomeno<sup>3</sup>. Ovviamente quest'ampliamento dell'area di calcolo non ha ripercussioni sulla definizione dei punti di misurazione diretta in situ e sui valori di superficie coperta, superficie aperta e densità che serviranno per la definizione dei vari modelli parametrici, presentati nel capitolo 10.

Punto di riferimento in questa fase è stato lo studio su Hong Kong, "Sars- Air Ventilation Assessment System"<sup>4</sup>, condotto dal Dipartimento di Architettura della Chinese University of Hong Kong in collaborazione con la Municipalità di Hong Kong. (Figura 5).

Figura 4. Graficizzazione delle perimetrazioni. Nota: la prima perimetrazione più interna (*assessment area*) e la seconda, più esterna (*surrounding area*). I limiti delle aree evidenziate non saranno costituite da assi viari ma dal costruito.

Figura 5. Perimetrazione dell'area di indagine nell'ambito del progetto "Air Ventilation Assessment System".



In questo studio vengono ugualmente proposte due perimetrazioni di cui la più esterna presenta un diametro pari a due volte l'altezza

dell'edificio preso a riferimento. In questo caso la scelta della dimensione dell'area più esterna è dipesa dalla necessità di valutare l'impatto della nuova edificazione (quella individuata nel perimetro rosso in foto) sull'esistente tessuto della città di Hong Kong e quindi la dimensione selezionata si relaziona con l'altezza del nuovo costruito.

## 8.2 Città storica, ridefinizione delle variabili morfometriche.

### *Art.20. Definizione, obiettivi e componenti*

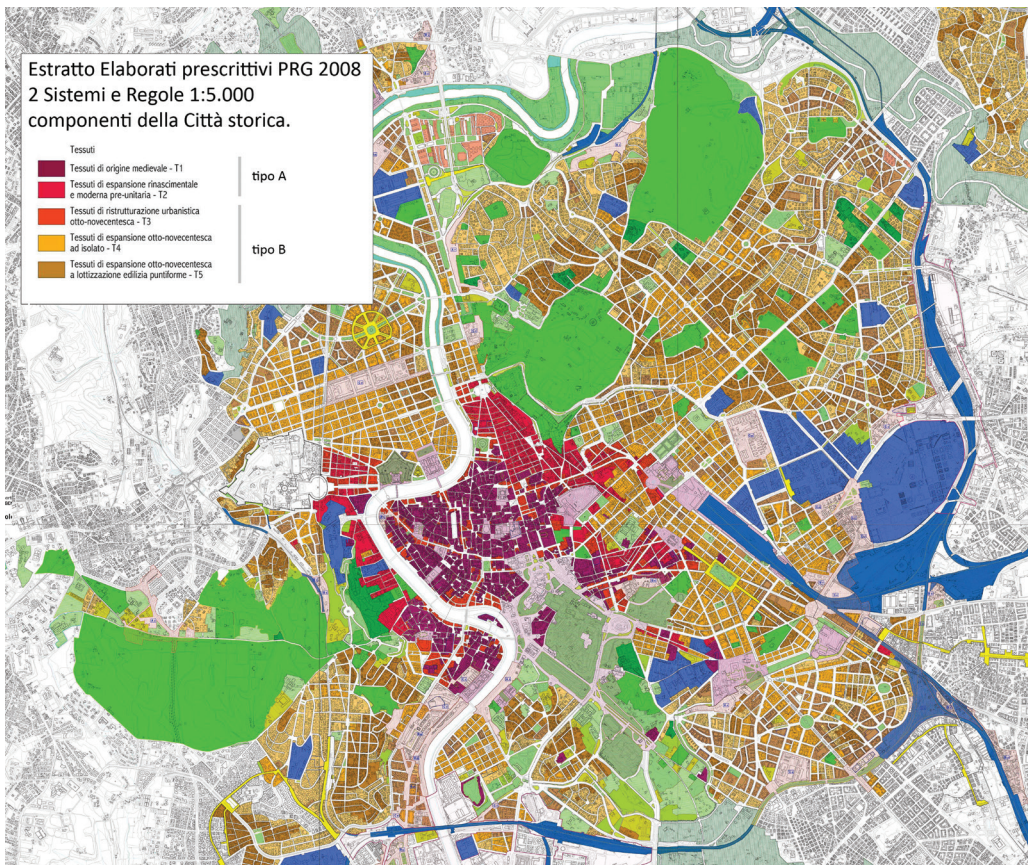
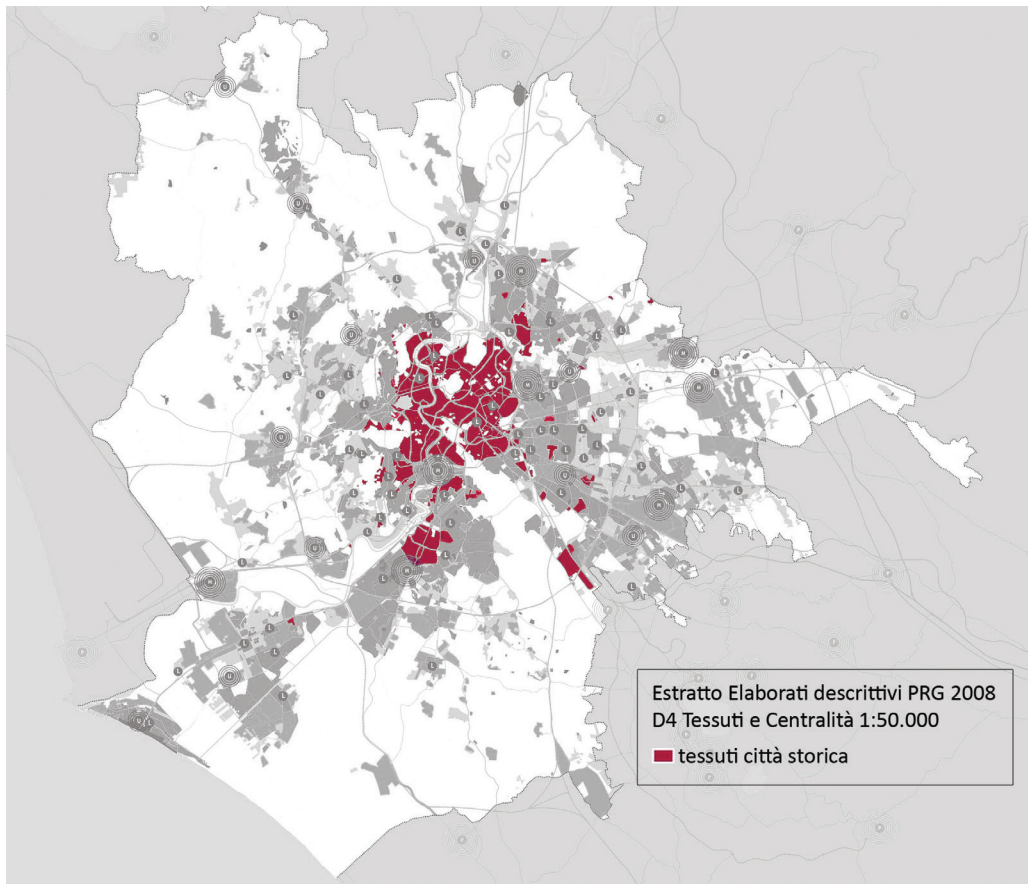
*1. Per Città Storica si intende l'insieme integrato costituito dall'area storica centrale interna alle mura, dalle parti urbane dell'espansione otto-novecentesca consolidata interne ed esterne alle mura e dai singoli siti e manufatti localizzati nell'intero territorio comunale che presentano una identità storico-culturale definita da particolari qualità, riconoscibili e riconosciute dal punto di vista dei caratteri morfogenetici e strutturanti dell'impianto urbano e di quelli tipo-morfologici, architettonici e d'uso dei singoli tessuti, edifici e spazi aperti, anche in riferimento al senso e al significato da essi assunto nella memoria delle comunità insediate. (NTA-PRG 2008)*

La città storica di Roma, come analizzato nel capitolo 7, presenta delle peculiarità costruttive e spaziali, determinate dalla processualità della sua strutturazione, che ne determinano l'essenza. Utilizzando come punto di partenza le descrizioni e le perimetrazioni della città storica proposte nel nuovo Piano Regolatore Generale (Figura 6; Figura 7), andremo a descrivere le principali caratteristiche spaziali e soprattutto morfometriche di tali tessuti, che saranno alla base dello sviluppo di questa ricerca.

Ai fini della ricerca è stata definita una diversa denominazione dei tessuti ricadenti nel perimetro della città storica, dividendoli in due macro gruppi: tessuti di tipo A (sia tessuti di origine medievale A1; sia tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria A2) e tessuti di tipo B (sia di ristrutturazione urbanistica otto-novecentesca B1; sia di espansione otto-novecentesca ad isolato B2; sia di espansione otto-novecentesca a lottizzazione edilizia puntiforme B3) come riportato nella Tabella 1.

Didascalie pagina accanto.  
Figura 6. Elaborati descrittivi, D4 Tessuti e Centralità 1:50.000  
Figura 7. Elaborati prescrittivi, 2 Sistemi e Regole 1:5.000, componenti della Città storica, tessuti.





Tessuto	Prg	Ricerca	
di origine medievale	T1	A	A1
di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria	T2		A2
di ristrutturazione urbanistica otto-novecentesca	T3	B	B1
di espansione otto-novecentesca ad isolato	T4		B2
di espansione otto-novecentesca a lottizzazione edilizia puntiforme	T5		B3

### 8.2.1 Da LCZ a RLCZ: parametri morfometrici dei tessuti storici della città di Roma.

Il tema delle variabili morfometriche che caratterizzano i vari tessuti della città storica è strettamente connesso con la comprensione del fattore anemometrico urbano. Le variazioni di aspect ratio dell'invaso, come visto nel capitolo 2, influenzano prevalentemente intensità e direzione dei flussi.

La letteratura ci riporta, però, come indicato anche nelle valutazioni critiche dello stato dell'arte (capitolo 5), un'immagine di città molto distante da quella europea e, in particolar modo italiana, caratterizzata da differenti rapporti proporzionali e una differente densificazione.

Richiamando quanto presentato nel capitolo 2, si è deciso comunque di sintetizzare i principali valori proposti dagli iniziali schematismi di T.R. Oke (2006) delle UCZ ("Urban Climate Zone"), e le successive rielaborazioni dello stesso Oke in collaborazione con Ian Douglas Steward nel 2012, che hanno portato alla definizione delle "Local Climate Zone" (LCZ) -in cui si ripropongono le stesse classi edilizie presentate da Oke aggiungendone altre relative a diversi tipi di copertura del suolo e materiali- (Tabella 3).

Da quanto analizzato nel capitolo 2, i principali rapporti dimensio-

Tabella 1. Tessuti e loro caratteristiche secondo le indicazioni del PRG di Roma e corrispondenti denominazioni ai fini della ricerca.



nali in termini di rapporto altezza/ampiezza e lunghezza/altezza dei canyon, possono essere schematizzati come segue (Tabella 2):

Rapporti dimensionali	H/W		L/H	
	valore	definizione	valore	definizione
	~0,5	shallow	~3	short
	~1	uniform	~5	medium
	2-4	deep	~7	long

Cercando di incasellare in questa prima classificazione la nostra città storica notiamo che la descrizione maggiormente assimilabile è quella corrispondente alla categoria 2: “zona intensamente e molto densamente urbanizzata, con edifici a 2-5 piani, contigui o molto ravvicinati, spesso di mattoni o pietra (es. centro storico)”.

Se analizziamo, però, nel dettaglio i singoli rapporti dimensionali di questa specifica categoria (la seconda), vediamo che questi sono talmente ampi da portare ad accomunare tessuti che, pur facendo parte della città storica, presentano, se analizzati nel dettaglio, caratteristiche dimensionali molto differenti. Poniamo, ad esempio, a confronto la città di origine medievale (T1 secondo la classificazione del PRG) con quella di espansione otto-novecentesca. Rientrerebbero, ad un primo approccio, entrambe nella classificazione 2, sebbene sono tessuti molto differenti tra di loro. La città di espansione risulterebbe, inoltre, in parte anche rappresentata nella categoria 3, soprattutto per quei tessuti di espansione a lottizzazione edilizia puntiforme. Emerge in sintesi una certa difficoltà di adattamento dei parametri alle nostre latitudini che ci ha spinto a definire delle sottocategorie specifiche tarate sulle caratteristiche reali della città italiana, ed in questo caso specifico, romana.

Pertanto è stato necessario, in prima battuta, comprendere quali tra i fattori proposti potessero essere considerati adattabili per il tessuto europeo e nello specifico, romano, ed in seconda battuta, selezionati dei tessuti caratteristici della Capitale, estrapolare da questi dei nuovi parametri morfometrici (Tabelle 6.1 -6.5 e Tabella 7 di sintesi) caratterizzanti le realtà oggetto di questo studio, quali fattori di forma che influenzano l’andamento dei flussi in ambito urbano.

**Tabella 2.** Principali rapporti dimensionali del canyon urbano desunti dalla letteratura. Fonti: Oke (1988: 105); Allard e Ghiaus (2005:82); Santamouris e Wouters (2006); et al.

Didascalia pagina seguente.

**Tabella 3.** Variabili morfometriche tratte dalla letteratura di settore. Fonte: Oke (2006) (trad. Bonafè 2006), Stewart (2011) e Stewart, Oke (2012).

Composizione

2012

2006

UCZ Urban climate zone		LCZ Local climate zone									
descrizione	classe di rugosità (1)	H/W	% impermeabile	descrizione	SVF (2)	H/W	Building surface fraction (3)	Impervious surface fraction (4)	Pervious surface fraction (4)	Height of roughness elements (5)	Terrain roughness class (1)
1	zona intensamente urbanizzata con edifici separati, ravvicinati, ad elevato sviluppo verticale, con rivestimento (p.es. centro città con grattacieli)	>2	>90	1	Compact high-rise: Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	> 2	40-60	40-60	< 10	> 25	8
2	zona intensamente e molto densamente urbanizzata, con edifici a 2-5 piani, contigui o molto ravvicinati, spesso di mattoni o pietra (es. centro storico)	1.0-2.5	>85	2	Compact midrise: Dense mix of midrise buildings (3-9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	0.3-0.6	40-70	30-50	< 20	10-25	6-7
3	zona molto urbanizzata, a media densità, con edifici in fila o separati, ma comunque ravvicinati (p.es. area residenziale)	0.5-1-5	70-85	3	Compact low-rise: Dense mix of low-rise buildings (1-3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	0.2-0.6	40-70	20-50	< 30	3-10	6
4	zona molto urbanizzata, a densità media o bassa, con edifici estesi e bassi e parcheggi asfaltati (p.es. area commerciale)	0.05-0.2	70-95	4	Open high-rise: Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	0.5-0.7	20-40	30-40	30-40	>25	7-8



5. Nel capitolo 3 abbiamo presentato il progetto Wudapt, "World Urban Database and Access Portal Tools", che mira a costruire una mappatura standardizzata per le città europee, base comune per una condivisione di informazioni. Base di questa mappatura proposta sono le classificazioni definite da Stewart e Oke (2012). Sebbene sia interessante pensare di definire un linguaggio comune tra diverse città, non si condivide, però, la prassi di utilizzare per realtà molto differenti una stessa classificazione morfometrica. Per questo, attraverso il lavoro qui presentato, si vuole proporre un differente approccio al tema, calibrando e ridefinendo le classificazioni di partenza. Si ritiene comunque interessante poter in seguito scambiare il lavoro qui sperimentato e valutare con la community una possibile strada di condivisione.

6. Le misure indicate per ciascun tessuto analizzato sono state desunte utilizzando Google Earth e Google Maps.

Didascalia pagina accanto.

**Tabella 4.** *Rome Local Climate Zone* RLCZ. Valutazione dei principali fattori morfometrici della città storica di Roma- Definizione della nuova classificazione proposta. (Tabella di sintesi riferita ai tessuti analizzati nelle tabelle 6.1-6.5).

**Tabella 5.** Rapporti dimensionali del canyon urbano per la città storica.

Questo processo di analisi e rielaborazione ha portato alla definizione di Local Climate Zone (LCZ) specifiche per il tessuto di Roma, che nell'ambito di questa trattazione verranno definite come RLCZ ovvero *Rome Local Climate Zone* (Tabella 4).

La definizione di questi parametri morfometrici specifici per il tessuto di una città, è alla base del processo conoscitivo, proposto in questa ricerca, che porta alla definizione di possibili scenari di riqualificazione urbana nell'ottica di un miglioramento ambientale. Nello specifico la conoscenza dei rapporti proporzionali e volumetrici dei tessuti urbani ha consentito la definizione di modelli morfometrici specifici che, come si leggerà in seguito, saranno lo scenario di prova di varie tipologie di intervento proposte (Rif. capitolo 10). Nella Tabella 7 vengono riportate le medie dimensionali dei valori analizzati, tessuto per tessuto, che serviranno per la definizione dei nuovi modelli morfometrici.

Tale metodologia di indagine proposta potrà, in seguito, essere riproposta per scenari simili, con analoghe caratteristiche morfometriche o ricalibrata per essere riutilizzata per realtà urbane differenti, partendo, per ogni contesto, da questo primo tassello conoscitivo legato ai fattori morfometrici<sup>5</sup>.

### 8.2.2 Rielaborazioni dell'aspect ratio.

Di seguito vengono riportate schematicamente le principali differenze riscontrate tra la LCZ e la nuova RLCZ:

#### Rapporti $H^6/W$

I rapporti  $H/W$  eccedono quelli riportati dalla letteratura (Tabella 2) e si registrano valori superiori a  $H/W = 2/4$ , rapporto che comunemente definisce un *deep canyon*. (Oke 1988: 105; Allard e Ghiaus, 2005:82; Santamouris e Wouters, 2006; et al. -Rif. Parte II capitolo 2). Per questo motivo si è deciso di incrementare la scala con il valore  $H/W > 4$  qui definito "*more deep canyon*". (Tabella 5)

Rome Local Climate Zone RLCZ									
Tipo di tessuto	Composizione								
	descrizione	Classificazione dei tessuti da PRG	classe di rugosità	H/W*	L/H	SVF	Rapporto di copertura (Sc/Sf)	% impermeabile	
A	A1	zona intensamente e molto densamente urbanizzata, con edifici a 2-5 piani, contigui o molto ravvicinati, spesso di mattoni o pietra (es. centro storico)	di origine prevalentemente medievale	7	deep  more deep 2,83 (5,9-0,5)	medium L/H=5,4 (8,4-3,3)	0,2-0,4  Più vicino al valore + basso	0,63	95-85
	A2	di origine prevalentemente rinascimentale	deep		long L/H=7,2	0,72		85-90	
B	B1	zona intensamente e molto densamente urbanizzata, con edifici a 5-9 piani, contigui o molto ravvicinati, spesso di c.a o misti (espansione)	di ristrutturazione urbanistica 8-900	7	uniform	short L/H=2,3	0,3-0,4  Più vicino al valore + alto	0,47	80-85
	B2	di espansione 8-900 ad isolato	uniform		short L/H=3,2	0,46		80-90	
	B3	Zona mediamente urbanizzata con edifici poco ravvicinati.	di espansione 8-900 a lottizzazione puntiforme		uniform	short L/H=1,9	>0,5	0,36	70-75

\* Il valore riportato è la media tra i valori registrati nei tessuti campione. Tra le parentesi tonde è indicato il valore massimo e minimo.

Tabella 4

Tabella 5

Rapporti dimensionali canyon urbano città storica			
H/W		L/H	
valore	definizione	valore	definizione
~0,5	shallow	1-2	more short
~1	uniform	~3	short
2-4	deep	~5	medium
> 4	more deep	~7	long

### Rapporto L/H

Come prassi comune, nel rapporto tra lunghezza del canyon e altezza dei fronti si considera la lunghezza (L) come “[...]the road distance between two major intersections subdividing/the street canyon, into short (L/H=3), medium (L/H =5) and long (L/H=7)”. (Ahmad et al. 2005:700). Rileggendo questa definizione in relazione al tessuto storico, come ‘maggiori intersezioni’ che delimitano il valore del fattore L potremmo intendere sia incroci con le arterie urbane di maggiore ampiezza rispetto alla media che caratterizza l’invaso analizzato, sia la presenza di slarghi o dilatazioni del percorso che determinano una variazione dell’aspect ratio dell’invaso e di conseguenza un differente comportamento dei flussi. Tale precisazione risponde sempre alla logica di uniformare le definizioni che la letteratura ci riporta -adatte prevalentemente a descrivere tessuti che nella maggior parte dei casi si presentano estremamente più regolari- alla tipicità del tessuto storico che stiamo analizzando.

Anche per la definizione del rapporto L/H è stato opportuno aggiungere un nuovo livello della scala che ci consente di descrivere meglio i tessuti: L/H= 1-2 *more short*. (Tabella 5). Differenti infatti sono i rapporti L/H registrabili, ad esempio, in un tessuto a lottizzazione puntiforme rispetto a quello a piccolo isolato.










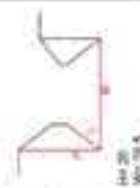










































Figura 8. Rielaborazione dell’aspect ratio attraverso una panoramica di città.

















Tabelle 6.1-6.5 Valutazione dei principali fattori morfometrici della città storica di Roma:

Tipi di tessuti	Distribuzione	C. PUG	Area di intervento	Schemi morfologici del tessuto di riferimento	Classe di righe	HW	LM	SWF	Rapporto di espansione	% Imp.
T1(A)	Via della Fontanella Borghese Tra via di Monte DTro e via del Cavale		41°54'24" N 12°28'20" E		F	3,1	8,4	0,2-0,3	0,60	0,4-0,6
T1(A)	Via della Lupa Tra Largo Fontanella Borghese e via dei Prati		41°54'17" N 12°28'20" E		F	4,9	8,7			
T1(A)	Via di Comense		41°54'12" N 12°28'20" E		F	2,8	3,3			
T1(A)	Piazza Borghese		41°54'17" N 12°28'20" E		F	6,5	-			
Legenda	C. PUG Circoscrizione del tessuto di PUG		Tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria - T2 (A)	Tessuti di espansione all'indietro - T1 (B)	SWF	SWF View Factor	LM	% Imp.	Rapporto di espansione	% Impugnabile
	Tessuti di origine medievale - T1(A)		Tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria - T2 (B)	Tessuti di espansione rinascimentale e medievale all'indietro - T1 (B)	SWF	SWF				
	Tessuti di origine medievale - T1(B)		Tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria - T2 (B)	Tessuti di espansione rinascimentale e medievale all'indietro - T1 (B)	SWF	SWF				

Tavola 6.1. Al tessuto di origine medievale.



Tipici Riscali	Localizzazione	C. (MGL)	Atto di intervento	Schema semplificato della rete di sopravvento	Classif. di risposta	MW	UM	SWF	Requisito di "sostenibilità"	% Imp.
T10A	Via Dignabida tra via Puccio e via dei Frangenti		41°52'30" N 12°28'20" E 	 Area 15 Ww= 5,4 L= 38	F	3,8	5,0	0,2-4,3	0,73	80-90
T10B	Via dei Frangenti		41°52'30" N 12°28'20" E 	 Area 15 Ww= 5,7 L= 47,8	F	4,8	5,3			
T10C	Via della Repubblica		41°52'30" N 12°28'20" E 	 Area 14,5 Ww= 1,78 L= 20,4	F	6,6	4,5			
T10D	Piazza Mattei		41°52'30" N 12°28'20" E 	 Area 28 Ww= 20,5 L= 27 Area= 182	F	6,7	-			
Legenda C. FRO2	Classificazione dei tessuti da FRO2		<ul style="list-style-type: none"> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (A)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (B)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (C)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (D)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (E)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (F)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (G)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (H)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (I)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (J)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (K)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (L)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (M)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (N)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (O)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (P)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (Q)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (R)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (S)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (T)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (U)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (V)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (W)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (X)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (Y)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T2 (Z)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (B)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (C)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (D)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (E)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (F)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (G)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (H)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (I)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (J)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (K)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (L)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (M)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (N)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (O)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (P)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (Q)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (R)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (S)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (T)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (U)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (V)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (W)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (X)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (Y)</li> <li> Tessuti di spaziosità moderata e moderata pre-urbana - T4 (Z)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SWF</li> <li>Day View Factor</li> <li>Requisito di copertura</li> <li>Area Superficie Scatolabile</li> <li>Area Superficie Totale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>% Imp.</li> <li>% Imperscrivibile</li> <li>Per oltre il 10% degli edifici del tessuto</li> </ul>				

Tipo di tessuto	Denominazione	C. PRG	Aree di interesse	Schizzi tecnici contorni di riferimento	Classe di tessuti	HW	LH	SW	Rapporto di copertura*	% Imp
TUM	Via della Longarda		 41°52'21" N 12°28'31" E		7	3,3	5,8	4,3-5,3	0,03	65,88
TUM	Via all'Arco di Tanno		 41°52'27" N 12°28'54" E		7	3	4,2			
TUM	Via di Fiesolano		 41°52'18" N 12°28'27" E		7	3,2	4,4			
TUM	Piazza di Fiesolano		 41°52'27" N 12°28'30" E		7	8,3	-			
Legenda C. PRG	Classificazione dei tessuti del PRG  Tessuti di origine industriale - T(U)  Tessuti di produzione artigianale ultracomplessiva - T(C)  Tessuti di produzione industriale a media ripartizione - T(I)  Tessuti di produzione ultracomplessiva ad uscite - T(A) * Rapporto di copertura = (S <sub>imp</sub> / S <sub>impmax</sub> ) S <sub>imp</sub> = area di copertura S <sub>impmax</sub> = area massima possibile di copertura * Imp = numero di impieghi * Wov = numero di fili * L = lunghezza * Area = superficie in mq									


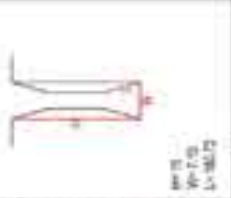





Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG Area di intervento	Schema canyon dell'area di intervento	Classe di rugosità	H/W	L/H	SVF	Rapporto di copertura	% Imp.
T2(A)	Via Frattina. Tra via Baldani e via Mario del Fico	41°54'14,33"N 12°28'48,33"E 		7	2,88	8,51	0,2-0,4	0,72	85-90
T2(A)	Via Mario del Fico. Tra via Borgognoni e via Frattina	41°54'18,18"N 12°28'55,07"E 		7	4,12	3,28			
T2(A)	Via Zuccheri. Tra via de' Tronci e via Salaria	41°54'11,28"N 12°29'12,15"E 		7	2,31	8,65			
Legenda C. PRG Distribuzione dei tessuti di PRG									
					SVF Sky View Factor				% Imp. S. Impugnabile
					Rapporto di copertura SC<sup>2</sup> Superficie Costruita				
					ET<sup>2</sup> Superficie Totale				

Tavola 6.2. A2 tessuto di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria.


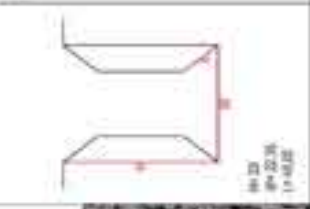


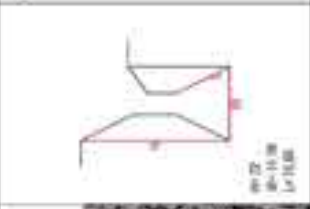


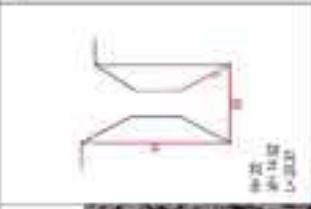








Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG	Area di intervento	Schema canyon dell'area di intervento	Classe di rugosità	H/W	L/H	SVF	Rapporto di copertura	% Imp.
TM(B)	Via Avenida. Tra Lungotevere dei Ciardi e via della Sogghia.	 41°53'32,14"N 12°28'23,85"E		 H=22 W=22,38 L=43,22	7	1,03	2	0,2-0,4	0,50	80-85
TM(B)	Via del Portico D'Ottavia Tra via del Tirocinio e via del Portico D'Ottavia.	 41°53'33,46"N 12°28'41,52"E		 H=22 W=11,38 L=15,88	7	1,55	3,49			
TM(B)	Piazza delle Cinque Scuole. Tra Lungotevere dei Ciardi e via Caballina.	 41°53'32,57"N 12°28'35,25"E		 H=22 W=14,12 L=20,27	7	1,47	1,33			
Legenda C. PRG Classificazione del tessuto da PRG	 Tessuti di origine medievale - T1(A)	 Tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria - T2 (A)	 Tessuti di ristrutturazione urbanistica ottocento-vecentista - T3 (B)	 Tessuti di espansione ottocento-vecentista al limite - T4 (B)	 Tessuti di espansione ottocento-vecentista a interazione sulla periferia - T5 (B)	SfP Sky View Factor	Rapporto di copertura SC= Superficie Coperta ST= Superficie Totale	S Imp. % Impennicchie		

Tavola 5.3. - 01 tessuto di ristrutturazione urbanistica ottocento-vecentista.



Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG	Area di intervento	Scheda cartoni definiti di intervento	Classe di tessuto	F/M	L/H	S/P	Rapporto di copertura	% Inv.
TAR0	Piazza Plume		<p>41°54'28" N 12°29'55" E</p> 	 <p>inv. 28.1 M= 37 L= 55 Area= 2062,8</p>	7	0,5	-		0,58	60-80
<p>Figurando C. PRG: Classificazione dei tessuti da PRG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Tessuti di espansione insurrezionale e moderna pre-urbana - T3 (A)</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Tessuti di espansione ibrida - T4 (B)</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Tessuti di espansione ibrida - T5 (C)</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T6 (D)</li> <li><span style="color: green;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T7 (E)</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T8 (F)</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T9 (G)</li> <li><span style="color: darkblue;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T10 (H)</li> <li><span style="color: purple;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T11 (I)</li> <li><span style="color: black;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T12 (J)</li> </ul> <p>Legenda C. PRG: Classificazione dei tessuti da PRG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Tessuti di espansione insurrezionale e moderna pre-urbana - T3 (A)</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Tessuti di espansione ibrida - T4 (B)</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Tessuti di espansione ibrida - T5 (C)</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T6 (D)</li> <li><span style="color: green;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T7 (E)</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T8 (F)</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T9 (G)</li> <li><span style="color: darkblue;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T10 (H)</li> <li><span style="color: purple;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T11 (I)</li> <li><span style="color: black;">■</span> Tessuti di espansione urbana - T12 (J)</li> </ul>										
Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG	Area di intervento	Scheda cartoni definiti di intervento	Classe di tessuto	F/M	L/H	S/P	Rapporto di copertura	% Inv.
LAR0 TLN0	Piazza dei Quiri		<p>41°54'27" N 12°29'52" E</p> 	 <p>inv. 13,2 M= 75,7 L= 75,7 Area= 4084,4</p>	7	0,81	4,20		0,30	80-90
Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG	Area di intervento	Scheda cartoni definiti di intervento	Classe di tessuto	F/M	L/H	S/P	Rapporto di copertura	% Inv.
TAR0	Piazza dell'innocenza		<p>41°53'48" N 12°29'47" E</p> 	 <p>inv. 13,2 M= 24 L= 77,5 Area= 1864</p>	7	0,81	4,20		0,58	60-80










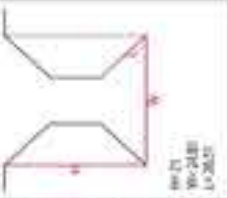

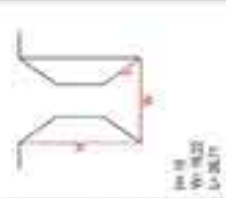

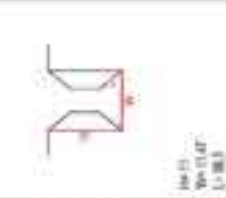
Tipo di tessuto	Descrizione	C. PRG Area di intervento	Schema canyon dell'area di intervento	Classe di rugosità	H/W	L/H	S/F	Rapporto di copertura	% Imp
T5(B)	Via Pompeo Magno Tra via Miracoloro Cobelli e via Alessandro Farnese.	41°54'05,02"N 12°29'01,58"E 		5	0,85	0,97		0,43	75-75
T6(B)	Via Governo Pecciolo Tra via Niccolò Procopio e via Claudio Monteverdi.	41°30'10,07"N 12°29'21,07"E 		5	1,11	1,47		0,40	70-75
T5(B)	Via di Villa Pulzani Tra via Gabriele Faloppo e Piazza Galvani.	41°54'35,26"N 12°30'26,35"E 		5	0,96	3,4		0,20	70-75
Legenda C. PRG	Classificazione dei tessuti di PRG	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Tessuti di coesistenza inasprita e moderna pre-urbana - T2 (A)</li> <li><span style="color: red;">■</span> Tessuti di espansione otto-novecentesca e rifabbricazione urbanistica otto-novecentesca - T3 (B)</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Tessuti di espansione otto-novecentesca e rifabbricazione urbanistica post-bellica - T5 (B)</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Tessuti di espansione otto-novecentesca e rifabbricazione urbanistica post-bellica - T6 (B)</li> </ul>			S/F Sky View Factor		M_top % Irregolarità		

Tavola 6.5. B3 - tessuto di espansione otto-novecentesca a lottizzazione edilizia puntiforme.

Medie dimensionale dei tessuti					
Tipo di tessuto	Classificazione dei tessuti da PRG	H media (m)	Lunghezza media degli isolati (m)	Ampiezza media della strada (m)	Ampiezza media delle piazze/slarghi importanti (m)
A	Tessuto prevalentemente medievale	16,4	88,6	5,1	43
	Tessuto prevalentemente rinascimentale	17,6	122,5	6	
B	Ristrutturazione urbanistica 8-900	22,3	50,7	17,1	
	Espansione 8-900 ad isolato	21,2	68,9	15,1	53,4
	Espansione 8-900 a lotizzazione puntiforme	16,6	28,5	17,5	

Tabella 7

Sempre dall'analisi dei tessuti caratteristici, riportati nelle tabelle 6.1-6.5, sono stati calcolati i valori medi di altezza, lunghezza e ampiezza delle strade e delle piazze (Tabella 7), valori che saranno utili per la costruzione di specifici modelli parametrici utilizzati nella parte sperimentale della ricerca. (Rif. capitolo 10).

**Tabella 7.** Medie dimensionale dei tessuti analizzati. Per la ricerca saranno analizzati i tessuti A1 e B2. Per completezza, però, sono state riportate anche alcune tabelle relative ai tessuti A2, B1 e B3.

7. Raccogliere insieme l'elemento costruito e lo spazio aperto.

8. Definiti tali da Camillo Sitte e riportati da Alexander come spazi positivi. (Alexander 1977:520).

9. Va rintracciato il 'ritmo' insito nell'opera stessa, ritmo che detterà il 'come e il quanto', la 'somma di quantità e modo' delle operazioni future. (Baldini, 1978)

10. Parafrasando il concetto di "tinta neutra" proposto da Brandi, relativo al tema della reintegrazione di una lacuna, si evidenzia come non possano esistere interventi 'privi di tono', ma ogni azione influenzerà la valenza architettonica dell'esistente. (Brandi, 1977). Intervenire in questo 'spazio unitario' sarà come tessere una tela fittissima ed articolata dove  $n$  gradi di libertà -la trama- si intrecciano a  $n$  gradi di vincolo- l'ordito- individuando e valutando ogni aspetto di vincolo come peculiarità dello spazio stesso e indirizzando l'intervento verso quelle azioni di valorizzazione che rientrano nei limiti delle libertà progettabili.

11. *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale.* Draft. De Santoli (s.d). Gruppo di lavoro coordinato da Livio De Santoli e Roberto Cecchi.

## 8.3 Individuazione e delimitazione delle aree di studio nella città di Roma. (schede delle aree selezionate)

Lo spazio, "mezzo essenziale dell'architettura" (Holl 2004), si presenta, anche in ambito urbano, nella sua duplice valenza di 'contenuto', come luogo di accoglienza nel senso etimologico del termine<sup>7</sup>, e 'contenitore' di valori, di rapporti, di assonanze e dissonanze, a diversi gradi e livelli. Solo un corretto equilibrio tra aspetti quantitativi e qualitativi, aspetti formali e funzionali, fa di questi spazi degli 'spazi di successo'<sup>8</sup>, come già commentato nel capitolo 7.

Quando questo equilibrio viene a mancare, allora si parla di spazi 'negativi', spesso spazi serventi, adibiti alla percorrenza, al passaggio, spazi di filtro tra ambiti differenti che non presentano un loro carattere specifico, pur assolvendo ad una funzione, propria od impropria. Pensiamo a tutte quelle aree più o meno definite che in un centro urbano vengono ritagliate per la sosta degli autoveicoli o quegli spazi di snodo tra varie percorrenze, né piazze né strade, ma luoghi ibridi che vedono in questa indeterminatezza il loro limite. Spazi della sovrapposizione, dalla stratificazione o della discontinuità, ma a volte anche spazi definiti e delimitati che a causa di usi non appropriati perdono la loro originaria funzione, e vengono 'declassati' a spazi serventi.

La 'negatività' di questi spazi va però letta 'in potenza' anche in quei contesti in cui prevalgono le azioni di tutela e conservazione su quelle di 'rinnovamento', una potenzialità che va relazionata, anche e soprattutto, alla sempre più cogente problematica ambientale, con la consapevolezza che qualsiasi modifica dello spazio esterno ha le sue ricadute dirette e indirette sullo spazio interno.

Nell'ottica, quindi, di una 'soppesata'<sup>9</sup> riconnessione tra le parti, lì dove sarebbe comunque utopico pensare ad una 'neutralità' di segno<sup>10</sup>, si dovrà definire, come già definito nel capitolo 7, una matrice delle 'zone di invarianza' (dove non è possibile intervenire) e delle 'zone di labilità' (per le quali invece è possibile selezionare una casistica di modalità di intervento)<sup>11</sup> con la medesima attitudine con la quale ci si relaziona con la singola fabbrica edilizia.

L'unico principio che governerà queste trasformazioni risiede nella richiesta di 'coerenza', che come asseriva C. Dardi, è ricerca di equilibrio tra ciò che c'è e ciò che vorremmo 'aggiungere'. "[...] Il rapporto tra le motivazioni originarie della fabbrica e le domande sociali contemporanee del suo riuso" –che- "non può non essere riferito a quell'equilibrio tra struttura e forma, tra concezione del mondo e modi di vita [...]" (Dardi, 2009: 165-167)

### 8.3.1 Parametri morfologici e morfometrici per la selezione delle aree di indagine.

Alla luce di quanto esposto nei paragrafi precedenti, in relazione alle variabili morfometriche, e con la finalità di individuare spazi 'negativi' della città da trasformare in 'positivi' -secondo la logica del 'miglioramento' anche e soprattutto microclimatico, ridefinendone limiti e rapporti di connessione con la città, come suggerito da Camillo Sitte (1965)-, verranno di seguito individuate alcune caratteristiche che saranno da guida per la selezione delle aree che esemplificano il concetto di vuoto urbano, come inteso in questa trattazione.

Principali criteri di selezione:

- aree urbane maggiormente vulnerabili dal punto di vista climatico, in riferimento alla Carte della Vulnerabilità di Roma (Rif. Cap. 7.2.3);
- rapporti dimensionali che rientrano nella nuova classificazione RLCZ per i tessuti della città storica, (Rif. Cap. 8.2, Tabella 4)

Ne consegue che, in base ai rapporti tra H e W tipici di tessuti storici e/o consolidati ed alle peculiarità del tessuto richieste ai fini della ricerca, si possono elencare le seguenti caratteristiche:

- una densità del tessuto alta o medio alta;
- una grana del tessuto fine<sup>12</sup>, ovvero un tessuto caratterizzato da una distribuzione fitta di elementi urbani fortemente interrelati, con un mix funzionale, formale e sociale, tipico prevalentemente della città storica;

12. La definizione di grana di un tessuto è strettamente correlata alla compresenza nel tessuto di "various different elements of a settlement -that- are mixed together in space. These elements may be activities, building type, persons, or other features." (Lynch, 1984) La grana può essere 'grossa' quando gli elementi simili sono concentrati in aree vaste; 'fine', quando gli elementi simili sono disseminati in modo rado tra altri elementi molto diversi; ed all'interno di queste due categorie si può definire anche 'indistinta', quando esiste un passaggio graduale da un gruppo all'altro di elementi diversi o nitidi.

13. I dati si riferiscono ad uno studio condotto dall'Università di Roma Tre e l'Enea-Utmea ed hanno condotto alla definizione di una "geografia della vulnerabilità-climatica- dell'insediamento romano". Rif. Capitolo 7.

- presenza di evidenti 'alterazioni morfologiche': caratterizzazioni del costruito tipiche di un tessuto storico chiaramente identificabili (come differente altimetria del livello del suolo e non linearità dei fronti);
- prevalente omogeneità costruttiva dei fronti;
- presenza di situazioni di degrado: degrado funzionale e organizzativo/ degrado superficiale.

È proprio la presenza di condizioni di degrado - sia esso determinato da condizioni di abbandono o di non corretto utilizzo- il principale motore dell'azione di ridefinizione dello spazio aperto.

### 8.3.2 Elenco delle aree di studio.

Partendo dalle planimetrie di Piano della città (Elaborati descrittivi, D4 Tessuti e Centralità 1:50.000; Elaborati prescrittivi, 2 Sistemi e Regole 1:5.000, Componenti della Città storica, tessuti del NPRG) -dove vengono indicati i limiti della suddetta città storica e le relative caratterizzazioni- sono state localizzate delle aree ristrette di indagine che occupano prevalentemente il versante nord orientale della città, essendo quello che presenta maggiormente fattori di vulnerabilità al cambiamento climatico. (Filpa, 2014 Carta di vulnerabilità climatica).<sup>13</sup>

Di questi tessuti è stata effettuata sia una lettura morfologica, sia una lettura morfometrica -estremamente utile per valutare i rapporti proporzionali che tanto influenzano il clima urbano- utile per accertare la corrispondenza di questi tessuti ad una specifica classe morfometrica. Infine per ogni area sono stati raccolti dati climatici a vari livelli. (Rif. Capitolo 9).

All'interno dei macro-ambiti individuati, sono state selezionate 6+4 aree di studio (Figura 9). Le aree rispondono ai criteri sopra menzionati e si differenziano per differenti livelli di tutela/modificabilità del tessuto: dalle aree maggiormente vincolate, ad aree in cui l'intervento progettuale può prevedere maggiori gradi di libertà. Le aree evidenziate si caratterizzano come aree che, sebbene collocate in punti strategici della città di Roma, presentano problematiche di degrado derivanti prevalentemente da un non appropriato utilizzo

Figura 9. Stralcio del Prg del Comune di Roma (2008) dove si evidenziano le aree prese in esame.





ELENCO DELLE AREE SELEZIONATE:

A. P.ZZA FONTANELLA BORGHESE  
Rione Campo Marzio

B. P.ZZA CINQUE SCOLE  
Rione Sant'Angelo

C. P.ZZA IN PISCINULA  
Rione Trastevere

D. VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI  
Rione Trastevere

E. VIA BONCOMPAGNI -Sede Arpa  
Rione Ludovisi

F. VIA PIAVE- VIA SICILIA  
(interno mura) Rione Ludovisi

G. P.ZZA DELL'IMMACOLATA  
Quartiere San Lorenzo

H. P.ZZA MATTEI  
Rione Sant'Angelo

I. P.ZZA MINCIO  
Quartiere Coppedè

L. P.ZZA CAPRERA  
Quartiere Trieste



dello spazio, anche al di fuori degli 'Ambiti di valorizzazione' individuati dal PRG.

Alcune delle aree indicate in seguito (4 delle 10) sono state selezionate in virtù di alcune caratteristiche utili per la comprensione dei fenomeni ambientali ricercati:

- l'area di via Boncompagni: è stata selezionata una porzione di tessuto urbano prospiciente la sede dell'Arpa Lazio;
- le aree caratterizzate dalla presenza di una fontana (piazza Mattei, piazza Mincio, piazza Caprera) sono state selezionate per valutare sul campo i benefici derivanti dalla presenza dell'elemento acqua in relazione ai flussi ventilativi prevalenti.

### 8.3.3 Delimitazione delle aree in base alla scala micro-locale.

Definite le aree è stato necessario delimitare, poi, un ambito più ristretto di intervento, sul quale effettuare sia le misurazioni strumentali sul campo che le simulazioni con modelli computazionali. Si è, pertanto, deciso di delimitare l'area specifica di indagine utilizzando i criteri di definizione della scala micro-locale, che prevede una 'dimensione funzionale' di 1 ettaro (+/- frazioni). (Rif. Capitolo 8.1)

Per ogni area selezionata sono stati delimitati due perimetrazioni come mostrato in Figura 10.

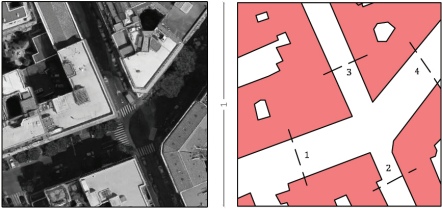
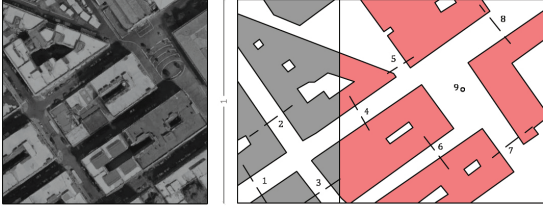
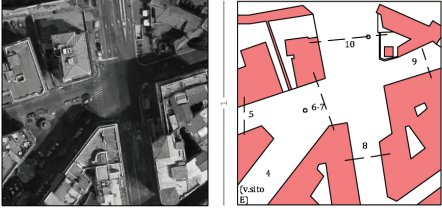
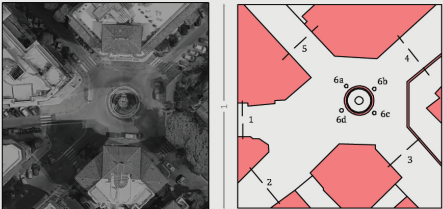
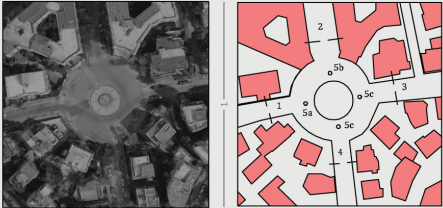
**Figura 10.** Perimetrazioni su caso reale: la prima perimetrazione più interna è la *assessment area*: l'area di indagine specifica, della quale si ricercano i dati climatici, la seconda, più esterna è la *surrounding area*: superficie di raggio triplo rispetto alla prima, necessaria per valutare l'influenza dell'intorno e ridurre le alterazioni sul modello derivanti dalla limitazione di estensione dell'area.



Segue l'elenco delle aree selezionate catalogate per tipologia di tessuto e densità edilizia. Per ogni area vengono forniti i principali dati dimensionali (estensione delle perimetrazioni e densità).

Didascalia pagine successive.  
**Tabella 8.** Perimetrazioni delle aree selezionate e calcolo di alcuni parametri edilizi.

TESSUTI DENSITA'	A1	A1/B1								
0,75- 0,70	<table border="1" data-bbox="297 327 731 389"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA MATTEI Rione Sant'Angelo</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>7318,19 mq S. coperta densità edilizia: 0,73 2681,81 mq S. aperta densità non edilizia: 0,27</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA MATTEI Rione Sant'Angelo	Surrounding area (2L) 40000 mq	7318,19 mq S. coperta densità edilizia: 0,73 2681,81 mq S. aperta densità non edilizia: 0,27	<table border="1" data-bbox="874 327 1301 389"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA CINQUE SCOLE Rione Sant'Angelo</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>6187,1 mq S. coperta densità edilizia: 0,62 3812,9 mq S. aperta densità non edilizia: 0,38</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA CINQUE SCOLE Rione Sant'Angelo	Surrounding area (2L) 40000 mq	6187,1 mq S. coperta densità edilizia: 0,62 3812,9 mq S. aperta densità non edilizia: 0,38
Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA MATTEI Rione Sant'Angelo									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
7318,19 mq S. coperta densità edilizia: 0,73 2681,81 mq S. aperta densità non edilizia: 0,27										
Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA CINQUE SCOLE Rione Sant'Angelo									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
6187,1 mq S. coperta densità edilizia: 0,62 3812,9 mq S. aperta densità non edilizia: 0,38										
0,65- 0,60	<table border="1" data-bbox="297 627 731 689"> <tr> <td>Assessment area (150X100) 15000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA FONTANELLA BORGHESE Rione Campo Marzio</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 57600 mq</td> </tr> <tr> <td>8986,13 mq S. coperta densità edilizia: 0,60 6013,87 mq S. aperta densità non edilizia: 0,40</td> </tr> </table> 	Assessment area (150X100) 15000 mq	PIAZZA FONTANELLA BORGHESE Rione Campo Marzio	Surrounding area (2L) 57600 mq	8986,13 mq S. coperta densità edilizia: 0,60 6013,87 mq S. aperta densità non edilizia: 0,40	<table border="1" data-bbox="874 627 1301 689"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA IN PISCINOLA Rione Trastevere</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5830,00 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 3710,57 mq S. aperta densità non edilizia: 0,41</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA IN PISCINOLA Rione Trastevere	Surrounding area (2L) 40000 mq	5830,00 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 3710,57 mq S. aperta densità non edilizia: 0,41
Assessment area (150X100) 15000 mq	PIAZZA FONTANELLA BORGHESE Rione Campo Marzio									
Surrounding area (2L) 57600 mq										
8986,13 mq S. coperta densità edilizia: 0,60 6013,87 mq S. aperta densità non edilizia: 0,40										
Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA IN PISCINOLA Rione Trastevere									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5830,00 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 3710,57 mq S. aperta densità non edilizia: 0,41										
0,60- 0,55	<table border="1" data-bbox="297 948 731 1011"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere	Surrounding area (2L) 40000 mq	5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45	<table border="1" data-bbox="874 948 1301 1011"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere	Surrounding area (2L) 40000 mq	5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45										
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45										
0,55- 0,50	<table border="1" data-bbox="297 1539 731 1601"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere	Surrounding area (2L) 40000 mq	5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45	<table border="1" data-bbox="874 1539 1301 1601"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere	Surrounding area (2L) 40000 mq	5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45										
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5434,11 mq S. coperta densità edilizia: 0,54 4565,89 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45										
 tessuti selezionati per la presenza di una fontana										

TESSUTI DENSITÀ	B2	B3								
0,60- 0,55	<table border="1"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA BONCOMPAGNI - Sede Arpa Rione Ludovisi</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>5827,31 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 4172,69 mq S. aperta densità non edilizia: 0,42</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA BONCOMPAGNI - Sede Arpa Rione Ludovisi	Surrounding area (2L) 40000 mq	5827,31 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 4172,69 mq S. aperta densità non edilizia: 0,42					
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA BONCOMPAGNI - Sede Arpa Rione Ludovisi									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
5827,31 mq S. coperta densità edilizia: 0,58 4172,69 mq S. aperta densità non edilizia: 0,42										
0,55- 0,50	<table border="1"> <tr> <td>Assessment area (150X100) 15000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA DELL'IMMACOLATA Quartiere San Lorenzo</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 57600 mq</td> </tr> <tr> <td>8226,20 mq S. coperta densità edilizia: 0,55 6773,80 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45</td> </tr> </table> 	Assessment area (150X100) 15000 mq	PIAZZA DELL'IMMACOLATA Quartiere San Lorenzo	Surrounding area (2L) 57600 mq	8226,20 mq S. coperta densità edilizia: 0,55 6773,80 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45					
Assessment area (150X100) 15000 mq	PIAZZA DELL'IMMACOLATA Quartiere San Lorenzo									
Surrounding area (2L) 57600 mq										
8226,20 mq S. coperta densità edilizia: 0,55 6773,80 mq S. aperta densità non edilizia: 0,45										
0,45- 0,40	<table border="1"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">VIA PIAVE- VIA SIGILIA (interno mura) Rione Ludovisi</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>4040,27 mq S. coperta densità edilizia: 0,40 5959,73 mq S. aperta densità non edilizia: 0,59</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA PIAVE- VIA SIGILIA (interno mura) Rione Ludovisi	Surrounding area (2L) 40000 mq	4040,27 mq S. coperta densità edilizia: 0,40 5959,73 mq S. aperta densità non edilizia: 0,59					
Assessment area (100X100) 10000 mq	VIA PIAVE- VIA SIGILIA (interno mura) Rione Ludovisi									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
4040,27 mq S. coperta densità edilizia: 0,40 5959,73 mq S. aperta densità non edilizia: 0,59										
0,40- 0,35		<table border="1"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA MINGO Quartiere Goppeè</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>3683,63 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,37 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63</td> </tr> </table>  <table border="1"> <tr> <td>Assessment area (100X100) 10000 mq</td> <td rowspan="3">PIAZZA CAPRERA Quartiere Trieste</td> </tr> <tr> <td>Surrounding area (2L) 40000 mq</td> </tr> <tr> <td>3683,77 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,23 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63</td> </tr> </table> 	Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA MINGO Quartiere Goppeè	Surrounding area (2L) 40000 mq	3683,63 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,37 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63	Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA CAPRERA Quartiere Trieste	Surrounding area (2L) 40000 mq	3683,77 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,23 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63
Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA MINGO Quartiere Goppeè									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
3683,63 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,37 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63										
Assessment area (100X100) 10000 mq	PIAZZA CAPRERA Quartiere Trieste									
Surrounding area (2L) 40000 mq										
3683,77 mq S. coperta densità edilizia: 0,37 6316,23 mq S. aperta densità non edilizia: 0,63										



PARTE III.II

Dalla calibrazione degli strumenti esistenti  
allo strumento semplificato di localizzazione  
dell'intervento: la riqualificazione degli  
spazi aperti della città storica.



## *ABSTRACT*

Evaluating the “climatically balanced” structure of a city is an extremely complex problem to be defined. We then add a further degree of difficulty to the problem, relating not to the new but to the existing one, especially an existing one to be protected.

In this context, in the process leading from data acquisition to the architectural definition of the solution, greater attention must be paid to the analysis of the data collected and its correct and synergistic evaluation, a necessary basis for a correct ‘critical choice’.

If we dwell on the specific theme of ventilation, traditional instruments, from *in situ* measurement campaigns to the use of empirical scale models or analyzed in wind chambers, we can now also use both remote sensing techniques and photo map interpretation, according to a Gis logic, and computational tools, which are based on microscopic analysis models, also called CFDs (computational fluid dynamic), integrated also in some software that allow a holistic reading of the various factors competing to the definition of comfort, or rather urban dis-comfort.

As has emerged from the evaluation of the state of the art, and also directly during the evolution of the research work, it is necessary to opt for an integration between the various systems of analysis, trying to define a shared methodology that can systematize them and optimize the potentiality to obtain a result that is at the same time reliable and easy and quick to acquire in view of an expeditious data evaluation. In the following paragraphs we will analyze, therefore, the various data acquisition systems used (from direct to desk systems - mainly microscopic) and present the results, which will then be systemized in a synthesis tool that we will present in chapter 11.

## CAPITOLO 9 Raccolta dei dati e calibrazione degli strumenti esistenti.

### ABSTRACT

Valutare la struttura “climaticamente equilibrata” di una città risulta essere un problema estremamente complesso da definire. Aggiungiamo poi un ulteriore grado di difficoltà al problema relazionandoci non con il nuovo ma con l'esistente, in particolare modo un esistente da tutelare.

In questo contesto, nel processo che dall'acquisizione dei dati porta alla definizione architettonica della soluzione, la maggiore attenzione va posta proprio all'analisi del dato raccolto e alla sua corretta e sinergica valutazione, base necessaria per una corretta 'scelta critica'.

Se ci soffermiamo sullo specifico tema della ventilazione, agli strumenti tradizionali, dalle campagne di misurazione in situ all'utilizzo di modelli in scala empirici o analizzati in camera del vento, si affianca oggi sia l'utilizzo di tecniche di telerilevamento e di foto interpretazione cartografica, secondo una logica Gis, sia strumenti computazionali, che si basano su modelli di analisi microscopici, detti anche CFD (computational fluid dynamic), integrati anche in alcuni software che permettono una lettura olistica dei vari fattori concorrenti alla definizione del comfort, o meglio dis-comfort urbano.

Come è emerso dalla valutazione dello stato dell'arte, ed anche direttamente durante l'evoluzione del lavoro di ricerca, è necessario optare per una integrazione tra i vari sistemi di analisi, cercando di definire una metodologia condivisibile che possa sistematizzarli ed ottimizzarne le potenzialità per ottenere un risultato che sia al contempo attendibile e di facile e veloce acquisizione nell'ottica di una valutazione speditiva del dato.

Nei paragrafi seguenti analizzeremo, pertanto, i vari sistemi di acquisizione dati utilizzati (dai sistemi diretti a quelli desk -prevalentemente microscopici) e ne presenteremo i risultati che saranno, poi, messi a sistema in uno strumento di sintesi che presenteremo nel capitolo 11.

Modello	Tipologia strumento	Modalità raccolta dati
Modello a grandezza naturale	Strumenti diretti	Strumenti remoti* Metodo macrometeorologico Sistemi di telerilevamento (per propagazione e/o per riflessione come sodar, lidar, etc...)
		Strumenti 'di prossimità'** (fissi-mobili) Metodo intermedio Sistemi fissi di rilevamento - stazioni meteorologiche urbane
		Metodo micrometeorologico Sistemi mobili di rilevamento -campagne di misurazione in situ
Modelli in scala	Strumenti 'rappresentativi'***	Sistema automatizzato di raccolta dati - sonde anemometriche su modello
Modelli parametrici	Strumenti parametrici	Metodo parametrico variabili parametriche
Modelli microscopici	Strumenti microscopici	Metodo computazionale CFD Computazione fluidodinamica

Note: \*solitamente utilizzati per la valutazione dell'energia eolica di un sito attraverso il dato della velocità dell'aria e della direzione. \*\* Sebbene non sia una definizione scientifica, è stata utilizzata per far meglio comprendere il campo di azione di tali strumenti. \*\*\*Rappresentazione in scala del dato reale.

**Tabella.** Quadro di sintesi degli strumenti di valutazione alla scala urbana, con indicazione degli strumenti analizzati in questo capitolo.

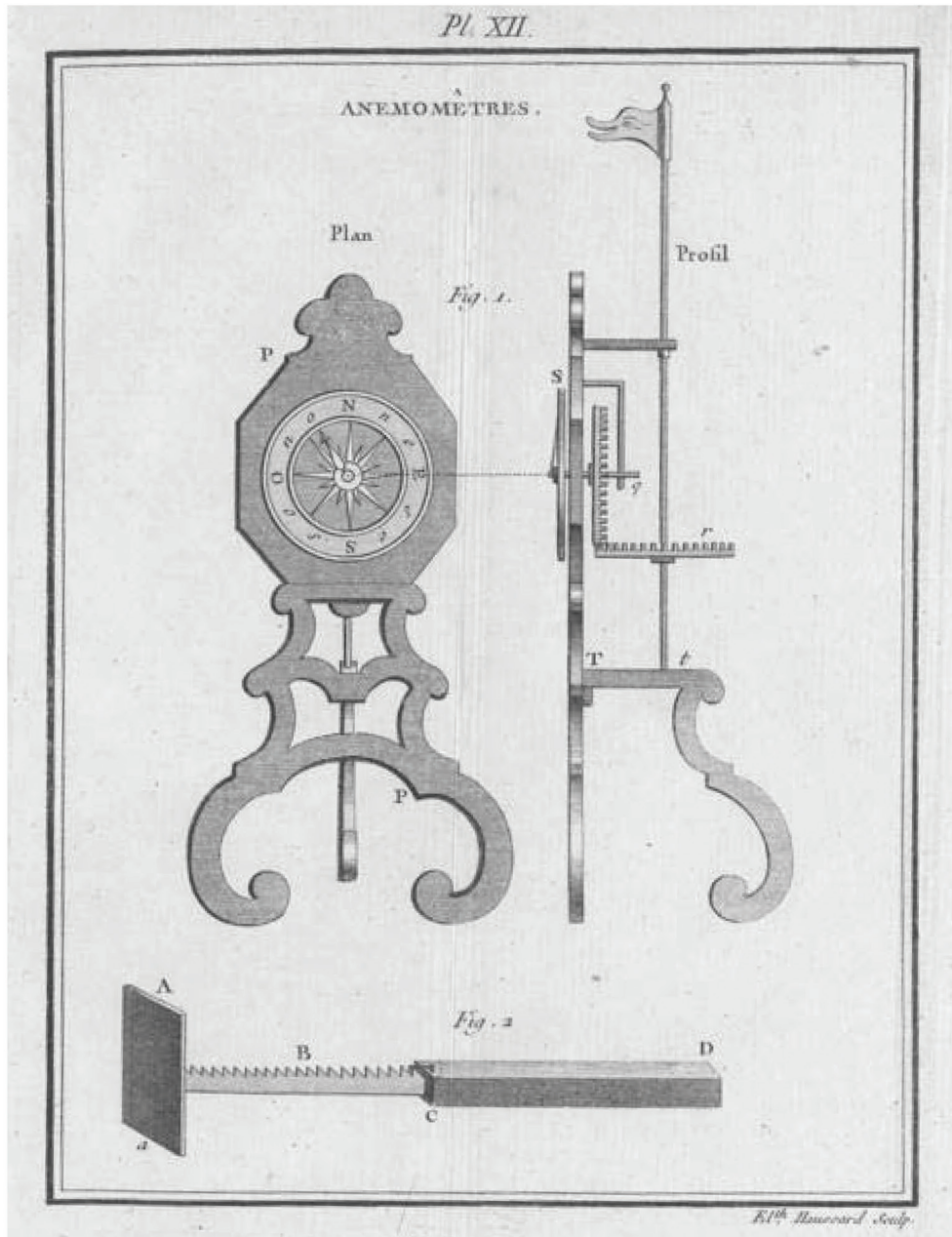
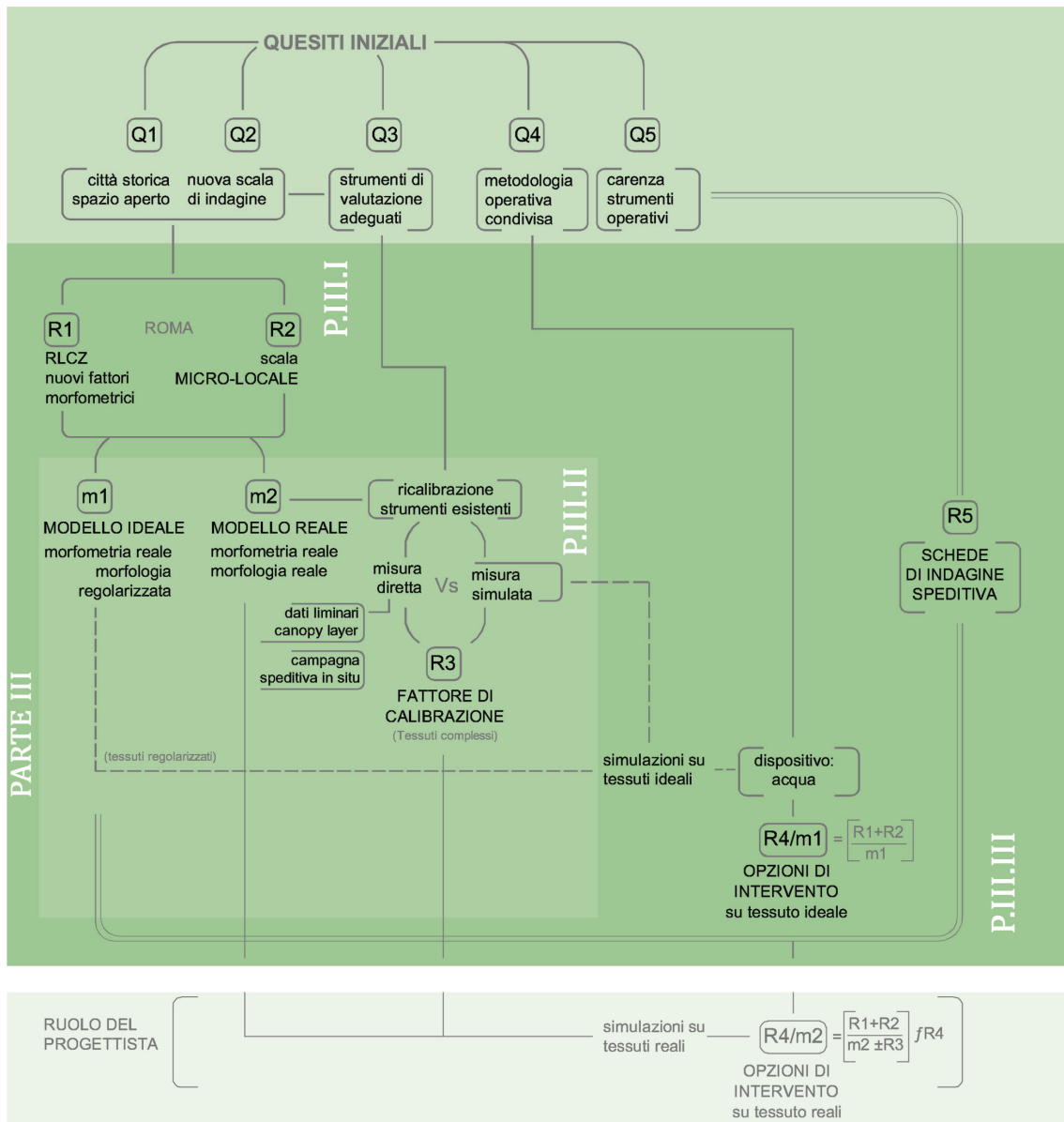


Figura 1



Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralcio della mappa concettuale della ricerca.

## 9.1 Dati diretti: metodologia di raccolta e strumentazioni.

Per dati diretti si intendono in primo luogo i dati raccolti dalle stazioni meteorologiche<sup>1</sup> posizionate in ambito urbano che, su Roma, sono collocate all'interno del 'perimetro' della città storica e che sono già state presentate nel capitolo 7.2.

I dati al di sopra del canopy layer forniti da queste stazioni ci consentono di acquisire importanti informazioni sulle condizioni climatiche dell'intera area urbana, ma non riescono a restituirci un quadro di ciò che accade al pedestrian level, ovvero farci capire come ed in che misura la conformazione dello spazio urbano incide sulla lettura di questi dati.

Per questo motivo la prima parte di questo capitolo presenterà non solo una rielaborazione dei dati della stazione meteorologica di riferimento (CREA-CMA), ma anche i dati al pedestrian level registrati attraverso campagne di misurazione effettuate ai fini della ricerca.

Anche se l'indagine sulla ventilazione naturale meriterebbe una valutazione nell'intero arco annuale, nei limiti di questa indagine, si è scelto di analizzare il periodo primavera-estate che va dal mese di marzo a quello di settembre, con approfondimento sulla stagione estiva. È stato selezionato questo periodo di indagine ai fini della valutazione del raffrescamento ventilativo nei periodi di maggiore criticità climatica per l'insediamento urbano, nella specifica zona climatica analizzata. Si lascerà a futuri sviluppi della ricerca la valutazione degli altri regimi.

1. Si tralasciano in questa sede i dati acquisiti con strumentazione remota che forniscono indicazioni prevalentemente alla macroscale. Si rimanda al capitolo 8 per una breve sintesi dello studio condotto dall'Università di Roma Tre e l'Enea-Utmea che, basandosi anche su dati satellitari, ha portato alla definizione - a scala urbana- delle aree maggiormente vulnerabili della Capitale.

Didascalia pagina precedente.  
**Figura 1.** Anemometro con marcatore di direzione, tratto da P.L. Cotte, *Traité de météorologie contenant*, Paris, 1774- Tavola XII. ([www.e-rara.ch](http://www.e-rara.ch)).



2. “Dal greco *Ephemeron*, che significa giornaliero, le effemeridi mediante tabelle o grafici forniscono le posizioni sulla sfera celeste e gli istanti di levata, tramonto e transito al meridiano dei vari corpi celesti: Sole, Luna, Pianeti, Asteroidi, Comete e Stelle. Affrontiamo il caso delle effemeridi del Sole. Per sapere l’istante del Sorgere e del Tramontare del Sole occorre conoscere la durata del dì e l’istante del transito al meridiano per un dato giorno dell’anno ed una data posizione geografica.” Sigismondi C. (2007).

### 9.1.1 Dati liminari al canopy layer: sintesi dei dati delle stazioni di rilevamento del centro città.

Tra le due stazioni meteorologiche di riferimento, presentate nel capitolo 7, si è scelto di prediligere la stazione del CREA-CMA sia per la posizione più centrale, sia per l’opportunità di reperire un maggior numero di dati, sia recenti che storici, essendo la più antica stazione nel tessuto urbano di Roma. Di seguito viene presentata una selezione di dati rilevati dalla stazione meteorologica.

#### Dati dell’Osservatorio meteorologico del Collegio Romano sede CREA-CMA (ex Ucea)

Per l’elaborazione dei dati sono state analizzate le rilevazioni di velocità e direzione del vento, temperatura dell’aria minima, massima e media, umidità relativa, radiazione solare ed eliofania misurate dalla torre Calandrelli nel Palazzo del Collegio Romano a 57 metri s.l.stradale., desunti dalla Banca Dati Agrometeorologica Nazionale del Sistema Informativo Agricolo Nazionale del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

Stazione	Cod.	Prov.	h	Lat.	Long.	rete
Roma Collegio romano	00215	RM	57	41°53”	12°28”	Ran

Bollettino Agrometeorologico Nazionale.

Per una valutazione statistica, anche decennale, dei valori indicati è possibile consultare sia valori percentuali pluridecennali (Figura 2) sia valori medi annuali come, a titolo esemplificativo, la sintesi effettuata nel Bollettino meteorologico di Roma riferito all’anno 2011, edito nel 2012. (Figura 3).

Si nota in Figura 4 come le temperature massime e minime registrate nel 2011 rimangono in linea con la media delle temperature registrate nell’arco di tempo tra il 1862 ed il 2000.

Per il calcolo delle effemeridi<sup>2</sup> specifiche dell’area di studio verrà, ove necessario, effettuato un calcolo con il software sun.exe del Cnr.

Di seguito vengono, infine, presentate delle tabelle di sintesi relative ai vari parametri analizzati.

<b>ROMA (RM)</b>		<i>cod. 21Y</i>	<i>alt. 18 m</i>			<i>lat. 41° 57'</i>			<i>long. 12° 30'</i>	
		<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>CALMA</i>
<b>gennaio</b>	%	20,1	4,8	3,7	7,5	5,4	2,3	1,2	3,0	52,0
	vel. media	4,1	3,1	3,6	4,1	4,4	4,8	4,7	3,6	
	vel. massima	14,6	11,1	9,6	12,3	11,1	13,2	13,0	12,0	
<b>febbraio</b>	%	18,1	4,7	3,3	7,5	9,7	5,6	3,2	3,1	44,8
	vel. media	4,3	3,4	3,8	4,4	4,7	4,4	4,0	3,0	
	vel. massima	14,6	15,2	10,8	12,3	14,1	13,2	13,0	11,5	
<b>marzo</b>	%	14,2	4,0	3,0	6,2	10,2	10,5	7,2	4,1	40,6
	vel. media	4,4	3,6	3,4	4,5	4,8	4,0	3,9	3,5	
	vel. massima	13,7	12,8	10,8	14,2	13,5	13,7	13,7	12,8	
<b>aprile</b>	%	11,4	3,6	2,4	4,8	11,2	15,1	10,1	3,5	37,9
	vel. media	4,1	3,3	3,4	4,0	4,9	4,4	4,1	3,0	
	vel. massima	15,1	11,0	10,3	12,2	13,2	15,1	14,1	16,0	
<b>maggio</b>	%	8,4	2,6	1,6	2,4	9,3	18,3	12,3	4,7	40,5
	vel. media	3,2	2,8	2,9	3,8	4,6	4,3	3,9	2,6	
	vel. massima	12,8	8,0	8,9	10,0	12,7	13,7	10,0	10,4	
<b>giugno</b>	%	7,5	2,1	1,2	1,9	8,2	22,4	13,3	3,6	40,0
	vel. media	3,1	2,8	2,6	3,3	4,3	4,2	4,1	2,4	
	vel. massima	11,3	9,4	7,0	11,0	11,5	13,0	12,0	8,4	
<b>luglio</b>	%	8,4	1,7	0,9	1,7	7,8	23,1	12,8	3,6	39,9
	vel. media	3,2	3,0	2,7	3,4	4,4	4,3	4,4	2,6	
	vel. massima	15,8	9,3	7,5	11,3	11,7	11,3	12,2	9,3	
<b>agosto</b>	%	6,7	1,7	1,1	2,2	8,4	22,6	11,6	3,3	42,4
	vel. media	2,6	2,5	2,3	3,3	4,3	4,2	4,3	2,4	
	vel. massima	11,7	6,9	8,4	8,9	14,9	11,3	11,8	8,7	
<b>settembre</b>	%	9,4	2,4	2,0	3,1	8,7	15,1	8,7	3,0	47,6
	vel. media	3,2	3,1	3,0	3,8	4,2	3,8	3,7	2,4	
	vel. massima	14,2	9,3	7,7	10,3	11,3	11,7	11,8	10,0	
<b>ottobre</b>	%	11,9	3,6	3,0	5,3	7,6	6,6	5,0	2,6	54,3
	vel. media	3,4	3,1	3,5	3,8	4,4	4,1	3,4	2,5	
	vel. massima	13,4	20,8	8,6	10,8	13,2	12,8	14,7	8,4	
<b>novembre</b>	%	15,2	3,9	4,2	8,5	8,0	4,1	1,4	2,6	52,0
	vel. media	3,4	3,1	3,6	4,4	4,6	4,9	3,9	3,0	
	vel. massima	12,9	10,8	10,0	13,4	14,6	14,6	13,7	12,0	
<b>dicembre</b>	%	19,8	4,7	4,4	7,2	6,2	2,8	1,1	2,3	51,4
	vel. media	3,9	2,9	3,8	4,5	4,8	4,7	4,9	3,7	
	vel. massima	16,3	12,5	9,3	12,9	13,4	10,8	12,7	11,5	

ROMA (RM) - Climatologia annuale del vento filato (Km x 1000)

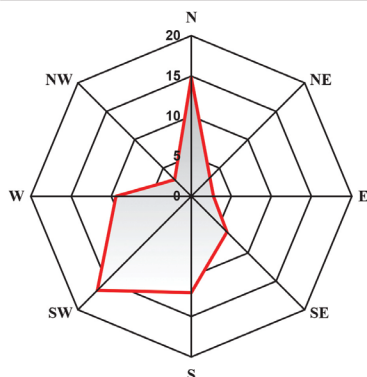


Figura 2. Valori mensili di velocità (media e massima) e frequenze relative (in percentuale) di rilevazione, calcolati nel periodo compreso tra il 1951 ed il 2000. In basso il grafico mostra i valori climatici annuali del vento filato. Fonte: Perini, L. Dal Monte, G. Brunetti, A. (2001).

### Sintesi meteorologica del 2011

Temperatura media minima	°C	12,1
Temperatura media massima	°C	21,4
Temperatura media	°C	16,5
Escursione termica media	°C	9,3
Precipitazione totale	mm	613,6
Numero giorni piovosi		83
Pressione media	hPa	1016
Eliofania media	minuti	499,3
Eliofania relativa	%	66,3

	T minima °C	T massima °C	T media °C	Precipitazione mm	Giorni piovosi
Gennaio	3,4	11,3	7,3	73,3	10,9
Febbraio	4,8	12,5	8,7	64,1	9,9
Marzo	6,9	15,3	11,1	65,7	10,8
Aprile	9,5	18,6	14,0	62,7	10,2
Maggio	13,2	23,2	18,2	51,0	8,1
Giugno	16,8	27,4	22,1	34,5	5,5
Luglio	19,4	30,5	24,9	16,3	2,5
Agosto	19,5	30,1	24,8	23,8	3,3
Settembre	16,9	26,5	21,7	66,0	6,5
Ottobre	12,9	21,2	17,0	112,4	10,6
Novembre	8,6	15,9	12,2	107,1	12,4
Dicembre	5,5	12,2	8,8	89,5	12,2
Anno	11,4	20,4	15,9	766,4	102,9

Figura 3

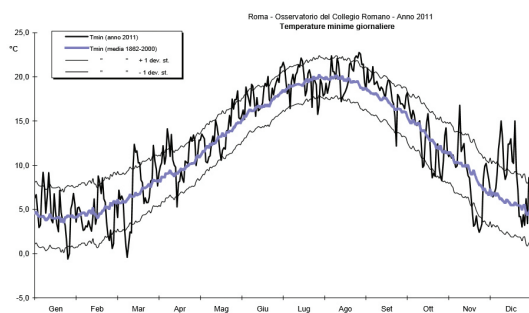
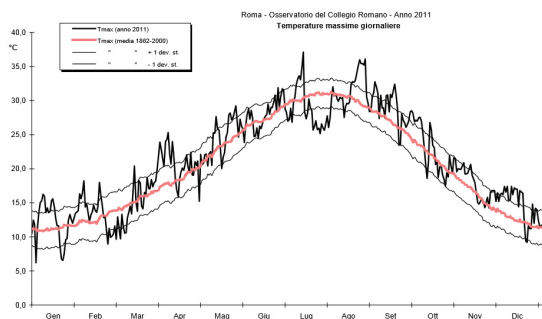


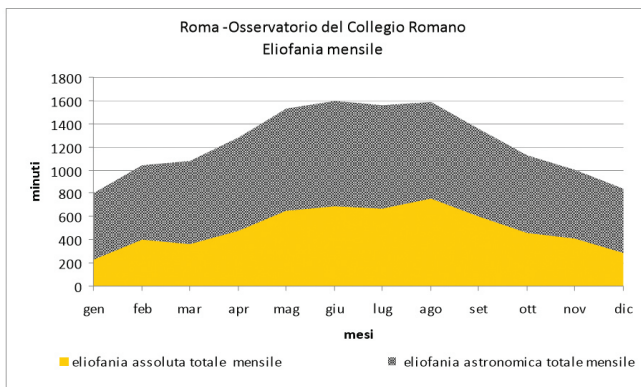
Figura 4

Figura 3. Sintesi meteorologica anno 2011. A destra i valori climatici, media eseguita tra il 1862 ed il 2000. Fonte: Bollettino Crea-Cma (2012).

Figura 4. Temperature massime e minime giornaliere relative al 2011, valori climatici (periodo di riferimento 1862-2000) e intervallo di normale variabilità, fornito dalla deviazione standard (periodo di riferimento 1862-2000). Fonte: Bollettino Crea-Cma (2012).

Figura 5. Eliofania assoluta e eliofania astronomica nel 2011,

Figura 5



Per la valutazione dei parametri della ventilazione sono stati esaminati i parametri di direzione prevalente (a.1) e intensità del flusso (a.2). Di questi valori sono stati analizzati i dati raccolti nel triennio (2014-2016) ed effettuate le medie sia nel triennio, che specifiche per l'anno analizzato (2016).

#### a.1 Direzione prevalente:

[→ Roma Collegio Romano, dati direzione del vento, direzione prevalente vento a 10 m giornaliera]

La direzione si esprime in gradi ed indica la direzione di provenienza delle masse d'aria, posto il nord geografico uguale allo zero e il sud pari a 180°.

Nella bassa valle del Tevere i venti dominanti provengono (Figura 6) dai quadranti settentrionali in inverno e dai quadranti Ovest-Sud-Ovest in estate, quando la brezza serale (Figura 7), nota con il nome di Ponentino, si incunea nell'entroterra fino ad una distanza di 50 km dalla costa, subendo una riduzione di intensità per effetto dell'attrito con le superfici urbane e fenomeni di deflessione determinati dalla presenza dell'isola di calore urbana. (Colacino e Baldi 1991)

Dall'analisi delle direzioni prevalenti negli ultimi tre anni registrate dalla stazione meteorologica del Collegio Romano (Tabelle 1.1-1.2-1.3 e Grafici 1) emerge una direzione prevalente nei mesi primaverili-estivi da Ovest Sud-Ovest (315°), mentre già nel mese di settembre si avverte una alternanza tra la direzione Ovest e quella Nord (0°).

esprese in minuti. Fonte: Bollettino Crea-Cma (2012). Da notare che l'eliofania è condizionata da fattori astronomici (moto di rivoluzione della terra e inclinazione asse terrestre) e da fattori geografici (latitudine, topografia e esposizione). L'eliofanografo dell'Osservatorio del Collegio Romano è localizzato a 57 m sul livello stradale in assenza ostacoli circostanti.

Didascalie pagina seguente.

**Figura 6.** (sx) Rosa dei venti dominanti a Roma. Fonte: Colacino e Lavagnini (1980).

**Figura 7.** (dx) Circolazione di brezza nella bassa Valle del Tevere. Fonte: Colacino e Baldi (1991).

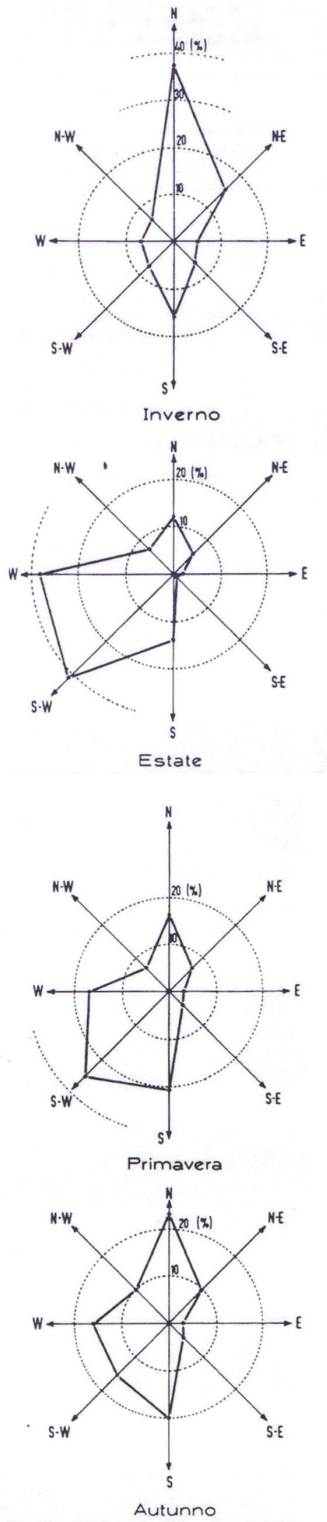
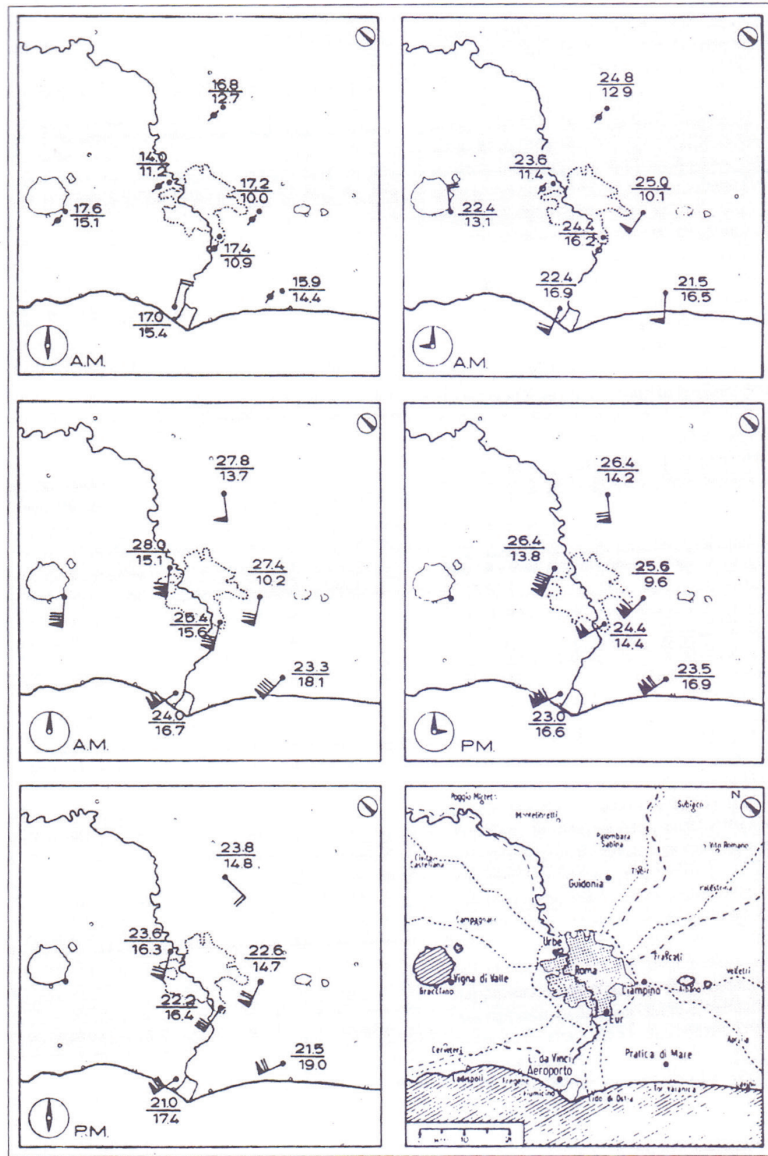


Figura 6

Figura 7













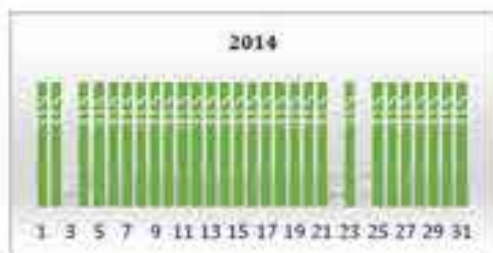
Direzione prevalente maggio (2014-2016): 315°



Direzione prevalente giugno (2014-2016): 315°



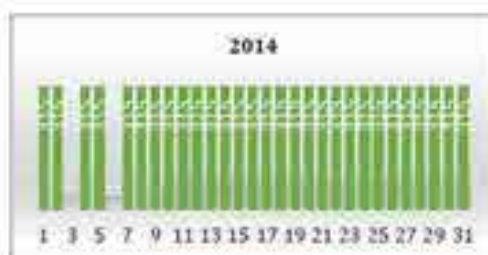
Direzione prevalente luglio (2014-2016): 315°



Grafici 1. Direzioni prevalenti per mese nel triennio 2014-2016.



Direzione prevalente agosto (2014-2016): 315°



Direzione prevalente settembre (2014-2016): 0°-315°



## a.2 Intensità media:

[→ Roma Collegio Romano, dati intensità del vento, vento filato a 10 m]

L'intensità del vento indica il percorso compiuto da una particella trasportata dal vento in una unità di tempo. È un indice della velocità media giornaliera del vento, e si misura in Km/giorno, Km/h, m/s.

I dati raccolti dalla stazione meteorologica si riferiscono al parametro del 'vento filato' o 'vento sfilato'. "Un particolare tipo di misura -che- indica la distanza percorsa dal vento in un intervallo di tempo sufficientemente lungo (giorno, decade, ...); [...] dà indicazioni sulla ventosità di una zona. In base alla velocità istantanea, possiamo classificare il vento in quattro classi:" (Perini, Dal Monte, Brunetti 2001)

calma di vento	fino a 0,5 m/s
vento di intensità moderata	da 0,5 a 8,0 m/s
vento di intensità media	da 8,0 a 13,5 m/s
vento di forte intensità	oltre 13,5 m/s

In base alle tabelle statistiche riferite agli anni 2010 e 2011 la velocità media del vento su Roma varia tra 1,9 e 2,1 m/s da marzo a settembre del 2010 e 1,9 e 2,2 m/s da marzo a settembre del 2011.

Dall'analisi della media delle velocità del vento negli ultimi tre anni (Tabelle 2) emerge una velocità media di 2,2-2,1 m/s nei mesi considerati.



Tabella 2.1 Anno 2015

VV5 M250M SVELO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
marzo																				
aprile	216,9	150,6	167,08	170,58	204,28	671	176,88	344,6	179,08	196,38	152,24	165,38	165,64	162,8	156,44	130,8	191,56	155,24	224,12	182,1
maggio	174,64	161,46	135,64	117,80	196,72	245,44	208,3	142,74	181	200,62	218,22	166,28	167,82	144,3	192,66	168,76	305,17	297,26	175,23	108,06
giugno	162,66	167,36	170,82	151,62	184,44	165,06	142,38	166,68	181,86	204,96	176,16	168,3	162,86	183,06	151,06	137,38	211,64	381,48	179,88	199,66
luglio	167,88	171,54	176,68	193,62	158,78	167,1	163,44	142,74	161,1	210,08	200,34	165,78	164,4	178,92	160,11	158,94	163,06	186	174,13	205,2
agosto	189,18	162,3	191,32	190,56	137,20	160,78	166,44	218,82	187,26	178,12	177,22	188,11	165,18	132,28	164,28	134,58	149,16	141,99	104,76	190,44
Sett.	160,03	160,87	149,33	140,8	185,58	-	-	208,8	222,3	211,02	140,46	180,62	192,10	214,22	160,8	225,24	178,28	142,38	142,37	226,42

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
minimo	118,94	202,38	176,82	160,44	302,00	172,56	301,02	492,96	391,68	205,08	187,2
spazio	216,24	189,62	164,81	138,84	135,96	167,66	301,9	115,44	172,46	149,56	
maximo	200,1	206,04	230,4	149,4	178,44	174,18	180,66	282,66	172,18	172,88	178,04
giugno	229,26	171,48	206,2	218,7	211,48	272,52	218,1	165,18	171,83	172,8	
luglio	155,82	212,28	187,92	219,24	186,09	170,34	193,28	186	164,24	172,26	170,76
agosto	243,61	203,08	163,44	190,92	156,18	141,32	136,36	198,87	140,04	138,84	165,12
total.	206,6	201,84	186,84								

Tabella 2.2.1 Anno 2015

Media per mese	marzo	176,7	aprile	160,6	giugno	180,5	luglio	181,9	agosto	176,7	settembre	180,8	ottobre	180,8	novembre	180,8	dicembre
----------------	-------	-------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-----------	-------	---------	-------	----------	-------	----------

Tabella 2.2 Velocità media del vento filato a 10 m nel 2015, in esame il periodo primavera estate (21 marzo- 23 settembre)

Tabella 2.2.1 Media per mese.  
Media totale dei valori: 184,67  
Km orari a 2,13 m/s



Tabella 2.3 Anno 2016

VVIN: 20106 25102	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
marzo																				
aprile	17,09	176,56	254,29	547	135,90	161,46	133,26	176,7	241,68	223,44	139,5	154,65	209,16	177,66	160,84	190,68	186,84	179,08	308,28	209,04
maggio	186,68	203,98	375,97	821,79	218,46	173,58	163,98	157,24	118,38	169,74	147,12	290,1	238,82	179,02	116,31	186,42	188,04	167,28	244,62	373,96
giugno	121	206,46	163,36	175,93	176,8	209,58	168,68	162,26	113,64	100,64	100,24	175,2	213,68	172,14	173,54	241,14	171,96	189,12	348,38	143,28
luglio	179,96	198,24	165,48	144,04	176,04	162,28	179,22	192,28	169,82	166,74	173,78	206,5	291,36	327,4	408,67	440,7	345,08	295,76	192,04	179,12
agosto	233,3	266,14	207,54	156,03	173,88	211,42	261,91	217,32	223,26	204,1	272,27	340,14	233,82	144,82	179,24	166,16	174,8	147,18	128,78	157,74
Sett.	174,08	188,96	156,2	165,36	154,2	420,66	328,2	202,92	152,64	137,94	145,2	153,84	288,9	159,8	110,22	143,16	159,48	165,84	211,02	143,82

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
marzo	186,06	202,78	541,32	219,96	168,32	211,02	164,28	124,02	109,44	139	207,12
aprile	147,72	162,24	221,06	235,28	404,2	192,16	202,02	160,02	178,02	178,26	
maggio	159,4	171,91	247,24	-	164,77	164,3	161,3	204	207,8	185,42	176,2
giugno	182,22	165,62	172,38	192,04	184,06	-	178,92	188,76	171,96	161,28	
luglio	148,8	147,44	133,48	191,28	165,88	159,96	171,12	175,4	186	177,96	187,6
agosto	173,22	262,3	420,12	319,72	184,44	185,84	165,3	190,08	186,08	177,28	157,44
sett.	124,74	182,2	141,2								

Tabella 2.3 Velocità media del vento filato a 10 m nel 2016, in esame il periodo primavera estate (21 marzo- 23 settembre)

tabella 2.3.1 Media dei valori mensili.

Tabella 2.4 Sintesi valori medi del triennio.

Tabella 2.3.1 Anno 2016	marzo	200,3	>244 m/s	aprile	170,6	>240 m/s	luglio	106,2	>128 m/s	agosto	212,0	>245 m/s	sett.	170,9	>197 m/s
Media per mese															

Tabella 2.4 Anno 2016	marzo	2,27 m/s	aprile	2,18 m/s	luglio	2,50 m/s	agosto	2,54 m/s	sett.	2,16 m/s
Triennio media per mese										

media valori periodo primavera	194,8893	2,3 m/s (2016)	190,0142	2,3 m/s (2015)	201,1392	2,3 m/s (2014)	media triennio	195,2099	2,3 m/s
--------------------------------	----------	----------------	----------	----------------	----------	----------------	----------------	----------	---------

media valori periodo estate	193,2687	2,3 m/s (2016)	190,6078	2,3 m/s (2015)	183,0245	2,3 m/s (2014)	media triennio	189,9441	2,3 m/s
-----------------------------	----------	----------------	----------	----------------	----------	----------------	----------------	----------	---------

Tabella 2.5 - Anno 2010

VVIN- 2010K 25/10/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
dicembre																				
giugno	171,06	134,54	149,59	147	181,32	140,94	133,26	174,9	193,50	223,44	139,5	184,08	209,19	177,64	166,84	190,00	186,84	170,04	203,6	200,64
febbraio	188,64	205,89	275,97	321,70	318,46	175,58	163,88	197,54	194,30	169,74	147,12	230,1	230,93	179,52	126,52	186,42	190,04	167,88	244,8	175,96
marzo	259,70	-	369,62	-	257,6	161,89	139,14	165,79	187,60	181,90	159,18	179,11	404,09	281,44	148,54	137,00	165,29	170,22	187,7	

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
dicembre											
giugno	116,09	202,79	241,20	219,96	166,82	211,03	164,28	134,02	189,44	159	207,12
febbraio	147,52	162,24	224,06	238,26	406,7	162,16	302,92	160,82	170,89	199,26	
marzo	185,4	172,92	267,84	-	164,77	166,3	141,2	204	207,9	185,52	179,5

Tabella 2.5.1 - Anno 2015

valore medio tra i 4 mesi	2,3 m/s
valore medio febbraio	2,6 m/s

Tabella 2.5 - Velocità media del vento filato a 10 m nel 2016, in esame il periodo invernale (21 dicembre -19 marzo)

tabella 2.5.1 - Media dei valori mensili periodo invernale.



3. Stazione 16245 LIRE Pratica Di Mare alle 00Z ed alle 12Z elaborati della University of Wyoming - Radiosonde Data. (meteolive).

Oltre ai valori relativi alla ventilazione, sono stati selezionati anche i valori di umidità relativa (a.3), temperatura dell'aria (a.4) di seguito presentati. (Tabelle 3 e Tabelle 4).

### a.3 Umidità Relativa nel 2016

Nelle Tabelle 3.1-3.2-3.3 si riportano i dati dell'umidità relativa media diurna per i periodi primavera-estate e inverno e le relative medie mensili e stagionali nell'anno 2016. (Tabella 3.3).

Nella tabella 3.4 è riportata una rielaborazione dei dati grezzi relativi all'umidità relativa oraria nell'anno 2016. L'elaborazione dei dati ha permesso di valutare il massimo e il minimo valore del parametro ricercato nelle 24 ore, sia come valore relativo (valore massimo e minimo ottenuto dalla media dei valori registrati nel mese), che assoluto (valore massimo e minimo effettivi registrati in uno specifico giorno del mese), come riportato in Tabella 3.5 sono stati riportati i dati relativi a due mesi specifici: luglio per la condizione estiva e febbraio per quella invernale. La scelta di questi due mesi deriva dalla constatazione che, nella maggior parte degli studi climatici sulla Capitale, i due mesi risultano essere quelli più problematici. (Colacino e Lavagnini 1982; Salvati, 2016 citati nel capitolo 7). Per quanto concerne il valore dell'umidità specifica a 2500m, sono stati utilizzati i dati forniti da radiosondaggi della stazione meteorologica di Pratica di Mare<sup>3</sup>, da cui è stato estrapolato il valore medio dei singoli mesi del 2016.

Tabella 3.1 Anno 2016

UMIDITÀ RELATIVA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
marzo																					
aprile	47	47,8	43,1	43,2	44,9	39,7	41,4	45,1	55,9	60,2	34	41,9	39,2	47,2	49	34	29,9	34,6	41,6	42,6	
maggio	62,9	73,4	45	34,3	39,1	40,8	47,9	47,3	48,3	43,6	47,7	71,2	46,8	47,8	73,5	44,2	45,2	46,3	43,8	44,0	
giugno	59,8	71,1	34,5	30	50,3	34,4	35,9	59,7	71,2	66,2	30,3	65,5	30,8	55,6	46,7	49,7	38	41,9	46,8	43,6	
luglio	38,7	47	37,1	44,7	44,9	53,2	51,1	49,4	45,9	50,4	45,1	34,9	47	47,5	53,8	37,1	35,5	31,2	28,8	31,4	
agosto	50,4	31,2	40,6	46,0	56,8	42	35,22	40,2	39,4	44,2	40,1	22,6	41,8	51,8	40,1	50,3	40,3	58,5	54,9	50,4	
Sett.	52,1	45,9	41,9	45,1	61,6	34,1	37,2	59,8	34,3	64,8	73,9	61,6	59,4	58,2	74,2	44,2	62,8	64,6	64,3	54,7	

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
marzo	47,7	47,8	48,2	51,2	40,4	39,8	45,2	41,1	49,1	56,4	38,3
aprile	44,2	62,7	49,2	66	43,1	60,8	45,6	74,2	55,4	53,3	
maggio	34,9	47,6	39,1	-	40,3	45,1	30,8	29,6	37,7	35,4	49
giugno	49,4	44,6	43,1	41,3	42,7	-	39,4	46	45,2	41,2	
luglio	11,9	11,8	15,2	13,2	17,3	19,1	3,1	47,8	47	47,9	47,2
agosto	53,3	35,4	31,8	46,0	38,5	41,4	42	44,2	58,1	36,1	36,1
sett.	44,6	41,5	44,4	51,4	59,9	49,8	56,4	41,4	-	48,5	

Tabella 3 Umidità relativa media diurna nel periodo primavera- estate e inverno, anno 2016. Fonte: Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) Servizio di fornitura dati e statistiche agrometeorologiche, Stazione meteorologica Roma Collegio Romano.

Tabella 3.1 Umidità relativa media diurna nel 2016, in esame il periodo primavera- estate (21 marzo- 23 settembre).

Tabella 3.2 - Umidità relativa media giornaliera nel 2016, in esame il periodo invernale (21 dicembre -19 marzo).

Tabella 3.2.1 Umidità relativa media mensile.

Tabella 3.3 Umidità relativa media periodo primaverile- estivo- invernale.

Tabella 3.2 - Anni 2016

UMIDITÀ RELATIVA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
dicembre																					
gennaio	80,8	82,9	70,4	90,1	85,9	77,7	87,8	83,8	83,8	71,4	83,8	66	56	85,4	64,3	80,5	66,8	41,8	39	36,9	
febbraio	80,4	81,6	78,8	87,9	85,7	63,1	72,8	79,2	89,4	89,4	63,9	74,8	78,8	90,1	78,8	82,7	74	69,4	66,7	66,7	33,3
marzo	84,6	..	86,8	88	74,9	88,3	87,7	74	86,7	78,2	78	41,4	33,7	47,3	64,3	37,2	38,7	33,3	39,7	39,7	

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
dicembre	73,6	87,9	85,9	86,8	83	76,5	74,1	69,8	77,7	76,7	66,4
gennaio	77	73,8	78	82,4	87,1	72,3	88,7	91,4	72,5	89,4	88,5
febbraio	74,3	72,5	74,8	84,4	72,2	73,1	67,8	74,3	74,7		
marzo											

Tabella 3.2.1 - Anni 2016

Media per mese	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
	51,9 %	53,6 %	44,3 %	44,3 %	44,6 %	58,7 %	69,8 %

Tabella 3.3 - Anni 2016

media valori periodo primaverile	34,2 %	media valori periodo estivo	48,7 %	media valori periodo invernale	70,1 %
----------------------------------	--------	-----------------------------	--------	--------------------------------	--------

Tabella 3.4 Anno 2016

ORR	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
gru	82,0	79,0	76,0	73,0	70,0	67,0	64,0	61,0	58,0	55,0	52,0	49,0	46,0	43,0	40,0	37,0	34,0	31,0	28,0	25,0	22,0	19,0	16,0	13,0	10,0	7,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
feb	78,0	75,0	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mar	75,0	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
apr	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mag	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
giu	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
lug	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
set	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ott	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
nov	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dic	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ORR	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
gru	78,0	75,0	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
feb	75,0	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mar	72,0	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
apr	69,0	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mag	66,0	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
giu	63,0	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
lug	60,0	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
set	54,0	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ott	51,0	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
nov	48,0	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dic	45,0	42,0	39,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 3.4 Umidità relativa diurna dati orari, anno 2016. Fonte: Rielaborazione open data Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. [www.politicheagricole.it](http://www.politicheagricole.it)

Tabella 3.5 Valori minimi e massimi registrati, anno 2016.

Valore relativo	Min 2016	Max 2016	Valori assoluti	Valori relativi
valori periodo estivo: luglio	Min 42,3%	Max 72,8%	Ore 14:00 Ore 04:00	Valori assoluti Ore 14:00-16:00 Ore 04:00
valori periodo invernale: febbraio	Min 60,0%	Max 85,7%	Ore 11:00 Max 2100h	Valori assoluti Ore 14:00 Ore 04:00

\* Valore relativo \*\* valore assoluto

#### a.4 Temperatura dell'aria nel 2016 (Tabelle 4)

I dati delle Tabelle 4.1 - 4.6 si riferiscono ai valori massimi, minimi e medi rilevati dalla stazione nell'arco di tutta la giornata senza scadenza oraria. Per conoscere invece il dato orario (Tabella 4.7), come per i dati di umidità, sono stati utilizzati i dati 'grezzi' nei quali viene indicato il valore della temperatura allo scoccare dell'ora. La discordanza dei valori di massima e di minima tra i dati giornalieri ed i dati orari è determinata dalla differente impostazione di presa della misura. Il valore massimo registrato di tale discordanza è di 0,8 °C. Nonostante ciò, la necessità di riportare il valore al dato orario per relazionarlo, come vedremo poi, al dato misurato a livello stradale, ha portato ad utilizzare prevalentemente i dati della Tabella 4.7 e 4.8 calcolati quindi allo scoccare dell'ora.





Tabella 4.2 Temperatura dell'aria massima a 2m (°C)-Primavera/estate, anno 2016.

Tabella 4.2.1 Temperatura dell'aria massima, medie primavera/estate.

Tabella 4.2.1 Anno 2016		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TIORFARLIS.M.	MASSC																				
marzo																					
aprile																					
maggio																					
giugno																					
luglio																					
agosto																					
Sett.																					

marzo																					
aprile																					
maggio																					
giugno																					
luglio																					
agosto																					
Sett.																					

Tabella 4.2.1 Anno 2016	Tmax: media primavera/estate	22,0 °C	Tmax: media estate	30,5 °C	media luglio	31,3 °C
-------------------------	------------------------------	---------	--------------------	---------	--------------	---------



Tabella 4.3 Anno 2010

TEMPERATURA media	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
marzo											
aprile	14,7	16,55	18,65	18,8	19,55	20,05	20,1	20,1	14,55	15,1	15,35
maggio	15,25	13,5	18,55	20,5	17,55	18,55	19,75	20,65	20,65	22,1	21,4
giugno	20,5	20,3	21,65	20,3	21,35	21,8	23,05	23,5	23,9	21,75	23,05
luglio	24,05	26,9	27,55	27,9	27,8	27,5	28,05	27,75	27,35	27,9	29,2
agosto	27,9	26,95	26,25	26,9	26,95	25,7	27,15	26,35	26,2	26,4	24,65
Sett.	24,45	23,85	24,0	24,4	25,3	23	22,25	23,35	23,4	25,05	23,65

marzo	13	14	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
aprile	17,8	20,7	20,95	19,0	17,95	22	19,25	18	17,75	17,35	20,3	19	16,7	22,1	17,85	15,8	16,5	17,65	17,25
maggio	18,65	18,3	21,25	18,45	17,25	16,55	17,2	16,75	16,8	21,25	19,3	-	20,8	19,85	22,35	22,6	22,6	22,4	22,6
giugno	22,65	21,05	21	24,15	20,8	22,5	21,25	21,4	20,25	22,25	20,7	20,05	20,05	-	24	24,05	26,05	26,05	26,05
luglio	26,45	26,35	26,8	23,35	23,35	23,7	23,55	27,8	26,9	27,6	27	27,9	25,75	26,05	27,7	27,9	26,25	27,65	27,75
agosto	23,95	23,45	24,65	24,65	25,15	26,2	25,95	26,7	26,65	26,95	27,4	26,2	27,05	26,6	27,25	26,6	27,25	26,5	26,5
Sett.	23,5	23,95	23,9	23,65	22,85	22,95	22,15	19,65	21,35	21,85									

Tabella 4.3.1 Anno 2010

Media valore per mese	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
	19,2 °C	22,6 °C	23,6 °C	25,9 °C	26,9 °C	26,9 °C	26,2 °C	26,2 °C	22,0 °C	19,0 °C

Tabella 4.3 Temperatura dell'aria media a 2m (°C) Primavera/estate, anno 2010.

tabella 4.3.1 Temperatura dell'aria media, medie per mese.

tabella 4.3.2 Temperatura dell'aria media, medie Primavera/estate.

Tabella 4.3.2 Anno 2010

Temperatura media primavera/estate	23,7 °C	26,6 °C	26,9 °C	26,9 °C	26,9 °C	26,9 °C	26,2 °C	26,2 °C	22,0 °C	19,0 °C
------------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Tabella 4.4. Temperatura dell'aria minima a 2m (°C), inverno, anno 2016.

Tabella 4.4.1. Temperatura dell'aria minima, medie invernali e mese febbraio.

Tabella 4.5. Temperatura dell'aria massima a 2m (°C), inverno, anno 2016.

Tabella 4.5.1. Temperatura dell'aria massima, medie invernali e mese febbraio.

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dicembre	5,4	6	5,7	7	10,0	9	6,3	10,8	11,9	14,8
giugno	9,8	6,8	12,2	6,6	3,4	5,7	10,1	12,1	12,8	6,9
marzo	8,7	-	7,4	-	8,0	8,0	8,8	8,6	7,4	7

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
dicembre											3,5	3,5	5,1	8	6,3	8,1	10,9	8,1	1,8	7,5	3,7
giugno	14,1	11,5	6	6	9,5	5,2	2,9	1,4	1,2	1	6,2	8,3	3,8	6,7	3,4	8,6	7,4	7,6	6,2	6,2	12,6
febbraio	7,7	10,5	12,4	12,7	11,3	12,5	12,7	10,5	7,7	9,2	6,7	11,4	12,5	9,8	11,5	10,3	12	12,3	10,9		
marzo	7,2	8,4	10,1	9,8	8,8	9,8	8,7	10,8	8,1												

Tabella 4.4.1. Anno 2016

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
dicembre																					
giugno	21	13,7	14,5	14	12,9	13,1	11,7	16,2	17,6	17,8	17,6	15,3	16,6	13,2	13,5	10,4	8,2	7,6	9,1	10,1	
febbraio	17,6	17,5	16	17,9	15,6	15	18,3	15,5	16,7	16,6	13,3	14,5	16,7	17,3	16,8	18,7	16,6	15,6	15,4	15,2	
marzo	15,9	-	13,5	-	14	14,9	12,1	13,5	11	13	17,4	18,7	16,3	18	15,8	16,6	18,1	17	17,4		

dicembre	14,8	14,9	13,6	14,7	14,8	11,7	11,9	13,3	11,6	11	11,6										
giugno	11,9	12,2	10,8	11,2	10,7	10,6	10,5	11	10,9	10,9	10,9										
febbraio	16,3	17,4	17,2	18,1	16,8	15,8	15,8	17	15,4												
marzo																					

Tabella 4.5.1. Anno 2016

Tabella 4.6 Anno 2010

TEMPERATURA, MISUR.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Invernice																					
giugno	9,3	10,05	11,2	10,5	11,6	10,55	9,5	11,35	15,75	16,2	13,95	13,4	11,2	8,6	11	7,8	3,35	6,4	6,35	6,55	6,55
luglio	13,7	13,15	14,3	9,75	9,5	10,35	12,2	13,8	16,25	12,25	10,2	12,5	10,55	14,55	15,6	14,05	14,05	11,15	11,05	11,7	11,7
agosto	15,3	-	15,45	-	11,6	11,35	10,5	11,05	9,7	10	11,5	14,15	13,4	12,05	12,2	13,25	13,3	13,9	13,05	13,75	13,7

settembre	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
dicembre	6,05	10,5	9,65	5,65	10,6	8,4	8,85	8,2	6,7	6,7	7,65
giugno	9	7,75	7,15	8,95	8,8	10,1	11,45	11,3	12,65	12,05	12,75
settembre	16,6	14,6	14,85	13,95	14,15	13,05	13,9	14,65	14,95		
dicembre											

Tabella 4.6.1 Anno 2016	T <sup>media</sup> media invernale	T <sup>media</sup> media estate	T <sup>media</sup> media mese febbraio	T <sup>media</sup> media mese febbraio
	11,8 °C	15,8 °C	15,0 °C	15,0 °C

Tabella 4.6 Temperatura dell'aria media a 2m (°C), inverno, anno 2016.

tabella 4.6.1 Temperatura dell'aria media, medie invernali e per mese.



### 9.1.2 Misurazioni dirette al pedestrian level: valori misurati nelle aree selezionate.

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle 'campagne di misurazione speditiva', così definite in quanto effettuate con strumentazione manuale, di più facile reperibilità e immediatezza nella lettura dei risultati, e sviluppate nell'arco di 5 mesi (da maggio a settembre 2016 - condizioni ambientali primaverili ed estive), e condotte nelle 10 aree selezionate nella città storica di Roma (Rif. Cap. 8.3), di cui si riporta una tavola di sintesi (Figura 8).

Si è scelto di procedere con tali misurazioni in situ per raccogliere i dati anemometrici al cosiddetto pedestrian level, da confrontare sia con il dato ottenuto dalla simulazione computazionale sia con il dato registrato dalle stazioni meteorologiche, per comprendere l'influenza del tessuto costruito sul fattore anemometrico<sup>4</sup>.

Le campagne di misurazione sono state effettuate con la supervisione del CNR-IDASC Istituto di acustica e sensoristica "Orso Mario Corbino", presso il quale è stato svolto un periodo di tirocinio (dal 1/04/2016 al 30/09/2016) funzionale alla ricerca.

Per ogni area sono stati inizialmente raccolti dati climatici generali reperiti dalla stazione meteorologica di riferimento (CREA-CMA), ed è stata effettuata una campagna di misurazione di sei giorni (3 nel periodo estivo e 3 nel periodo primaverile)<sup>5</sup>. (Schede di campagna e Schede di analisi dei dati raccolti in situ riportate in Appendice).

Per ogni area di studio sono stati selezionati dei punti di stazionamento in aree nevralgiche del sito (Tabella 5) e per ogni punto di stazionamento sono stati valutati i parametri di:

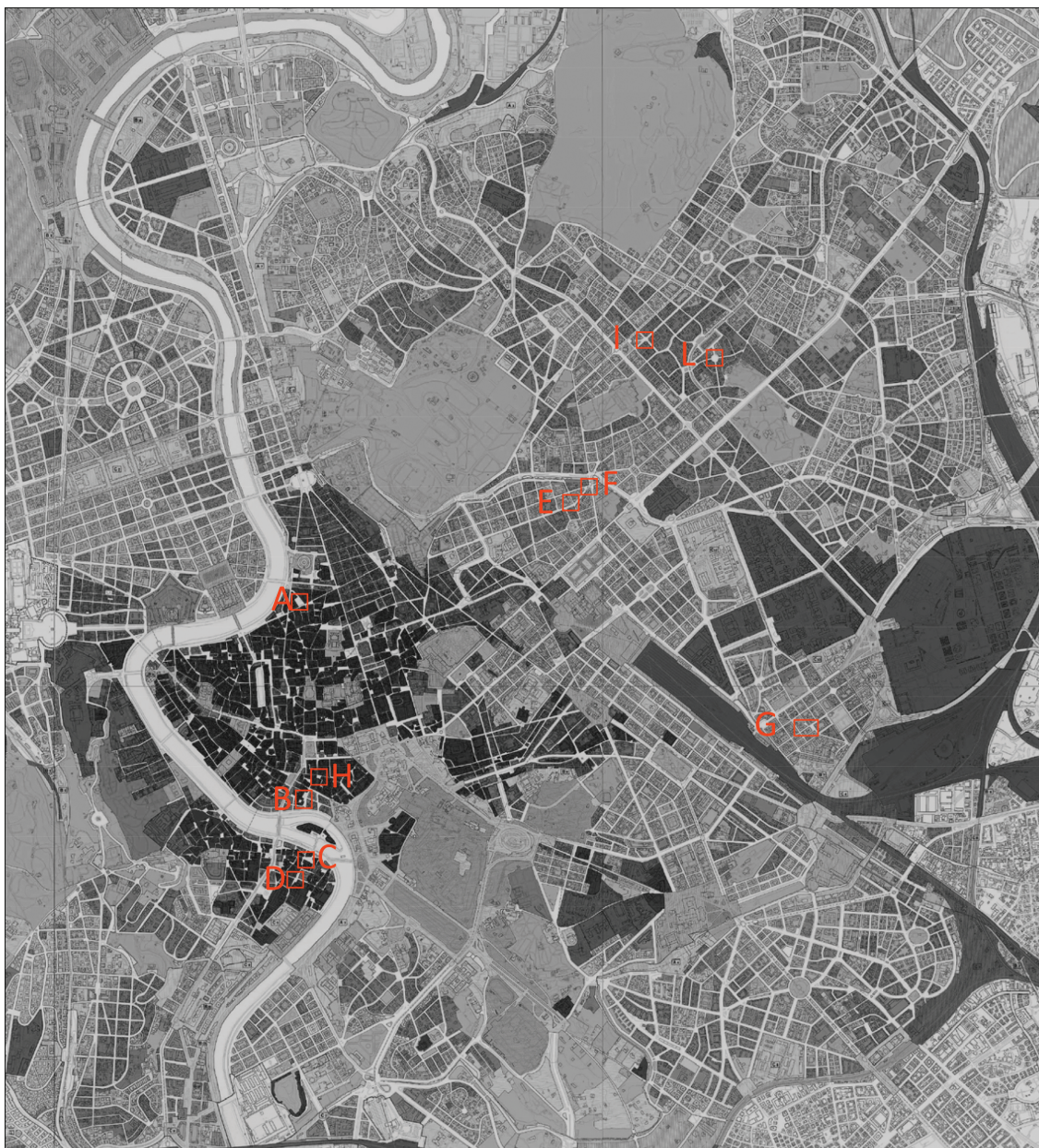
- intensità e direzione del flusso;
- temperatura dell'aria;
- umidità relativa;
- temperatura superfici verticali, temperatura superfici orizzontali, eventuale temperatura superficiale dell'acqua se presente;

utilizzando, come detto, una strumentazione manuale le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella Tabella 6.

4. Per Roma si può far riferimento, come visto nel paragrafo precedente, ai dati forniti dalla stazione meteorologica collocata all'interno del tessuto urbano consolidato: Osservatorio meteorologico del Collegio Romano sede CREA-CMA (ex Ucea).

5. Consapevoli dell'errore umano di presa dei dati utilizzando strumentazioni manuali, si è scelto di ridurre tale percentuale di errore eseguendo le misurazioni, sia per il periodo primaverile che per quello estivo, per tre giorni e di definire quindi una media dei dati raccolti.





ELENCO DELLE AREE SELEZIONATE:			
A. P.ZZA FONTANELLA BORGHESE Rione Campo Marzio	D. VIA ANICA - VIA DEI GENOVESI Rione Trastevere	G. P.ZZA DELL'IMMACOLATA Quartiere San Lorenzo	I. P.ZZA MINCIO Quartiere Coppedè
B. P.ZZA CINQUE SCOLE Rione Sant'Angelo	E. VIA BONCOMPAGNI -Sede Arpa Rione Ludovisi	H. P.ZZA MATTEI Rione Sant'Angelo	L. P.ZZA CAPRERA Quartiere Trieste
C. P.ZZA IN PISCINULA Rione Trastevere	F. VIA PIAVE- VIA SICILIA (interno mura) Rione Ludovisi		

Figura 8. Stralcio del Prg del Comune di Roma (2008) dove si evidenziano le aree prese in esame.

In ogni punto di stazionamento sono stati rilevati i dati in tre posizioni: ai lati del canyon (ad una distanza di 70-100 cm dalle superfici verticali in relazione al singolo canyon) ed una al centro del canyon. (Tabella 7). A questi punti di misurazione corrispondono altrettanti punti di misurazione del recettore nel modello simulato, come vedremo in seguito.

Si riportano di seguito (Scheda a; Scheda b) le due schede di campagna tipo utilizzate durante i sopralluoghi e le relative specifiche per singola scheda. Alcune -a titolo esemplificativo- delle schede di campagna compilate, sia per i periodi primaverili che estivi, sono state inserite nella sezione Appendici (Appendice A1- Schede delle campagne di misurazione).

Per ogni singola sessione di misura è stato seguito il seguente iter:

- predisposizione degli strumenti e controllo continuo della strumentazione, per evitare o ridurre errori di isteresi;
- controllo delle condizioni a contorno, per evitare il più possibile alterazioni del parametro;
- rilievo dei singoli parametri climatici e restituzione del dato su singole schede di campagna;
- rilievo visivo delle caratteristiche specifiche del sito (conformazioni particolari, ostacoli, materiali, etc....).

Per una corretta misurazione si è prestata attenzione ad evitare sia l'ingombro del soggetto misuratore sia l'ingombro di altri elementi presenti in situ.

Alla fine dei tre giorni di misurazione per il periodo estivo<sup>6</sup> sono state effettuate, per ogni area di indagine, delle rielaborazioni dei dati raccolti e redatte delle schede di sintesi con i valori medi tra i tre giorni di misurazione che serviranno come base per il confronto con i dati ottenuti tramite la simulazione fluidodinamica<sup>7</sup>. Tutte le schede - riferite alle 10 aree selezionate- sono riportate nella sezione Appendici (Appendice A2- Schede di analisi dei dati raccolti in situ), mentre si presentano a fine paragrafo, a titolo esemplificativo, due schede tipo (schede c) di rielaborazioni dei dati.

La scelta di utilizzare il valore medio tra i tre giorni di misurazione, anziché quello di una singola giornata, è servita per ottenere un dato più rappresentativo del periodo analizzato, e bilanciare eventuali alterazioni che nella misurazione di una sola giornata possono dipendere da vari fattori quali repentini cambiamenti climatici, errori strumentali o di presa della misura.

6. Si rimanda a un successivo sviluppo della ricerca la valutazione specifica dei valori raccolti nel periodo primaverile.

7. Rif. Cap. 9.3.

Didascalie pagina seguente.

Tabella 5. Principali criteri di selezione dei punti di stazionamento.

Tabella 6. Elenco e specifiche tecniche della strumentazione utilizzata.

Tabella 7. Disposizione strumenti per singolo punto di stazionamento.



Principali criteri di selezione dei punti di stazionamento (area di indagine/ assessment area)	
-	canyon principali;
-	canyon secondari;
-	punti di intersezione tra più canyon;
-	slargo o piazza in posizione centrale e periferica (in zona di calma e/o in asse con la direzione prevalente di flusso);
-	in presenza di particolari conformazioni spaziali del sito (restringimenti della sezione, sensibile variazione di quota, presenza di barriere antropiche o naturali -come alberature-, significative deviazioni dei fronti);

Tabella 5

Strumento	Grandezza misurata	Campo di funzionamento	Risoluzione	Accuratezza	Strumentazione aggiuntiva
Termo anemometro a filo caldo	Velocità del vento [m/s]	0 +30 [m/s]	0,1	+/-3% F.S. nel campo di temp 4 a 32°C	bussola
	T°aria [°C]	-30+180°C	1		--
psicrometro digitale	Umidità relativa [%]	-40 +150 °C	0,1	±0,3 °C (-60 +60 °C); (±0,2°C + 0,3% v.m. campo rimanente)	sonda igrometrica
Psicrometro Asmann		-5°+45°C		± 0.2°C	--
Piranometro	Radiazione globale [W/m²]	0 ÷2000	0,5	+/-1%	Multimetro digitale
Radiometro IR	temperatura superficiale puntiforme [°C]	-30 ... +260 °C	0,1	±2 %	--
Termocoppia	Temperatura superficiale dell'acqua	-20°C÷400°C	1	+/-1%	Multimetro digitale

Tabella 6

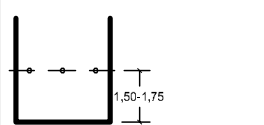
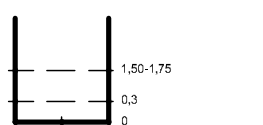
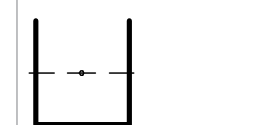
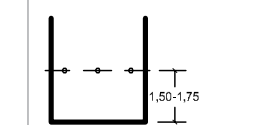

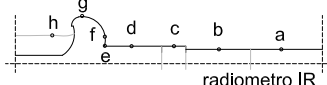
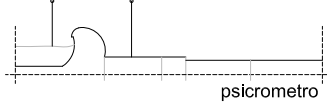
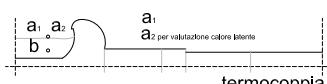
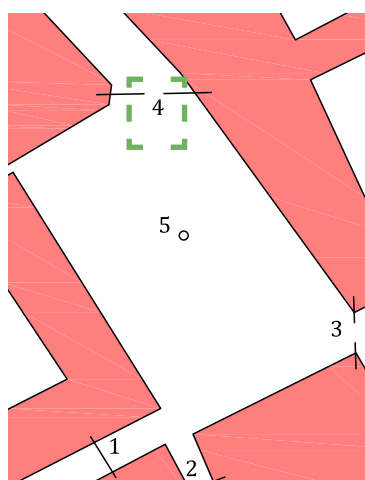
Disposizione strumenti per singolo punto di stazionamento			
			
Direzione Intensità [m/s] T°aria [°C]	T°sup. [°C]	Radiazione globale [W/ m2]	Umidità relativa [%]
Per ogni punto di stazionamento sono stati presi i dati a differenti altezze: 0 m: corrispondente all'attacco tra superfici orizzontali e verticali; 0,35m; 1,00m; 1,75m			

Tabella 7

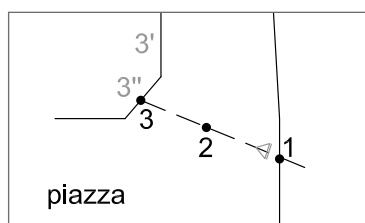
n° punto	SITO   Rione DATA CONDIZIONI CLIMATICHE	VIA	KMAP
Note:			
T° PARETE		T° PAVIMENT.	T°Ba /T°Bb   UR%
h7		materiale	
h12		materiale	
h16		materiale	
h19		materiale	
MISURAZIONE DEL VENTO			
h7	m/s T°a	Dir.	h m/s T°a Dir.
1)			1)
2)			2)
3)			3)
h12	m/s T°a	Dir.	h m/s T°a Dir.
1)			1)
2)			2)
3)			3)
h16	m/s T°a	Dir.	h m/s T°a Dir.
1)			1)
2)			2)
3)			3)
h19	m/s T°a	Dir.	h m/s T°a Dir.
1)			1)
2)			2)
3)			3)

n° punto	SITO DATA CONDIZIONI CLIMATICHE	FONTANA VIA/PIAZZA	KMAP																																																																																																																																																																
<b>MISURAZIONE DEL VENTO</b>																																																																																																																																																																			
<u>h 7</u>	<u>h 11</u>	<u>h 15</u>																																																																																																																																																																	
1)	1)	1)																																																																																																																																																																	
3)	3)	3)																																																																																																																																																																	
<u>h 8</u>	<u>h 12</u>	<u>h 16</u>																																																																																																																																																																	
1)	1)	1)																																																																																																																																																																	
3)	3)	3)																																																																																																																																																																	
<u>h 9</u>	<u>h 13</u>	<u>h 17</u>																																																																																																																																																																	
1)	1)	1)																																																																																																																																																																	
3)	3)	3)																																																																																																																																																																	
<u>h 10</u>	<u>h 14</u>	<u>h 18</u>																																																																																																																																																																	
1)	1)	1)																																																																																																																																																																	
3)	3)	3)																																																																																																																																																																	
<b>T° SUPERFICI</b>			<b>STRUMENTAZIONE</b> specifiche tecniche- posizione misurazioni  radiometro IR  psicrometro  termocoppia																																																																																																																																																																
<u>h 7</u>	<u>h 12</u>	<u>h 19</u>																																																																																																																																																																	
a)	a)	1)																																																																																																																																																																	
b)	b)	3)																																																																																																																																																																	
c)	c)																																																																																																																																																																		
d)	d)																																																																																																																																																																		
e)	e)																																																																																																																																																																		
f)	f)																																																																																																																																																																		
g)	g)																																																																																																																																																																		
h)	h)																																																																																																																																																																		
<u>h 8</u>	<u>h 13</u>	<u>h 16</u>																																																																																																																																																																	
a)	a)	a)																																																																																																																																																																	
b)	b)	b)																																																																																																																																																																	
c)	c)	c)																																																																																																																																																																	
d)	d)	d)																																																																																																																																																																	
e)	e)	e)																																																																																																																																																																	
f)	f)	f)																																																																																																																																																																	
g)	g)	g)																																																																																																																																																																	
h)	h)	h)																																																																																																																																																																	
<u>h 9</u>	<u>h 14</u>	<u>h 17</u>																																																																																																																																																																	
a)	a)	a)																																																																																																																																																																	
b)	b)	b)																																																																																																																																																																	
c)	c)	c)																																																																																																																																																																	
d)	d)	d)																																																																																																																																																																	
e)	e)	e)																																																																																																																																																																	
f)	f)	f)																																																																																																																																																																	
g)	g)	g)																																																																																																																																																																	
h)	h)	h)																																																																																																																																																																	
<u>h 10</u>	<u>h 15</u>	<u>h 18</u>																																																																																																																																																																	
a)	a)	a)																																																																																																																																																																	
b)	b)	b)																																																																																																																																																																	
c)	c)	c)																																																																																																																																																																	
d)	d)	d)																																																																																																																																																																	
e)	e)	e)																																																																																																																																																																	
f)	f)	f)																																																																																																																																																																	
g)	g)	g)																																																																																																																																																																	
h)	h)	h)																																																																																																																																																																	
<u>h 11</u>	<u>h</u>	<u>h 19</u>																																																																																																																																																																	
a)	a)	a)																																																																																																																																																																	
b)	b)	b)																																																																																																																																																																	
c)	c)	c)																																																																																																																																																																	
d)	d)	d)																																																																																																																																																																	
e)	e)	e)																																																																																																																																																																	
f)	f)	f)																																																																																																																																																																	
g)	g)	g)																																																																																																																																																																	
h)	h)	h)																																																																																																																																																																	
			<b>T° ACQUA</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><u>h 7</u></td> <td></td> <td><u>h 17</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td>a1)</td> <td>a2)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td>b)</td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 8</u></td> <td></td> <td><u>h 18</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td>a1)</td> <td>a2)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td>b)</td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 9</u></td> <td></td> <td><u>h 19</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td>a1)</td> <td>a2)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td>b)</td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 10</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 11</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 12</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 13</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 14</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 15</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>h 16</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1)</td> <td>a2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">T°Ba / T°Bb</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>h 7</u></td> <td><u>h 14</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 8</u></td> <td><u>h 15</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 9</u></td> <td><u>h 16</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 10</u></td> <td><u>h 17</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 11</u></td> <td><u>h 18</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 12</u></td> <td><u>h 19</u></td> </tr> <tr> <td>a)</td> <td>a)</td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td>b)</td> </tr> <tr> <td><u>h 13</u></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<u>h 7</u>		<u>h 17</u>		a1)	a2)	a1)	a2)	b)		b)		<u>h 8</u>		<u>h 18</u>		a1)	a2)	a1)	a2)	b)		b)		<u>h 9</u>		<u>h 19</u>		a1)	a2)	a1)	a2)	b)		b)		<u>h 10</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 11</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 12</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 13</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 14</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 15</u>				a1)	a2)			b)				<u>h 16</u>				a1)	a2)			b)				T°Ba / T°Bb		<u>h 7</u>	<u>h 14</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 8</u>	<u>h 15</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 9</u>	<u>h 16</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 10</u>	<u>h 17</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 11</u>	<u>h 18</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 12</u>	<u>h 19</u>	a)	a)	b)	b)	<u>h 13</u>	
<u>h 7</u>		<u>h 17</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)		a2)																																																																																																																																																															
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 8</u>		<u>h 18</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)		a2)																																																																																																																																																															
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 9</u>		<u>h 19</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)		a2)																																																																																																																																																															
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 10</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 11</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 12</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 13</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 14</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 15</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 16</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
T°Ba / T°Bb																																																																																																																																																																			
<u>h 7</u>	<u>h 14</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 8</u>	<u>h 15</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 9</u>	<u>h 16</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 10</u>	<u>h 17</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 11</u>	<u>h 18</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 12</u>	<u>h 19</u>																																																																																																																																																																		
a)	a)																																																																																																																																																																		
b)	b)																																																																																																																																																																		
<u>h 13</u>																																																																																																																																																																			
<u>h 7</u>		<u>h 17</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)	a2)																																																																																																																																																																
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 8</u>		<u>h 18</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)	a2)																																																																																																																																																																
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 9</u>		<u>h 19</u>																																																																																																																																																																	
a1)	a2)	a1)	a2)																																																																																																																																																																
b)		b)																																																																																																																																																																	
<u>h 10</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 11</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 12</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 13</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 14</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 15</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			
<u>h 16</u>																																																																																																																																																																			
a1)	a2)																																																																																																																																																																		
b)																																																																																																																																																																			

**Scheda a.** Scheda di campagna tipo -generale. Nella parte superiore: numero di riferimento del punto di stazionamento, lettera di riferimento e localizzazione del sito, data e condizioni atmosferiche del giorno. Nella parte superiore destra una K-map riporta l'eidotipo del punto di stazionamento con l'indicazione dei 3 sotto punti di presa (2 al lato ed uno centrale) ed eventuali sottopunti



Punti di stazionamento per singolo sito.



Sotto-punti di stazionamento (es. relativo al punto 4).

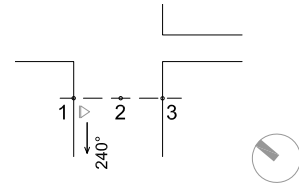
per differenziare zone in ombra e sole. Nella parte centrale si riportano le temperature delle superfici dell'invaso, con i relativi materiali,

e nella parte destra la misurazione dell'umidità relativa (sia in valore % che come rapporto tra temperatura a bulbo asciutto  $T^{\circ}Ba$  e bagnato  $T^{\circ}Bb$ ). Nella parte in basso si riportano i dati anemometrici relativi a intensità, direzione e temperatura dell'aria rilevati nei tre sottopunti di stazionamento. La temperatura dell'aria è stata misurata nel punto centrale per evitare una influenza troppo diretta della massa termica di singole porzioni murarie. Le misurazioni dei parametri indicati sono state prese ad intervalli regolari (7:00-12:00-16:00-19:00) con alcune ulteriori misure in aree specifiche alle ore 14:00.

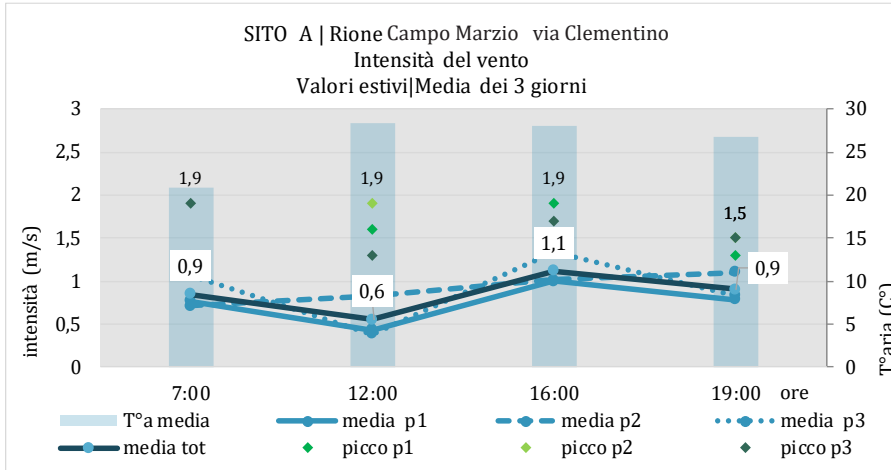
**Scheda b.** Schede di campagna tipo specifica in presenza di superfici d'acqua. Si è scelto di raccogliere ulteriori dati nelle aree caratterizzate dalla presenza di una fontana. Nella parte superiore: numero di riferimento del punto di stazionamento, lettera di riferimento e localizzazione del sito, data e condizioni atmosferiche del giorno. Nella parte superiore destra una K-map riporta l'eidotipo del punto di stazionamento e dei singoli sotto-punti di misurazione attorno alla fontana a seconda delle varie pavimentazioni e/o rivestimenti presenti in un perimetro di circa 1 m intorno alla fontana, e sulla superficie d'acqua stessa, con i relativi strumenti di riferimento. Per ognuno di questi sotto-punti è stata misurata la temperatura superficiale (parte centrale della scheda). Sempre nella parte alta della scheda si riporta la misura dell'intensità del vento in posizione sopra e sottovento rispetto alla fontana stessa. Nella parte laterale destra della scheda si riporta infine la misura della temperatura dell'acqua sia in superficie (punto a1-sole e punto a2-ombra) e in profondità (punto b). Sempre nella fascia laterale bassa si riportano i valori dell'umidità relativa presi sia in prossimità della fontana (punto a - distanza 1m) sia subito sopra la superficie dell'acqua (punto b - distanza in elevato di circa 1 m). In questo caso è stata prevista la presa ad intervalli di 2 ore (sono comunque stati riportati tutti gli orari per eventuali misure integrative).

SITO A | Rione Campo Marzio PUNTO N° 1

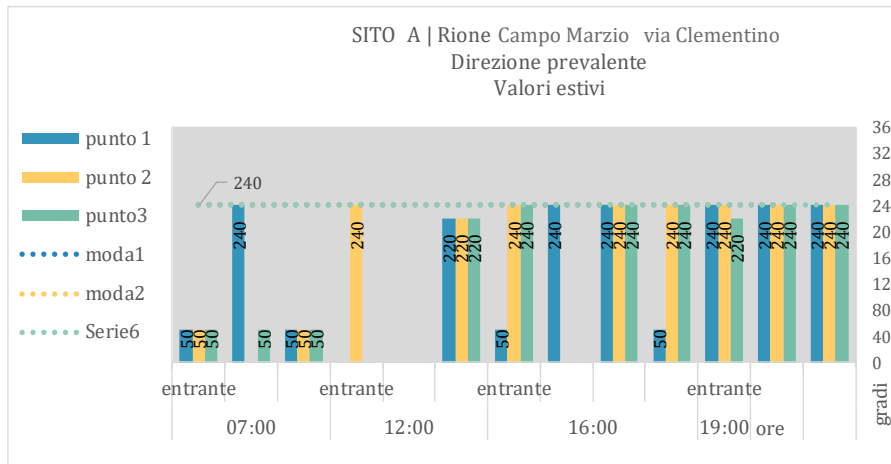
Periodo di misurazione: estivo  
 Giorni 1-2-3 luglio 2016  
 Condizioni meteo: prevalentemente Sereno



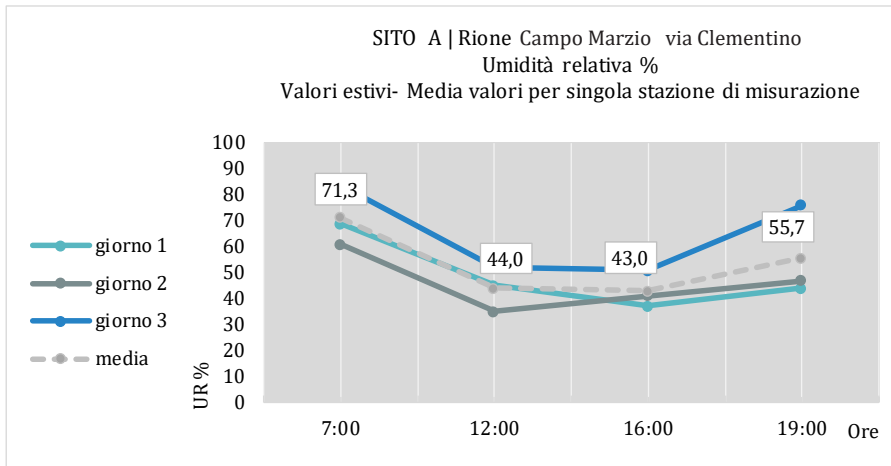
Intensità prevalente e temperatura dell'aria K-map



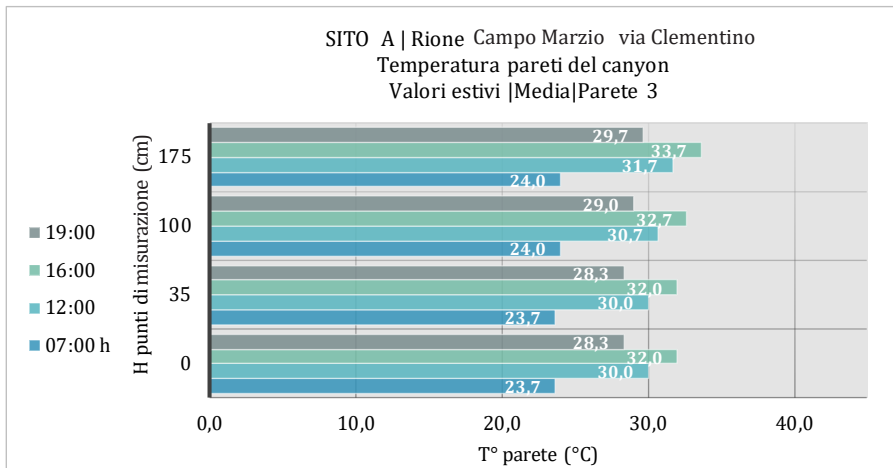
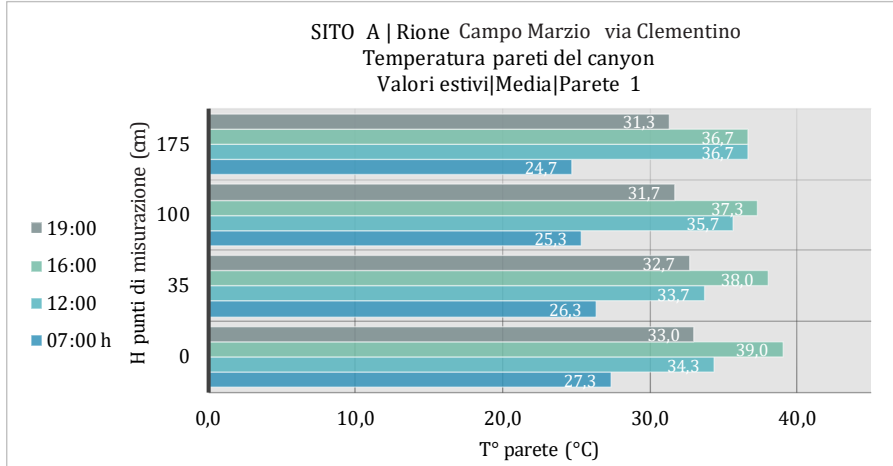
Direzione prevalente



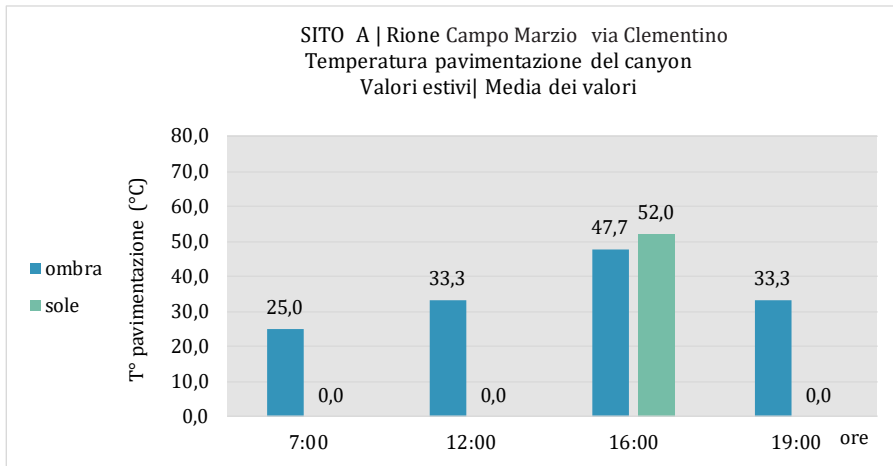
Umidità relativa



Temperatura superfici verticali



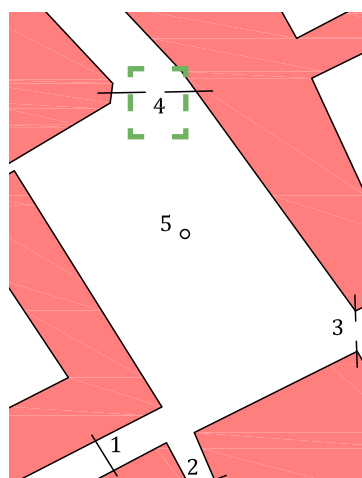
Temperatura pavimentazione



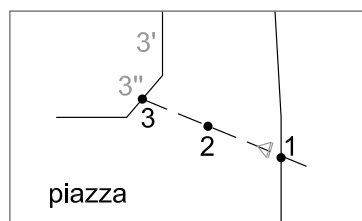


**Schede C.** Schede di analisi dei dati raccolti in situ. In queste schede sono riportati i grafici di rielaborazione dei dati raccolti sul campo, con lo scopo di estrapolare valori medi dei parametri ricercati: intensità e temperatura dell'aria; direzione prevalente; umidità relativa; principali temperature superficiali verticali ed orizzontali. Questi valori sono stati raccolti per ogni punto di stazionamento e relativi sotto punti.

Punti di stazionamento per singolo sito:



Sotto-punti di stazionamento (es. relativo al punto 4):



## 9.2 Dati simulati: metodologia di raccolta. L'utilizzo del software Envi-met alla scala micro-locale per le aree selezionate.

Se ci soffermiamo sulla dinamica dei flussi in ambiente urbano, come già evidenziato, partendo dall'analisi dell'*urban structure* (dimensioni, geometrie, rapporti tra elementi costruiti e spazi aperti), e, scendendo di scala, all'analisi dell'*urban fabric* (singole costruzioni, scelta dei materiali, elementi di dettaglio,...), dell'elemento naturale-vegetazionale/artificiale (*urban cover*) e del relativo rapporto tra il tessuto urbano e l'uomo (*urban metabolism*) (Oke 2006), risulta chiaro che per un quadro esaustivo debbano essere presi in esame svariati fattori concorrenti, non solo in relazione alle masse d'aria, strettamente connessi tra loro e spesso difficilmente calcolabili (basti pensare, nel caso specifico, alla valutazione del fattore di turbolenza relazionato ad ambiti urbani).

A tal fine, strumenti computazionali, che si basano su modelli di analisi microscopici, detti anche CFD (computational fluid dynamic) si affiancano oggi a sistemi più tradizionali di valutazione diretta e/o indiretta del fenomeno<sup>8</sup>, consentono una lettura olistica dei vari fattori concorrenti.

Gli strumenti computazionali specifici per il calcolo fluidodinamico aiutano indubbiamente a discretizzare il dato reale rapportandolo a maglie geometriche sempre più piccole e precise, offrendo una lettura quasi 'immediata' di vari fattori climatici, alcuni dei quali difficilmente misurabili strumentalmente. Di contro, però, necessitano di semplificazioni del dato morfologico, strutturali dei software stessi e presentano dei tempi di risposta che aumentano in maniera direttamente proporzionale all'aumento dell'area di indagine ed alla complessità del tessuto che si vuole analizzare.

Poche, sebbene significative nel panorama internazionale, sono le ricerche che cercano di analizzare, come vedremo nel successivo paragrafo, l'attendibilità del valore simulato rispetto a quello reale, domandandosi quanto tali limitazioni incidano sulla rispondenza tra i due dati.

Per lo svolgimento di questo studio è stato selezionato il software Envi-Met realizzato nel 1993 in ambito universitario dal Prof. Mi-

8. Dai sistemi più tradizionali di presa diretta del dato tramite campagne di misurazione in situ, all'utilizzo di modelli in scala analizzati analiticamente, o alle simulazioni del flusso in camera del vento -che permettono di scegliere la definizione desiderata, a seconda della scala del modello, ma non consentono di valutare gli apporti termici derivanti dalle caratteristiche superficiali dell'invaso (D'olimpio, 2008; De Santoli, 2011)-, sino all'utilizzo, più recente, di tecniche di telerilevamento e di foto interpretazione cartografica, secondo una logica Gis, utili però per una lettura su vasta scala.

9. Per la ricerca sono stati testati direttamente o attraverso il confronto con le ditte produttrici, alcuni software di fluidodinamica dedicati. Le richieste di utilizzo riguardavano principalmente la possibilità di valutare aree estese e non solo singoli edifici o singoli isolati, e la capacità del software di valutare più fluidi contemporaneamente (in particolare aria ed acqua). Tra i software analizzati, con modello CFD integrato, molti sono risultati idonei solo per una valutazione delle caratteristiche aerodinamiche di singoli oggetti o al massimo singole emergenze architettoniche, mentre difficilmente riescono a valutare porzioni di tessuto urbano, anche se ridotte; altri non consentivano la valutazione dell'acqua nel modello che, come vedremo nel capitolo 10, sarà utile per le successive fasi della ricerca.

chael Bruse.

Envi-met è un software di simulazione ambientale e microclimatica che si basa su un modello tridimensionale ed è in grado di riprodurre il comportamento microclimatico e fisico di aree urbane. Il software (nella versione Pro V4.2) consente il calcolo: della radiazione diretta, diffusa e globale; della temperatura superficiale di edifici e suolo; degli scambi di calore in presenza di vegetazione; di parametri diretti o indiretti (dalla  $T^{\circ}$ aria all'UR% alla TMR), di indici di comfort tra cui PMV, PPD e PET; ed anche dei flussi d'aria e delle turbolenze (essendo integrato con modelli fluidodinamici computazionali -CFD *Computational Fluid Dynamics Models*).

Il modulo CFD integrato nel software utilizza, per la risoluzione del "three-dimensional turbulent flow", le equazioni di Navier-Stokes ed è in grado di simulare "[...] 'hard' wind field modifications (solid boundaries) like walls as well as 'soft' modifications (porous shelters) like vegetation." (Bruse e Fleer 1998).

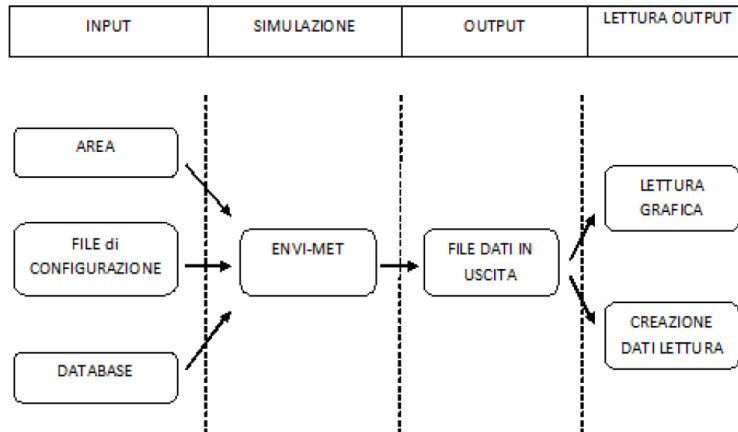
La maggior parte degli studi che indagano il microclima urbano utilizzano come software di riferimento Envi-Met (Toparlar, Bloken et al 2017) proprio grazie alla sua capacità di combinare assieme diversi fenomeni fisici per una lettura olistica del sito analizzato, sebbene "Limited modeling options in the software, such as the availability of only one turbulence model (Yamada and Mellor E- $\epsilon$ ), the limited options for grid generation and the lack of information about wall functions, can be considered as drawbacks." L'elevato rischio di divergenza di uno dei fattori concomitanti, infatti, ha portato a calibrare il software in maniera tale da ottimizzare l'ottenimento di dati completi ed attendibili a scapito di una accuratezza leggermente inferiore rispetto ai software CFD dedicati. (Bisson, 2010).

La scelta, però, di utilizzo di questo software rispetto ad altri più specifici e settoriali risulta comunque valida e giustificabile<sup>9</sup> in quanto, sebbene nella valutazione di alcuni fattori, come quello ventilativo, l'accuratezza del modello è nell'ordine di un metro, una lettura organica di tutti i fattori concorrenti è comunque necessaria dovendo intervenire in uno spazio, quello urbano, dove è proprio la confluenza di flussi di differente natura (anemometrici ma anche radiativi e antropogenici in generale) a definirne il comfort.

Inoltre Envi-met, a differenza di altri software, consente anche la valutazione del *water spray* (ovverosia la simulazione dei processi di evaporazione dipesi dalla presenza di acqua nel modello). Questa è una ulteriore motivazione che ha portato alla scelta di questo software, rispetto ad altri che non consentono la validazione simulta-

nea dei due fluidi: aria ed acqua.

Envi-met è composto di diverse interfacce, ognuna delle quali necessaria alla definizione del modello, dei dati di input e alla successiva restituzione degli output. (Bisson, 2010).



Le prime interfacce definite *Space* (area) e *Config. Wizard* (file di configurazione) permettono di inserire i principali dati di input relativi alle caratteristiche dell'area di simulazione e ai parametri iniziali di calcolo.

Attraverso l'interfaccia grafica *Space* si possono impostare dati relativi a:

- Dimensione dell'area;
- Edifici (altezza e materiali prevalenti verticali e orizzontali);
- Aree verdi e piantumazioni;
- Tipologie di suolo naturale o artificiale;
- Presenza di specchi d'acqua;
- DEM;

ed anche i dati relativi al *model domain* dell'area selezionata:

- Dimensione della griglia di base da adottare per il calcolo dei parametri sia dell'intera area di studio sia delle singole celle;
- Orientamento e georeferenziazione della griglia.

Attraverso l'interfaccia grafica *Config. Wizard* vengono invece gestiti i parametri iniziali di calcolo e le condizioni a contorno della simulazione, tra cui:

Figura 9. Schema di struttura del software Envi-met tradotto. Fonte: Bisson (2010).

- Durata della simulazione: arco temporale della simulazione (ora di inizio e di fine) e *Time-step* di calcolo (intervalli di misurazione dei parametri) relativi all'intera area e possibilità di impostare gli intervalli di misurazione di singoli recettori posizionati nel modello;
- Data solare relativa alla simulazione;
- Dati metereologici di base tra cui direzione di provenienza del flusso d'aria, velocità a 10m dal suolo, rugosità del suolo, temperatura atmosferica; umidità relativa;
- Dati metereologici di dettaglio: temperatura e umidità relativa per singola ora e valori minimi e massimi della giornata;
- Dati metereologici aggiuntivi: fattore di radiazione solare;
- Dispersione di vapore acqueo (micronizzazione della particella di default);
- Presenza di copertura nuvolosa;
- Modelli e condizioni di calcolo per le turbolenze dell'aria;
- Opzioni relative al tipo di condizioni a contorno per il calcolo.

È possibile inoltre usufruire di un *Database* per la definizione delle specifiche termo-fisiche di molti materiali, modificabile o incrementabile impostando manualmente i valori. Nel database non sono inclusi solo materiali edili ma anche materiali naturali, come alberatura o manto erboso ed acqua nelle due forme: *deep water* e *water fountain* (4m).

Il software è in grado di simulare micro aree urbane con una risoluzione variabile fra gli 0,5 e i 10 metri e per un periodo di tempo compreso fra 2 e 48 ore.

Senza soffermarci ulteriormente sulle caratteristiche del programma, presenteremo ora la metodologia di utilizzo del software adottata e le principali potenzialità/limitazioni emerse nel corso della ricerca.

Le simulazioni hanno interessato le stesse aree oggetto delle campagne di misurazione. Partendo da alcune aree esemplificative -che rientrano rispettivamente nei tessuti di tipo A e B, come vedremo in seguito- sono state testate varie combinazioni di impostazione dati sia per l'interfaccia *Space* (ad esempio: differente definizione della maglia di base sia in pianta che in elevato, differente estensione della perimetrazione dell'area, con e senza DEM), sia per l'interfaccia

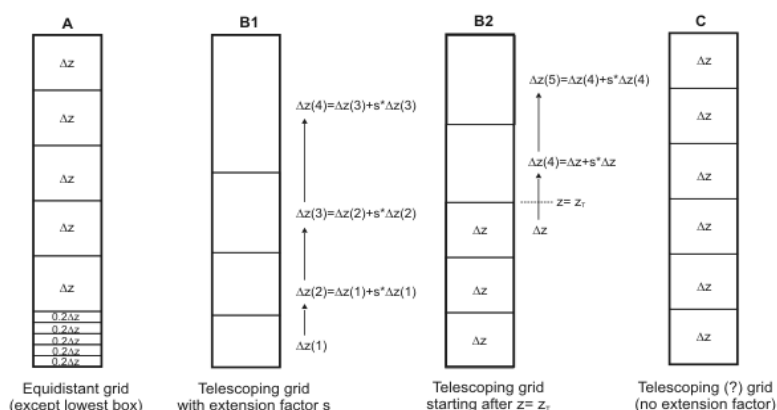
di Configurazione (modifica dei dati di input come: maggiorazione del valore di intensità del vento per comprendere le variazioni nel risultato rispetto alla soglia minima, o differente direzione del flusso), sia nella definizione del *Database* (partendo dai dati di default fino alla definizione di nuovi materiali). Per maggiore chiarezza, si riportano i principali dati, selezionati tra quelli testati, utilizzati nelle simulazioni effettuate.

Per la definizione dei dati richiesti nell'interfaccia *Space* si presentano alcuni dei dati principali impostati:

- È stata usata la base cartografica del PRG della Capitale, individuando le misure in elevato tramite il programma Google Earth.
- Per la definizione della maglia in pianta, con la quale impostare il modello, è stato seguito il metodo del *trial and error*, partendo da una definizione minima di 2m fino ad una massima di 5 m. In ultima istanza, si è deciso di adottare una maglia di 4m, come spiegato nel paragrafo successivo. Per la scelta della dimensione della maglia ha anche influito il parametro dimensionale della scala di indagine (punto seguente).
- Per la dimensione del modello, volendo analizzare un modello alla scala micro-locale, è stato necessario valutare il rapporto tra dimensione della maglia e del perimetro di indagine. Maggiore è il perimetro di indagine, maggiore dovrebbe essere il valore della maglia di base per facilitare calcolo e tempistica. Per la definizione della dimensione del modello è stato considerato non solo lo stretto perimetro dell'*assessment area* (o area di indagine), ma anche il perimetro della *surrounding area*, ovverosia la superficie di estensione maggiorata rispetto alla prima, necessaria per ridurre le alterazioni sul modello derivanti dalla limitazione di estensione dell'area. Tale area è stata inizialmente valutata pari al doppio e poi paria a tre volte la dimensione minima dell'area di indagine (300x300m), questo per limitare le alterazioni al confine. È stata inoltre impostata una *nesting grid*<sup>10</sup> perimetrale funzionale a limitare ulteriormente il problema.
- Per la definizione della maglia in elevato, è stato impostata la modalità del *telescoping grid* (B1), dove la dimensione della griglia si espande in funzione dell'altezza. La figura seguente mostra le differenze dei diversi tipi di griglia verticale.

10. L'area di nidificazione' consente "to move these borders as far as possible away from your area of interest in the core area. [...] The reason for these problems is resulting from the fact, that the model cannot calculate real values for grid points along the borders (and especially not for grid points that are the border)." ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)).





- Per la definizione dei materiali dell'invaso in pianta ed in elevato sono stati utilizzati in parte alcuni materiali già impostati nel programma, in parte definiti nuovi materiali che rispondono al meglio alle caratteristiche del tessuto romano, come specificato nel successivo punto, sotto la voce *Database*.
- Nel modello, area per area, sono stati posizionati dei recettori nei punti di stazionamento scelti durante le campagne in situ.

Per la definizione dell'interfaccia *Configuration file* si presentano alcuni dei dati principali impostati:

- Il periodo della simulazione coincide con i giorni in cui si è sviluppata la campagna di misurazione in situ.
- Il *time-set* della simulazione è stato impostato ogni 30 min., per una durata complessiva della simulazione di 24 ore.
- Il *time set* dei recettori è stato impostato a 30 min.
- I dati di input delle simulazioni sono stati dedotti da quelli forniti dalla stazione di riferimento dell'Osservatorio Romano CREA-CMA (i dati utilizzati sono riportati nel capitolo 9.1), effettuando una media dei valori registrati dalla stazione negli stessi tre giorni scelti per le misurazioni in situ. Per quanto concerne intensità del vento e direzione sono stati testati dei 'fattori di calibrazione', come specificato nel paragrafo successivo. Per la valutazione dell'umidità specifica a 2500m sono stati utilizzati i dati forniti da radiosondaggi della stazione meteorologica di Pratica di Mare. (Meteolive).

Figura 10. Diversi tipi di griglie verticali in ENVI-met. Fonte: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com).

- Oltre ai valori generali sono stati inseriti anche i dati di dettaglio che corrispondono ai dati dinamici (temperatura e umidità relativa massima e minima negli orari di picco) che è possibile inserire nel software, nella voce *Meteorology: simple forcing*, per una maggiore precisione nel risultato (Tabelle 8).
- È stato, inoltre, attivato il water spray per il calcolo del fattore evaporativo là dove presente l'elemento acqua.

11. Una definizione maggiore non rispecchia il fulcro dell'indagine e richiederebbe una conoscenza anche stratigrafica di ogni singolo edificio di cui non si dispone.

Valori periodo estivo			
<i>Meteorology: simple forcing</i>	T° aria oraria	Min 22,1 °C	Ore 04:00
		Max 30,8 °C	Ore 15:00
	UR% oraria	Min 45,7 %	Ore 15:00
		Max 74,3 %	Ore 04:00

Tabella 8a

Tabella 8a. A titolo esemplificativo si riportano i valori di dettaglio (T° e UR% minima e massima negli orari di picco) utilizzati per l'area di Piazza Borghese (valore medio per i giorni 1-2-3/07/2016), ricavati dalla rielaborazione degli Open

Tabella 8b

Giorni	Ore 0	1	2	3	4	5	6	7	12	13	14	15	16	19
Luglio (gg 1-2-3)	24,4	24,2	23,4	22,8	22,1	22,5	23,7	25,4	30,1	30,1	30,5	30,8	30,2	27,3

Per la definizione del *Database* dei materiali si presentano alcuni dei dati principali impostati:

- È stato definito come pacchetto murario tipo: laterizio (0,5) + intonaco (0,02) medio chiaro, quale materiale prevalente dei tessuti analizzati<sup>11</sup>. Ovviamente in casi particolari (superfici estese difformi dalla media, monumenti, etc...) è stato impostato un materiale specifico. (Tabella 9)
- Per le superfici orizzontali sono stati utilizzati i materiali della libreria Envi-met: basalto, asfalto, manto erboso o terra battuta, acqua ove presenti.

Nel modello sono state inserite le alberature cercando di rispettare essenze e dimensioni rilevate durante il sopralluogo.

Quanto finora presentato descrive brevemente le principali variabili impostate. Per quanto riguarda le principali problematiche riscontrate, oltre a quelle qui già brevemente indicate, si rimanda a quanto esposto nel paragrafo successivo.

data del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Nel Paragrafo 9.1 sono riportati i valori medi per ogni mese, mentre per le singole aree sono stati estrapolati i valori orari relativi ai singoli tre giorni corrispondenti alle misurazioni in situ e su questi è stato calcolato il valore medio (tabelle in basso).

Tabella 8b. Stralcio della tabella riferita ai valori medi di temperatura registrata nei giorni 1-2-3 luglio 2016. Dati ricavati dalla rielaborazione degli Open data del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

Didascalia pagina seguente.

Tabella 9. Caratteristiche termofisiche dei materiali utilizzati. Dalle fonti indicate sono stati dedotti i valori da inserire nei modelli.

Nuovi materiali	DEFAULT ENVIMET		UNI 10351	ALTRE FONTI		
Intonaco chiaro (a base di calce o calce-cemento)	-non presente		malta di calce o calce e cemento	Balducci (1995)	AA.VV. (2004) Prot.Itaca	Akbari et al 1992 (1)-(2)
Spessore 0,02m	-					
Assorbimento (Fraction of shortwave radiation absorbed by the material) *	-		-	0,15-0,50 Tinteggiatura chiara		
Trasmissione (Fraction of shortwave radiation transmitted through the material) *	-		-			
Albedo *	-		-		0,6 Superfici esterne chiare di edifici	0,2-0,35 (1)
Emissività:	-		-	0,85		
Calore specifico (J/kgK)	-		-	921		
Conduttività termica λ (W/Mk)			0,9	0.6978		
Densità (Kg/m3)			1800	1950		
Muratura portante	brick burned	brick reinforced	Laterizio	Mattoni rossi		
Spessore 0,5m						
Assorbimento *	0,3	0,3	-	0,65-0,80		
Trasmissione *	0	0	0			
Albedo *	0,4	0,4	-		0,27 Superfici esterne di edifici scure (mattoni rossi, intonaci scuri)	0,36 (2) Brown ruffled brick, mortar and joint
Emissività	0,9	0,9	-	0,93		
Calore specifico J/kgK	650	840	840	837.36		
Conduttività termica λ (W/Mk)	0,44	1,1	0,5/0,59 0,72	0,8141		
Densità (Kg/m3)	1500	1920	1400/1600/1800			
Marmo (per fontane)						
Spessore 0,1						
Assorbimento *						
Trasmissione *						
Albedo(riflessione) *						
Emissività						
Calore specifico J/kgK			840	879		
Conduttività termica λ (W/Mk)			3	3,48		
Densità (Kg/m3)			2700	2700		
Travertino						
Spessore 0,1						
Assorbimento *						
Trasmissione *						
Albedo(riflessione) *						
Emissività						
Calore specifico J/kgK						
Conduttività termica λ (W/Mk)						
Densità (Kg/m3)						

nota: \*assorbimento+trasmissione+riflessione=1 (legge conservazione energia)

								MIEI VALORI
	Yunus Cengel et al (2009)	Santamouris et al (2011)	D'olimpio	Ices-Isac CNR	Kotthaus 2014	Dessi e prog. Rebus	Produttori	Intonaco colore medio
	0,14 Vernice Bianca		0,7-0,9 Intonaco comune scuro (verde, rosso, marrone)					0,8 colore rosso-marrone
								0
								0,2
	0,93							0,93
								921
								0,9
								1800
								laterizio
	0,63 Laterizio rosso		0,65 Mattoni gialli 0,75 Mattoni rossi					0,63
								0
			0,35 mattoni gialli 0,25 mattoni rossi					0,36 (solo in caso di muratura a vista)
	0,93							0,9
								840
								0,5
								1600
								marmo
	0,46 marmo bianco							0,46
								0
		0,65-0,75				0,8		0,64
	0,95							0,95
								840
								3
								2700
								marmo
					Limestone beige 0,68	0,7 calcare		
					0,93			
				1995	950-1000		845	1000
				2,8				2,8
				2700			2450-2291 (ReLuis cave di Tivoli)	2400

## 9.3 Dati a confronto: fattore di calibrazione del modello.

L'attendibilità del valore simulato della ventilazione rispetto a quello reale è, come già anticipato, oggetto di alcune ricerche internazionali che mirano a valutare le potenzialità e soprattutto i limiti dei sistemi di calcolo fluidodinamico.

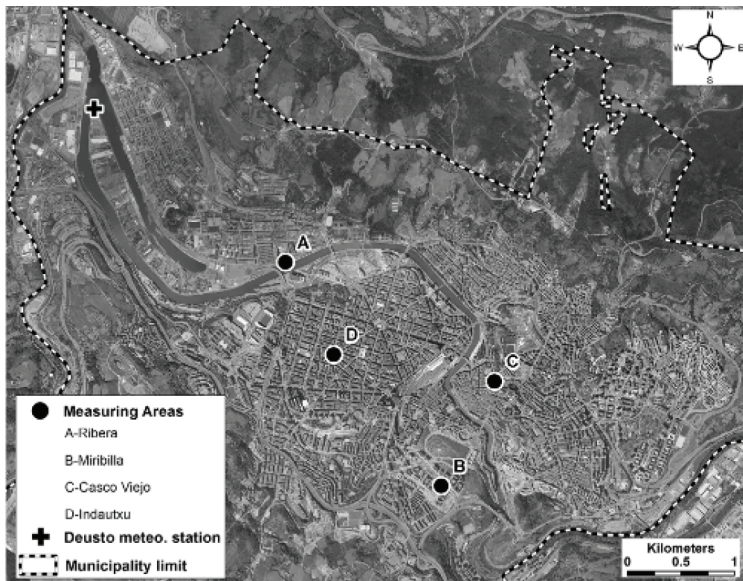
Prima di presentare i risultati dello studio condotto sulla città di Roma, è necessario aprire, quindi, una parentesi sulle ricerche, poche nel panorama internazionale, che pongono specifica attenzione alla valutazione del fattore ventilativo ed alla sua corretta rappresentazione nei modelli simulati. Lo studio condotto sulla città di Bilbao da Juan A. Acero e Karmele Herranz-Pascual (2015), utilizzando come software di riferimento il programma ENVI-met versione 4, ha dimostrato che esistono delle divergenze tra i dati simulati e quelli misurati in situ. Nello specifico il valore della velocità del vento fornito dal software ENVI-met risulta sottostimato in tessuti del centro storico della città e sovrastimato nelle aree di espansione otto-novecentesca. (Tabella 10). Si sottolinea comunque che la simulazione parte da dati di velocità del vento che non tengono conto delle variazioni giornaliere del fenomeno.

**Tabella 10.** Differenze medie tra la velocità del vento modellata e misurata (WS), temperatura dell'aria (Ta), pressione del vapore (e) e temperatura media radiante (Tmrt) per ogni area e giorno selezionato. Fonte: Acero e Herranz-Pascual (2015).

"In this study, modelling techniques have been compared with micrometeorological measurements in Bilbao carried out during 3 days covering typical summertime weather conditions (overcast, partly covered and clear sky days)." (Acero e Herranz-Pascual 2015:255).

Area	6th August				7th August				8th August			
	$\Delta WS$ (m/s)	$\Delta Ta$ (°C)	$\Delta e$ (hPa)	$\Delta Tmrt$ (°C)	$\Delta WS$ (m/s)	$\Delta T$ (°C)	$\Delta e$ (hPa)	$\Delta Tmrt$ (°C)	$\Delta WS$ (m/s)	$\Delta Ta$ (°C)	$\Delta e$ (hPa)	$\Delta Tmrt$ (°C)
Ribera	0.6	-0.7	-0.3	3.4								
Miribilla	0.6	0.5	-0.2	5.7					0.8	-0.1	0.7	1.6
Indautxu					1.5	-1.4	-1.0	17.4				
CascoViejo					-0.5	-1.6	-0.1	5.7	-0.4	-0.9	-0.2	-7.7

Il confronto effettuato sulla città di Bilbao ha dimostrato che nel calcolo della velocità del vento e della temperatura media radiante si possono riscontrare delle differenze anche rilevanti che andranno



ad incidere sull'attendibilità del modello simulato e sulla definizione poi dei vari parametri (tra cui anche il PMV). Nello specifico i ricercatori indicano tre prevalenti problematiche:

- "ENVI-met cannot be forced with precise climate conditions during the simulation period. This is the case of the atmospheric flow characteristics (i.e. wind speed and direction) and the solar radiation adjustment factor that both remain constant along the simulation. The consequence is that the evolution of wind speed and/or mean radiant temperature along the day is not represented correctly by the model, especially when changing air flow directions occur and/or global radiation (i.e. cloudiness) varies during the diurnal cycle;
- On the other hand, the model presents inaccuracy in the calculation of radiation fluxes that can derive in relevant deviation of mean radiant temperature estimations. It is especially important the overestimation of incoming solar radiation during the morning and afternoon, but errors have also been found in the other components of the radiation budget solved by the model (i.e. diffuse/reflected shortwave and longwave radiation);
- Finally, the model spatial resolution can in certain cases be

Figura 11. Localizzazione delle aree dove è stata effettuata la campagna di misurazione in situ nella città di Bilbao. Acero e Herranz-Pascual (2015).



**Tabella 11.** Le tabelle riportano i valori della velocità del vento registrate nelle due aree analizzate dagli studi canadese e coreano. La prima tabella si riferisce ad un'area caratterizzata da un tessuto urbano con edifici di altezza tra i 9 e i 23m (Nanaimo site- Canada), la seconda tabella si riferisce al sito di Chang-town in Sud Corea, area di indagine collocata in un parco urbano. Fonte: Park, Tuller, Jo (2014).

a limitation for a detailed definition of the morphological aspect of urban elements and thus their influence in climate variables (e.g. solar radiation exposure).”

L'obiettivo raggiunto dalla ricerca è stato quello di valutare quale potesse essere lo scarto registrato nello specifico caso della città di Bilbao, avvertendo il futuro utilizzatore delle deviazioni registrate.

Quanto emerso nei tre punti della precedente ricerca, viene confermato anche negli studi di B. Blocken (Blocken et al. 2012), nei quali emerge la necessità di valutare la ventilazione in base a differenti direzioni e non solo con l'utilizzo di un singolo parametro.

Analoghi studi sono stati condotti, con risultati comparabili, su differenti realtà urbane: per la città di Curitiba in Brasile (Kruger, Minella, Rasia 2011), per l'area urbana di Changwon in SudCorea (Bong-Geun Song, Kyung-Hun Park, Sung-Gwan Jung 2014) e per

Wind speed data at the Nanaimo sites.

July 26, 2009	Sites	Time	Measured wind speed (m s <sup>-1</sup> )	ENVI-met wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Difference (m s <sup>-1</sup> )
Morning	2	9:37	0.40	0.01	-0.39
	3	9:45	0.70	0.04	-0.66
	3	10:12	0.60	0.04	-0.56
	2	10:20	0.70	0.01	-0.69
	1	10:44	1.00	0.48	-0.52
	Mean				-0.56 ± 0.12
Noon	1	12:08	1.00	0.46	-0.54
	2	12:34	0.50	0.00	-0.50
	3	13:17	0.30	0.03	-0.27
	2	13:23	0.60	0.00	-0.60
	1	13:43	1.00	0.41	-0.59
	Mean				-0.50 ± 0.13
Afternoon	1	14:54	1.00	0.40	-0.60
	2	15:18	0.30	0.00	-0.30
	3	15:28	0.40	0.03	-0.37
	3	15:46	0.70	0.03	-0.67
	2	15:53	0.80	0.00	-0.80
	1	16:11	0.60	0.38	-0.22
Mean				-0.49 ± 0.23	
All day	Mean				-0.52 ± 0.17

Windspeed data at the Changwon sites.

Time	NW		Center		SE		Differences (m s <sup>-1</sup> )	Center	SE
	Measured wind speed (m s <sup>-1</sup> )	ENVI-met wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Measured wind speed (m s <sup>-1</sup> )	ENVI-met wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Measured wind speed (m s <sup>-1</sup> )	ENVI-met wind speed (m s <sup>-1</sup> )			
11:30	0.90	0.94	0.90	1.23		1.05	0.04	0.33	
12:00	0.90	0.93	1.30	1.20		1.03	0.03	-0.10	
12:30	0.40	0.92	1.30	1.17		1.00	0.52	-0.13	
13:00	1.30	0.90	1.80	1.13	1.49	0.98	-0.40	-0.67	-0.51
13:30	1.30	0.89	2.20	1.10	1.43	0.96	-0.41	-1.10	-0.47
14:00	1.30	0.88	1.30	1.06	0.85	0.93	-0.42	-0.24	0.08
14:30	0.90	0.87	1.30	1.02	0.86	0.91	-0.03	-0.28	0.05
15:00	1.30	0.85	1.80	0.98	0.88	0.89	-0.45	-0.82	0.01
15:30	1.30	0.84	1.80	0.95	1.37	0.87	-0.46	-0.85	-0.50
16:00	0.90	0.83	1.80	0.91	1.34	0.85	-0.07	-0.89	-0.49
16:30	0.90	0.82	1.30	0.87	0.96	0.82	-0.08	-0.43	-0.14
17:00	0.90	0.80	1.30	0.83	0.93	0.80	-0.10	-0.47	-0.13
Mean							-0.15 ± 0.29	-0.47 ± 0.41	-0.23 ± 0.26
All day Mean								-0.29 ± 0.35	

l'area di Nanaimo in Canada e Changtown in Sud Corea (Park, Tuller, Jo 2014) come anche riportato in Salada, Golasi, de Lieto Vollaro, de Lieto Vollaro (2016 b).

Prendendo in esame lo studio effettuato sull'insediamento canadese di Nanaimo, è stato stimato un valore medio di -0,52 m/s quale differenza tra il dato reale ed il dato simulato dal software Envi-met. (Tabella 11). Per compensare quindi la differenza è stato definito in primo luogo un nuovo valore  $u_{new}$  al pedestrian level ottenuto sommando al valore indicato nella simulazione il valore medio della differenza registrata (-0,52m/s). Da questo dato si è quindi risaliti al dato di input da immettere nuovamente nel software per compensare la differenza registrata. Essendo il dato di input, per convenzione, pari al valore del vento sfilato a 10 m, è stata applicata la seguente formula di conversione (Bröde e Fiala 2012; Park, Tuller, Jo 2014):

$$u_{new10} = u_{newx(m)} \cdot LOG(10/0,01) : LOG(x/0,01)$$

dove  $U_{new10}$  è la velocità del vento filato a 10m, che è l'incognita da ricavare,  $u_{newx(m)}$  è la velocità del vento ad un valore  $x$  di altezza dal suolo che corrisponde all'altezza alla quale è stato misurato il dato.

12. È sembrato opportuno seguire una metodologia di utilizzo del software che interagisce con l'interfaccia utente e non con le matrici algebriche di base. Questo per definire, come obiettivo della ricerca, una metodologia che faciliti l'utilizzo del programma.

### 9.3.1 Fattore di calibrazione: Il confronto effettuato per la città di Roma.

Dalle ricerche sopra menzionate si nota una difficoltà di calcolo dei software legata sia alla conformazione spaziale del modello sia ad una definizione di direzione e intensità di flusso. Analizzeremo, quindi, queste specifiche problematiche in relazione a tessuti complessi della città storica di Roma<sup>12</sup>.

Delle oltre cinquanta prove effettuate, verranno qui riportati i risultati più significativi prendendo come tessuti esemplificativi del lavoro effettuato 5 aree urbane: il sito di Piazza Borghese, Rione Campo Marzio, che rientra nel tessuto di tipo A; il sito di Piazza dell'Immacolata, Quartiere San Lorenzo, che rientra nel tessuto di tipo B; i siti vicini di via Boncompagni e via Piave, Rione Ludovisi,

tessuto B ed il sito di piazza delle Cinque Scole, Rione Angelico/Regola, ricadente nel tessuto A con ristrutturazione urbanistica ottonecentesca.

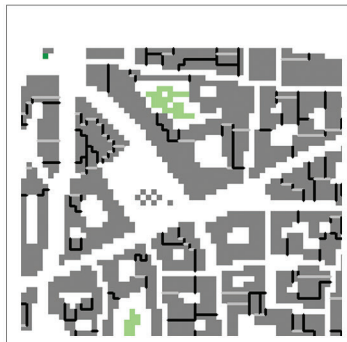
Precisiamo che, inizialmente, sono stati presi come dati di input quelli registrati dalla stazione meteorologica di riferimento (CREA-CMA) – relativi alla media dei tre giorni corrispondenti a quelli scelti per il periodo di misurazione in situ-.

Si è deciso di partire, come prima analisi, dalla problematica relativa alla conformazione spaziale del modello, cercando di definire una metodologia il più possibile standardizzata di calibrazione. Considerando quanto già definito per la delimitazione della scala di indagine (scala micro-locale, Rif. capitolo 8), ci baseremo, come dato di partenza, su un'estensione dell'area di indagine (L) pari ad 1 ettaro (+/- frazioni), alla quale va associata una *surrounding area* di estensione pari a tre volte la prima (3L). Prima di arrivare alla selezione della dimensione della *surrounding area* di 3L – 300x300m- sono state effettuate diverse prove con modelli di dimensione: 200x200m; 300x300m; 400x400m. (Figura 12).

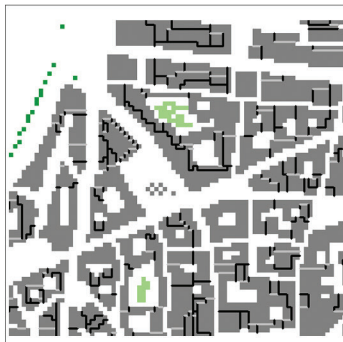
Tra le tre differenti dimensioni è stata selezionata quella intermedia in quanto, sia per quanto emerso dalle prove sia per quanto dedotto dalla letteratura specifica, si è dimostrata una dimensione sufficientemente grande- rispetto ai 200m- per limitare al minimo le problematiche di alterazione del calcolo specifiche delle superfici di limite del modello tridimensionale, e sufficientemente piccola -rispetto ai 400m- per ridurre la durata del calcolo, funzionale alla necessità di definire una metodologia speditiva.

Definita la dimensione standard di estensione del modello, è, inoltre, necessario definire una '*neighbour grid*' ovvero uno spazio 'libero' di bordo necessario per una corretta stabilità numerica del modello. ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)). Questo 'spazio' può essere definito sia inserendo alcune maglie libere ai bordi del modello stesso sia impostando una '*nesting grid*', ovvero una 'griglia di nidificazione' laterale. In questo secondo caso tali maglie aggiuntive non vengono visualizzate nel file di output. Sono state, pertanto, effettuate delle prove (sia impostando una area di calcolo pari a 5L, ovvero di due volte superiore all'area specifica del modello, sia impostando una *nesting grid* -pari a 4/5 celle esterne) che hanno portato a preferire l'utilizzo della *nesting grid* per una maggiore stabilità di calcolo. (Figura 13).

Figura 12



Sito A Piazza F. Borghese 200x200

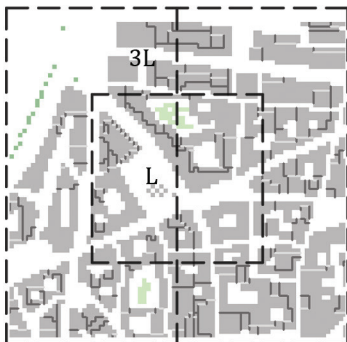


Sito A Piazza F. Borghese 300x300

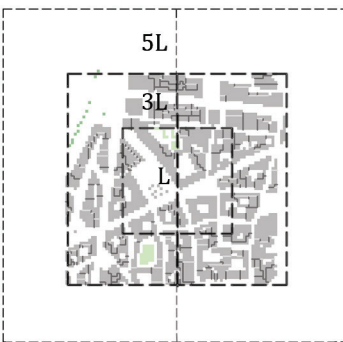


Sito A Piazza F. Borghese 400x400

Figura 13



Sito A Piazza F. Borghese con nesting grid non visibile nel file di output.



Sito A Piazza F. Borghese senza nesting grid con estensione manuale dell'area di calcolo.

Definita, quindi, l'estensione del modello, è necessario impostare anche il secondo fattore che influenza la definizione della griglia finale di calcolo, ovvero la dimensione della maglia, o meglio la dimensione di ogni singola cella che costituisce la maglia -in questo caso geometrica-. Partendo da iniziali prove con dimensione delle celle pari a 2m; 3m; 3,5m; 4m; 5m, si è, poi, deciso di definire una dimensione ottimale della cella per ciascuna tipologia di tessuto, da utilizzare nella costruzione del modello di base per ogni caso studio. Questo non solo per facilitare le successive operazioni di comparazione tra i dati, ma soprattutto per individuare una dimensione minima che potesse meglio sintetizzare la spazialità del tessuto reale. Per la definizione della grandezza della cella si è partiti da alcune valutazioni del rapporto tra accuratezza del modello e approssima-

Figura 12. Costruzione del tessuto con diversa estensione della *surrounding area*.

Figura 13. Differenti definizioni della *neighbour grid*.

13. Diminuire la dimensione della maglia di base comporta limitare l'area di delimitazione del modello e tempi di calcolo molto elevati, difficilmente gestibili da un comune personal computer (non quindi in linea con una logica speditiva di ottenimento del dato).

zione del dato, affinché i due parametri potessero essere sufficientemente soddisfatti.

Soprattutto per tessuti di tipo A l'accuratezza del modello è un parametro da non sottovalutare, affinché nella schematizzazione del modello non si perda la complessità spaziale che caratterizza il tessuto stesso. Avendo appurato che la definizione di una maglia con celle di dimensione pari o inferiore a 2m determina limitazioni nella restituzione dei valori ricercati<sup>13</sup>, e che, in alcuni casi, la definizione della cella su dimensioni pari o superiori a 5m determina una perdita eccessiva di definizione del costruito, si è cercato di fissare il valore 'ottimale' di definizione della maglia tra i due valori intermedi considerati: 3 e 4m.

Per far questo si è partiti da una duplice valutazione: da una parte è stata analizzato il parametro W, ovvero l'ampiezza media del canyon registrabile sui tessuti reali, dall'altra -in parallelo- sono state fatte delle prove costruendo i tessuti su una dimensione minima di 3m e di 4 metri, per poi analizzarne i risultati.

Per la prima valutazione sul parametro W sono stati utilizzati i dati già elaborati per la definizione della RLCZ (*Rome Local Climate Zone* definita nel capitolo 8). Prendendo in esame l'ampiezza dei principali canyon urbani analizzati si è arrivati alla definizione per i tessuti di tipo A di un valore mediano pari a 3,98m, ed alla conseguente definizione di una maglia di simulazione pari a 4m. Per la definizione della maglia da utilizzare per la costruzione di modelli ricadenti nel tessuto di tipo B si è deciso, pur avendo misurato un valore mediano pari a 14,8, di considerare una maglia sempre di base pari con dimensione minima di 4m per mantenere una uniformità costruttiva tra i due modelli studiati e permettere in seguito di poterne trarre eventuali confronti partendo da basi comuni. (Figura 14).

Parimenti, anche la valutazione su modelli di prova ha confermato la preferenza della maglia da 4m rispetto a quella da 3m, in quanto una tale definizione della cella ha fatto registrare una percentuale di incremento in media del 40-50% dell'intensità di vento sia nei tessuti di tipo A che di tipo B.

Nella Figura 15 si riportano a titolo esemplificativo i risultati ottenuti dai modelli rappresentanti l'area di Piazza Fontanella Borgheese (Campo Marzio -sito A) e l'area di Piazza dell'Immacolata (San Lorenzo -sito G), con specifici focus sui valori registrati nei punti di massima intensità.

Altro punto da affrontare è la definizione delle altezze del modello. Nel software è possibile impostare una differente griglia in elevazione che può prevedere una diversa dimensione della cella base, sia uniforme per tutta l'altezza del modello, sia con ingrandimento telescopico (come indicato nel paragrafo 9.2). Si è scelto di optare per una *telescoping grid* impostata da un'altezza minima di 40 m per mantenere costante la dimensione della cella verticale all'interno del canopy layer.

Il fattore altezza del modello, infatti, incide significativamente sulla movimentazione dei flussi. Nel Progetto RuRos<sup>14</sup> (Nikolopoulou, 2004; Kofoed e Gaardsted, 2004) si evidenzia come più elevata è l'altezza dei fronti più prossimi al sito analizzato, più alta è la velocità del flusso. Maggiore, quindi, dovrà essere l'accuratezza nella definizione del modello soprattutto nell'*assessment area* rispetto alla *surrounding area*.

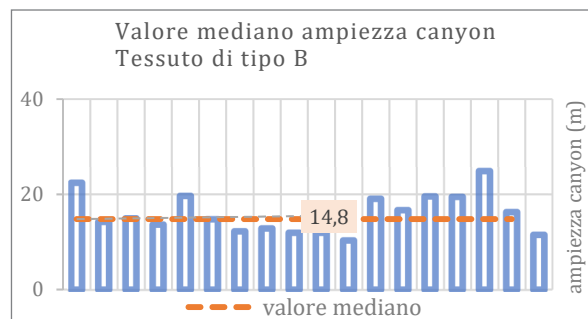
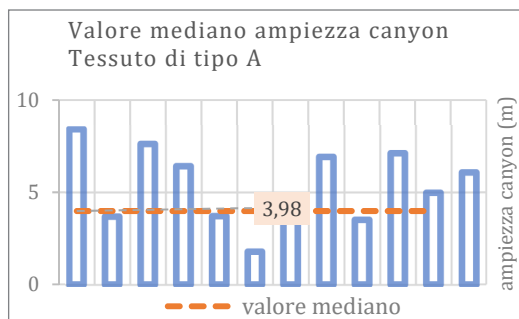
Quanto finora analizzato confluisce nella definizione di uno specifico sotto-fattore di calibrazione, che potremmo definire 'fattore di

14. "Più alti sono gli edifici di confine paragonati agli isolati vicini –più elevata è la velocità del vento sulla piazza." Progetto RuRos "Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces" (1996-2002).

Figura 14. Valutazione del valore mediano di ampiezza dei canyon per tessuti di tipo A e B nella città di Roma.

Ampiezza canyon* tessuto A											
8,4	3,67	7,6	6,4	3,7	1,78	3,98	6,9	3,5	7,1	4,96	6,06
valore mediano= 3,98 → maglia massima 4m											
*valori desunti dalle schede sui tessuti di Roma											

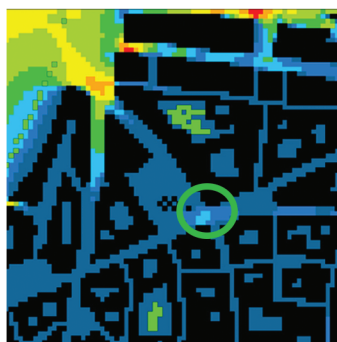
Ampiezza canyon* tessuto B											
22,35	14,16	14,92	13,6	19,6	14,7	12,2	12,8	11,9	11,9	10,3	19
16,6	19,5	19,4	24,8	16,22	11,47						
valore mediano= 14,8 valore minimo= 10,3											
*valori desunti dalle schede sui tessuti di Roma											







Sito A P.zza F. Borghese cella 3m

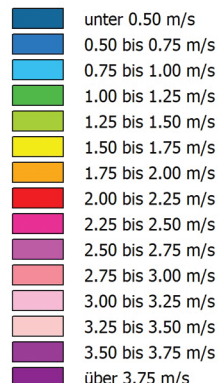


Sito A P.zza F. Borghese cella 4m

Sito A Dimensione cella	3m
Numero del recettore selezionato	3.2*
Valore puntuale registrato:	0,32 m/s
Valore massimo registrato nell'area	0,75 m/s

Sito A Dimensione cella	4m
Numero del recettore selezionato	3.2
Valore puntuale registrato:	0,77 m/s
Valore massimo registrato nell'area	0,85 m/s

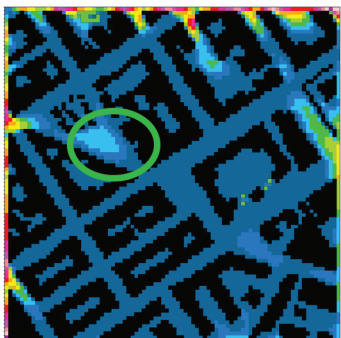
#### Wind Speed



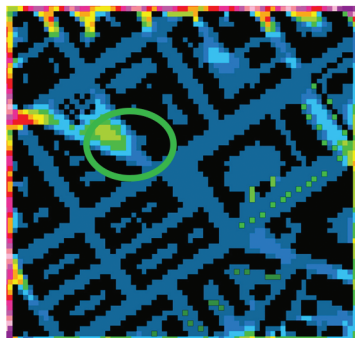
Min: 0.00 m/s  
Max: 3.24 m/s



Figura 15. Sito A e G, comparazione visiva e numerica dei risultati tra modello costruito con cella base da 3m e con cella base da 4m. Per ogni modello è stata estrapolata l'immagine del comportamento del flusso alle ore 12. I modelli qui riportati a titolo esemplificativo, presentano una identica scala di valori che con-



Sito G P.zza Immacolata cella 3m

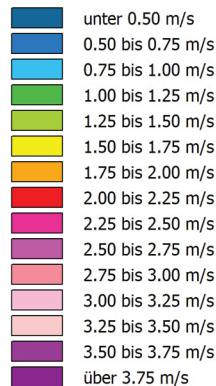


Sito G P.zza Immacolata cella 4m

Sito G Dimensione cella	3m
Numero del recettore selezionato	5.2*
Valore puntuale registrato:	0,40m/s
Valore massimo registrato nell'area	1,00 m/s

Sito G Dimensione cella	4m
Numero del recettore selezionato	5.2
Valore puntuale registrato:	0,61 m/s
Valore massimo registrato nell'area	1,50 m/s

#### Wind Speed



Min: 0.00 m/s  
Max: 3.24 m/s



sente una facile comparazione visiva dei risultati. La comparazione numerica si basa, invece, sui valori registrati dai recettori selezionati. \*I punti 3.2 e 5.2 si riferiscono rispettivamente al punto di stazioneamento 3 o 5 nel sotto-punto centrale del canyon (ovvero il sottopunto 2).

forma', che concorre alla 'ridefinizione' del modello di calcolo.

Ma per la definizione di un 'più corretto' modello di calcolo vanno considerati anche altri sotto-fattori di calibrazione. Il secondo che analizzeremo è stato definito 'fattore di intensità' e si riferisce alla calibrazione del valore di intensità di flusso da immettere come dato di imput per ottenere dal modello -al *pedestrian level*- una condizione anemometrica simile a quella reale.

Per ogni area selezionata sono stati inizialmente confrontati, area per area, i dati reali con i dati riportati nelle prime simulazioni effettuate, che tengono conto solo del fattore di forma sopra indicato<sup>15</sup>. Questo primo confronto è servito per valutare l'entità della 'discordanza' tra i due valori. (Schede 1-A; 1-B; 1 E-F; 1-G). Per effettuare questi iniziali confronti, sono stati posizionati sul modello simulato dei recettori in corrispondenza dei punti di stazionamento localizzati durante le singole campagne di misurazione in situ.

Per la comparazione numerica dei valori si è scelto di analizzare i dati registrati dai singoli recettori del modello in riferimento, ove possibile, ai punti di stazionamento dove, sul campo, sono stati registrati valori di intensità del vento superiori a  $1\text{m/s}$ <sup>16</sup> nei valori medi (punti in cui si registra la massima discordanza), negli altri casi è stata valutata la media totale, con valori però lievemente inferiori della discordanza.

Analizzando in particolar modo il parametro dell'intensità del flusso, da queste simulazioni è emersa una discordanza tra dato simulato e dato reale che varia tra 0,1 e 1,3 m/s, con un valore medio di 0,8 m/s come si evince dalle tabelle di sintesi dei casi presi a campione. (Schede 1-A; 1-B; 1 E-F; 1-G di seguito riportate). Per ogni area è stato, infine, stimato il valore medio di tale discordanza.

Andando ad analizzare dove e con quale differenza si registrano i picchi di minore e maggiore intensità nel modello e confrontando questi valori con quelli reali si può notare che ad incidere non è solo il rapporto dimensionale dell'edificato, ma anche, ed in alcuni casi, primariamente, la direzione del flusso impostata nel modello e l'orientamento del tessuto rispetto al punto di immissione del flusso stesso, cosa che emerge maggiormente – sebbene non costantemente e con molte irregolarità- per i tessuti che presentano una maglia più regolare (di tipo B). Nei tessuti di tipo A invece è maggiormente difficile poter definire un criterio generale che giustifichi questa discrepanza nel valore di intensità. Questo dipende prevalentemente da una concomitanza di fattori -non ultimo anche quello termico-,

15. Sono stati riportati i valori delle 5 aree selezionate in quanto esemplificative di due differenti tipologie di tessuto.

16. Si considera come valore minimo 0,95 arrotondato per eccesso.

che variano da tessuto a tessuto, e dalle potenzialità del software nel simulare un flusso in un determinato tessuto urbano e con intensità relativamente basse, come vedremo in seguito. Risulta comunque come dato generale una sottostima del valore di intensità sia nei tessuti A che nei tessuti B. Quanto affermato non va, però, in contrasto con quanto riportato nello studio sulla città di Bilbao, prima menzionato, perché, se ci soffermiamo ad analizzare il tessuto di espansione otto-novecentesco della città spagnola, in relazione ai punti selezionati dagli studiosi, ci accorgiamo che corrisponde maggiormente ad una immagine di periferia urbana e non all'immagine dei quartieri consolidati della 'nostra' città storica. Pertanto risulta confermata la sottostima del dato di intensità per la città storica, mentre per poter confermare o meno una sua sovrastima dovremmo estendere le misurazioni ad aree periferiche della Capitale, dove i rapporti di H/W e soprattutto la continuità dei fronti costruiti presentano altre caratteristiche rispetto ai tessuti fin qui analizzati. Si precisa inoltre che, considerando come la movimentazione dei flussi sia influenzata dal bilancio termico dell'invaso urbano, sono stati calibrati alcuni parametri relativi ai materiali prevalenti, per renderli più aderenti al dato reale, senza che questo, però, abbia determinato una variazione sufficiente del parametro ricercato.

Alla luce di tale discordanza registrata è stato pertanto definito un sotto-fattore di calibrazione relativo all'intensità del flusso. Per la definizione di questo sotto-fattore si è partiti dalla formula di incremento del dato di input definita nel lavoro di Bröde e Fiala (2012) e Park, Tuller e Jo (2014), verificandone la rispondenza anche nel caso romano.

Inizialmente sono state condotte delle prove sperimentali sui tessuti campione modificando il dato di input della velocità del vento con incrementi pari al nuovo valore di  $U_{new}$  ottenuto dalla formula sopra menzionata:

$$u_{new10} = u_{new(x)} \cdot \text{LOG}(10/0,01) : \text{LOG}(x/0,01)$$

inserendo come valore  $U_{new}(x)$ , però, il dato misurato al pedestrian level, maggiorato del valore medio di discordanza individuato in ciascuna area (Schede1), e come valore  $x$  l'altezza di rilevamento (1,75m). Effettuando questa prima operazione sono emerse alcune anomalie relative al fatto che, pur partendo dal dato medio registrato al pedestrian level, non si otteneva, in molti casi, un incremento

SCHEDA 1-A SITO A | area di Piazza Fontanella Borghese - Rione Campo Marzio  
 Confronto con dati simulati

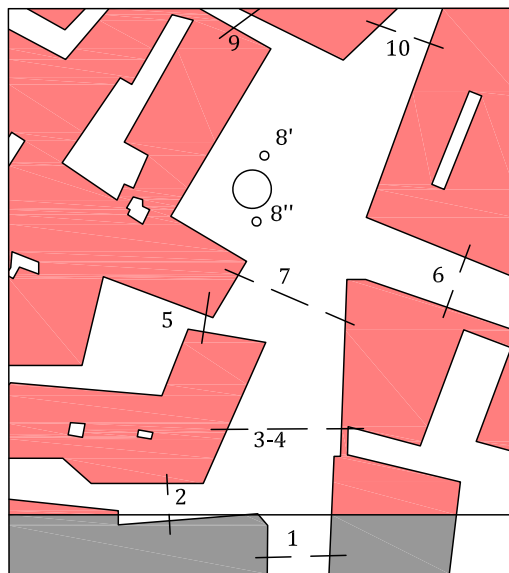
punti di stazionamento=localizzazione recettori



DA MISURE DIRETTE		DA RECETTORI		DIFFERENZE
		(solo fattore di forma)		
MEDIA P1	0,86m/s	P1	0,06	-0,79
MEDIA P2	0,84m/s	P2	0,06	-0,78
MEDIA P3	1,21m/s	P3	0,74 m/s	-0,47
MEDIA P4	1,36m/s	P4	0,07 m/s	-1,29
MEDIA P5	0,73m/s	P5	0,11	-0,63
MEDIA P.A	0,76m/s	P A	0,09	-0,67
MEDIA P.B	0,58m/s	P B	0,18	-0,41
MEDIA P.C	0,87m/s	P C	0,52	-0,35
MEDIA P.D	0,93m/s	P D	0,06	-0,87
MEDIA P.E	1,05m/s	P E	0,14 m/s	-0,91
MEDIA P.F	1,36m/s	P F	0,27 m/s	-1,09
<b>MEDIA TOT</b>	<b>1,0</b>	<b>MEDIA DIFFER.</b>		<b>-0,94</b>

SCHEDA 1-B SITO B | area di Piazza delle Cinque Scole- Rione Regola/Sant'Angelo  
Confronto con dati simulati

punti di stazionamento=localizzazione recettori



DA MISURE DIRETTE		DA RECETTORI		DIFFERENZE
			(solo fattore di forma)	
MEDIA P1	0,97 m/s	P1	0,45 m/s	-0,52
MEDIA P2	0,65 m/s	P2	0,04	-0,61
MEDIA P3-4	0,76 m/s	P3-4	0,27	-0,49
MEDIA P5	0,95 m/s	P5	0,09 m/s	-0,86
MEDIA P6	0,72 m/s	P6	0,05	-0,86
MEDIA P7	1,25 m/s	P 7	0,26 m/s	-1,00
MEDIA P8	0,76 m/s	P8	0,09	-0,86
MEDIA P9	0,62 m/s	P9	0,04	-0,86
MEDIA P10	0,93 m/s	P10	0,03 m/s	-0,90
<b>MEDIA TOT</b>	<b>0,8</b>	<b>MEDIA DIFFER.</b>	<b>-0,79</b>	

SCHEDA 1E-F SITO E e F | area di via Boncompagni e di via Piave- Rione Ludovisi  
 Confronto con dati simulati  
 punti di stazionamento=localizzazione recettori



sito E



sito F

DA MISURE DIRETTE		DA RECETTORI		DIFFERENZE
(solo fattore di forma)				
MEDIA P1	0,54 m/s	P1	0,08 m/s	-0,46
MEDIA P2	0,84 m/s	P2	0,06 m/s	-0,78
MEDIA P3	0,93 m/s	P3	0,13 m/s	-0,80
MEDIA P4	0,61 m/s	P4	0,05 m/s	-0,56
MEDIA P5	0,80 m/s	P5	0,12 m/s	-0,68
MEDIA P6-7	0,93 m/s	P6-7	0,06 m/s	-0,87
MEDIA P8	0,88 m/s	P8	0,57 m/s	-0,31
MEDIA P9	0,95 m/s	P9	0,25 m/s	-0,70
MEDIA P10*	1,01 m/s	P10	1,11 m/s	0,10
<b>MEDIA TOT</b>	<b>0,8</b>	<b>MEDIA DIFFER.**</b>		<b>-0,65</b>

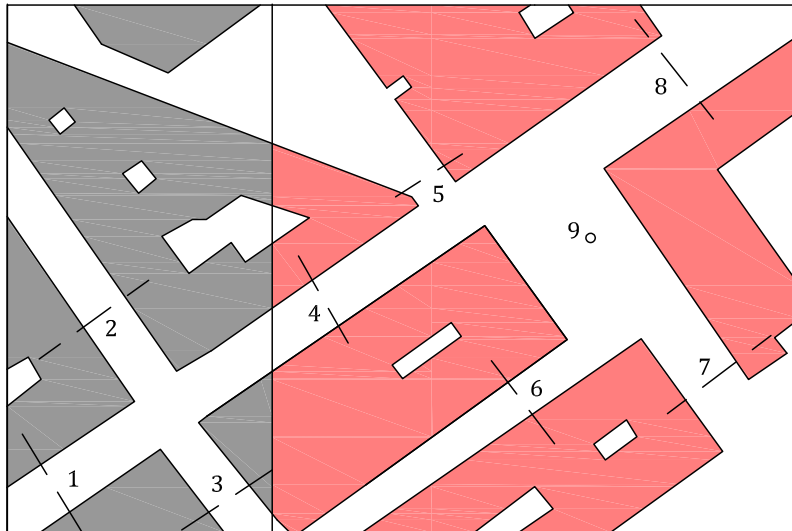
\* non considerato per calcolo discordanza

\*\*media su tutti non essendo sufficienti per una media i valori >1m/s



SCHEDA 1-G SITO G | area di Piazza dell'Immacolata - quartiere San Lorenzo  
 Confronto con dati simulati

punti di stazionamento=localizzazione recettori



DA MISURE DIRETTE		DA RECETTORI		DIFFERENZE
		(con fattore di forma)		
MEDIA P1	1,08 m/s	P1	0,11 m/s	-0,97
MEDIA P2	1,13 m/s	P2	0,09 m/s	-1,04
MEDIA P3	0,96 m/s	P3	0,07 m/s	-0,88
MEDIA P4	1,06 m/s	P4	0,06 m/s	-1,00
MEDIA P5	1,46 m/s	P5	0,39 m/s	-1,07
MEDIA P6	1,36 m/s	P6	0,04 m/s	-1,31
MEDIA P7	1,25 m/s	P7	0,18 m/s	-1,07
MEDIA P8	1,21 m/s	P8	0,10 m/s	-1,11
MEDIA P9	1,48 m/s	P9	0,18 m/s	-1,30
<b>MEDIA TOT</b>	<b>1,219</b>	<b>MEDIA DIFFER.</b>		<b>-1,11</b>

utile del valore *Unew 10* da reimmettere come dato di input e quindi non si potevano registrare significativi incrementi di intensità di flusso nel modello. Ad esempio per il caso di piazza dell'Immacolata (San Lorenzo), immettendo nella formula un valore *Unew (x)* di 2,31m/s -pari a 1,2m/s (valore medio di intensità registrato in situ) maggiorato di 1,11 m/s (valore della discordanza individuato- Rif. scheda 1-G) - si ottiene un valore di *Unew10* pari a 3,09m/s, identico al valore misurato dalla stazione meteorologica di riferimento ed inserito già nell'iniziale modello. Ovviamente, in un caso simile non si otterrà alcun miglioramento nella risposta del modello. Pertanto si è pensato di definire il nuovo valore di *Unew10* utilizzando come dato di partenza direttamente il dato fornito dalla stazione meteorologica di riferimento a cui sommare il valore della discordanza. Quindi, per due dei casi presi ad esempio, abbiamo ottenuto un valore di *Unew10* pari a 4,05m/s per l'area di piazza Fontanella Borghese (partendo da un valore della stazione pari a 2,09 e sommando il valore della discordanza pari a 0,94m/s), ed un valore di *Unew10* pari a 5,5m/s per l'area di piazza dell'Immacolata (partendo come detto da un valore della stazione pari a 3,0m/s e sommando il valore della discordanza pari a 1,1m/s).

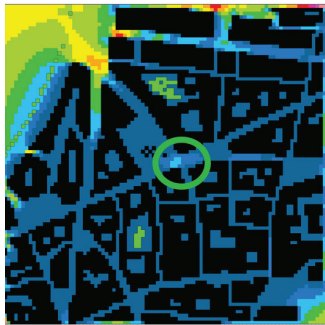
Per effettuare una comparazione tra i risultati ottenuti dalle prime simulazioni e quelli ottenuti utilizzando anche il fattore di intensità, sono stati effettuati due tipi di confronto: uno visivo, analizzando direttamente le graficizzazioni di intensità del flusso fornite dal software - con focus nelle aree di maggiore intensità di flusso-, ed uno numerico, valutando i valori registrati per ogni singolo recettore.

Per la comparazione grafica è stata estrapolata l'immagine del flusso in uno specifico orario ad una stessa quota per tutti i modelli realizzati e sono stati selezionati solo i singoli recettori dove si registra il valore massimo di ventilazione, confrontando i valori ottenuti nelle simulazioni iniziali con quelli ottenuti nelle simulazioni calibrate con il fattore di forma e intensità. (Figura 16).

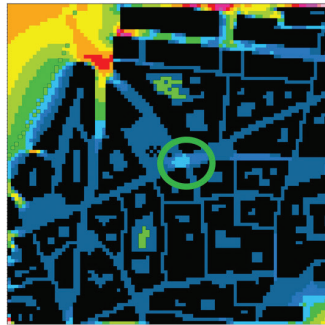
Dalla prima valutazione grafica emerge che la calibrazione anche di questo fattore ha portato in media ad un miglioramento ulteriore del valore di intensità di flusso pari al 20-30% rispetto al dato di partenza. Va comunque precisato che questo miglioramento si registra nelle aree interessate dal flusso di vento prevalente impostato da input, mentre nelle altre aree interessate da altri flussi provenienti da direzionalità differenti il miglioramento è irrisorio.

Didascalia pagina seguente.

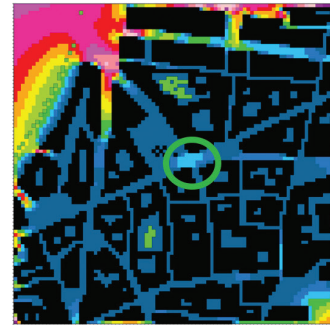
**Figura 16.** Sito A e G, comparazione visiva dei risultati tra modello con fattore di forma e modelli anche con fattore di intensità, nelle due modalità di applicazione. Per ogni modello è stata estrapolata l'immagine del comportamento del flusso alle ore 12. I modelli qui esposti a titolo esemplificativo, presentano una identica scala di valori che consente una facile comparazione visiva dei risultati. \*I punti 3.2 e 5.2 si riferiscono rispettivamente al punto di stazionamento 3 o 5 nel sotto-punto centrale del canyon (ovvero il sottopunto 2).



Sito A Piazza F. Borghese con solo fattore di forma.



Sito A Piazza F. Borghese con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio registrato al pedestrian level.



Sito A Piazza F. Borghese con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio registrato dalla stazione meteorologica di riferimento.

Sito A con solo fattore di forma

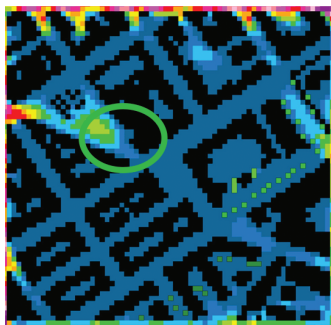
Numero del recettore selezionato	3.2*
Valore puntuale registrato:	0,77 m/s
Valore massimo registrato nell'area	0,85 m/s

Sito A con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio del pedestrian level

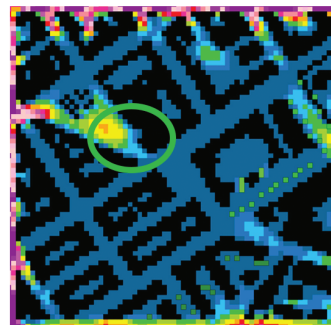
Numero del recettore selezionato	3.2
Valore puntuale registrato:	0,89 m/s
Valore massimo registrato nell'area	1,00 m/s

Sito A con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio della stazione CREA-CMA

Numero del recettore selezionato	3.2
Valore puntuale registrato:	0,94 m/s
Valore massimo registrato nell'area	1,00 m/s

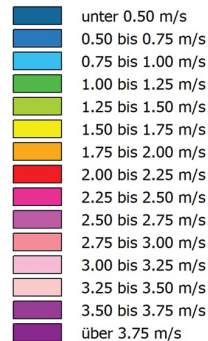


Sito G Piazza Immacolata con solo fattore di forma.



Sito G Piazza Immacolata con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio registrato dalla stazione meteorologica di riferimento.

Wind Speed



Min: 0.00 m/s  
Max: 3.24 m/s



Sito G con solo fattore di forma

Numero del recettore selezionato	5.2*
Valore puntuale registrato:	0,61 m/s
Valore massimo registrato nell'area	1,50 m/s

Sito G con fattore di forma e fattore di intensità applicato al valore medio della stazione CREA-CMA

Numero del recettore selezionato	5.2
Valore puntuale registrato:	0,82 m/s
Valore massimo registrato nell'area	2,08 m/s

Per meglio comprendere questa problematica si è passati ad effettuare anche un altro confronto di tipo numerico, non solo tra i valori ottenuti dalle diverse simulazioni - simulazione 'calibrata' con solo fattore di forma e simulazione 'calibrata' con fattore di forma e intensità-, ma anche con i valori reali ottenuti a seguito delle campagne di misurazioni condotte. (Rif. Appendice B- Schede 2-A; 2-B; 2-E; 2-F; 2-G)

Da questo ulteriore confronto si possono estrapolare due tipi di informazioni relative da un lato alle potenzialità del fattore correttivo e dall'altro a comprenderne i limiti in relazione alla morfologia del tessuto.

Per i tessuti di tipo A, riferendoci ai due casi qui riportati (Sito A e B) si evidenzia in linea generale che:

- se nella simulazione con solo fattore di forma (prima) si è registrato nel punto di misurazione un valore intorno a 0,1-0,2 m/s, non si otterrà con la seconda simulazione, calibrata con il fattore di intensità, alcuna sostanziale variazione (0,0n);
- se nella prima simulazione si è registrato nel punto di misurazione un valore intorno a 0,5 m/s si otterrà nella seconda una variazione di circa 0,1 m/s;
- se nella prima simulazione si è registrato nel singolo punto di misurazione un valore pari o superiore a 0,7 m/s si otterranno incrementi di circa 0,2m/s.

Se analizziamo, sempre per i tessuti di tipo A, le differenze tra i valori delle simulazioni con quelli reali si evidenzia che valori più prossimi al dato registrato in situ si osservano in corrispondenza della direzione prevalente del flusso, anche se prevalentemente nei punti in cui si sono registrati sul campo i più alti picchi di intensità. Infatti anche in relazione alle aree posizionate parallelamente alla direzione prevalente di flusso sono state registrate delle disomogeneità dei risultati (Tabella 12) che potrebbero dipendere dalla conformazione morfologica dell'invaso e dalla direzione di flusso impostata. Se consideriamo ad esempio il punto 3 del Sito A, si registra nella simulazione con solo fattore di forma un valore di intensità inferiore rispetto al dato reale di 'solo' il 37%; se consideriamo il valore della seconda simulazione la differenza col dato reale si abbassa al 22%. (Tabella 12). Questa maggiore approssimazione, però, non si regi-

Didascalie pagine successive.

**Tabella 12.** La tabella presenta un estratto dei valori riportati nelle schede 2 (Appendice B) e mostra i differenti valori registrati nella simulazione con solo fattore di forma e con fattore di forma e intensità nei due siti presi a campione per il tessuto di tipo A (sito A e B). I valori ottenuti dalle simulazioni sono stati confrontati con i valori reali misurati durante le campagne in situ. Dal confronto è stato estrapolato un valore percentuale di decremento tra il dato simulato ed il dato reale.

**Tabella 13.** La tabella presenta un estratto dei valori riportati nelle schede 2 (Appendice B) e mostra i differenti valori registrati nella simulazione con solo fattore di forma e con fattore di forma e intensità nei siti presi a campione per il tessuto di tipo B (sito E, F e G). I valori ottenuti dalle simulazioni sono stati confrontati con i valori reali misurati durante le campagne in situ. Dal confronto è stato estrapolato un valore percentuale di decremento tra il dato simulato ed il dato reale.

stra in altri punti collocati nella stessa direzionalità e nei quali, in situ, si sono registrati valori superiori a 0,7 m/s. Questa problematica è stata riscontrata anche nel Sito B. Qui emerge che nel punto 1 si registrano valori di intensità inferiori al dato reale del 50% con solo fattore di forma, del 39% col fattore di forma ed intensità. Analizzando analoghi punti posti lungo la stessa direzionalità (punto 3-4 e 7) non è possibile riscontrare un analogo risultato. Si ipotizza, pertanto, una difficoltà del software, con questi valori di intensità, di far correttamente penetrare il fluido nel modello dal punto di immissione fino al cuore del modello. Questa considerazione, però, non può che essere un'ipotesi da porre come base per instaurare un confronto con i programmatori del software.

Per i tessuti di tipo B, riferendoci ai casi qui riportati (Sito G, E e F) si evidenzia in generale che:

- se nella simulazione con solo fattore di forma (prima) si è registrato nel singolo punto di misurazione un valore intorno a 0,1-0,2 m/s, non si otterrà con la seconda simulazione, calibrata con il fattore di intensità, alcuna sostanziale variazione (0,0n);
- se nella prima simulazione si è registrato nel singolo punto di misurazione un valore intorno a 0,5 m/s si otterrà nella seconda una variazione di circa 0,1 m/s;
- se nella prima simulazione si è registrato nel singolo punto di misurazione un valore pari o superiore a 0,4-0,5 m/s si otterranno incrementi di circa 0,2m/s.

Se, anche in questo caso, analizziamo le differenze tra i valori delle simulazioni e quelli reali si evidenzia che valori più prossimi al dato registrato in situ si osservano in corrispondenza della direzione prevalente del flusso, mentre nel resto dei casi sono molto inferiori al dato reale. (Tabella 13). Analizzando il caso G, ad esempio, avendo impostato una direzione del flusso a 315 gradi, nella simulazione si otterrà un flusso prevalente lungo questa direzione, dove sono collocati i recettori n. 5, 9 e 7.

Mentre, però, nel recettore 5 si registrano, nella seconda simulazione, valori inferiori del 65% rispetto a quelli reali, nei recettori 9 e poi 7 la percentuale di discordanza aumenta sempre più allontanandosi dal nord del modello. In questo caso l'intensità di flusso al pedestrian level non è tale da consentire al fluido di arrivare nella parte inferiore del modello. Inoltre, appare evidente la problemati-

Tabella 12

Sito A area di Piazza Fontanella Borghese

P.3				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,78	0,76	0,72	0,70
media intensità valori reali	1,26	0,90	1,45	1,23
diff con misura reale	-0,48	-0,14	-0,73	-0,53
differenza percentuale con valore reale	-38%	-16%	-50%	-43%
valore medio	-37%			

P.3				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,92	0,94	0,91	0,88
media intensità valori reali	1,26	0,90	1,45	1,23
diff con misura reale	-0,33	0,04	-0,54	-0,35
differenza percentuale con valore reale	-26%	4%	-37%	-28%
valore medio	-22%			

P.4				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,07	0,06	0,07	0,07
media intensità valori reali	1,26	1,22	1,70	1,25
diff con misura reale	-1,18	-1,16	-1,63	-1,18
differenza percentuale con valore reale	-94%	-95%	-96%	-94%
valore medio	-95%			

P.4				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,11	0,17	0,18	0,11
media intensità valori reali	1,26	1,22	1,70	1,25
diff con misura reale	-1,15	-1,04	-1,52	-1,14
differenza percentuale con valore reale	-92%	-86%	-89%	-91%
valore medio	-89%			

P.5				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,14	0,09	0,10	0,11
media intensità valori reali	0,37	1,27	1,73	1,07
diff con misura reale	-0,23	-1,18	-1,64	-0,97
differenza percentuale con valore reale	-62%	-93%	-95%	-90%
valore medio	-85%			

P.5				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,12	0,17	0,18	0,14
media intensità valori reali	0,37	1,27	1,73	1,07
diff con misura reale	-0,24	-1,09	-1,55	-0,93
differenza percentuale con valore reale	-66%	-86%	-89%	-87%
valore medio	-82%			

Sito B area di Piazza delle Cinque Scale

P.1				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,66	0,47	0,35	0,32
media intensità valori reali	0,84	0,75	1,05	1,23
diff con misura reale	-0,18	-0,28	-0,70	-0,90
differenza percentuale con valore reale	-21%	-37%	-67%	-74%
valore medio	-50%			

P.1				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,73	0,54	0,45	0,53
media intensità valori reali	0,84	0,75	1,05	1,23
diff con misura reale	-0,11	-0,21	-0,60	-0,69
differenza percentuale con valore reale	-13%	-28%	-57%	-57%
valore medio	-39%			

P.3-4				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,41	0,29	0,21	0,20
media intensità valori reali	0,64	0,70	0,88	0,82
diff con misura reale	-0,24	-0,41	-0,67	-0,62
differenza percentuale con valore reale	-37%	-59%	-76%	-76%
valore medio	-62%			

P.3-4				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,44	0,31	0,26	0,32
media intensità valori reali	0,64	0,70	0,88	0,82
diff con misura reale	-0,20	-0,39	-0,61	-0,50
differenza percentuale con valore reale	-31%	-55%	-70%	-61%
valore medio	-54%			

P.7				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,40	0,27	0,18	0,17
media intensità valori reali	0,75	1,12	1,65	1,48
diff con misura reale	-0,35	-0,85	-1,47	-1,31
differenza percentuale con valore reale	-47%	-76%	-89%	-89%
valore medio	-75%			

P.7				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,40	0,25	0,21	0,26
media intensità valori reali	0,75	1,12	1,65	1,48
diff con misura reale	-0,35	-0,87	-1,44	-1,22
differenza percentuale con valore reale	-47%	-78%	-87%	-82%
valore medio	-74%			



Tabella 13

Sito E-F area di via Boncompagni-Via Piave

P.6-7				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,03	0,06	0,07	0,07
media intensità valori reali	0,83	0,87	1,01	1,01
diff con misura reale	-0,80	-0,81	-0,94	-0,94
differenza percentuale con valore reale	-96%	-93%	-93%	-93%
valore medio	-94%			

P.6-7				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,10	0,13	0,13	0,15
media intensità valori reali	0,83	0,87	1,01	1,01
diff con misura reale	-0,73	-0,74	-0,88	-0,86
differenza percentuale con valore reale	-88%	-85%	-87%	-85%
valore medio	-86%			

P.8				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,79	0,58	0,46	0,44
media intensità valori reali	1,08	0,88	0,48	1,08
diff con misura reale	-0,30	-0,30	-0,03	-0,64
differenza percentuale con valore reale	-28%	-34%	-6%	-59%
valore medio	-32%			

P.8				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,95	0,78	0,68	0,76
media intensità valori reali	1,08	0,88	0,48	1,08
diff con misura reale	-0,13	-0,10	0,20	-0,32
differenza percentuale con valore reale	-12%	-11%	41%	-30%
valore medio	-3%			

P.10				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	1,18	1,06	0,99	0,98
media intensità valori reali	0,96	0,74	1,62	0,72
diff con misura reale	0,22	0,32	-0,63	0,26
differenza percentuale con valore reale	23%	43%	-39%	36%
valore medio	16%			

P.10				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	1,58	1,42	1,31	1,37
media intensità valori reali	0,96	0,74	1,62	0,72
diff con misura reale	0,62	0,68	-0,30	0,65
differenza percentuale con valore reale	65%	92%	-19%	90%
valore medio	57%			

Sito G area di Piazza dell'Immacolata

P.5				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,38	0,36	0,44	0,38
media intensità valori reali	1,15	1,59	1,57	1,51
diff con misura reale	-0,77	-1,23	-1,13	-1,13
differenza percentuale con valore reale	-67%	-77%	-72%	-75%
valore medio	-73%			

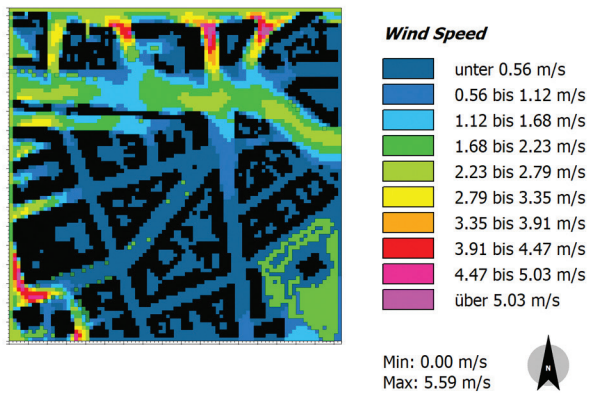
P.5				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,63	0,63	0,63	0,65
media intensità valori reali	1,15	1,59	1,57	1,51
diff con misura reale	-0,52	-0,96	-0,95	-0,86
differenza percentuale con valore reale	-45%	-60%	-60%	-57%
valore medio	-56%			

P.7				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,16	0,16	0,19	0,21
media intensità valori reali	0,91	1,24	1,46	1,38
diff con misura reale	-0,75	-1,08	-1,27	-1,17
differenza percentuale con valore reale	-82%	-87%	-87%	-85%
valore medio	-85%			

P.7				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,21	0,24	0,26	0,27
media intensità valori reali	0,91	1,24	1,46	1,38
diff con misura reale	-0,70	-1,00	-1,21	-1,11
differenza percentuale con valore reale	-77%	-81%	-82%	-80%
valore medio	-80%			

P.9				
Caso con solo Fattore di forma	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,05	0,21	0,21	0,24
media intensità valori reali	0,77	1,60	1,71	1,85
diff con misura reale	-0,72	-1,39	-1,50	-1,61
differenza percentuale con valore reale	-93%	-87%	-88%	-87%
valore medio	-89%			

P.9				
Caso con Fattore di forma e intensità	07:00	12:00	16:00	19:00
media intensità valori simulati	0,33	0,31	0,34	0,40
media intensità valori reali	0,77	1,60	1,71	1,85
diff con misura reale	-0,44	-1,29	-1,37	-1,45
differenza percentuale con valore reale	-57%	-81%	-80%	-78%
valore medio	-74%			



ciò relativa alla direzione tangente a quella impostata, corrispondente a via dei Sabelli, dove in situ, si registrano valori di picco considerevoli che sono disattesi nel modello. Altra anomalia riscontrata riguarda il sito F, in corrispondenza di via Piave (Figura 17). Considerate le semplificazioni del modello relative alla riproduzione fedele del tessuto, nella direzionalità nord-sud prevalente si registra una intensità di flusso che in alcuni casi supera la media dei valori reali, rimanendo comunque nel range dei valori di picco registrati in situ. In questa particolare area del sito la geometria dei volumi consente una più facile canalizzazione del flusso lungo i canyon più ampi e maggiormente rettilinei.

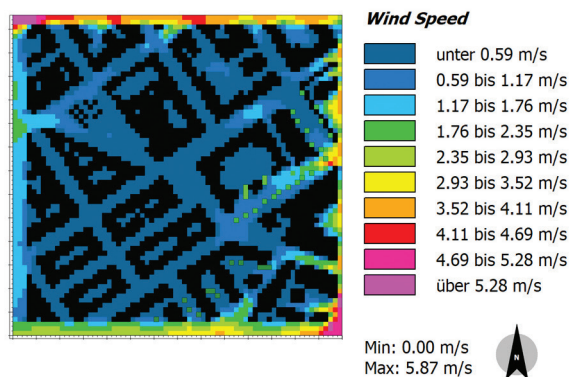
Questa anomalia è però giustificabile considerando che l'ampiezza del canyon così come -nella parte iniziale verso piazza Fiume- la discontinuità dei fronti di via Piave sono differenti rispetto alla media finora calcolata. Ciò rende questo canyon più simile a quelli descritti da Acero e Herranz-Pascual, nel loro studio del 2015, per i quali si registrava nel modello una sovrastima del valore di intensità del flusso.

L'ultima problematica emersa, e quindi affrontata, riguarda pertanto la direzione del flusso e la conseguente definizione dell'ultimo fattore qui presentato: il 'fattore di direzione'.

Per alcune aree, infatti, altro fattore incidente si è dimostrato essere la direzione del flusso prevalente che, come emerso dalla letteratura (Acero e Herranz-Pascual 2015; Blocken et al 2012), gioca un ruolo importante. Il software permette di impostare un solo valore della direzione di flusso, pari al vento filato a 10m, che nel caso reale

Figura 17. Area di Via Boncompagni, sito F. Graficizzazione dell'intensità di flusso alle ore 12:00.

al pedestrian level si traduce in molteplici direzionalità a seconda delle ore del giorno e della conformazione dell'invaso. In alcuni casi alcune direzionalità emerse nella campagna in situ, non vengono registrate nella simulazione, comportando la necessità di impostare una seconda simulazione modificando il dato direzionale al di sopra della canopy layer in base alla direzione registrata al pedestrian level.



È questo il caso, ad esempio dell'area di San Lorenzo dove, come già notato, durante la campagna in situ si è registrata una ventilazione prevalente sia direzionata lungo l'asse NW-SE (largo degli Osci- piazza dell'Immacolata), sia una ventilazione di intensità consistente (anche 3m/s) direzionata lungo l'asse di via dei Sabelli (NE-SW). Impostando, però, nella simulazione il parametro direzionale della stazione di riferimento (Crea-Cma) al pedestrian level si è registrata una direzione prevalente solo lungo la direzione NW-SE, mentre una intensità molto bassa nell'asse NE-SW. Questo ha portato ad effettuare una seconda simulazione impostando come dati di input la seconda direzione registrata.

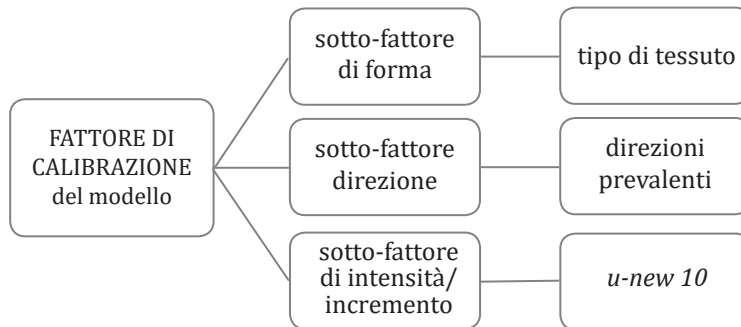
Dalla graficizzazione del dato di intensità emerge (Figura 18), comunque, una difficoltà del flusso di penetrare fino all'estremo opposto del modello, considerando intensità di flusso come quelle qui analizzate, ovvero intensità registrabili in tessuti urbani consolidati e densamente edificati.

Vista questa limitazione emersa, che dovrà -al pari delle altre problematiche riscontrate- essere oggetto di un successivo confronto con i programmatori del software, si consiglia di definire in partenza la direzione prevalente, scelta in relazione all'area di progetto, ed impostarla come dato di input, a prescindere dal dato registrato

Figura 18. Sito G San Lorenzo. Graficizzazione dell'intensità di flusso alle ore 12:00 avendo impostato come input una direzione del vento da 60 gradi.

dalla stazione meteorologica di riferimento.

Riassumendo brevemente quanto visto, quindi, si è registrata la necessità di lavorare sulla definizione spaziale del modello, aumentare il valore di input riferito alla velocità del vento- attraverso il valore *u-new10* -ed infine lavorare con più direzioni di ventilazione in base ai dati specifici al *pedestrian level* dell'area da analizzare, e queste necessità si sono tradotte in tre sotto-fattori che definiscono il 'fattore di calibrazione' ricercato:



1. Fattore di forma, che tiene conto del giusto rapporto tra grandezza del modello e della maglia, della corrispondenza tra grandezza della maglia e conformazione spaziale dell'invaso e delle variazioni in altezza degli edifici presenti nell'area specifica di indagine, tutti fattori che vanno considerati per una maggiore accuratezza del risultato.
2. Fattore di direzione che terrà conto delle differenti direzioni di flusso registrate al pedestrian level. Per far fronte alla limitazione del software relativa alla possibilità di impostare una unica direzione dei flussi, si dovrà, caso per caso, valutare in situ quale direzione prevalente ci interessa analizzare, in funzione dell'area su cui intervenire, e impostare come dato di input la direzione selezionata.
3. Fattore di incremento, ovverosia un valore  $x$  di incremento del valore di input di intensità del vento pari a  $u-new(x)$ .

Avendo, però, valutato sia potenzialità che limitazioni di questo fattore correttivo e di conseguenza del software utilizzato, si ritiene necessario, come più volte affermato, utilizzare i dati qui emersi per

aprire un tavolo di confronto con i programmatori del software, sottolineando le difficoltà emerse nell'utilizzo di questo software per tessuti complessi come quelli analizzati. È infatti necessario ridurre le divergenze emerse e risolvere le relative problematiche riscontrate quanto più possibile, affinché si possa arrivare ad una definizione del dato simulato più simile al dato reale, condizione necessaria per sperimentare futuri scenari di intervento, dove deve prevalere la logica del minimo intervento. Questo perché, come anche molte ricerche già citate confermano, flussi d'aria che raggiungono 1,5- 2 m/s possono portare benefici in relazione al problema dell'isola di calore. In molte aree, come riscontrato dalle misurazioni sul campo, questi valori si raggiungono in periodi precisi della giornata e con una certa ripetitività nel tempo, ed è necessario adeguare gli strumenti di simulazione utilizzati per poterne tenere conto in sede di progettazione preliminare.

Le divergenze emerse, inoltre, non solo vanno ad incidere sulle specifiche valutazioni del fattore anemometrico, ma anche sull'elaborazione di vari parametri, tra cui gli indici di comfort (come il PMV), fornita dal software.

Viste le problematiche emerse, quindi, nella valutazione del flusso anemometrico per tessuti complessi, si è deciso, nella seconda parte sperimentale della ricerca, di procedere alla valutazione del vento basandosi su un modello regolarizzato che ripropone gli stessi rapporti morfometrici del tessuto reale, ma normalizza quei fattori morfologici causa delle riduzioni qui presentate. Per maggiori chiarimenti su questa ulteriore sperimentazione si rimanda al capitolo 10.





### *ABSTRACT*

We will now focus on the definition of ideal models that will help to select the best intervention options, giving the architect a shipping tool based on a simplified model for a faster definition and calculation, taking as case study the city of Rome. The proposed ideal models maintain the same proportional ratios as the fabric type analyzed, but on normalized mesh, and have been defined by the average of the values recorded in Part III.I of the research, referring to the identification of morphometric parameters of the city of Rome (RLCZ). On these models - which can also be used for the evaluation of other fabrics with similar characteristics - possible intervention scenarios have been tested, starting from the knowledge of the air flow trend for each specific morphology and evaluating the possible interactions with the project intervention - which, in the analysed cases, foresees the insertion of a water surface in different localizations, evaluating the effects in terms of wind-evaporative cooling-. The choice to work on 'ideal' models has depended - in addition to the need to overcome the calculation problems at anemometric level found on CFD models that reproduce the real fabric (Ref. previous chapter) - on wanting to provide the architect, in the early decisional stages, directions of indicative nature for an expeditious assessment of the different courses of action, without wanting to generalize or standardize the design action. All this in order to define a 'systematized' evaluation process, inserting these ideal models as part of an expeditious evaluation tool that can allow to acquire a greater operational awareness, providing, during the preliminary design phase, a support in the selection of one or more methods of intervention. For each analysed scenario, rates of improvement in terms of thermohygrometric comfort have been deducted, which, as mentioned above, will provide guidance, certainly not definitive, on the effectiveness of certain choices, and finally, from each scenario have been extrapolated observations that increase what is defined in the research work carried out within the project RuRos (Kofoed e Gaardsted 2004).

## CAPITOLO 10 Strumento semplificato di localizzazione dell'intervento: dal tessuto reale al modello ideale.

### ABSTRACT

In questa fase ci soffermeremo sulla definizione di modelli ideali che aiuteranno per la selezione delle migliori opzioni di intervento, consegnando al progettista uno strumento speditivo basato su un modello semplificato per una maggiore rapidità di definizione e calcolo.

Prendendo come caso studio la città di Roma, si è cercato di desumere dalla specifica valutazione delle singole aree un discorso possibilmente applicabile a più casi, tale da poter essere inserito in un processo 'sistematizzato' di valutazione. La scelta di lavorare su modelli 'ideali', per ogni tipologia di tessuto evidenziata<sup>1</sup>, è dipesa - oltre dalla necessità di superare le problematiche di calcolo a livello anemometrico riscontrate sui modelli CFD che riproducono il tessuto reale (Rif. capitolo precedente) - dal voler fornire delle indicazioni di carattere orientativo per una valutazione speditiva delle varie opzioni di intervento. I modelli ideali proposti mantengono gli stessi rapporti proporzionali del tessuto tipo analizzato, ma su maglia normalizzata, e sono stati definiti dalla media dei valori registrati nella parte III.I della ricerca, riferita all'individuazione di parametri morfometrici della città di Roma (RLCZ<sup>2</sup>). Tali modelli, però, potranno essere utilizzati anche per la valutazione di altri tessuti che presentano analoghe caratteristiche. Su questi modelli ideali sono stati testati possibili scenari di intervento, partendo dalla conoscenza dell'andamento dei flussi d'aria (sotto e sopra vento, in calma di vento, etc...) per ogni specifica conformazione spaziale e valutando le possibili interazioni con l'intervento progettuale -che nei casi analizzati, prevede l'inserimento di una superficie d'acqua in diverse localizzazioni, valutando gli effetti in termini di raffrescamento ventilativo-evaporativo-. Noti gli apporti positivi, ed a volte anche negativi, sia della ventilazione che dell'acqua nel contesto urbano, è anche emersa dallo stato dell'arte (Rif. Parte II) la necessità di definire uno strumento speditivo di valutazione che permetta di acquisire una maggiore consapevolezza operativa, fornendo, in fase di progettazione preliminare, un supporto nella selezione di una o più modalità di intervento. Per ogni scenario

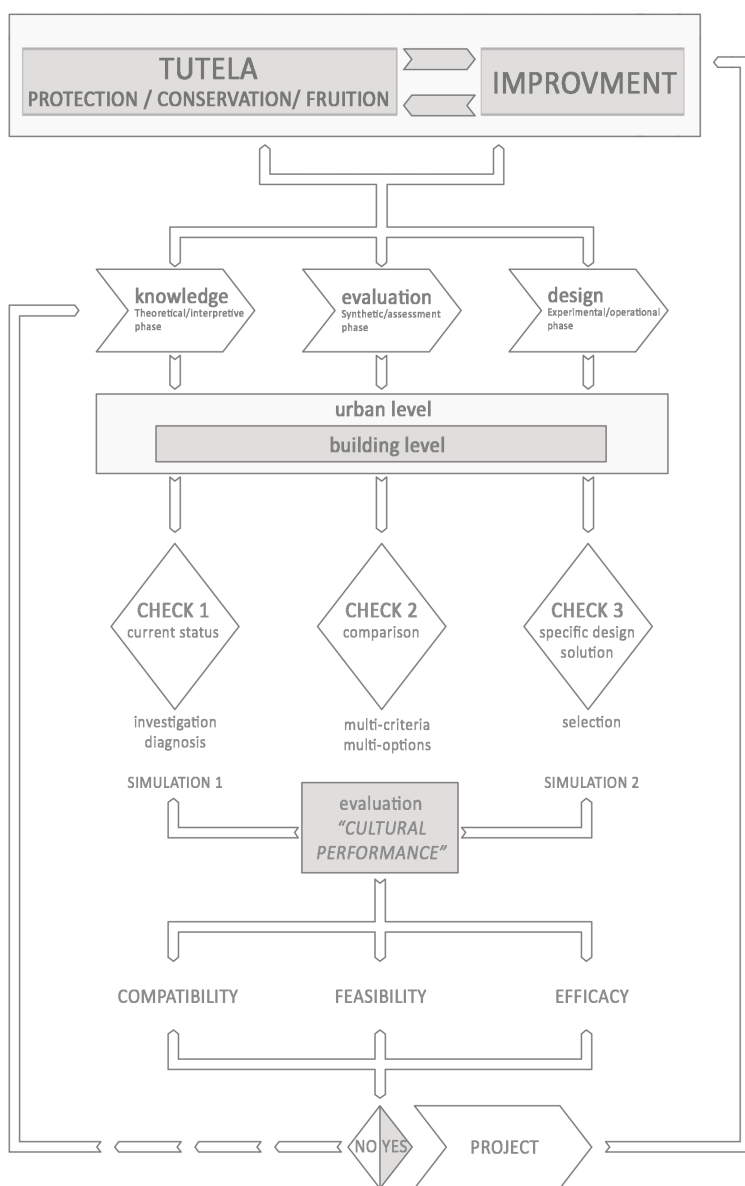
1. La sperimentazione si concentrerà prevalentemente sui tessuti di tipo A e B2 in quanto rappresentativi di due tipologie di tessuti con caratteristiche differenti. Si prevede in futuro di estendere la ricerca anche agli altri tipi di tessuti della Capitale, con densità e conformazione differenti.

2. Per la definizione dei RLCZ si rimanda al capitolo 8.2.

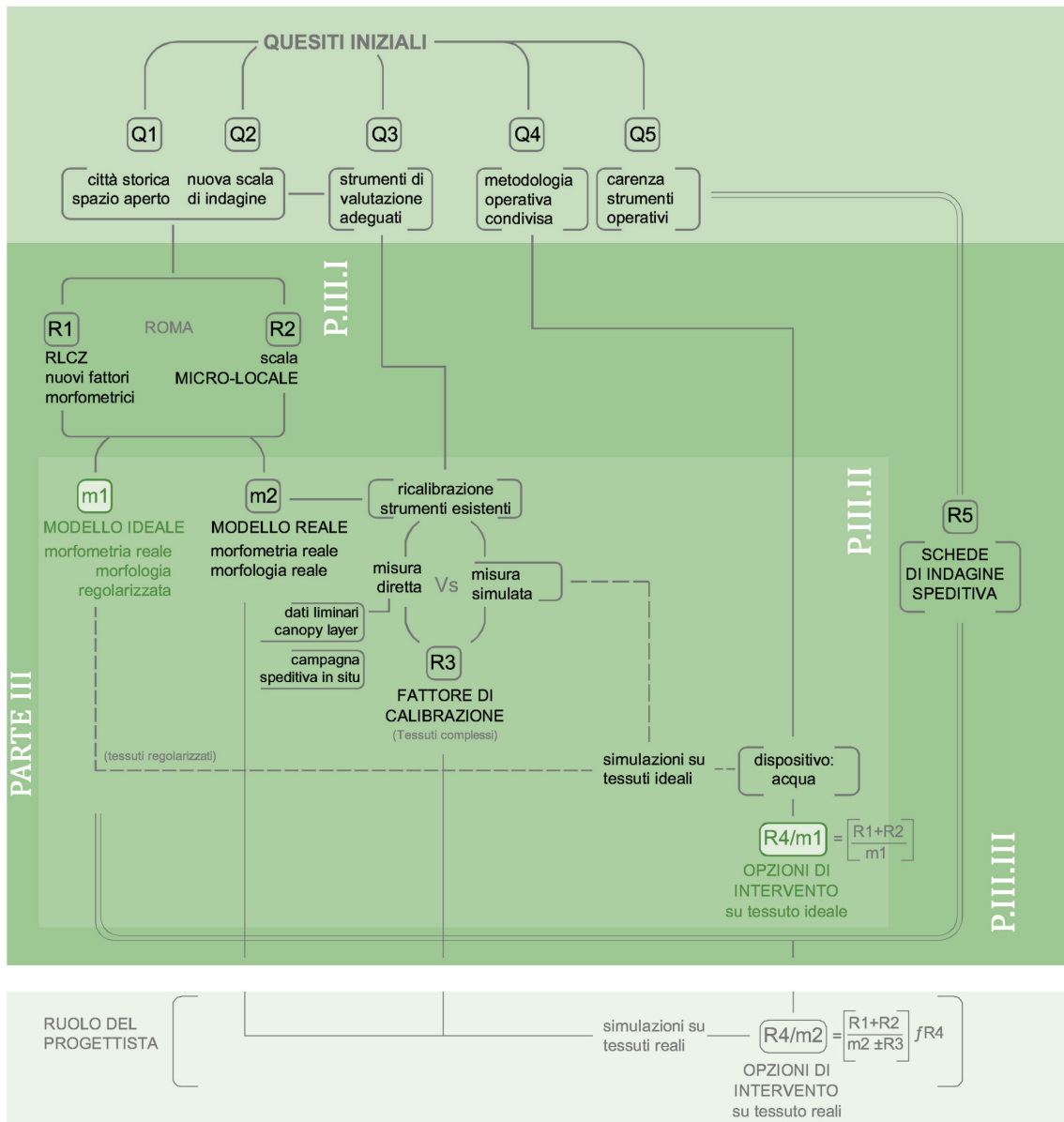
analizzato sono state dedotte delle percentuali di miglioramento in termini di comfort termo-igrometrico che, come detto, forniranno delle indicazioni orientative, non certo definitive, sull'efficacia di determinate scelte, con una certa approssimazione determinata dall'incidenza del fattore morfologico -calcolato con la successiva simulazione del dispositivo su modello computazionale che riproduce il tessuto reale, con apposito fattore di calibrazione-. Si vuole, pertanto, sottolineare nuovamente che la definizione di questi scenari e l'estrapolazione di questi valori da modello semplificato è stata pensata per fornire una panoramica generale e consentire una valutazione speditiva del fattore anemometrico, che aiuti il progettista nelle prime fasi decisionali, senza voler generalizzare o standardizzare l'azione progettuale.

Dalle sperimentazioni eseguite sono state, infine, estrapolate anche delle osservazioni che, in linea con il lavoro di ricerca svolto nell'ambito del progetto RuRos "Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces" (Kofoed e Gaardsted 2004), vanno ad incrementare le conoscenze non solo relative all'interazione tra ventilazione e tessuto urbano, ma anche all'interazione tra ventilazione, acqua e tessuto urbano. Si auspica che tali osservazioni potranno, in vista di futuri sviluppi della ricerca, essere incrementate sperimentando diversi dispositivi progettuali, oltre all'acqua, su ulteriori e differenti conformazioni della maglia urbana.

In funzione delle differenti libertà progettuali del sito analizzato, i risultati di questa parte della ricerca dovranno, pertanto, essere valutati non come risolutivi di una situazione di discomfort urbano, ma come un ulteriore tassello da sommare alle conoscenze già più consolidate relative ad altre pratiche progettuali volte al miglioramento del microclima urbano.



**Scheda 1.** Nell'iter di definizione del progetto, dalla fase di conoscenza preliminare (*check 1*) si passa alla fase di selezione multi-criteriale sul caso ideale (*check2*) come punto di partenza per la definizione del miglior scenario possibile in vista del minimo intervento auspicabile, nell'ambito di un iter di 'evaluation cultural performance': *new morfometric model+real model*, dove il fattore 'Culturale' gioca un ruolo fondamentale. (Rif. nota 12).



Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralzo della mappa concettuale della ricerca.

## 10.1 Cosa si intende per modello ideale: il nuovo modello parametrico.

Per modello ideale si intende un tessuto che rispetta gli stessi rapporti morfometrici del tessuto reale, desunti dall'analisi morfometrica dei tessuti della città di Roma suddivisi per tipologia (RLCZ<sup>3</sup>), ma a livello morfologico presenta una regolarità dei tracciati e delle edificazioni che non sempre corrisponde al dato reale. Nell'ottica di definire uno strumento speditivo di valutazione dell'intervento, appurata l'importanza del fattore morfometrico per la valutazione ambientale e nello specifico per la movimentazione dei flussi, si è dedotto un nuovo modello morfometrico su cui testare gli scenari ottimali. La validità di questa semplificazione consta nel fornire al progettista -con una certa approssimazione determinata dell'incidenza del fattore morfologico che, come detto, potrà essere analizzato nelle successive simulazioni su modello computazionale che riproduce il tessuto reale- un valore percentuale orientativo di miglioramento atteso per ciascuno scenario, una risposta, quindi, speditiva che consente in tempi ragionevolmente brevi una iniziale valutazione sul processo da intraprendere.

3. Per la definizione dei RLCZ si rimanda al capitolo 8.2.

Partendo dalle valutazioni morfometriche dei singoli tessuti, le dimensioni della maglia tipo devono rispettare le proporzioni dell'aspect ratio ( $H/W$  e  $L/H$ ) calcolate sul tessuto reale. Pertanto, ai fini di questa ricerca è stata desunta un valore medio tra quelli registrati, relativi sia al costruito sia allo spazio aperto, per il caso studio della città di Roma, come riportato nel capitolo 8.

Alla fine del paragrafo vengono riportati (Scheda 2) i valori adottati per ciascuna maglia tipo ed il raffronto tra questi ed i valori reali calcolati sulla base delle schede di analisi dei tessuti (Tabelle 4-5-6 e 7 del Capitolo 8).

Per la valutazione della lunghezza ( $L$ ) degli assi viari del modello ideale si è partiti dalla definizione di una 'lunghezza prevalente' valutata quale la distanza tra due intersezioni principali (Ahmad et al. 2005; Oke, 1988; Allard e Ghiaus, 2005; Santamouris e Wouters, 2006; et al.), in quanto si può valutare minimo se non nullo l'apporto dei vicoli che non intercettano grandi assi viari o slarghi rilevanti.

4. Si è deciso di prendere a riferimento i valori medi e non i mediani, in quanto da valutazioni fatte, l'utilizzo dei valori medi ha permesso di rimanere più prossimi ai valori di *aspect ratio* dei tessuti A1 e B2 individuati nel capitolo 8.

5. Va precisato che per realtà come quella della Capitale i valori utilizzati per definire i parametri morfometrici sono stati desunti selezionando prevalentemente aree della città che ricadono all'interno della classificazione specifica definita dal PRG vigente, sebbene in alcuni casi la stratificazione del tessuto urbano è tale da poter far rientrare il tessuto in due o più sottocategorie.

Per la valutazione delle dimensioni del singolo blocco edilizio ideale, è stato preso a riferimento il parametro della lunghezza media<sup>4</sup> dei canyon.

Nel calcolo dei valori medi, le dimensioni ed i rapporti proporzionali delle piazze sono stati calcolati come voce a parte, per definire una dimensione 'ideale' della piazza stessa per ogni singola tipologia di tessuto.

La sperimentazione si concentrerà prevalentemente sui tessuti A1 e B2<sup>5</sup> selezionati in quanto esemplificativi di due differenti realtà del tessuto romano. Si prevede in futuro di estendere la ricerca anche agli altri tipi di tessuti della Capitale (Tabella 1).

Tessuto	Prg	Ricerca	
Tessuto di origine medievale	T1	A	A1
Tessuto di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria	T2		A2
Tessuto di ristrutturazione urbanistica otto-novecentesca	T3	B	B1
Tessuto di espansione otto-novecentesca ad isolato	T4		B2
Tessuto di espansione otto-novecentesca a lottizzazione edilizia puntiforme	T5		B3

La maglia ideale ipotizzata è rappresentazione di un tipo di invaso con piazza disposta lateralmente rispetto agli assi viari. Questa conformazione spaziale è solo un tipo tra le diverse combinazioni possibili (riportate alla fine del capitolo-Figura 21 -,rielaborazione degli studi da Krier 1982, a Marshall 2005 per citare alcuni riferimenti), selezionata per consentire una lettura più chiara di alcuni aspetti anemometrici e loro interazioni col contesto. In particolar modo, la scelta di posizionare la piazza in posizione laterale, decentrata rispetto al flusso d'aria impostato, permetterà in seguito di analizzare le potenzialità di una superficie d'acqua in posizione centrale indipendentemente dal fatto che possa trovarsi lungo la direzione prevalente del flusso d'aria, caso che invece verrà trattato singolarmente. Si prevede, però, per un futuro sviluppo della ricerca, di analizzare i comportamenti anemometrici e le interazioni col contesto anche basandosi su altri tipi di modello di base.

Tabella 1. Tessuti e loro caratteristiche secondo le indicazioni del PRG di Roma e corrispondenti denominazioni ai fini della ricerca.



Pur lavorando su tessuti morfologicamente rettificati, per la definizione delle caratteristiche costruttive dell'invaso sono stati adottati gli stessi valori utilizzati per la definizione dei modelli reali, visti nel capitolo precedente.

Le condizioni meteorologiche scelte per il caso ideale sono state, infine, desunte sempre dai dati della stazione meteorologica di riferimento per la condizione estiva<sup>6</sup> nel caso romano: Osservatorio meteorologico del Collegio Romano sede CREA-CMA (ex Ucea)<sup>7</sup>. Sono stati presi i valori medi per il mese di luglio 2016 relativi a velocità del vento, temperatura dell'aria e umidità relativa. Per una maggiore precisione del dato simulato sono stati poi impostati i dati orari di temperatura dell'aria e umidità relativa, considerando i valori 'medi relativi' del mese di luglio. (Rif. Capitolo 9). Tale mese, come riportato nella maggior parte degli studi climatici sulla Capitale, risulta essere quello più problematico in relazione al fenomeno dell'isola di calore. (Colacino e Lavagnini, 1982; Salvati, 2016 citati nel capitolo 7).

Si riporta per maggiore chiarezza una tabella riassuntiva (Tabella 2) dei valori rielaborati partendo dai dati della stazione meteorologica<sup>8</sup>:

valori periodo estivo		giorno ideale 15 luglio 2016	
<i>Initial meteorological condition</i>	intensità del vento filato a 10 m	2,3 m/s	
	direzione prevalente	0 gradi	
	umidità relativa	44,3%	
	umidità specifica a 2500m	5,2 g/Kg	
<i>Meteorology: simple forcing</i>	T° aria oraria	Min 22,6 °C	Ore 04:00
		Max 30,7 °C	Ore 14:00
(Valori relativi del mese)	UR% oraria	Min 42,3 %	Ore 14:00
		Max 72 %	Ore 04:00

Per convenzione è stato assunto come giorno tipo il 15 luglio, ma i valori riportati si riferiscono ai valori medi dell'intero mese nell'an-

6. Si rimanda a successivi sviluppi della ricerca la sperimentazione nel periodo primaverile.

7. Rif. Capitolo 7 e 9.

8. Si precisa che per il tessuto ideale non è stato applicato il fattore di calibrazione utilizzato per il tessuto reale in quanto le problematiche riscontrate, sia dalla letteratura che dalle analisi qui eseguite, si manifestano prevalentemente su tessuti complessi, mentre il risultato del software risulta prevalentemente validato per maglie regolari e schematizzate come quelle ideali qui presentate.

**Tabella 2.** Valori per la simulazione nel periodo estivo. Nella colonna di sinistra sono indicate le titolazioni delle finestre di dialogo (del software di riferimento: Envi-Met v4.2 Pro) in cui sono stati inseriti i dati. I dati orari corrispondono ai dati dinamici che è possibile inserire nel software (nella finestra *Meteorology: simple forcing*) per una maggiore precisione nel risultato.

9. Stazione 16245 LIRE Pratica Di Mare alle 00Z ed alle 12Z elaborati della University of Wyoming - Radiosonde Data.

no 2016, calcolati sia giornalieri (riportati direttamente dalla stazione meteorologica), sia orari (rielaborati in base agli Open data Ministero delle Politiche Agricole e Forestali). La direzione del vento è stata fissata a 0 gradi parallelamente ai canyon nord-sud per poter meglio valutare la localizzazione dell'intervento in area sopra e sotto vento.

Per quanto concerne il valore dell'umidità specifica a 2500m, sono stati utilizzati i dati forniti da radiosondaggi della stazione meteorologica di Pratica di Mare<sup>9</sup>, da cui è stato estrapolato il valore medio del mese di luglio 2016. (Meteolive).

### Caratterizzazione della maglia ideale

scenario 1	
tessuto A1	
descrizione	
tessuti di origine medievale	
caratterizzazione dell'edificio	
H m edifici	16,4
caratterizzazione della via	
W m vie	5,1
Lm vie	88,6
rapporti dimensionali	
H/W	3,2 deep
L/H	5,4 medium
caratterizzazione della piazza	
Wm piazze	43
rapporto di cop.	0,75

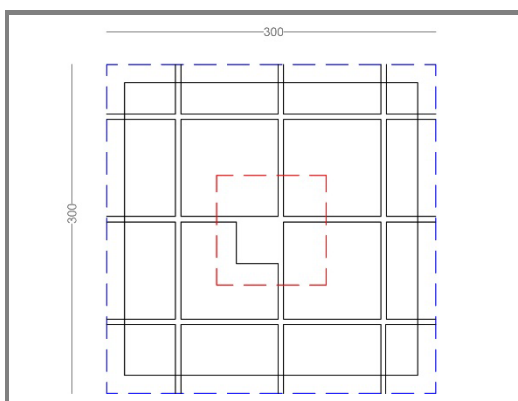
scenario 4	
tessuto B2	
descrizione	
tessuti di espansione otto-novecentesca ad isolato	
caratterizzazione dell'edificio	
Hm edifici	21,2
caratterizzazione della via	
W m vie	15,1
Lm vie	68,9
rapporti dimensionali	
H/W	1,4 uniform
L/H	3,25 short
caratterizzazione della piazza	
Lm piazze	53,4
rapporto di cop.	0,57

### Rapporti dimensionali reali a confronto (Rif. RLCZ Cap 8)

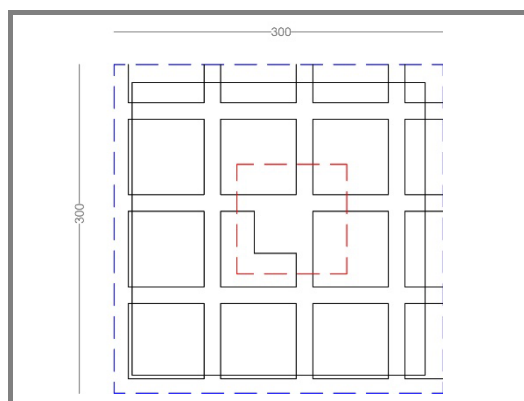
rapporti dimensionali reali (valore medio)	
H/W	3,8 deep
L/H	5,4 medium
rapporto di copertura medio*	0,64

rapporti dimensionali reali (valore medio)	
H/W	1,41 uniform
L/H	3,2 short
rapporto di copertura medio*	0,45

\*Il rapporto di copertura è valutato su una porzione di tessuto di 100mx100m. Il valore indicato considera come spazio costruito anche spazi e cortili interni agli isolati. questa convenzione è stata adottata in quanto ai fini del calcolo della ventilazione, e per la definizione della maglia ideale, tali spazi sono prevalentemente ininfluenti.



Modello ideale per tessuto tipo A1



Modello ideale per tessuto tipo B2

## 10.2 Strumenti di valutazione del comfort su modello ideale: parametri ed indici utilizzati.

10. Ci si riferisce alle definizioni di comfort secondo approcci fisiologici e psicologici. Un approccio puramente fisiologico risulta “inadeguato al fine di caratterizzare le condizioni di comfort termico all'esterno” (Nikolopoulou, Lykoudis, Kikira 2004), in quanto la questione dell'adattamento assume sempre più un ruolo prevalente.

11. Sono stati collocati nel modello dei recettori : in aree con SVF sia maggiore -la piazza- sia minore -i canyon-; in zone di sole ed ombra; in altri punti nevralgici del modello.

12. La prestazione di un sistema, in questo caso ambientale non va ricondotta ad una astrazione matematica in termini di efficienza ed efficacia (Vitiello 2012:67) ma descrive “la qualità del sistema urbano in relazione ad un uso specifico” (Dessi 2007:127). In questo calcolo ad influenzare il risultato finale interviene un fattore, che potremmo definire ‘culturale’, che tiene conto della principale risorsa esauribile in gioco: il ‘patrimonio culturale’. Così non si potrà parlare soltanto di prestazione ambientale, ma più in generale di ‘prestazione culturale’.

13. Si tratta di progettare una stanza urbana seguendo quelli che V. Olgyay aveva indicato come primi passi verso il miglioramento ambientale di un ambiente confinato,

Definito cosa si intende per modello ideale e quali sono le sue peculiarità costitutive, passiamo ora ad analizzare le principali caratteristiche microclimatiche del modello.

Per valutare la migliore condizione di comfort (condizione sia percettivo/emozionale che psicologica<sup>10</sup>) in termini di sensazione termica (esperienza razionale descrivibile secondo una scala di valori, Dessì, 2007: 65) sono stati messi a confronto alcuni valori misurabili: singoli parametri ambientali – sia raccolti in più punti del modello<sup>11</sup> sia nei valori minimo e massimo generali-, e alcuni indicatori di comfort selezionati.

Prima, però, di presentare criteri di valutazione e risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate è necessario precisare che in questa fase verranno analizzate le differenze in termini di ‘prestazione ambientale’<sup>12</sup> tra il modello ideale di base (ante-operam) che, come visto, riproduce morfometria e capacità termica del sito reale, e le varie varianti post-operam del modello stesso. È necessario che i dati ottenuti nei vari scenari siano valutati nei loro valori ‘relativi’ e non ‘assoluti’, ovverosia confrontando i benefici del singolo caso post intervento con quelli del caso ante, e non relazionandosi con scale di valori assoluti di comfort.

Non si può, infatti, ricercare una condizione ‘perfetta’, “climaticamente equilibrata”<sup>13</sup> (Olgyay, 1963) alla stregua di un ambiente confinato, ma semmai una condizione di ‘neutralità’ -parafrasando i concetti di Humphreys- che varia a seconda delle condizioni stagionali e dell'accettazione di tali condizioni in quanto ‘normali’ per il periodo<sup>14</sup>.

In questo contesto, molti sono gli studi che analizzano il possibile utilizzo di indici di valutazione, definiti originariamente per ambiti indoor, anche per ambienti outdoor (dagli scritti di Jendritzky del 1990 ai testi di Matzarakis -tra cui Matzarakis, Balafoutis, Mayer 1996; Matzarakis A., e Mayer H. 1998-; al progetto RuRos curato da Nikolopoulou 2004; alla review di Honjo 2009; alla ricerca Salata et

al 2016a per citarne alcuni), puntando ad una loro ricalibrazione o ad una definizione ex novo.

Nel caso specifico della città di Roma si riporta la ricerca effettuata da Salata et al, pubblicata nel 2016, (Salata et al. 2016a -Tabella 3) in cui vengono individuati dei valori 'neutrali'<sup>15</sup> e di *comfort range* specifici per il clima della città di Roma.

riportando tali passi ad una scala urbana, con le limitazioni che ciò comporta.

14. "The levels of adaptation to certain local conditions were established as a function of the previous exposure and can affect

City	Neutral PET [°C]		Neutral air temperature [°C]		Neutral operative temperature [°C]
	Summer	Winter	Summer	Winter	Whole year
Taichung City, Taiwan [67]	25.6	23.7	–	–	–
Cairo, Egypt [55]	27.4	26.5	–	–	–
Hong Kong, China [45]	25	21	–	–	–
Damascus, Syria [26]	15.8	23.4	–	–	–
Sydney, Australia [2]	22.9	28.8	–	–	–
Athens, Greece [24]	–	–	28.5	21.5	–
Thessaloniki, Greece [24]	–	–	28.9	15.0	–
Fribourg, Switzerland [24]	–	–	15.8	11.9	–
Milan, Italy [24]	–	–	21.5	21.1	–
Cambridge, UK [24]	–	–	18.0	n.a.	–
Sheffield, UK [24]	–	–	15.8	10.8	–
Kassel, Germany [24]	–	–	22.1	15.2	–
Singapore, Singapore [63]	–	–	–	–	28.7
Rome, Italy (present study)	26.9	24.9	27.2	22.1	–

Da questa ricerca si deducono i valori neutrali di temperatura dell'aria e PET ed anche quelli dell'indice PMV/PPD (che verranno di seguito presentati):

Roma	Neutral PET	stagione estiva 26,9°C stagione invernale 24,9°C
	Pet comfort range	intero anno 21,1- 29,2°C
	Neutral air temperature	stagione estiva 27,2°C stagione invernale 22,1°C
	Neutral PPD	16-17% di persone insoddisfatte

In ambito outdoor le capacità adattive<sup>16</sup> del singolo individuo consentono di gestire quelle che vengono comunemente definite le 'variabili soggettive' (o operative) che contribuiscono al benessere termoigrometrico (attività svolte e vestiario ed in parte le condizioni fisiche, psicofisiche e psicologiche), mentre estremamente più limitati, rispetto al caso confinato, sono gli interventi sulle variabili ambientali (T°aria, UR%, Velocità dell'aria e Temperatura media radiante). La difficoltà è nell'assenza di 'confine' tra gli ambienti, l'impossibilità di ragionare per spazi isolati o isolabili in cui la massa termica è rappresentata dagli edifici stessi, visti come le pareti della stanza urbana, con differenti percentuali di porosità in relazione alla densità edilizia.

deeply how a thermal environment is perceived. The temperature at which people judge an environment as comfortable is close to what they have experienced and this is why the neutral temperature is examined during hot and cool seasons. It is defined as the temperature at which people feel thermal neutral (neither cool nor warm) [79] and coincides with the central thermal sensation (TSV=0) in the ASHRAE 7-point scale." (Salata et al 2016a:53)

15. Il termine neutrale è stato

Tabella 3. Risultati registrati da diversi studi in termini di valori neutrali di PET, temperatura dell'aria e temperatura operativa. Fonte: Salata et al (2016a).

Tabella 4. Sintesi dei dati per Roma presentati nella ricerca menzionata. Fonte: Salata et al. (2016a).

introdotto da Humphreys (1975) in riferimento ad una temperatura non ottimale, ma che risulta essere preferita da un gruppo cospicuo di persone e che varia in funzione della temperatura media mensile. (Dessi, 2007; Nikolopoulou e Lykoudis, 2006).

16. “[...] if a change occurs such as to product discomfort, people react in ways that tend to restore their comfort” (Humphreys e Nicol, 1998). Il peso dell’adattamento può incidere fino al 50% sulla percezione di comfort (Nikolopoulou, Baker, Steemers, 2001).

“The term ‘adaptation’ can be broadly defined as the gradual decrease of the organism’s response to repeated exposure to a stimulus, involving all the actions that make them better suited to survive in such an environment. In the context of thermal comfort this may involve all the processes which people go through to improve the fit between the environment and their requirements and three different categories can be identified: physical, physiological and psychological.” (Nikolopoulou e Lykoudis, 2006).

Riassumendo, i parametri e gli indici considerati per questa analisi sono stati selezionati in relazione alle variabili in gioco, con particolare attenzione al fattore ventilativo ed al parametro dell’umidità relativa, e sono indicati nella Tabella 5:

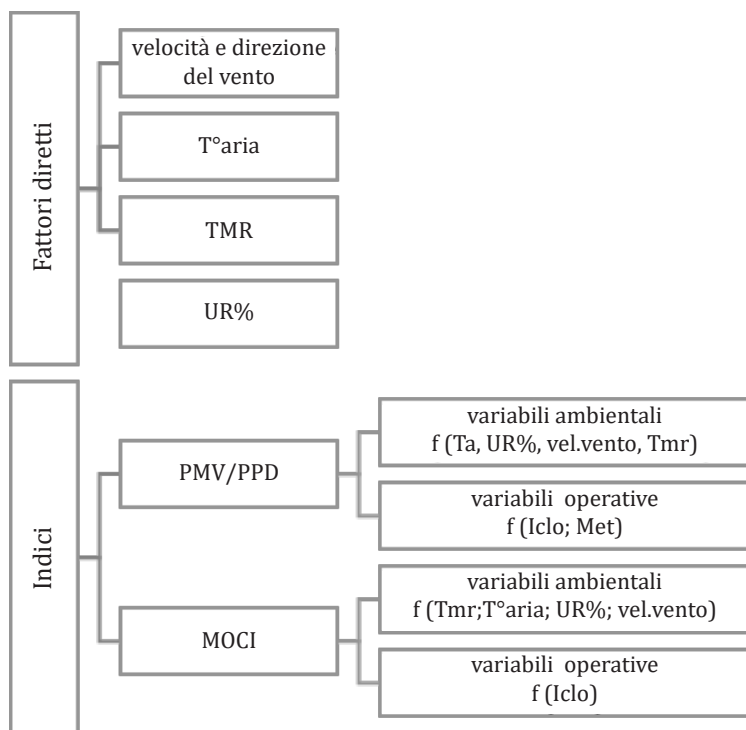


Tabella 5

#### A. Fattori diretti

La temperatura dell’aria (a bulbo secco), la temperatura media radiante, l’umidità relativa e la velocità e direzione dell’aria sono le principali variabili ambientali (oggettive) che influenzano il benessere termico-igrometrico dell’individuo.

Tabella 6

Parametro ambientale	Influenza diretta
temperatura dell’aria	evaporazione e convezione
temperatura media radiante	radiazione assorbita e ceduta
umidità relativa	evaporazione e traspirazione
velocità dell’aria	convezione e sudorazione

Tabella 5. Fattori diretti e indici analizzati in questa trattazione.

Tabella 6. I parametri ambientali che influenzano il bilancio termico. Fonte: Dessi (2007).

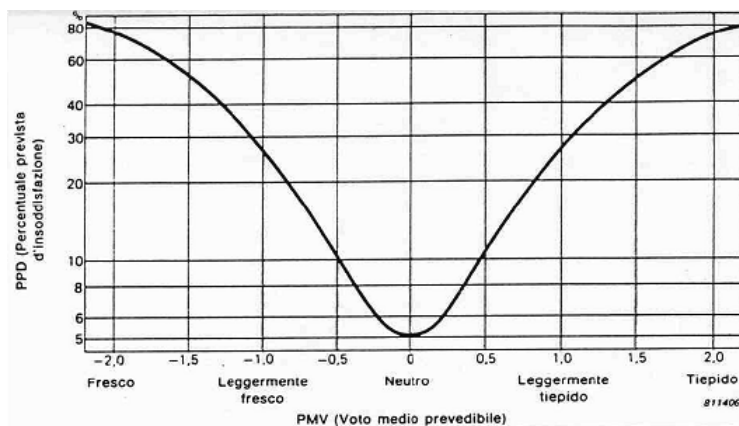
A questi si affiancano altre variabili operative che dipendono dall'attività del soggetto e della resistenza termica del vestiario indossato.

## B. Indici

La scelta invece dei due indici di valutazione menzionati risponde alla necessità di dover considerare tra le variabili, che non tutti gli indici considerano<sup>17</sup>, sia l'intensità del vento che l'umidità relativa, parametro, quest'ultimo, necessario per comprendere a fondo benefici e negatività dell'inserimento dell'acqua in ambito urbano.

### B1. Indice PMV/PPD (*Predicted Mean Vote/Predicted Percentage of Dissatisfied*) per Roma

L'indice PMV è stato sviluppato da P.O. Fanger nel 1972 a seguito di una serie di sperimentazioni in camera climatica su un campione di popolazione nord americana. Il *Predicted Mean Vote* serviva per descrivere analiticamente una condizione di bilancio termico, utilizzando una scala psicofisica di riferimento (da +3 a -3) ed è rapportato ad un secondo indice PPD che fornisce il dato statistico sulla percentuale dei soggetti insoddisfatti, e che quindi sperimentano un discomfort termico corrispondente ad ogni specifica sensazione registrata<sup>18</sup>.



Questi indici originariamente definiti per ambiti indoor e per nuclei sociali e zone climatiche differenti da quelle europee, sono stati riadattati per ambiti esterni integrando nel calcolo anche gli apporti solari. (Matzarakis et al 1997 e 1998).

17. L'indice PET, sebbene sia uno dei maggiormente utilizzati, non risulta funzionale al caso analizzato in quanto presuppone nel calcolo una umidità relativa fissa intorno al 50% per  $T^{\circ}\text{aria}$  pari a  $20^{\circ}\text{C}$ . (Honjo 2009; Golasi et al. 2016).

18. Questi indici sono stati integrati non solo nella normativa americana ASHRAE standard 55-92 ma anche in quella europea ISO 7730:1994 per la definizione delle condizioni di comfort indoor.

Figura 1. Relazione tra indice PMV e PPD. In ambienti mediamente confortevoli si può registrare una percentuale di persone insoddisfatte pari a  $-0,50 < \text{PMV} < 0,50$ . Fonte: UNI-EN-ISO 7730.



Una precisazione va fatta in riferimento ai valori limite del *Predicted Mean Vote*. Visto che il valore di questo indice è in funzione del clima locale, è possibile ottenere dei risultati sia inferiori che superiori ai valori massimi della scala generalmente utilizzata. A seguito degli scritti di Jendritzky del 1990 e delle ricerche di Matzarakis (tra cui Matzarakis e Mayer, 1997; Matzarakis e Mayer, 1998), si è arrivati ad una definizione differente dei limiti della scala di valutazione, con un  $-3,5 < PMV < 3,5$  usando la Grecia come esempio:

PMV	Thermal sensation	Physiological stress level
-3.5	Very cold	Extreme cold stress
-2.5	Cold	Strong cold stress
-1.5	Cool	Moderate cold stress
-0.5	Slightly cool	Slight cold stress
0.5	Comfortable	No thermal stress
1.5	Slightly warm	Slight heat stress
2.5	Warm	Moderate heat stress
3.5	Hot	Strong heat stress
	Very hot	Extreme heat stress

Nello stesso software Envi-met la scala utilizzata varia da - 4 a +4, ma dai risultati delle simulazioni si possono ottenere anche valori inferiori o superiori a tali soglie.

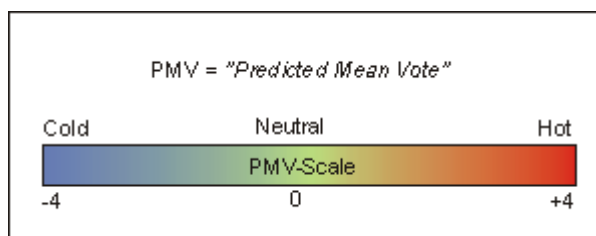
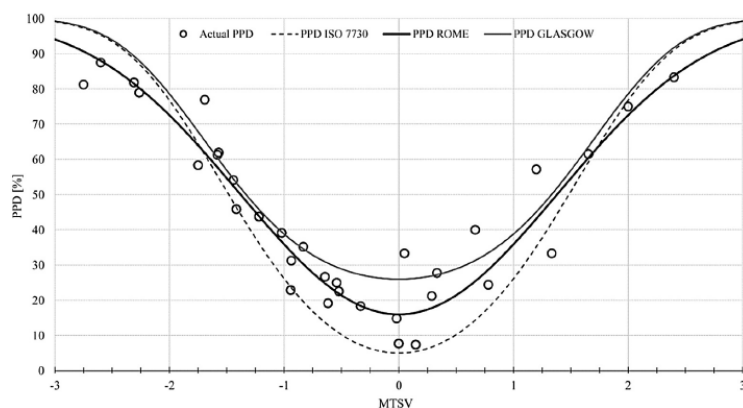


Figura 3

Figura 2. PMV, sensazione termica e livello di stress fisiologico (modificato dopo Jendritzky et al 1990).  
Fonte: Matzarakis e Mayer (1997).  
Figura 3. Scala PMV di riferimento.  
Fonte: www.envi-met.com.

Per lo specifico caso romano in ambito esterno, inoltre, secondo la ricerca effettuata da Salata et al (2016a) sopra menzionata, si riscontra una divergenza tra la percentuale delle persone insoddisfatte (PPD) definita dalla normativa (ISO 7730), rispetto ai valori stimati per la città di Roma (Tabella 7).

Ciò può dipendere dalle variazioni stagionali dello spazio aperto e dall'impossibilità percepita dall'uomo di poter controllare i fattori esterni, alla stregua di un'ambiente confinato. Inoltre tra i fattori che maggiormente influenzano il dato c'è la velocità del vento



(Roma 0-2,5 m/s), considerando che nella Capitale si può registrare una percentuale del 91% di valori di intensità del vento registrati inferiori a 1,5m/s. “[...] thanks to a study carried out in Lisbon, Oliveira and Andrade (2007) demonstrated how, for wind velocity values lower than 2.25 m/s, none of the subjects was experiencing a discomfort, whereas with values higher than 3.7 m/s, 40% of the subjects considered the wind excessive. Considering that the air temperature registered during the study of Oliveira and Andrade ranged between 16.6÷18.8 °C and 21.3÷23.5 °C, these results can be also extended to the research carried out in Glasgow where the air temperature values measured ranged between 7.9 and 21.9 °C, keeping in mind that temperatures lower than 16.6 °C might increase the number of dissatisfied people.” (Salata et al 2016a)

## B2. Indice MOCI: Mediterranean Outdoor Comfort

L'indice, frutto della ricerca sopra menzionata (Salata et al 2016a; Golasi et al. 2016), è stato specificatamente definito per il clima mediterraneo ed è un indice che considera come variabili la velocità del vento, l'umidità relativa, la temperatura media radiante e il *clothing insulation value*, come indicato nella seguente equazione:

$$\text{MOCI} = -4,068 - 0,272 \cdot \text{WS} + 0,005 \cdot \text{RH} + 0,083 \cdot \text{TMR} + 0,058 \cdot \text{TA} + 0,264 \cdot \text{ICL}$$

L'indice MOCI verrà calcolato per questa sperimentazione in 6 punti differenti del modello (sia ante operam che post-operam), come indicato nei paragrafi successivi.

**Tabella 7.** Analisi del PPD in relazione alla *Neutral Thermal Sensation* (MTSV=0). Se nella ISO 7730 appare un valore minimo degli insoddisfatti pari al 5%, nel caso romano questo valore sale fino al 16-17%. Fonte: Salata et al. (2016a)

Thermal Perception Votes (-)	ASV <sub>EUROPE</sub> (-) <sup>A</sup>	ET (°C)	MOCI (-)	PET (°C)	PMV (-)	Classes of the Indices <sup>B</sup>
-3	<-1.08	<1	<-2.5	<4	<-2.5	-3
-2	-1.08--0.82	1-9	-2.5--1.5	4-8	-2.5--1.5	-2
-1	-0.82--0.45	9-17	-1.5--0.5	8-18	-1.5--0.5	-1
0	-0.45--0.08	17-21	-0.5--0.5	18-23	-0.5--0.5	0
+1	-0.08--0.23	21-23	+0.5--1.5	23-35	+0.5--1.5	+1
+2	+0.23--0.61	23-27	+1.5--2.5	35-41	+1.5--2.5	+2
+3	>+0.61	>27	>+2.5	>41	>+2.5	+3

19. Riferimento dati Osservatorio meteorologico del Collegio Romano riportati nel capitolo 9.

20. Ibidem.

Per il calcolo dei parametri in ogni singolo punto sono stati posizionati nel modello dei recettori, che consentono di valutare i parametri ambientali in diverse ore e a differenti altezze. Nello specifico, si è deciso di prendere in esame i dati forniti nell'ora di massimo discomfort diurno (14:00) ad una altezza di riferimento intorno a 1,5m (pedestrian level).

Un'ultima precisazione, prima di presentare i dati della sperimentazione, riguarda la selezione dell'arco temporale considerato. La simulazione su modello ideale è stata impostata nelle 24 ore del giorno tipo, sopra definito, ma si è scelto di riportare in questa fase i risultati ottenuti nelle ore maggiormente critiche: le ore 04:00 in cui si registra in media un valore di umidità relativa più elevato<sup>19</sup>; le ore 14:00 nelle quali si registrano i maggiori picchi della temperatura dell'aria<sup>20</sup> e UHI massima estiva (Colacino e Baldi, 1991; Salvati, 2016); le ore 20:00 per valutare le condizioni ambientali al pedestrian level nelle ore in cui è invece al livello delle coperture che si registra il maggiore picco di UHI notturno. (Salvati, 2016).

Tabella 8. "Thermal perception votes and corresponding categories of the indices". Fonte: Golasi et al (2016).

## 10.3 L'analisi ante operam.

In questo paragrafo verranno presentate le caratteristiche microclimatiche dei modelli ideali nella condizione 'ante operam' utili per i successivi confronti con i risultati ottenuti nei singoli scenari di intervento. Un sotto-paragrafo a parte è stato dedicato alla descrizione delle caratteristiche anemometriche del modello che, come visto in precedenza, vanno comprese per integrare anche il fattore ventilativo in una logica più estesa di miglioramento microclimatico dello spazio urbano.

Sia il caso ante operam che i singoli casi selezionati, sono stati analizzati utilizzando, come specificato in precedenza, alcuni parametri ambientali ( $T^a$ , UR, TMR) e due indici di comfort (l'indice PMV e l'indice MOCI), e valutando le diverse risposte in relazione a direzione ed intensità di flusso. Per la valutazione dell'indice PMV, partendo dalle considerazioni espresse nel precedente paragrafo, si è scelto di utilizzare il modello di calcolo proposto nel software RayMan 1.2 - *Modelling of Mean Radiant Temperature in urban Structure- Calculation of thermal indices*, sviluppato da F. Ruitz, A. Matzarakis e H. Mayer dell'Università di Friburgo (Matzarakis, Ruitz, Mayer, 2007 e 2010) - utilizzando come dati di base quelli ottenuti dalla simulazione Envi-met<sup>21</sup>.

21. La scelta di utilizzare i dati di PMV-PPD del software RayMan e non direttamente quelli ottenuti dal software Envi-met - sebbene calcolati - è dipesa dall'aver ottenuto una maggiore precisione nel calcolo microclimatico, derivante probabilmente dal diverso algoritmo alla base del calcolo dei due programmi.

RayMan 1.2 © 2000 Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany	
place: Italien (Rom)	
horizon limitation: 56.4%    sky view factor: 0.436	
geogr. longitude: 12°30'    latitude: 41°53'    time zone: UTC +1.0 h	
personal data: height: 1.75 m, weight: 75.0 kg, age: 35 a, sex: m, clothing: 0.5 clo, activity: 80.0 W	
data information: day of, time, sun, Ts, Ta, Tmrt, PMV, PET, SET*	

Come dati di partenza per il calcolo dei singoli parametri sono stati presi in considerazione i valori minimo e massimo forniti dal pro-

Tabella 9. Programma RayMan, impostazioni di base.

22. Rif. Cap 7.2.

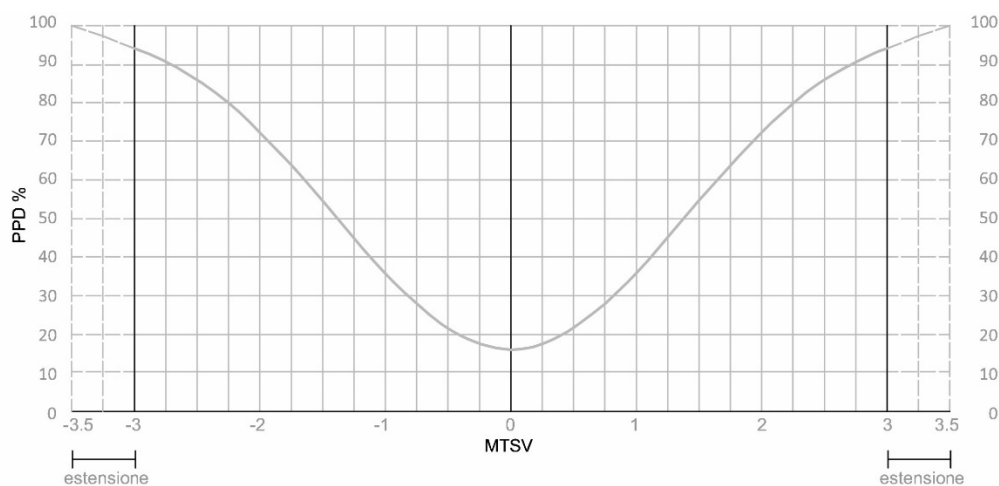
gramma Envi-Met per ogni orario analizzato, valutati come media. Si è consapevoli che il minimo e massimo valore individuati dal programma vengono selezionati automaticamente tra tutti i punti del modello (*surrounding area*), e quindi anche al di fuori della *assessment area*, e per questo posso risentire delle irregolarità tipiche delle aree di confine del modello stesso. Ciò che in questo caso interessa calcolare, però, non è un valore specifico, bensì incrementi o decrementi percentuali dei casi post-operam rispetto al caso zero. Pertanto, pur consapevoli del vizio sopra descritto, la differenza tra la media dei valori minimo e massimo di ciascun modello può, comunque, fornirci indicazioni utilizzabili per valutare la migliore, o le migliori opzioni.

Le valutazioni con l'indice PMV (calcolato con il programma Ray-Man) sono state effettuate sia durante le condizioni climatiche peggiori registrate per Roma<sup>22</sup>, ovvero ore 14:00 per la condizione diurna e ore 4:00 per quella notturna, sia in un arco temperale più ampio, dalle 12:00 alle 16:00 per la condizione diurna e le ore 20:00 in aggiunta alle ore 4:00 nella condizione notturna. Questa duplice analisi:

- nell'arco temporale limitato (4:00 e 14:00), consentirà, come vedremo in seguito, di analizzare più velocemente le condizioni migliorative/peggiorative nelle ore maggiormente significative del giorno e della notte (in relazione ai valori maggiori di T° dell'aria e umidità relativa registrati). Questa prima valutazione è stata poi confrontata con quella effettuata tramite il secondo indice utilizzato, ovvero l'indice MOCI;
- nell'arco temporale più ampio (dalle 4:00 alle 20:00), consentirà di analizzare una media giornaliera della condizione climatica, in relazione alla stabilità dei risultati nell'arco dell'intera giornata.

Infine, utilizzando il grafico PMV-PPD ricalibrato per il clima romano (Salata et al 2016a) è stata valutata la relativa percentuale di insoddisfatti per gli scenari analizzati.

Per uniformare il grafico alla scala della sensazione termica estesa, ridefinita da Matzarakis e Mayer nel 1997, è stata effettuata una forzatura presentata in Figura 4.



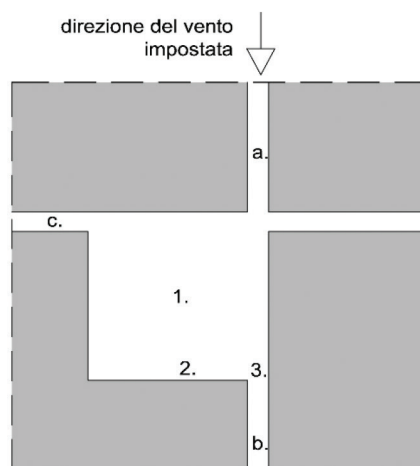
PMV	Thermal sensation	Physiological stress level	MOCI
-3.5	Very cold	Extreme cold stress	<-2.5
	Cold	Strong cold stress	
-2.5	Cool	Moderate cold stress	-2.5 /-1.5
-1.5	Slightly cool	Slight cold stress	-1,5/-0.5
-0.5	Comfortable	No thermal stress	
0.5	Slightly warm	Slight heat stress	0.5/ 1.5
1.5	Warm	Moderate heat stress	1.5/ 2.5
2.5	Hot	Strong heat stress	
3.5	Very hot	Extreme heat stress	>2.5

Il secondo indice, il MOCI, è stato utilizzato sia per una conferma dei risultati ottenuti con il PMV sia per una valutazione delle variazioni percentuali tra la condizione nei canyon e nella piazza. Questo indice, in quanto fornisce dati puntuali, è stato utilizzato per valutare le condizioni dell'invaso in aree significative del modello -come già indicato-, all'interno di un raggio di 100m, ovvero nel nucleo del modello simulato:

- nella piazza, in un punto centrale prevalentemente soleggiato (1);
- nella piazza, in un punto periferico in prevalente semi-ombra in presenza di fenomeni di riflessione di flusso (2);
- nella piazza, in un punto in sottovento nella direzione pre-

Figura 4. Rielaborazione del diagramma PMV-PPD proposto da Salata et al (2016a) in conformità con quanto previsto nella scala PMV proposta da Matzarakis e Mayer (1997), e indicazione dell'indice MOCI correlato.

- valente di flusso (3);
- nel canyon , in un punto lungo l'asse principale N/S sopra-vento (a);
  - nel canyon, in un punto lungo l'asse principale N/S sotto-vento (b);
  - nel canyon, in un punto lungo l'asse E/O (c).



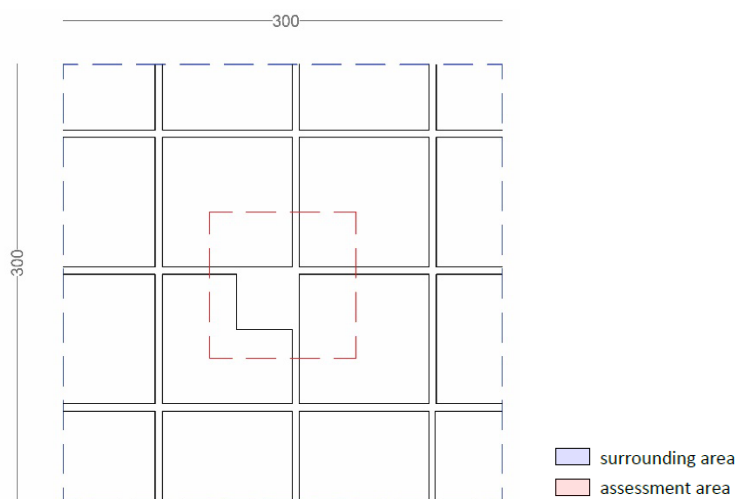
In ognuno di questi punti sono stati collocati dei recettori, per poter valutare alle diverse ore (4:00 e 14:00) la diversa sensazione termica percepita.

**Figura 5.** Localizzazione dei recettori inseriti nel modello. A livello lessicale: con il termine sopra e sotto vento si indica rispettivamente una zona in posizione antecedente e retrostante l'ostacolo che in questo caso è rappresentato dalla massa termica della piazza.



### 10.3.1 Analisi dei dati su modello ideale - Tessuto A -

Il caso ante operam in condizione estiva.



#### Le caratteristiche anemometriche del modello

Nel modello, come definito in precedenza, sono stati immessi valori medi del mese di luglio 2016 desunti dalla banca dati dell'Osservatorio meteorologico del Collegio Romano sede CREA-CMA. È stata inoltre impostata una direzione di immissione del flusso a 0°, corrispondente con l'orientamento della maglia N-S.

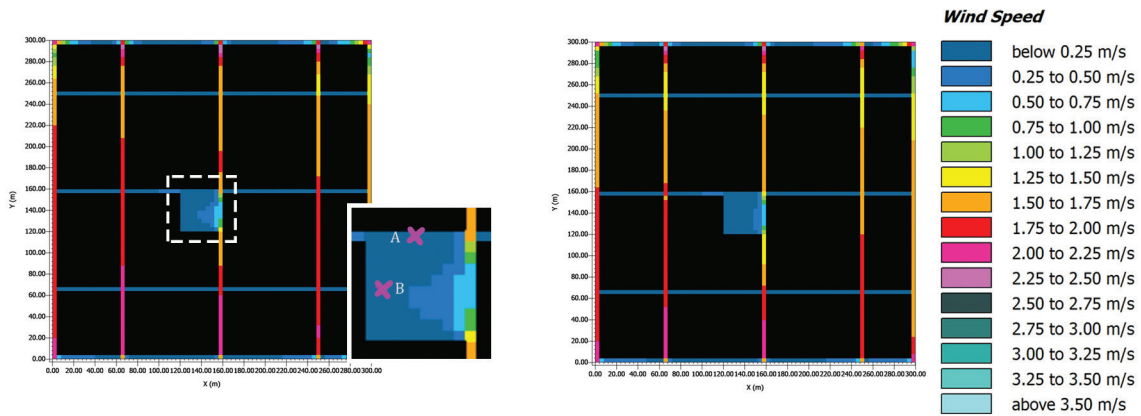
Partendo da una intensità di vento filato a 10m di 2,3 m/s, al pedestrian level si registrano valori di intensità media tra 1,2 e 2m/s nei canyon, con picchi di 2-2,5m/s, e nella piazza valori medi di 0,25 -0,5 m/s, con picchi di 1-1,5 m/s in corrispondenza dei punti di immissione del canyon orientato nella direzione N-S.

Questi valori rispecchiano in media quelli registrati sul campo nei siti del tipo A analizzati, sebbene nel caso reale si sono registrati anche dei picchi di intensità superiore fino a 2,5 -3 m/s.

Appare comunque evidente che su modello normalizzato non si registrano quelle significative discordanze tra dato simulato e dato reale misurate, invece, sui modelli che riproducono il tessuto reale.

Se nei canyon, anche grazie ad un effetto tunnel, si registrano valori pressoché costanti tra 1,25 m/s e 2-2,5 m/s, nella piazza si possono, invece, individuare zone con intensità da 0,7 a 1,5 m/s, lungo l'asse N/S e zone di calma in corrispondenza degli angoli più a ovest della piazza ed anche in un'area a nord della piazza (Figura 6). In quest'ultima area, moti turbolenti, derivanti dalla convergenza di flussi provenienti da direzioni differenti, si annullano tra loro: il primo, flusso prevalente, in direzione N/S lungo l'asse collegato alla piazza (direzione impostata nella simulazione); il secondo, flusso secondario, determinato da fenomeni di riflessione del flusso primario lungo gli assi E-O; il terzo, flusso secondario, frutto della riflessione del primario sulle pareti dell'invaso della piazza (Figura 7).

Figura 6. Intensità del flusso alle ore 4:00 (sx) ed alle ore 14:00 (dx). La grafica consente di visualizzare le varie intensità di flusso sopra

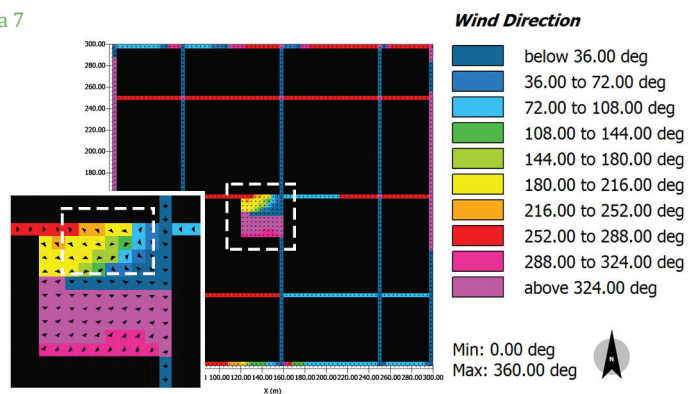


descritte e nello specifico, l'approfondimento sulla simulazione delle ore 4:00 consente di individuare nell'area con intensità inferiore a 0,25 m/s, e una zona dove, come indicato, la convergenza di flussi provenienti da direzioni differenti determina un ulteriore abbassamento dei valori fino allo zero. (punto A= 0,03 m/s; Punto B= 0,2 m/s).

Figura 6

Figura 7. Direzione del flusso alle ore 14:00. Si evidenzia la zona in cui la ventilazione tende allo zero a causa della convergenza di flussi da direzioni differenti. Questo fenomeno si registra in tutte le 24 ore della simulazione.

Figura 7



Con l'obiettivo di analizzare l'influenza del flusso anemometrico nella ridefinizione ambientale dell'invaso, da questa prima valutazione sulla movimentazione dei flussi sono state individuate le aree in cui collocare i successivi interventi (che poi saranno presentate e analizzate nei paragrafi successivi):

- zone di maggiore intensità di flusso collocate lungo l'asse N-S (sia in zona di immissione del flusso nella piazza, sia in zona di uscita);
- zone di calma collocate sia in area soleggiata che in ombra;
- zona centrale.

#### Fattori diretti e condizioni di comfort

Prima di presentare la condizione termica individuata al pedestrian level attraverso indici di comfort, analizziamo i singoli parametri presi in esame: temperatura dell'aria, umidità relativa e temperatura media radiante.

Partiamo dai valori di  $T^{\circ}\text{aria}$  e UR% (scheda a-caso AO - di seguito) nelle prime ore del giorno, antecedenti l'alba, dove si segnalano per Roma (Salvati, 2016) i livelli più alti di isola di calore al di sopra del canopy layer (ore 4:00). In tale orario si possono registrare temperature comprese tra i 22,5 ed i 23°C nei canyon disposti in direzione N/S dove è maggiore l'intensità di flusso, ed i 23-23,7°C registrati sia nei canyon orientati E/O che sulla maggior parte della superficie della piazza, con un  $\Delta T^{\circ}$  ridotto. Si nota che la porzione di canyon prospiciente la piazza e orientata N/S in sottovento (sud) risente dell'apporto termico della piazza. La massa d'aria qui incanalata presenta temperature più alte di quasi 1°C rispetto alla sezione a nord dello stesso canyon. Alle 4:00 si registra inoltre il picco di umidità relativa, che raggiunge valori medi intorno al 60% con picchi di 69-70%.

Man mano che ci si avvicina alle ore di maggiore irraggiamento si avverte una variazione inversamente proporzionale dei due fattori: ad un innalzamento della temperatura dell'aria fino a valori superiori a 31°C (registrato alle ore 14:00) corrisponde un abbassamento dell'UR% fino a valori di 39-40% (registrati sempre alle ore 14:00).

Un abbassamento della temperatura di circa 3°C si registra nelle prime ore dopo il tramonto, in particolare alle 20:00, ora in cui al di

23. Nel caso ideale preso in esame il canyon urbano rappresentato ha un'ampiezza di 5 metri ed un rapporto H/W pari 3,2 (*deep canyon*) e tale conformazione morfometrica dell'invaso giustificerebbe la variazione dei parametri rispetto alle aree dove tali rapporti dimensionali cambiano in favore dell'ampiezza (W) dell'invaso (H/W=0,5~).

sopra del canopy layer si registrano picchi di UHI (Salvati, 2016). A tale abbassamento di temperatura corrisponde un parallelo aumento di umidità relativa di quasi 10 punti percentuali.

A livello di Temperatura Media Radiante (TMR), nelle ore prima dell'alba e dopo il tramonto si registrano i valori più alti nelle aree maggiormente dense, quindi nei canyon e nelle aree più liminari alle superfici perimetrali della piazza, che risentono maggiormente del calore accumulato dall'invaso e della minore dispersione verso il cielo, dovuta ad uno SVF minore. Questo rapporto si inverte nelle ore diurne, quando la maggiore densità del modello protegge dall'irraggiamento prevalentemente diretto. In queste ore si registrano differenze di quasi 20°C di TMR nelle aree più esposte della piazza<sup>23</sup>.

A livello percettivo possiamo evidenziare, pertanto, situazioni di discomfort più evidenti dalle ore 12:00, con valori di picco alle ore 14:00 che si mantengono pressoché costanti sino alle prime ore del pomeriggio (ore 16:00). Ciò corrisponde ad una sensazione termica di elevato calore (PMV>3 con picchi di 5 alle ore 14:00 nel cuore della piazza). La percentuale di insoddisfatti (PPD) sfiora il 100 (scheda b-caso AO), con miglioramenti nelle zone d'ombra, in cui l'indice PMV si abbassa a 2,5 punti, con un PPD intorno all'85%. Nelle ore notturne, in particolar dopo il tramonto, la percentuale degli insoddisfatti si abbassa e si registra una sensazione termica di benessere, con PMV vicino allo zero. Avvicinandosi, però, alle ore precedenti l'alba (4:00) la condizione termica peggiora lievemente nelle aree della piazza e dei canyon e la percentuale degli insoddisfatti raggiunge valori superiori al 45%.

Analizzando il modello attraverso l'indice MOCI (Scheda c-caso AO) emerge una situazione relativamente migliore rispetto a quella che emerge valutando l'indice PMV. Si registrano condizioni diurne di caldo-molto caldo nell'area della piazza (MOCI= 3) e di leggero calore nei canyon (0,9-0,5), e situazioni di freddo-leggero freddo nella situazione notturna. Va comunque considerato che il valore estrapolato con l'indice MOCI è un valore puntuale che quindi va a perfezionare la conoscenza di singole situazioni, sebbene, come indicato in precedenza, il valore sia stato calcolato su punti considerati strategici nel modello.

Come si nota da questa prima analisi, i fattori che influenzano maggiormente le condizioni di comfort sono prevalentemente il so-

leggiamento, principalmente alla micro scala, e le caratteristiche dimensionali e termo-fisiche dell'invaso, a scala locale, che determinano tempi di sfasamento rispetto ai picchi di massimo irraggiamento solare. "A volte predominano le condizioni a grande scala, in altri casi le condizioni locali sono prevalenti, pur essendo entrambe sempre presenti." (Colacino e Baldi, 1991:7). Si può quindi affermare che, riprendendo le varie definizioni di UHI<sup>24</sup>, nelle ore diurne a prevalere sarà il fenomeno della SUHI correlato alle superfici urbane, mentre nelle ore serali prevarrà il fenomeno della CLUHI.

24. Rif. Capitolo 2.2

Per avere un'idea più chiara, però, del ruolo che riveste la ventilazione in questo scenario sono state fatte alcune prove di calcolo dell'indice PMV nel caso ante operam. Si è deciso di modificare solo il valore dell'intensità del vento, mantenendo costanti tutti gli altri dati di input impostati finora. Se, infatti, i valori medi di intensità registrabili nel modello (1,1 m/s), come visto, rispecchiano quelli medi misurati in situ in tessuti reali appartenenti al tipo A, è pur vero che nel tessuto reale si possono registrare anche valori di picco, in corrispondenza della direzione prevalente di flusso, pari a 1,7-2 m/s (come, ad esempio, avviene per il tessuto del rione Campo Marzio: piazza Fontanella Borghese angolo Largo della Fontanella Borghese).

Per poter valutare l'influenza di tali variazioni anemometriche, sono stati modificati forzatamente nel caso ante operam i parametri di ventilazione impostati per il calcolo dell'indice PMV con il programma Rayman, lasciando inalterati tutti gli altri ( $T^{\circ}$ aria, UR, TMR, etc...), ed è emerso che (Tabella 10):

- una maggiorazione di intensità del flusso di 0,5 m/s può determinare una variazione in positivo nell'indice PMV di circa 0,3 punti, ovvero del 7%, nelle ore diurne, e un peggioramento tra 0 e 0,1 nelle ore notturne;
- una maggiorazione di intensità del flusso di 1 m/s può determinare una variazione in positivo nell'indice PMV di circa 0,5 punti, ovvero del 13% circa, nelle ore diurne, e un peggioramento tra 0,1 e 0,2 nelle ore notturne.

Comprendere, come detto, l'orientamento e l'intensità del flusso rispetto alle differenti zone termiche dell'invaso analizzato, consente di valutare se e quali apporti (sia positivi che negativi) si possono registrare sia in condizione di sopra e sottovento che in condizioni

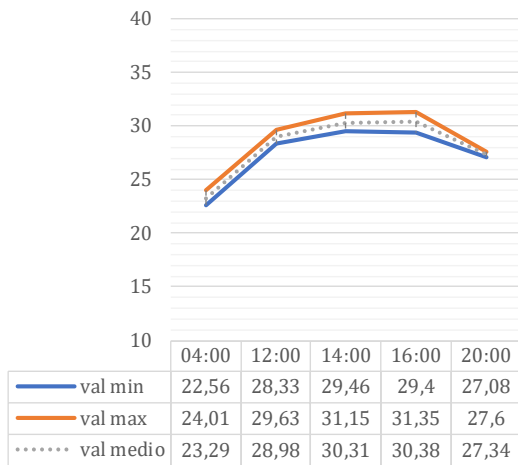
di calma ed in che modo è possibile potenziare questi eventuali apporti positivi.

TESSOTO A					
PMV	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
1,1 m/s	-1,40	3,50	3,80	3,60	0,00
+0,5 m/s	-1,50	3,2	3,50	3,40	0,00
variaz.A.O.	7,1%	-8,6%	-7,9%	-5,6%	0,0%

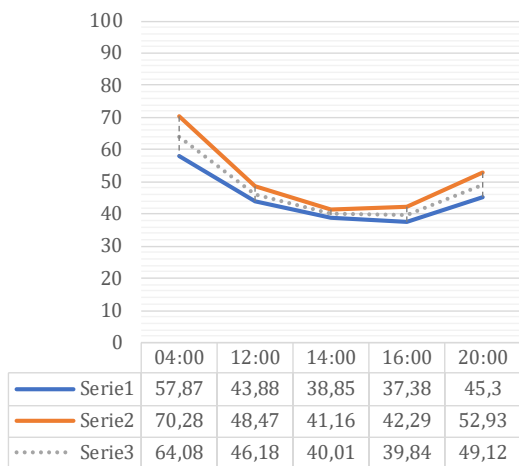
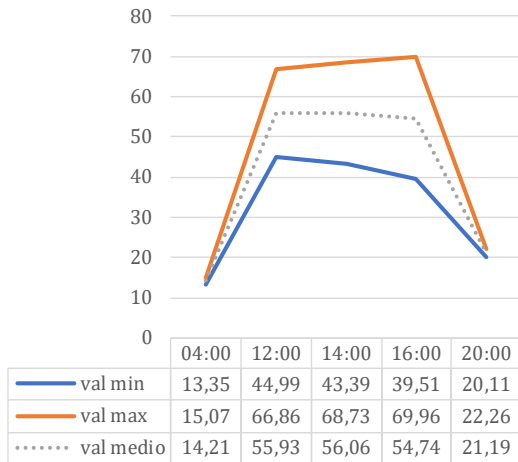
  

+1 m/s	-1,60	3	3,3	3,2	-0,1
variaz.A.O.	14,3%	-14,3%	-13,2%	-11,1%	

Tabella 10. Variazioni dell'indice PMV in funzione di una differente intensità di flusso. Sono stati mantenuti costanti i valori di T°aria, UR%, TMR, copertura nuvolosa, SVF e i dati metabolici.

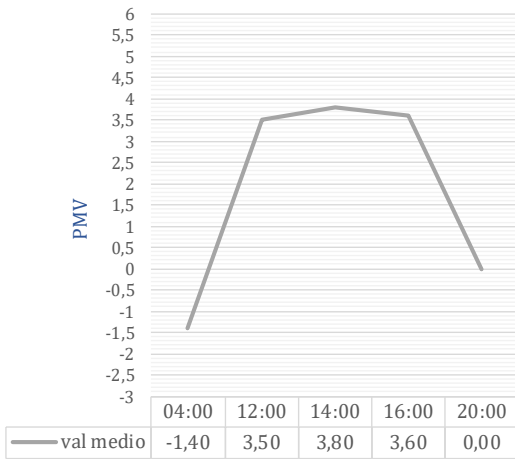
T<sup>a</sup> (C°) caso zero

UR (%) caso zero

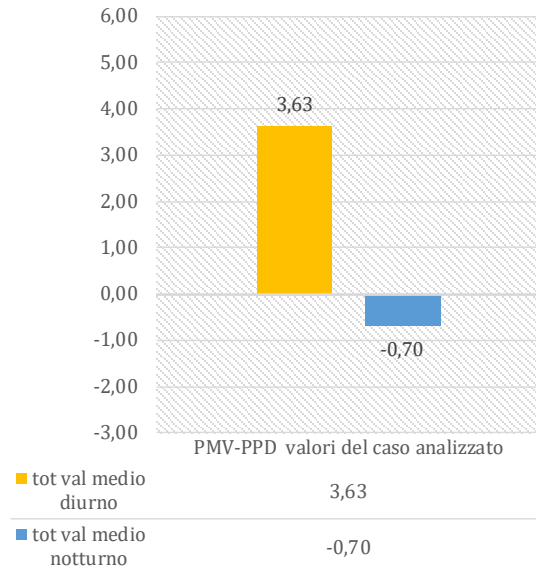
T<sub>mr</sub> (C°) caso zero



PMV caso zero



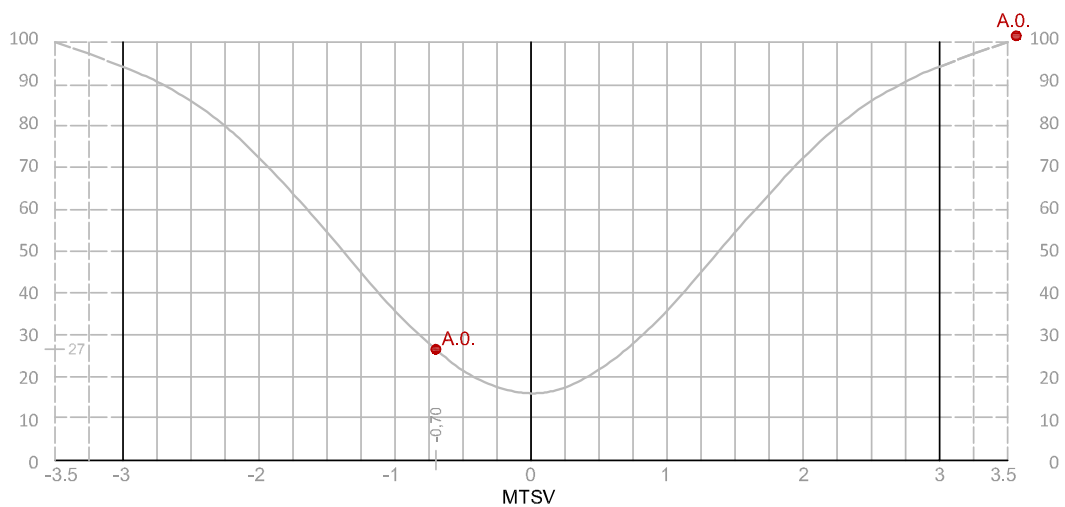
PMV caso zero  
condizione diurna e notturna



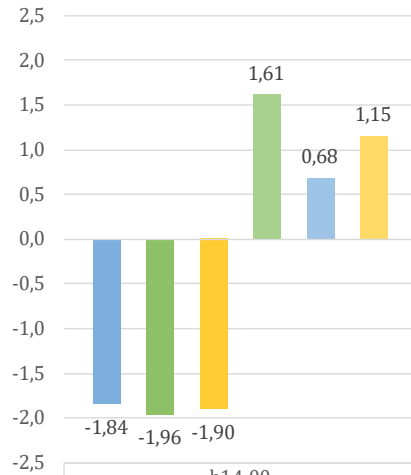
**Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met**

PMV-PPD valori caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	90,10	27,72
PPD valori medi RayMan	100,00	26,60
PMV valori medi Envi-Met	3,45	-0,66
PMV valori medi RayMan	3,63	-0,70

**Diagramma PMV-PPD**

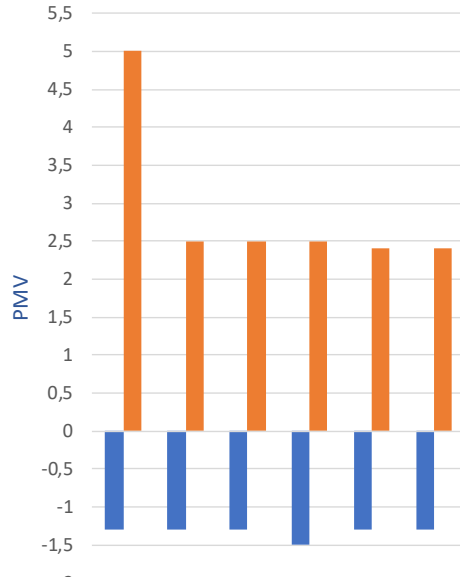


**MOCI ante operam  
h 4:00 e 14:00**



	h14:00
■ val medio piazza h 4	-1,84
■ val medio strada h 4	-1,96
■ val medio tot h 4	-1,90
■ val medio piazza h 14	1,61
■ val medio strada h 14	0,68
■ val medio tot h14	1,15

**PMV caso zero calcolato  
in corrispondenza dei recettori**



	p1	p2	p3	p4	p5	p6
■ 04:00	-1,3	-1,3	-1,3	-1,5	-1,3	-1,3
■ 14:00	5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4

**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello ore 4:00**

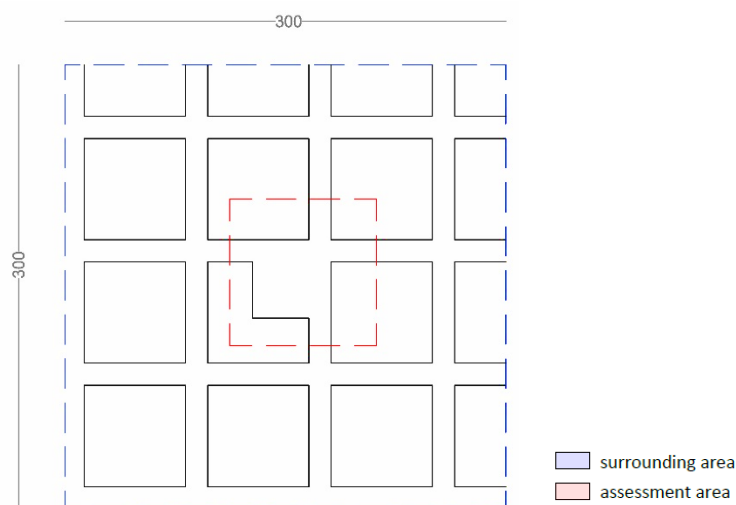
Indice MOCI caso ante operam											H 4:00	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato						
<b>p1 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 0,34 + 0,005 x	61,32 + 0,083 x	14,38 + 0,058 x	23,6 + 0,264 x	0,5 =	<b>-1,77</b>					media nella piazza
												-1,84
<b>p2 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 0,24 + 0,005 x	61,17 + 0,083 x	14,65 + 0,058 x	23,55 + 0,264 x	0,5 =	<b>-1,73</b>					
<b>p3 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 1,38 + 0,005 x	61,59 + 0,083 x	14,72 + 0,058 x	23,47 + 0,264 x	0,5 =	<b>-2,03</b>					media strada
												-1,96
<b>p4 strada</b>	-4,68	-0,27 x 1,74 + 0,005 x	67,23 + 0,083 x	15,06 + 0,058 x	22,62 + 0,264 x	0,5 =	<b>-2,12</b>					
<b>p5 strada</b>	-4,68	-0,27 x 1,51 + 0,005 x	61,72 + 0,083 x	15,06 + 0,058 x	23,42 + 0,264 x	0,5 =	<b>-2,04</b>					media tot
												-1,90
<b>p6 strada</b>	-4,68	-0,27 x 0,3 + 0,005 x	61,2 + 0,083 x	15,06 + 0,058 x	23,48 + 0,264 x	0,5 =	<b>-1,71</b>					

**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello ore 14:00**

Indice MOCI caso ante operam											H 14:00	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato						
<b>p1 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 0,21 + 0,005 x	40,5 + 0,083 x	68,71 + 0,058 x	29,67 + 0,264 x	0,5 =	<b>3,02</b>					media nella piazza
												1,61
<b>p2 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 0,21 + 0,005 x	40,54 + 0,083 x	45,05 + 0,058 x	29,62 + 0,264 x	0,5 =	<b>1,05</b>					
<b>p3 piazza</b>	-4,68	-0,27 x 1,21 + 0,005 x	40,51 + 0,083 x	44,76 + 0,058 x	29,65 + 0,264 x	0,5 =	<b>0,76</b>					media strada
												0,68
<b>p4 strada</b>	-4,68	-0,27 x 1,63 + 0,005 x	40,82 + 0,083 x	43,4 + 0,058 x	29,91 + 0,264 x	0,5 =	<b>0,55</b>					
<b>p5 strada</b>	-4,68	-0,27 x 1,36 + 0,005 x	40,52 + 0,083 x	43,4 + 0,058 x	29,62 + 0,264 x	0,5 =	<b>0,60</b>					media tot
												1,15
<b>p6 strada</b>	-4,68	-0,27 x 0,29 + 0,005 x	40,55 + 0,083 x	43,4 + 0,058 x	29,66 + 0,264 x	0,5 =	<b>0,90</b>					

### 10.3.2 Analisi dei dati su modello ideale - Tessuto B- Il caso ante operam in condizione estiva.

Nello scenario B verranno valutate prevalentemente le differenze rispetto ai precedenti scenari, in relazione ad una differente densità del tessuto edilizio.

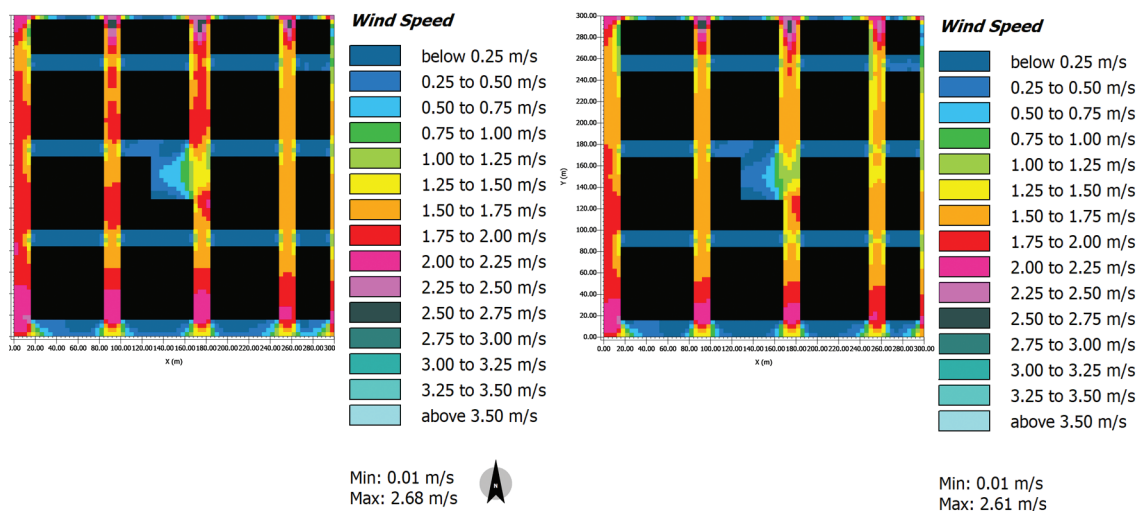


#### Le caratteristiche anemometriche del modello

Analogamente a quanto esposto per il tessuto A, si è partiti impostando una intensità di vento filato a 10m di 2,3 m/s. Al pedestrian level nel modello si registrano valori di intensità che oscillano tra 0 e 1,5 m/s nella piazza e di poco superiori nei canyon (1,5-2m/s), valori che rispecchiano quelli misurabili in ambito reale. La media dei valori massimi e minimi del modello ci restituisce una intensità di 1,3 m/s di poco superiore rispetto al modello precedente.

La differente densità del nuovo modello incide prevalentemente sulla differente distribuzione dei flussi nell'invaso della piazza: un canyon più ampio determina una maggiore area di influenza del flusso principale, che consente di far registrare - nei punti in cui nel precedente modello l'intensità era minima- valori tra i 0,5 e i 0,7

m/s. (Figura 8). La variazione seppur minima, inciderà in una certa misura sul comportamento termico di alcuni scenari post intervento, che analizzeremo in seguito.



### Fattori diretti e condizioni di comfort

A livello di singoli parametri si registrano valori pressochè analoghi di temperatura dell'aria e umidità relativa, mentre, una superficie più esposta alla radiazione solare giornaliera, determina valori di temperatura media radiante superiore nell'arco diurno ( $\Delta T = 6 \div 10^\circ\text{C}$ ). Ciò determina condizioni di discomfort maggiori di quasi un punto rispetto al tessuto A, che fanno registrare una sensazione termica molto al di sopra del limite massimo della scala presa a riferimento ( $PMV = 4,20 \div 4,90$ ). La situazione notturna invece risulta essere pressochè invariata sia a livello di singoli parametri che di indici.

Va a questo punto fatta una precisazione relativa all'influenza dell'intensità di flusso sulla sensazione termica registrata.

Impostando come dati di input gli stessi del modello precedente, reperibili dalla stazione meteorologica di riferimento, si ottiene al pedestrian level, come detto, una intensità del vento intorno a 1,3 m/s che è in linea con i valori medi registrati durante le campagne

Figura 8. Intensità del vento alle ore 4:00 e 14:00.

di misurazione in situ effettuate ai fini di questa ricerca. Se, però, analizziamo sito per sito, si possono registrare dei valori di picco, in corrispondenza della direzione prevalente di flusso, paria a 2,5-3m/s, come misurato per il tessuto di San Lorenzo (via dei Sabelli).

Anche in questo caso, per poter valutare l'influenza di tali variazioni anemometriche, sono stati modificati forzatamente nel caso ante operam i parametri di ventilazione impostati per il calcolo dell'indice PMV con il programma Rayman, lasciando inalterati tutti gli altri ( $T^{\circ}$ aria, UR, TMR, etc...), ed è emerso -analogamente al tessuto A- che (Tabella 11):

- una maggiorazione della velocità del flusso di 0,2 m/s in media (come avviene tra i casi del tessuto A e quelli del B) può determinare una variazione nell'indice PMV di circa 0,1-0,2 punti nelle ore diurne.
- una maggiorazione di intensità del flusso di 0,5 m/s può determinare una variazione in positivo nell'indice PMV di circa 0,3 punti, ovvero del 7%, nelle ore diurne, e un peggioramento tra 0 e 0,1 nelle ore notturne.
- una maggiorazione di intensità del flusso di 1 m/s può determinare una variazione in positivo nell'indice PMV di circa 0,5-0,6 punti, ovvero del 13% medio, nelle ore diurne, e un peggioramento tra 0 e 0,2 nelle ore notturne.
- una maggiorazione di intensità del flusso di 1,5 m/s può determinare una variazione in positivo nell'indice PMV di circa 0,6-0,7 punti, ovvero del 15% circa, nelle ore diurne, e un peggioramento tra 0 e 0,2 nelle ore notturne.

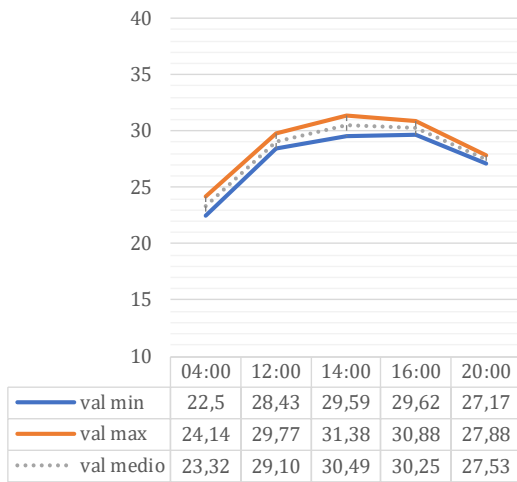
TESSOTO B					
PMV	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
1,3 m/s	-1,50	4,30	4,90	4,20	0,10
+0,5 m/s	-1,60	4,00	4,60	3,90	0,10
variaz.A.O.	6,7%	-7,0%	-6,1%	-7,1%	0,0%

+1 m/s	-1,7	3,7	4,3	3,7	0
variaz.A.O.	13,3%	-14,0%	-12,2%	-11,9%	-100,0%

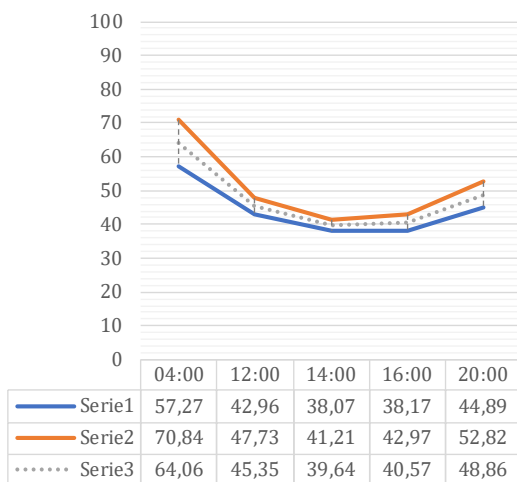
+1,5 m/s	-1,7	3,6	4,2	3,6	0
variaz.A.O.	13,3%	-16,3%	-14,3%	-14,3%	-100,0%

Tabella 11. Variazioni dell'indice PMV in funzione di una differente intensità di flusso. Sono stati mantenuti costanti i valori di  $T^{\circ}$ aria, UR%, TMR, copertura nuvolosa, SVF e i dati metabolici.

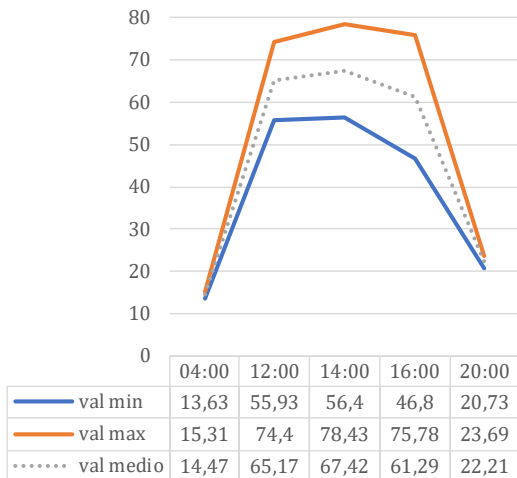
T<sup>a</sup> (C°) caso zero



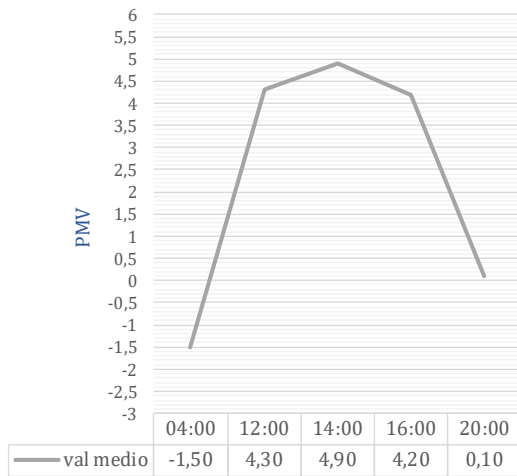
UR (%) caso zero



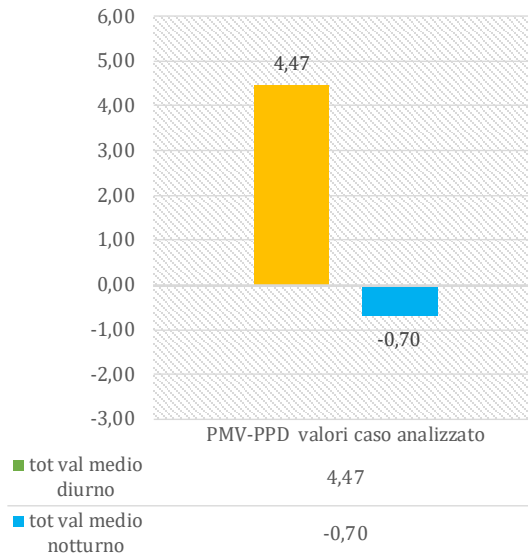
T<sub>mr</sub> (C°) caso zero



PMV caso zero



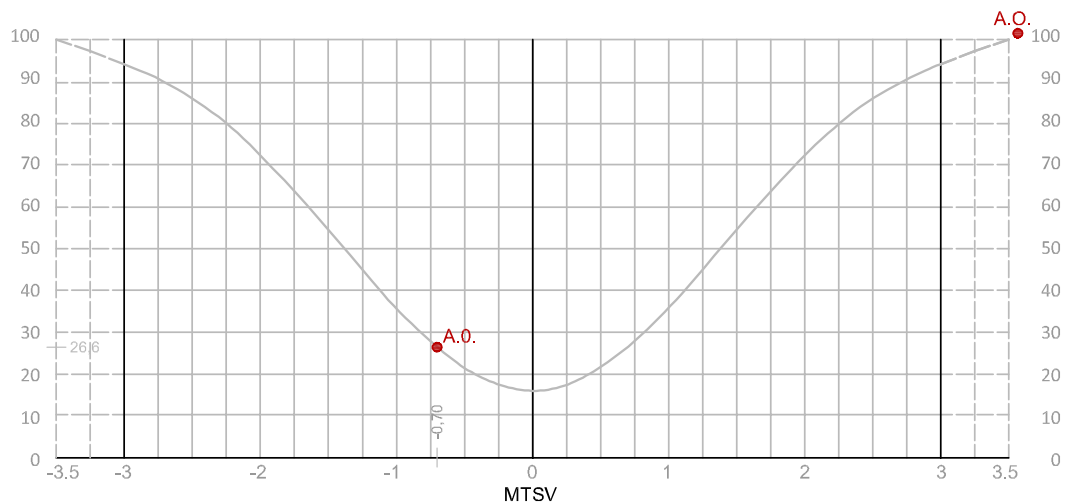
PMV caso zero  
condizione diurna e notturna



**Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met**

PMV-PPD valori caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	26,60
PMV valori medi Ray Man	4,47	-0,70

**Diagramma PMV-PPD**





## 10.4 Scenari di intervento su modello ideale. Il dispositivo 'acqua' e le interazioni con i flussi di vento: tipo di dispositivo, modalità di erogazione e localizzazione.

Come già trattato nel capitolo 4, quando l'aria lambisce una superficie d'acqua si determinano due flussi: Il primo è un flusso di calore (detto calore sensibile) dall'aria all'acqua, dove l'acqua assorbe calore dall'aria raffrescandola; il secondo è un flusso di materia (sotto forma di calore latente) dall'acqua all'aria, ovvero sia un cambiamento di fase dell'acqua da liquida a gassosa (evaporazione<sup>25</sup>) causato dall'assorbimento di calore dall'aria. Tra i due flussi si mantiene un certo equilibrio, ovvero quanto più l'acqua assorbe calore dall'aria tanto più si innesca il fenomeno di evaporazione dell'acqua verso l'aria. Inoltre, maggiore è il gradiente termico tra i due fluidi maggiori saranno gli scambi termici.

Di giorno una superficie d'acqua riesce ad assorbire una percentuale molto alta della radiazione solare incidente, con un bassissimo coefficiente di riflessione e una radiazione termica notevolmente più bassa rispetto a quella emessa dal suolo, dissipando poi il calore nelle ore notturne grazie alla sua elevata inerzia termica. Questa capacità è in funzione prevalentemente della dimensione della superficie d'acqua, del suo spessore e della movimentazione o stagnazione del fluido.

Ad un abbassamento, però, della temperatura dell'aria corrisponde un innalzamento dell'umidità, livello igrometrico che va sempre considerato in quanto, più l'aria è umida più lenta sarà la velocità di evaporazione dell'acqua, fino a che l'aria non raggiunge un limite, detto punto di saturazione (quantità massima di vapore acqueo che può essere contenuto in 1 metro cubo di aria ad una determinata temperatura e pressione).

Questi processi sono alla base del raffrescamento evaporativo che andremo ad analizzare, ponendolo in relazione con differenti condi-

25. "Sono necessari 2450 KJ per far evaporare 1 Kg d'acqua, cioè 1mm di spessore su una superficie di 1mq" (Dessi, 2007).

26. Il software utilizzato è stato scelto dopo un sondaggio di valutazione tra vari software di CFD disponibili sul mercato.

zioni di ventilazione che si possono registrare in un tessuto urbano. Partendo dai dati registrati nella condizione ante operam, vediamo ora come cambiano i valori a seconda della tipologia di inserimento del dispositivo proposto e della sua localizzazione all'interno del modello.

#### 10.4.1 La scelta del tipo di dispositivo.

L'acqua come 'materiale edilizio' viene oggi presentata sotto differenti vesti progettuali, considerandone in maniera più o meno consapevole gli aspetti microclimatici.

Richiamando, quindi, le principali tipologie di inserimento dell'acqua in ambito urbano viste in precedenza (Rif. capitolo 4), si cercherà di darne una valutazione in termini di benefici ambientali, basandosi sui modelli ideali qui presentati. Si precisa che si è scelto di lavorare prevalentemente sulla superficie orizzontale dell'invaso urbano, limitando il più possibile l'incidenza volumetrica dell'inserimento.

Il principale strumento utilizzato è la modellazione computazionale. Si è deciso di utilizzare il software Envi-met, già analizzato nella precedente sezione, in quanto, a differenza di altri software, consente di trattare anche il fluido acqua nella simulazione CFD<sup>26</sup>. Le potenzialità/limitazioni dell'attuale versione del software, però, non hanno consentito la definizione di alcuni scenari di intervento, per i quali è stato necessario ricorrere ad altri strumenti di valutazione: dalle misurazioni in situ all'extrapolazione di dati da altre sperimentazioni internazionali, come sarà meglio spiegato in seguito (Tabella 12).

Tabella 12. Tipologie di intervento analizzate e strumenti di valutazione utilizzati. (n.d.: non è stato possibile valutare questa tipologia di intervento per la mancanza nel tessuto romano di siti che presentano tale dispositivo- si farà pertanto esplicito riferimento a studi nel panorama internazionale).

Tipologia di intervento	CFD	In situ	altro
<b>F</b> vasca d'acqua	x	x	
<b>L</b> lama d'acqua con vasca	x		
<b>S</b> ugelli con spruzzi senza vasca		n.d	x
<b>N</b> Ugelli con nebulizzazione senza vasca		x	x

Come visto in precedenza (capitolo 4), il raffrescamento evaporativo è efficace in quei climi nei quali l'umidità relativa è generalmente bassa (pari o inferiore a 50%). Nel caso specifico della città di Roma i valori medi di umidità relativa in estate si aggirano intorno al 48%, con punte di aumento nelle prime ore della mattina. In primavera si supera di poco il 50%, mentre in inverno ed autunno i valori raggiungono in media il 70%<sup>27</sup>. Perché, quindi, il raffrescamento ventilativo estivo non si trasformi in motivo di discomfort, si dovrà analizzare non solo il posizionamento della fonte nel tessuto, ma anche le modalità di erogazione dell'acqua stessa.

<sup>27</sup>. In riferimento ai dati dell'Osservatorio meteorologico del Collegio Romano.

<sup>28</sup>. Si ricorda che a livello lessicale: con il termine sopra e sotto vento si indica rispettivamente una zona in posizione antecedente e retrostante l'ostacolo che in questo caso è rappresentato dalla massa termica della piazza.

#### 10.4.2 Localizzazione del dispositivo.

Sono stati ipotizzati 5 scenari che si differenziano per il posizionamento del materiale 'acqua' in relazione ai fattori di ventilazione e soleggiamento (Figura 9):

- posizione centrale (b);
- laterale sottovento<sup>28</sup> orientata lungo la direzione del flusso ventilativo prevalente e in zona soleggiata nelle ore di massimo irraggiamento(c);
- laterale in zona di calma del vento (intensità tendente allo zero per l'insorgere di un fenomeno di turbolenza) e soleggiata nelle ore di massimo irraggiamento(d);
- laterale in zone di riflessione del flusso d'aria prevalente e in semi ombra nelle ore di massimo soleggiamento (e);
- diffuso, ovvero stessa superficie ma distribuita su tutta l'area della piazza (f);
- laterale sopravento orientata lungo la direzione del flusso ventilativo prevalente e in zona soleggiata nelle ore di massimo irraggiamento(g);

In ognuno di questi scenari è stata collocata una superficie d'acqua pari al 5% della superficie dell'invaso considerato. La scelta della dimensione è dipesa dalla valutazione di incidenza della superficie d'acqua rispetto alla superficie totale delle piazze romane analizzate, valore estrapolato sempre dall'analisi dei tessuti della Capitale

29. Rif. Capitolo 8.

per la RLCZ<sup>29)</sup>

Per una valutazione in percentuale della condizione di comfort con superficie d'acqua più estesa, si è deciso di prevedere ulteriori simulazioni su alcuni casi con vasca di dimensioni pari al 10% ed al 15% della superficie della piazza.

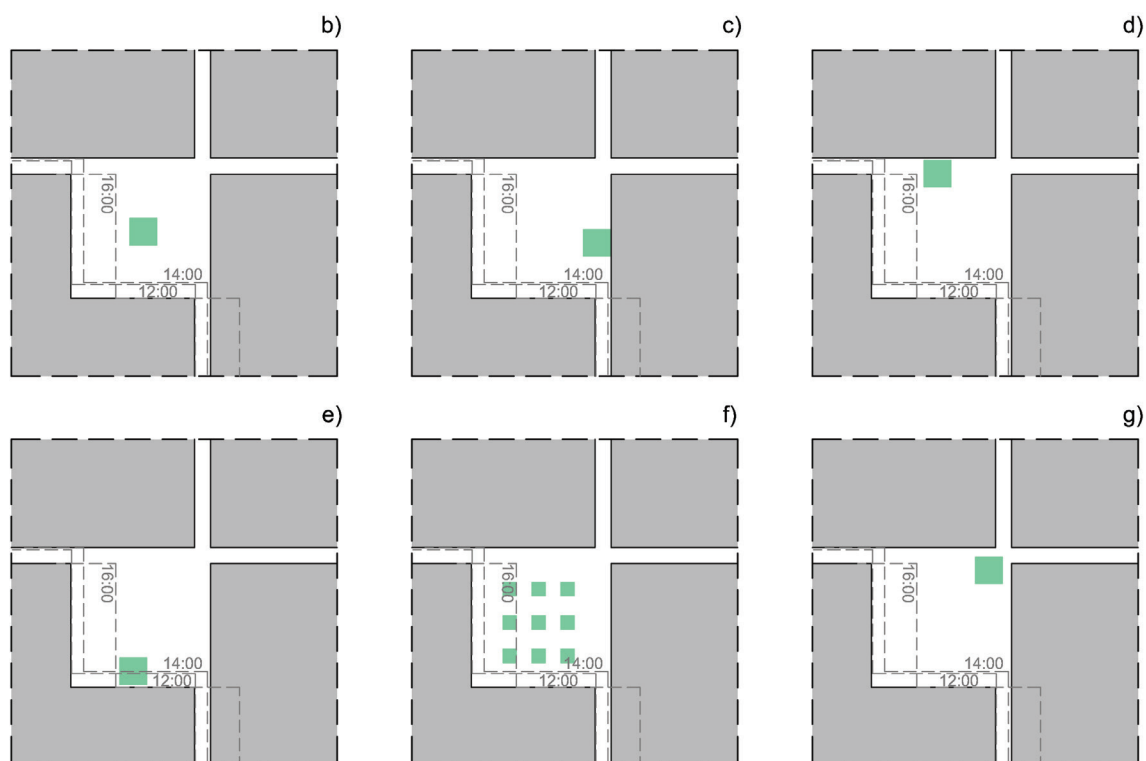


Figura 9. Localizzazione del dispositivo all'interno del modello ideale, con indicazione delle zone d'ombra alle ore 12:00, 14:00 e 16:00.

### 10.4.3 Modalità di erogazione.

Per quanto concerne l'erogazione dell'acqua, si possono studiare diversi sistemi:

1. regolazione giornaliera del flusso: utilizzando sistemi a pavimento che non presentano superfici d'acqua permanenti, o progettando soluzioni di arredo polifunzionale.
2. regolazione del flusso mensile o stagionale. Nell'ottica, anche in questo caso, di progettare soluzioni di arredo polifunzionale si può prevedere l'integrazione con sistemi di 'raccolta' delle acque meteoriche che, in funzione delle diverse condizioni stagionali, possono fungere da fontana o trasformarsi in superfici permeabili di sola raccolta<sup>30</sup>.

Va comunque sottolineato che, in relazione allo sfruttamento sostenibile della risorsa idrica, qualsiasi intervento dovrebbe essere valutato in relazione all'intero sistema di gestione urbana delle acque. Per l'alimentazione delle fontane storiche di Roma, negli ultimi anni il gestore Acea Ato2 sta attuando un piano di riconversione del sistema di distribuzione dell'acqua in sistemi a circuito chiuso, che permettono di re-immettere in circolo l'acqua consentendone anche un maggiore controllo microbiologico, utile anche ai fini della manutenzione delle superfici monumentali.

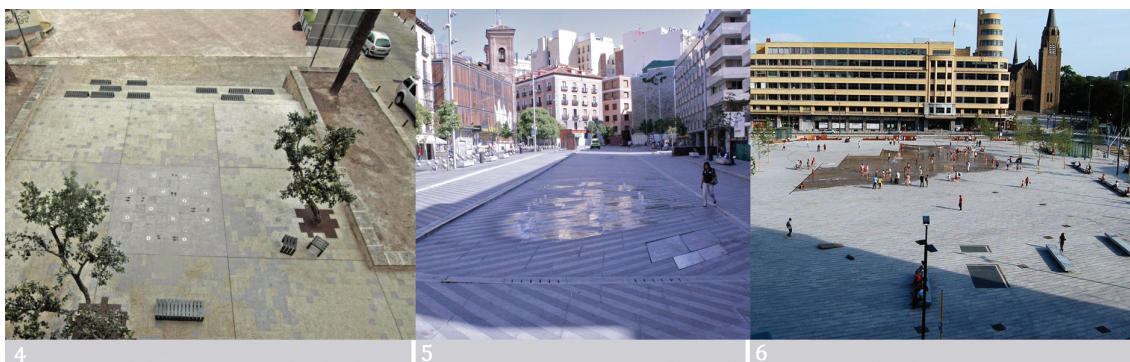
30. Interessante, infatti, è pensare di integrare al tema del raffreddamento quello della raccolta dell'acqua piovana, per la riduzione del consumo di una materia prima così importante. Possiamo far riferimento, sebbene in altri contesti e su differente scala, alla sperimentazione delle piazze d'acqua a Rotterdam. Un tale sistema potrebbe essere rivisitato anche in relazione alle esigenze sopra menzionate.



Esempi di differente regolazione del flusso dell'acqua con differenti tipologie di dispositivo:



Superfici di 'raccolta': 1."Water Square" in Benthemple in Rotterdam (Netherlands); 2. Bradford's City Park, UK - Gillespies Landscape Architects 2013; 3. Common Ground, Indianapolis, USA -Land Collective.



Sistemi a spruzzo da pavimento: 4. Palacio Juan Pizarrón de Aragón, Trujillo, Cáceres, Spagna – Studioata; 5. Plaza de la Luna, Madrid, Arq. Brut Deluxe; 6. Place Flagey, Bruxelles -Latz + Partner.



Sistemi a nebulizzazione: 7-8. Miroir d'eau, Place de la Bourse Bordeaux, J. M. Llorca , P. Gangnet e M. Co-rajou; 9. Place de la République, Parigi -Tvk Trévelo and Viger Kohler.

SCENARI ANALIZZATI						
Tipo di dispositivo	Localizzazione	Tipo di flusso	Esposizione	Dimensione dispositivo	Tessuto	
					A1	B2
Vasca puntuale	Centrale (B)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x
				+15%	x	
	Laterale (C)	sottovento	sole	+5%	x	x
	Laterale (D)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	
	Laterale (E)	calma di vento	semi-ombra	+5%	x	x
	Diffuso (F)	vario	varia	tot 5%	x	x
	Laterale (G)	sopravento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x
Lama	Centrale (LB)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x
				Lc+h 2m	x	
	Laterale (LC)	sottovento	sole	+5%	x	x
	Laterale (LD)	calma di vento	sole	+5%	x	x
	Laterale (LE)	riflessione del flusso primario	semi-ombra	+5%	x	x
				+10%	x	x
				Le+ h 2m	x	
Laterale (LG)	sopravento	sole	+5%	x	x	
Tipo di dispositivo	Localizzazione	Tipo di flusso	Esposizione	Dimensione dispositivo	Tessuto	
Nebulizzazione	Diffuso (H)	vario	varia	x	In situ/lett.	
Spruzzi da terra	Diffuso (i)	vario	varia	x	lett.	

Tabella 13. Nella tabella sono riportati i vari casi analizzati. La 'x' indica i casi analizzati attraverso la simulazione computazionale (software Envi-Met); con la dicitura 'in situ' si indicano i casi per i quali è stato necessario effettuare una valutazione sul campo dei dati ricercati in quanto non calcolabili con il software. Con il termine 'lett.' si indicano informazioni raccolte da ricerche già sviluppate.



## 10.5 Casi analizzati: la selezione della condizione maggiormente performante.

Analizzeremo di seguito i singoli scenari sviluppati per la ricerca (Tabella 13) individuando una classifica di performance relativa alla differente maglia urbana di riferimento (tessuto tipo A e B).

Si rimanda alla premessa del caso ante operam per la definizione degli strumenti di analisi dei modelli utilizzati (indicazioni, parametri ed indici con le relative specifiche, programmi di riferimento, selezione dell'arco temporale, etc...)

Le schede di valutazioni su ogni singola opzione progettuale seguiranno l'ordine indicato in tabella (dalla lettera b alla lettera i), prendendo come dato di confronto il modello ante operam (A.O o zero).

I casi ora presentati saranno differenziati in sottogruppi in base alla tipologia di dispositivo utilizzata, tessuto per tessuto:

- vasca d'acqua a pavimento partendo da una dimensione della superficie d'acqua pari al 5% dell'invaso della piazza fino ad un 10-15%;
- lama d'acqua, ugualmente partendo da una dimensione della superficie d'acqua pari al 5% dell'invaso della piazza fino ad un 10%, con una ulteriore valutazione sulla differente altezza della lama d'acqua.

Vanno fatte alcune precisazioni riguardanti le potenzialità/limitazioni del software utilizzato, già anticipate in precedenza. Envi-met permette di simulare anche il fluido acqua grazie all'opzione 'water fountain 4 m', ovvero una vasca d'acqua in cui su tutta la superficie si attiva un water spray che consente di simulare l'evaporazione delle particelle con una gettata di azione nell'asse z di 4 m al di sopra della vasca definita. Questa opzione è caratterizzata da valori della particella d'acqua pari a 10 micron di diametro. Non risulta, però, attualmente possibile associare all'opzione di default la possibilità di simulare ugelli puntiformi per il posizionamento di zampilli e impianti di nebulizzazione che andrebbero a potenziare l'evapora-

zione della superficie d'acqua, ne simulare la presenza di soli zampilli o sistemi di nebulizzazione senza la presenza di una superficie d'acqua visibile.

Per quanto riguarda, quindi, la valutazione dei casi h ed i-ovvero nebulizzazione/spruzzi da pavimento senza la presenza di una vasca d'acqua permanente- non essendo stato possibile effettuare una simulazione con il software di riferimento, sono stati raccolti dati per via deduttiva partendo dalla letteratura di settore e da misurazioni sul campo, come sarà meglio specificato nel seguito di questa trattazione.

### 10.5.1 Scenari con vasca a pavimento: tessuto A e tessuto B

SCENARI ANALIZZATI						
Tipo di dispositivo	Localizzazione	Tipo di flusso	Esposizione	Dimensione dispositivo	Tessuto	
					A1	B2
Vasca a pavimento	Centrale (B)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x
				+15%	x	
	Laterale (C)	sottovento	sole	+5%	x	x
	Laterale (D)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	
	Laterale - (E)	calma di vento	semi-ombra	+5%	x	x
	Diffuso (F)	vario	varia	tot 5%	x	x
	Laterale (G)	sopravento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x

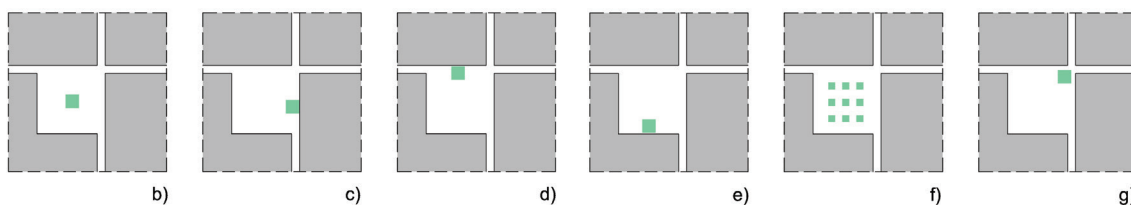


Tabella 14. Sintesi degli scenari con dispositivo a pavimento.

Partendo dall'elenco sopra riportato (Tabella 14), raggrupperemo ora i diversi casi in relazione alla loro disposizione rispetto al flusso d'aria prevalente, dando indicazioni su intensità di flusso registrata, esposizione, disposizione (centrale, laterale o diffusa) e dimensionamento della vasca d'acqua all'interno dell'invaso, e fornendo per ogni caso una valutazione percentuale del miglioramento/peggioramento registrato in relazione al caso ante operam.

Caso: (localizzazione):	Intensità [m/s]	Esposizione	Disposiz.	Dimensionam. (%)
Caso:	Pmv diurno (%)	Pmv notturno (%)	Ppd diurno (%)	Ppd notturno (%)

Per ogni caso analizzato viene indicato il rimando alla relativa scheda di riferimento, in cui sono graficizzate le rielaborazione dei dati ottenuti. Si riportano di seguito, a titolo esemplificativo, alcune schede tipo per singolo caso, mentre si rimanda all'Appendice C1 per la consultazione completa dei dati. Nel paragrafo 10.5.3, invece, sono riportate le schede di sintesi.

Consapevoli che tali variazioni da sole non possono considerarsi risolutive di una situazione di disagio, questa ricerca mira a dare dei valori percentuali di miglioramento che, sommati a quelli ottenibili con altri accorgimenti progettabili (dall'utilizzo di differenti materiali, a sistemazioni di schermi solari, etc...) e calibrati in base alle possibilità di integrazione con il contesto, possono portare ad un miglioramento significativo del comfort in tali spazi.

Tabella 15. Esempificazione dei dati forniti per ogni caso analizzato.

## SCHEDE TIPO PER SINGOLO CASO

### Scheda a.

La scheda analizza singoli parametri del caso preso in esame.

Nella parte superiore viene indicato il tipo di tessuto (A o B) e la posizione del dispositivo.

I parametri analizzati sono: temperatura dell'aria, umidità relativa e temperatura media radiante. Nella colonna di sinistra si riportano i dati ottenuti dalla simulazione nei valori massimi, minimi e medi. Nella colonna di destra viene riportato un approfondimento sulla differenza tra il valore medio registrato nel caso ante operam e quello ottenuto nel caso analizzato nella scheda.

### Scheda b.

La scheda analizza i risultati del calcolo degli indici PMV e PPD per il singolo caso, mettendo sempre in relazione questi risultati con quelli ottenuti nel caso ante operam. Nella parte centrale della scheda si riportano i valori di PMV e PPD calcolati con i due programmi utilizzati: Envi-Met e RayMan. Si ricorda che nella valutazione dell'indice PMV si è scelto di utilizzare i dati forniti dal programma RayMan per una maggiore precisione del risultato ottenuto.

### Scheda c.

La scheda analizza i risultati del calcolo dell'indice MOCI nelle due ore prese in esame: ore 4:00 ed ore 14:00.

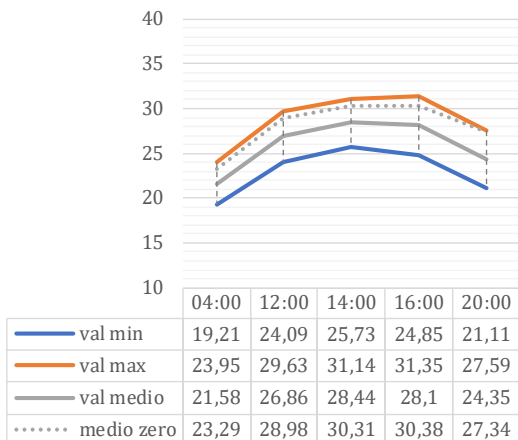
Nella parte superiore della scheda si riportano i valori medi registrati tra tutti i punti del modello, differenziando tra punti localizzati nella piazza e nei canyon e mettendo a confronto tali valori con quelli registrati nel modello ante operam.

Nella parte bassa della scheda si riportano, invece, i valori registrati nei singoli punti del modello selezionati.

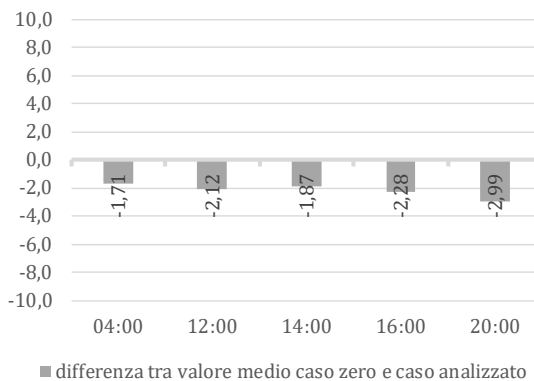
### Schede a2- a3-a4.

Nelle schede a2-a3-a4, così come in quelle b2-b3-b4 sempre presenti in appendice, si riportano rispettivamente i valori previsti in caso di maggiorazione della superficie d'acqua del 10 o 15% ed in caso di elevazione della lama d'acqua a 2m.

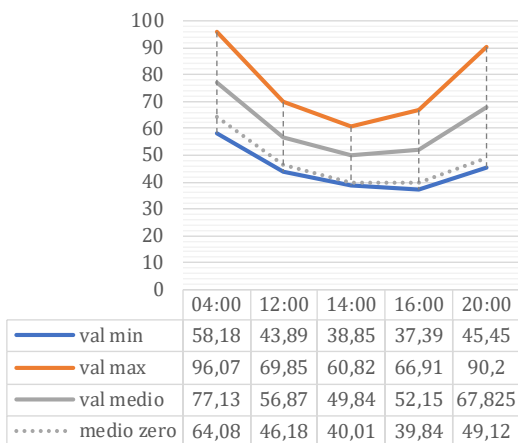
**T°a (C°) centrale (b) con spray**



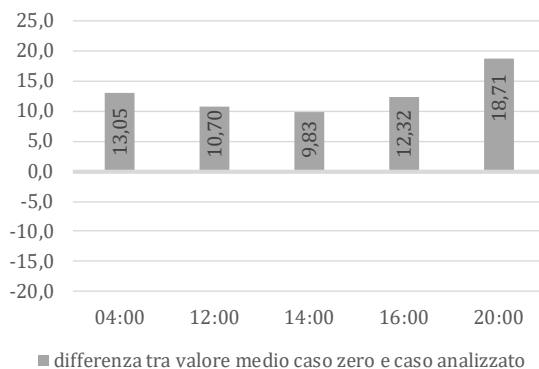
**T°a (C°) centrale (b) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



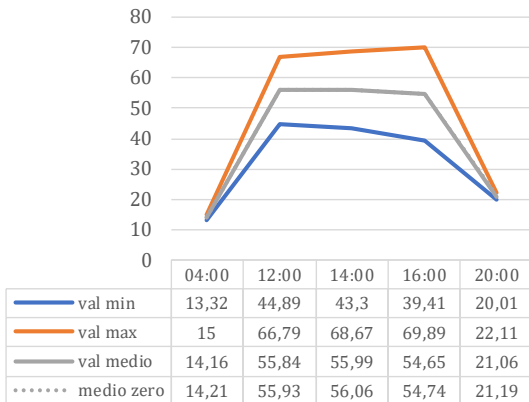
**UR (%) centrale (b) con spray**



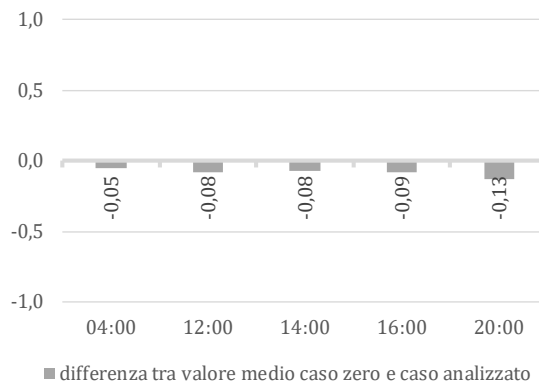
**UR% centrale (b) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



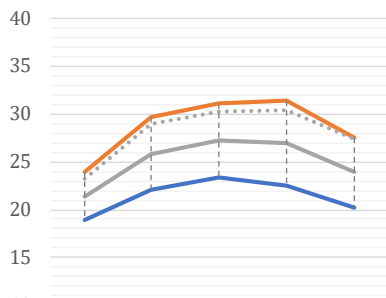
**Tmr (C°) centrale (b) con spray**



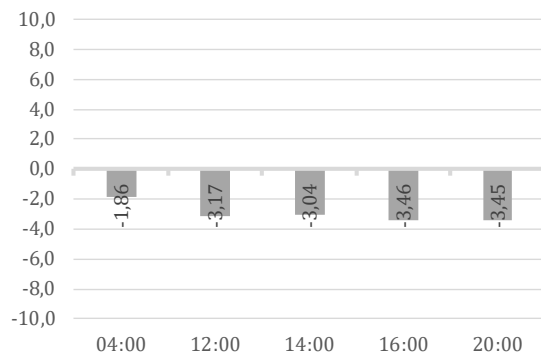
**Tmr (C°) centrale (b) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



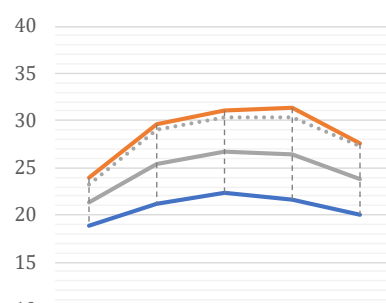
T°a (C°) centrale (b) con spray +10%



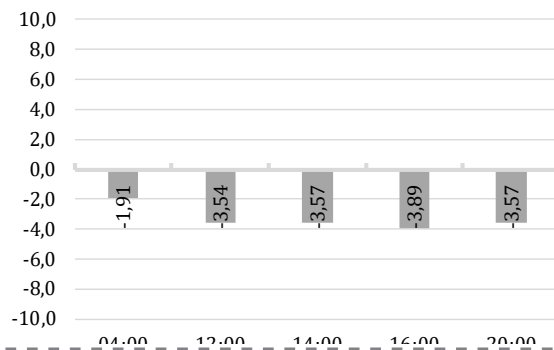
	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— val min	18,93	22,01	23,4	22,49	20,2
— val max	23,93	29,62	31,13	31,35	27,58
— val medio	21,43	25,82	27,27	26,92	23,89

T°a (C°) centrale (b) con spray +10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

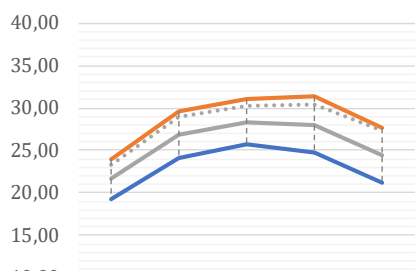
T°a (C°) centrale (b) con spray +15%



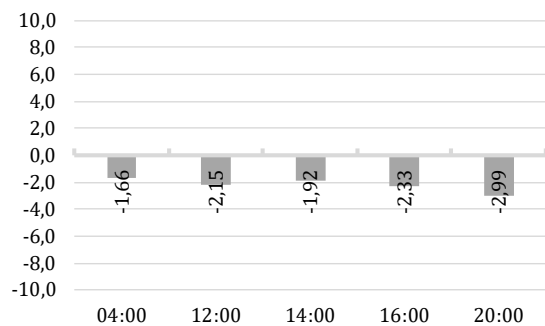
	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— val min	18,84	21,25	22,34	21,64	19,98
— val max	23,92	29,62	31,13	31,34	27,57

T°a (C°) centrale (b) con spray +15%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

T°a (C°) lama (le) con spray 2m

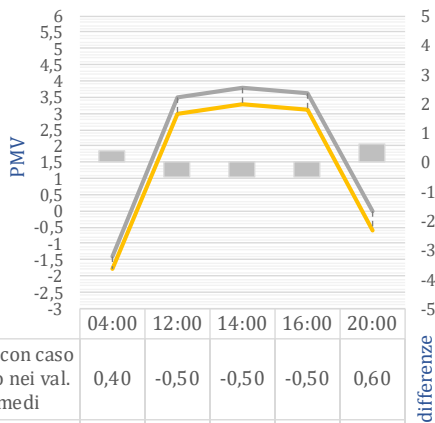


	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— val min	19,30	24,06	25,68	24,78	21,12
— val max	23,96	29,60	31,09	31,32	27,59
— val medio	21,63	26,83	28,39	28,05	24,36
..... medio zero	23,29	28,98	30,31	30,38	27,34

T°a (C°) lama (le) con spray 2m  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

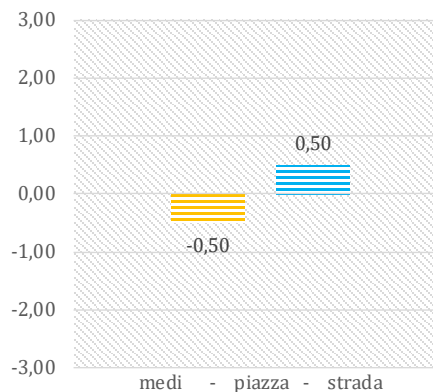
■ differenza tra valore medio caso zero e caso analizzato

PMV centrale (b) con spray



	04:00	12:00	14:00	16:00	20:00
diff. con caso zero nei val. medi	0,40	-0,50	-0,50	-0,50	0,60
val medio	-1,80	3,00	3,30	3,10	-0,60
medio zero	-1,40	3,50	3,80	3,60	0,00

PMV centrale (b) con spray  
condizione diurna e notturna  
Variazioni dal caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



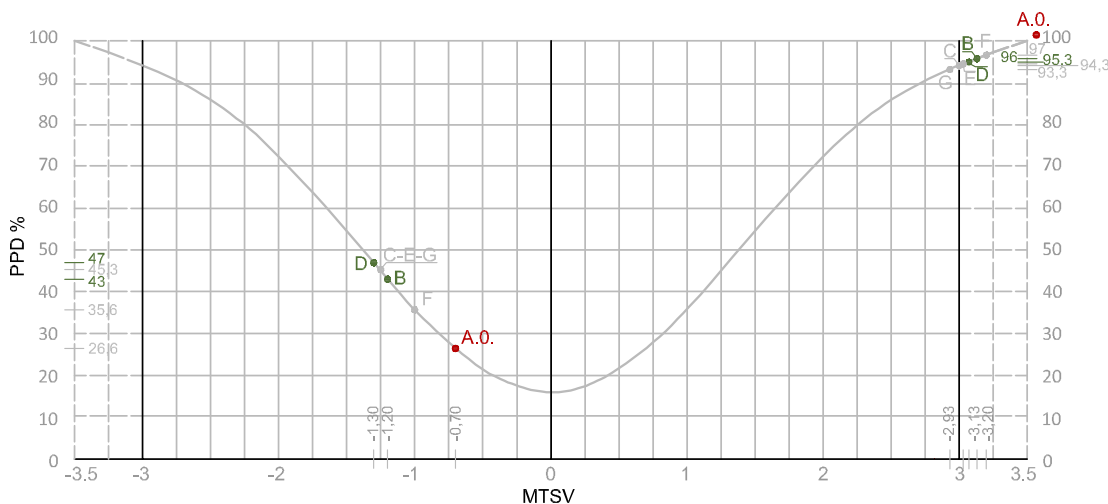
■ diff tot val medio diurno  
■ diff tot val medio notturno

Location	Diff. Tot. Val. Medio
medi	-0,50
piazza	0,50
strada	0,50

**Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met**

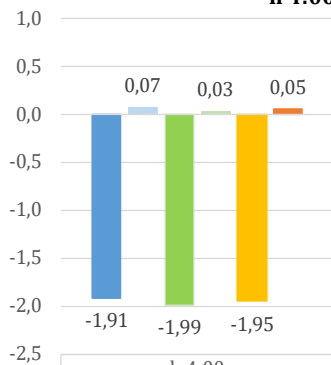
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	75,21	38,74
PPD valori medi RayMan	96,00	43,00
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi Envi-Met	3,14	-1,02
PMV valori medi RayMan	3,13	-1,20

**Diagramma PMV-PPD**



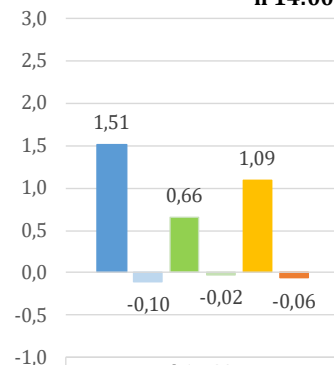


**MOCI centrale (b) con spray  
h 4:00**



	h 4:00
■ val medio piazza	-1,91
■ diff con caso zero nei val medi piazza	0,07
■ val medio strada	-1,99
■ diff con caso zero nei val medi strada	0,03
■ val medio tot	-1,95
■ diff con caso zero nei val medi tot	0,05

**MOCI centrale (b) con spray  
h 14:00**



	h14:00
■ val medio piazza	1,51
■ diff con caso zero nei val medi piazza	-0,10
■ val medio strada	0,66
■ diff con caso zero nei val medi strada	-0,02
■ val medio tot	1,09
■ diff con caso zero nei val medi tot	-0,06

**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello ore 4:00**

Indice MOCI caso laterale b										H 4:00
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				
<b>p1 piazza</b>	-4,68	-0,27	0,29 + 0,005 x	91,55 + 0,083 x	14,33 + 0,058 x	19,68 + 0,264 x	0,5 =	-1,84	media nella piazza	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-1,91
<b>p2 piazza</b>	-4,68	-0,27	0,26 + 0,005 x	91,12 + 0,083 x	14,59 + 0,058 x	19,72 + 0,264 x	0,5 =	-1,81	diff zero	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				0,07
<b>p3 piazza</b>	-4,68	-0,27	1,36 + 0,005	87,64 + 0,083 x	14,66 + 0,058 x	20,1 + 0,264 x	0,5 =	-2,10	media strada	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-1,99
<b>p4 strada</b>	-4,68	-0,27	1,72 + 0,005 x	67,3 + 0,083 x	14,98 + 0,058 x	22,61 + 0,264 x	0,5 =	-2,12	diff zero	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				0,03
<b>p5 strada</b>	-4,68	-0,27	1,51 + 0,005 x	86,61 + 0,083 x	14,98 + 0,058 x	20,21 + 0,264 x	0,5 =	-2,11	media tot	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-1,95
<b>p6 strada</b>	-4,68	-0,27	0,27 + 0,005 x	63,65 + 0,083 x	14,79 + 0,058 x	23,12 + 0,264 x	0,5 =	-1,73	diff media	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				0,05

**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello ore 14:00**

Indice MOCI caso laterale b										H 14:00
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				
<b>p1 piazza</b>	-4,68	-0,27	0,13 + 0,005 x	58,07 + 0,083 x	68,64 + 0,058 x	26,19 + 0,264 x	0,5 =	2,92	media nella piazza	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				1,51
<b>p2 piazza</b>	-4,68	-0,27	0,24 + 0,005 x	55,02 + 0,083 x	44,96 + 0,058 x	26,7 + 0,264 x	0,5 =	0,94	diff zero	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-0,10
<b>p3 piazza</b>	-4,68	-0,27	1,16 + 0,005 x	53,24 + 0,083 x	44,67 + 0,058 x	27,04 + 0,264 x	0,5 =	0,68	media strada	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				0,66
<b>p4 strada</b>	-4,68	-0,27	1,57 + 0,005 x	41,08 + 0,083 x	43,3 + 0,058 x	29,84 + 0,264 x	0,5 =	0,55	diff zero	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-0,02
<b>p5 strada</b>	-4,68	-0,27	1,35 + 0,005 x	50,66 + 0,083 x	43,3 + 0,058 x	27,5 + 0,264 x	0,5 =	0,53	media tot	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				1,09
<b>p6 strada</b>	-4,68	-0,27	0,19 + 0,005 x	43,08 + 0,083 x	43,3 + 0,058 x	29,09 + 0,264 x	0,5 =	0,90	diff media	
	ws	rh	Tmr	Ta	lcl	risultato				-0,06

31. Riferendoci in questo caso alla scala del *Physiological stress level* modificato dopo gli studi di Jendritzky et al del 1990. Fonte: Matzarakis e Mayer 1997.

32. Nel caso D la calma di vento è determinata dalla convergenza di più flussi provenienti da diverse direzioni. Si rimanda alle considerazioni sulla direzione del flusso descritte per il caso ante operam.

### Tessuto A1

A livello generale possiamo riscontrare per tutti i casi analizzati un miglioramento nelle ore diurne rispetto alla condizione ante operam che varia tra il 5 ed il 10%, miglioramento che determina un passaggio da una condizione di stress termico superiore al limite ultimo della scala di riferimento considerata (*extreme heat stress*)<sup>31</sup>, ad uno inferiore di quasi mezzo punto (*strong heat stress*).

Disposizione della fonte in zona di calma di vento (casi B, D e E)	
Schede di riferimento Tessuto A (appendice C1.A; paragrafo 10.5.3):	
<b>caso B:</b> a-caso B; b- caso B; c- caso B; a2- caso B; b2- caso B; a3- caso B; b3- caso B; schede di sintesi R1; R2+R3; RM	
<b>caso D:</b> a-caso D; b- caso D; c- caso D; a2-caso D; b2- caso D; c2- caso D; schede di sintesi R1; R2; RM	
<b>caso E:</b> a-caso E; b- caso E; c- caso E; schede di sintesi R1; RM	

<b>Caso B:</b>	intensità $0 < x > 0,5$ [m/s]	pieno sole	→ centrale	→ 5%-10%- 15%
<b>Caso D:</b>	intensità $0 < x > 0,25$ [m/s]	pieno sole	→ laterale	→ 5%-10%
<b>Caso E:</b>	intensità $0 < x > 0,25$ [m/s]	Semi- ombra	→ laterale	→ 5%

Una superficie d'acqua posizionata in un'area più o meno confinata innesca quel processo di raffrescamento evaporativo attivato per cessione di calore dall'aria alle molecole d'acqua sotto forma di calore latente. Questo processo è maggiormente accentuato dalle condizioni di soleggiamento della superficie d'acqua che accelera il processo di evaporazione fin quando non si raggiunge la condizione di saturazione dell'aria.

L'assenza di vento, in zone di calma, determina la possibilità di registrare il miglioramento proprio in prossimità della fonte d'acqua con una dispersione tanto più uniforme quanto più l'invaso è confinato (Figura 10).

Valutando, quindi, le differenze tra i primi due casi disposti in calma di vento (caso B e D<sup>32</sup>), entrambi esposti in pieno sole, notiamo che

la disposizione centrale rispetto alla laterale presenta valori più sfavorevoli sia nella fascia temporale ridotta (ore 14:00) che nell'arco temporale più esteso (12:00-16:00). Nel caso centrale (B) si registra una temperatura dell'aria più alta nelle ore centrali del giorno ed una umidità relativa che, sebbene nei valori minimi e massimi risulti inferiori rispetto al caso laterale (D), incide fortemente nella valutazione del comfort in relazione alla sua distribuzione all'interno della volumetria dell'invaso. Nel caso B il fluido aria, umidificato per evaporazione dalla fonte d'acqua, si distribuisce in maniera più diffusa ricoprendo circa il 50% del volume della piazza a fronte di una proporzione di circa 1/3 nel caso di posizionamento della fonte lateralmente. Ciò probabilmente anche a dimostrazione che un, seppur piccolo, incremento di intensità del vento tra i due casi può aumentare l'evaporazione e la dispersione delle particelle nell'ambiente (Figura 11), in aggiunta al fatto che il caso laterale risente della presenza più prossima del volume e della massa termica dell'edificio a cui la fonte è addossata. Il caso D, pertanto, presenta una migliore, sebbene minima, condizione termica rispetto al caso centrale (PMV caso B: 3,13; PMV caso D: 3,07) che va però valutata in relazione al contesto in cui l'intervento va inserito.

Posizionare, infatti, una fonte d'acqua in prossimità di un fronte urbano da tutelate può determinarne forme di degrado superficiale più o meno significative in relazione alla composizione fisico-chimica del materiale che costituisce il fronte stesso. Ad esempio, in prossimità di una superficie lapidea, si assiste in alcune ore del giorno ad un trasporto ed una conseguente deposizione superficiale di particolato verso la superficie a temperatura inferiore (la pietra), rispetto alla temperatura dell'aria, dovuti ad un effetto termoforetico.

Tendenza inversa, invece, si registra nelle ore serali, quando nel caso D si registra una maggiore umidità relativa. Ciò determina una sensazione di discomfort maggiormente accentuato alle ore 4:00. In questo scenario nelle ore prima dell'alba si registra nell'area della piazza una temperatura dell'aria leggermente più bassa che negli altri scenari. Sapendo che l'aria fredda ha un volume minore rispetto all'aria calda e, di conseguenza, una minore capacità di 'contenere' vapore acqueo rispetto dell'aria più calda, l'umidità relativa aumenta. Ovviamente in questo caso si parla di variazioni minime, ma la logica rimane la stessa.

Al peggioramento della condizione notturna si potrebbe ovviare diminuendo la massa termica dell'acqua, e progettando una multi-

33. Si suggerisce l'uso di sistemi misti, similari a quelli necessari per la realizzazione di pavimenti freddi porosi/non porosi in cui al di sotto della superficie calpestabile è collocata una riserva di acqua.

funzionalità dello spazio occupato dalla fonte nelle diverse ore del giorno. Richiamando alcuni dei progetti presentati in precedenza, si potrebbe progettare una diversa distribuzione del flusso durante le diverse ore del giorno, riducendo o l'area o lo spessore della massa d'acqua nelle ore serali e/o riutilizzando diversamente la pavimentazione, grazie alla progettazione di specifici sistemi di drenaggio dell'acqua<sup>33</sup>.

Nel terzo caso, infine, disposto in zona di calma di vento, ovvero il caso E, la superficie d'acqua è disposta in zona di semi-ombra (dalle ore 12:00 alle ore 14:00) fatto che riduce di giorno i fenomeni di evaporazione, rispetto alla posizione in pieno sole. Tale scenario presenta una percentuale di miglioramento della condizione termica rispetto al caso ante operam del 17%, del tutto paragonabile con quella del caso D.

A livello di indice MOCI (Schede c-caso B e D e E, scheda RM), non si registrano, invece, variazioni significative tra i casi analizzati, ed il beneficio registrato si aggira su valori più moderati, maggiori comunque nella piazza (6-5%) che nei canyon (3%). In questo caso l'indice MOCI ci è utile per effettuare una comparazione tra i miglioramenti che l'intervento determina nella piazza e quelli nei canyon, in cui si registra una riduzione tra il 30% ed il 50% rispetto al valore registrato nella piazza.

*Differente dimensione della superficie d'acqua* (Schede a2-caso B e D; a3-caso B; schede R2-R3)

Al fine di valutare l'incidenza in percentuale dell'estensione della superficie d'acqua sono state effettuate delle simulazioni aumentando del 10 e del 15% l'originaria dimensione della vasca d'acqua. Sono stati presi a modello il caso B (centrale), il caso D (laterale) e, come analizzeremo in seguito, il caso G (laterale sopravento).

Sul primo modello (B) è possibile riscontrare, aumentando del doppio la dimensione della fonte (10%), un miglioramento del 7,4% rispetto al caso B iniziale (con una superficie dell'acqua pari al 5% della superficie totale della piazza), passando da un valore di PMV di 3,13 a 2,90. Analizzando il parametro della temperatura dell'aria si raggiunge un abbassamento del valore di poco più di 1 grado Celsius (°C) nell'ora maggiormente calda (14:00).

L'aumento ulteriore al 15% della dimensione della fonte comporta,

invece, un miglioramento del 10,6% rispetto al caso iniziale B (con una maggiorazione del 3% - già più significativa-rispetto ad un aumento della superficie del 10%), passando, in questo caso, ad un valore di PMV di 2,80. Analizzando analogamente il parametro della temperatura dell'aria si raggiunge un abbassamento del valore superiore ai 2 gradi nell'ora maggiormente calda (14:00).

Se confrontiamo i risultati ottenuti nei due casi B qui analizzati col caso ante operam, il miglioramento stimato raggiunge una percentuale superiore al 20 nel caso di vasca con dimensioni raddoppiate, e una percentuale del 23% nel caso di vasca con dimensione triplicata. Si passa, quindi, da un valore di PMV pari a 3,63 (oltre la soglia di *extreme heat stress*) del caso ante operam, ad un valore di PMV rispettivamente di 2,90 e 2,80 nei due casi B+10 e +15% analizzati, che corrisponde ad un livello inferiore di stress termico (*strong heat stress*).

Un aumento della superficie d'acqua determinerà, ovviamente, un aumento di umidità relativa stimato intorno al 7-8% nel caso B+10% e intorno al 11-12% nel caso B+15%. Questo aumento, però, non sembra incidere in maniera significativa sulla condizione termica, tanto che in questi due casi si registra una riduzione della percentuale degli insoddisfatti pari a 7 punti percentuali per il caso B+10% (93%) e 8,4 punti percentuali per il caso B+15% (91,6%). Nelle ore notturne si registra un aumento di insoddisfatti di poco più di 2-4 punti percentuali, con un aumento minimo di umidità relativa rispetto al caso B semplice, che già registrava una percentuale di insoddisfatti circa doppia (43%) rispetto al caso ante operam (27%)<sup>34</sup>.

Se invece analizziamo il caso D+10% notiamo un miglioramento rispetto al caso D iniziale del 6,5% e, in linea con quanto definito nel caso precedente, un aumento di poco superiore al 20% rispetto al caso ante operam.

È da notare che i livelli di umidità relativa registrati nei casi D+10% e G+10% (che analizzeremo in seguito) sono da paragonare con quelli registrati nel caso B+15%, mentre nel caso B+10% si mantengono inferiori di quasi 3,5-4 punti percentuali.

Questi dati saranno utili per valutare il tipo di intervento in relazione alle potenzialità progettuali di ogni singola area analizzata, ottimizzando un parametro, quello dimensionale, che come abbiamo potuto appurare, è di fondamentale importanza.

34. Si ricorda che utilizzando la nuova scala proposta da Salata et al (2016a), la percentuale minima di insoddisfatti in ambiente outdoor è di circa 16-17%.

35. Valori approssimati per eccesso. Analoga verifica è stata effettuata, come riportato in seguito, anche in presenza di lama d'acqua.

#### Deduzioni generalizzabili

- ⇒ **D.1** è preferibile posizionare la fonte in posizione laterale, non, però, in prossimità di superfici da conservare.
- ⇒ **D.2** si consiglia una regolazione giornaliera del flusso d'acqua (riduzione/assenza del volume d'acqua nelle ore notturne)
- ⇒ **D.3** progettare la superficie dell'acqua con dimensioni pari al 10-15% della superficie dell'invaso determina un miglioramento percentuale della condizione termica del 20% rispetto al caso ante operam. In termini relativi, un aumento al 10% della superficie determina un miglioramento medio del 7% in relazione ad una dimensione di partenza del 5%, mentre un aumento delle dimensioni pari al 15% determina un miglioramento del 10% sempre in relazione ad una dimensione di partenza del 5%.
- ⇒ **D.4** l'area di influenza della superficie d'acqua dipende non solo dal rapporto dimensionale tra acqua ed involucro ma anche dal grado di chiusura dei fronti.

#### Soluzioni progettuali adottabili

- ⇒ **P.1** pavimentazioni multifunzionali porose/non porose.

#### Variazioni percentuali dal caso ante operam<sup>35</sup>:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso B:</b>	-14%	+71%	-4%	+62%
- Caso B +10%	-20%	+79%	-7%	+70%
- Caso B +15%	-23%	+86%	-8%	+77%
<b>Caso D:</b>	-16%	+86%	-5%	+77%
- Caso D +10%	-21%	+86%	-7%	+77%
<b>Caso E:</b>	-17%	+79%	-5%	+70%

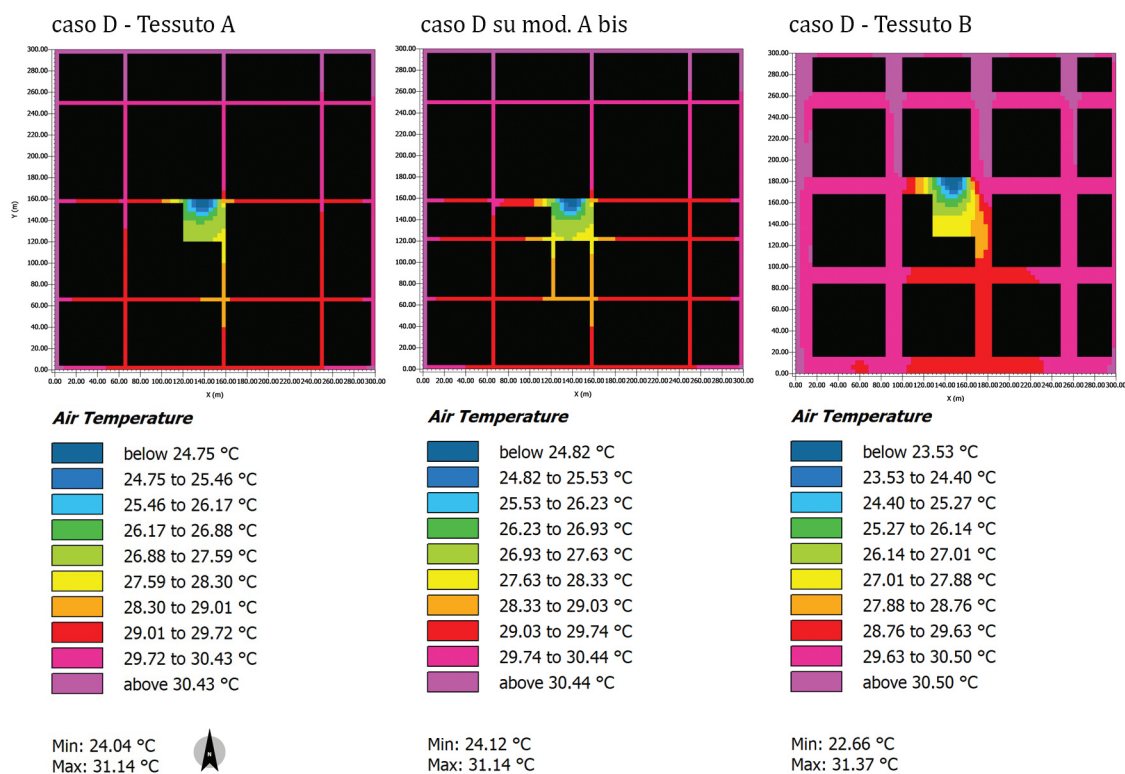
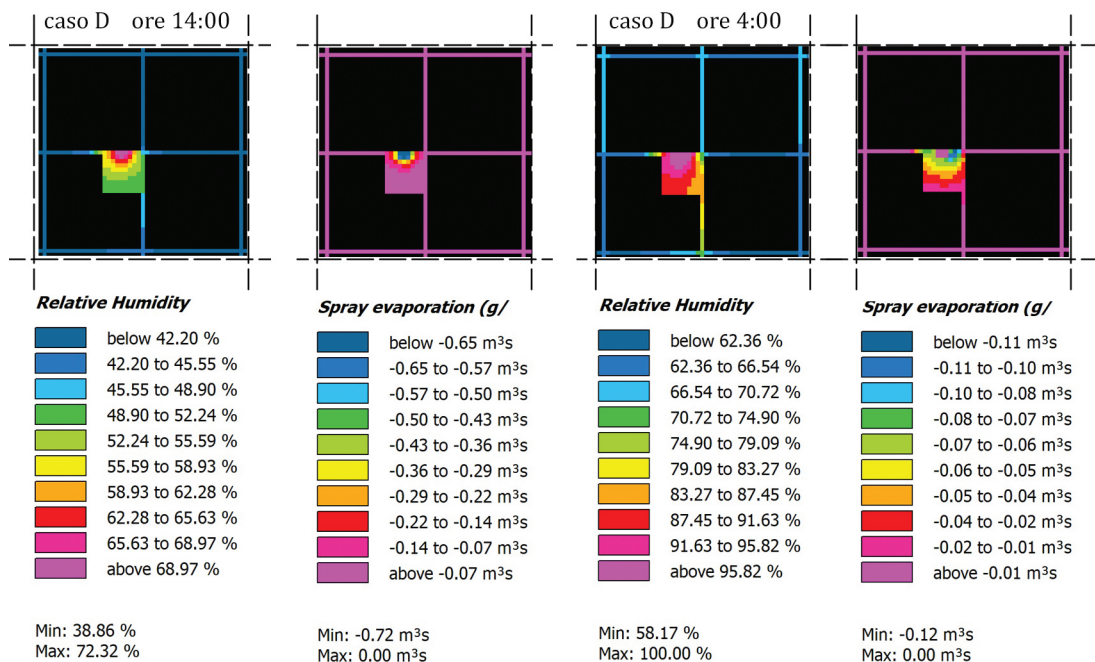
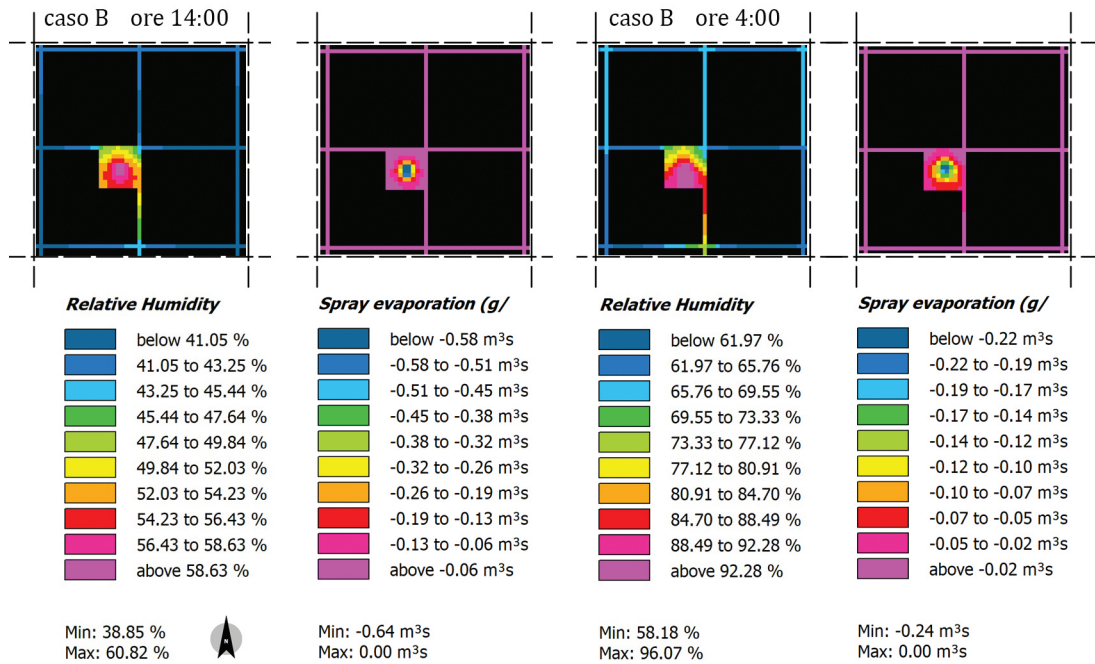


Figura 10. Comparazione in termini di T° aria alle ore 14:00 tra i casi D e D su nuovo modello e D su tessuto di tipo B, ovvero in involucri meno confinati.

Didascalia pagina seguente.  
Figura 11. Confronto tra livelli di umidità relativa e quantitativo di vapore acqueo del Caso B e D.





Disposizione della fonte lungo la direzione prevalente di flusso (casi C e G)

Schede di riferimento Tessuto A (appendice C1.A; par. 10.5.3):

**caso C:** a-caso C; b- caso C; c- caso C; schede di sintesi R1; RM

**caso G:** a-caso G; b- caso G; c- caso; a2- caso G; b2- caso G; schede di sintesi R1; R2; RM

<b>Caso C:</b>	intensità [m/s]	0<x>0,5	sole	→ laterale	→ 5%
<b>Caso G:</b>	intensità [m/s]	0<x>0,5	sole	→ laterale	→ 5%-10%

36. Si parla di sopravvento, anziché di sottovento, in quanto il dispositivo è posto prima dell'ostacolo che in questo caso è rappresentato dalla massa termica della piazza. Le condizioni climatiche, infatti variano tra le zone a nord della piazza e quelle a sud, soprattutto nei valori di UR % il cui aumento a sud si stima in media del 20%, come dimostrano le tabelle MOCI.

Alle ore 14:00 nel caso di semplice vasca d'acqua a pavimento i maggiori benefici, ovvero un miglioramento della sensazione termica, si registra nel caso G (in sopravvento<sup>36</sup> e soleggiata) con un abbassamento diurno della temperatura dell'aria nei valori minimi rispetto a tutti i casi analizzati: da un valore medio di 30°C nel caso ante operam ad un valore in media di 27,5°C, con un abbassamento di circa 2,5°C, a cui corrisponde un aumento di circa il 16% di UR, con valori intorno al 56%.

A livello di indici di comfort, lo scenario G presenta una sensazione termica di caldo con un PMV pari a 2,9, paragonabile ai valori misurati nei casi D (3,07), E (3,03), sopra menzionati, e C (3,00) e leggermente inferiore rispetto ai casi B (3,13) e F (3,20). Considerando l'arco temporale più ampio, si conservano analoghe condizioni di stress termico dalle 12:00 alle 16:00.

Se, invece, la fonte d'acqua (caso C) viene posta in sottovento, ovvero in posizione retrostante l'ostacolo, che in questo caso è rappresentato dalla massa termica della piazza stessa, quindi da metà all'estremo sud, come è facile intuire, il beneficio di raffrescamento viene prevalentemente incanalato nel canyon sottostante, facendo registrare nella piazza una temperatura dell'aria che nei valori minimi risulta più alta rispetto ai valori registrati in tutti gli altri casi. Nello scenario C anche il canyon posto direttamente a sud della piazza risente di un maggiore stress termico notturno rispetto agli quelli limitrofi, con aumento dell'umidità relativa (Figura 12).

Una prevalente uniformità di risultati si riscontra durante le ore

notturne, con un peggioramento alle ore 20:00, quando si passa da una condizione di comfort nel caso ante operam ad una sensazione di lieve fresco.

Confrontando i due casi, posti entrambe lungo la direttrice prevalente del flusso, possiamo affermare che, sebbene con uno scarto minimo, il posizionamento della fonte d'acqua in corrispondenza del punto di immissione del flusso aiuta al miglioramento delle condizioni di stress termico della piazza in maniera più significativa rispetto al suo posizionamento in sottovento (ovvero nel centro o in prossimità del punto di uscita). La presenza di una superficie d'acqua in corrispondenza del punto di immissione del flusso d'aria prevalente nell'invaso più ampio della piazza determina un maggiore abbassamento della temperatura del flusso d'aria che entra in contatto con le molecole d'acqua e quindi un successivo ulteriore abbassamento per trasferimento di calore latente tra aria ed acqua.

L'area di influenza dell'intervento sarà, come dimostrato per i precedenti casi, funzione del rapporto tra dimensione della superficie d'acqua e volume dell'invaso considerato.

#### *Differente dimensione della superficie d'acqua (Schede a2-caso G; schede R2)*

Aumentando la dimensione della vasca dal 5 al 10% della superficie dell'invaso, otterremo una lieve variazione dei valori sia nel periodo diurno che notturno ed un miglioramento percentuale della condizione termica intorno al 22% rispetto al caso ante operam, in linea con il risultato atteso. Questo miglioramento, però, valutato in relazione al valore registrato nel caso G iniziale risulta minimo (intorno al 3%). Ciò porterebbe essere giustificato analizzando i singoli valori di T°aria ed UR% nell'invaso della piazza. Sebbene, infatti, l'estensione della superficie d'acqua determini in quest'area un abbassamento della temperatura da un range tra 23-27°C ad un range tra 22-25,4°C nel caso G+10%, il corrispondente aumento di umidità relativa si diffonde, a causa dell'assialità con il flusso prevalente, ad una porzione maggiormente estesa della piazza, determinando un aumento di 8-9 punti percentuali tra il caso iniziale e quello maggiorato, come meglio si evince dalle rappresentazioni estrapolate dal programma di calcolo, anche a confronto con casi posti in zona di calma. (Figura 12 e Figura 13)

Ciò porterebbe a dire che in posizione di sopravvento è sconsigliabile prevedere una maggiorazione della superficie d'acqua, a fronte di un miglioramento della sensazione termica poco significativa e di un aumento considerevole di UR% che determina durante le ore notturne un aumento dell'8% del discomfort rispetto al caso iniziale.

A livello di indice MOCI, non si registrano, nuovamente, variazioni significative tra i due casi analizzati, ed il beneficio, come in quasi tutti i casi, è circoscritto prevalentemente all'invaso della piazza estendendosi solo in percentuale ridotta, dimezzata per la precisione, nei canyon limitrofi alla piazza, sebbene l'aspect ratio dei canyon del tessuto di tipo A contribuisca a migliorarne il comfort soprattutto nelle ore diurne, grazie ad uno SVF ridotto.

#### Deduzioni generalizzabili

- ⇒ **D.2** scegliere una regolazione giornaliera del flusso d'acqua (riduzione/assenza del volume d'acqua nelle ore notturne)
- ⇒ **D.5** preferibile posizionare la fonte il più possibilmente vicino al punto di immissione del flusso nell'invaso considerato per intensità di vento pari o inferiori a 1,5m/s.
- ⇒ **D.6** lungo la direzione prevalente di flusso evitare di posizionare la superficie d'acqua in prossimità di un'area che presenti uno SVF ridotto per ridurre il peggioramento dello stress termico nelle ore notturne.
- ⇒ **D.7** in posizione di sopravvento è sconsigliabile prevedere una maggiorazione della superficie d'acqua a fronte di un miglioramento della sensazione termica poco significativa e di un aumento considerevole di UR%.

#### Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso C:</b>	-17%	+79%	-6%	+70%
<b>Caso G:</b>	-19%	+79%	-7%	+70%
- Caso G +10%	-22%	+93%	-8%	+84%

Didascalie pagina seguente.

**Figura 12.** Comparazione in termini di UR% alle ore 20:00 tra i casi D-G e C. Nell'area evidenziata si nota il maggiore stress termico notturno nel caso C, in cui si registra un aumento di UR% di quasi il 20% rispetto al caso D e di quasi il 15% rispetto al caso G.

**Figura 13.** Confronto tra UR% e T°aria nel caso G+10% e nel caso G iniziale alle ore 12:00.

Figura 12

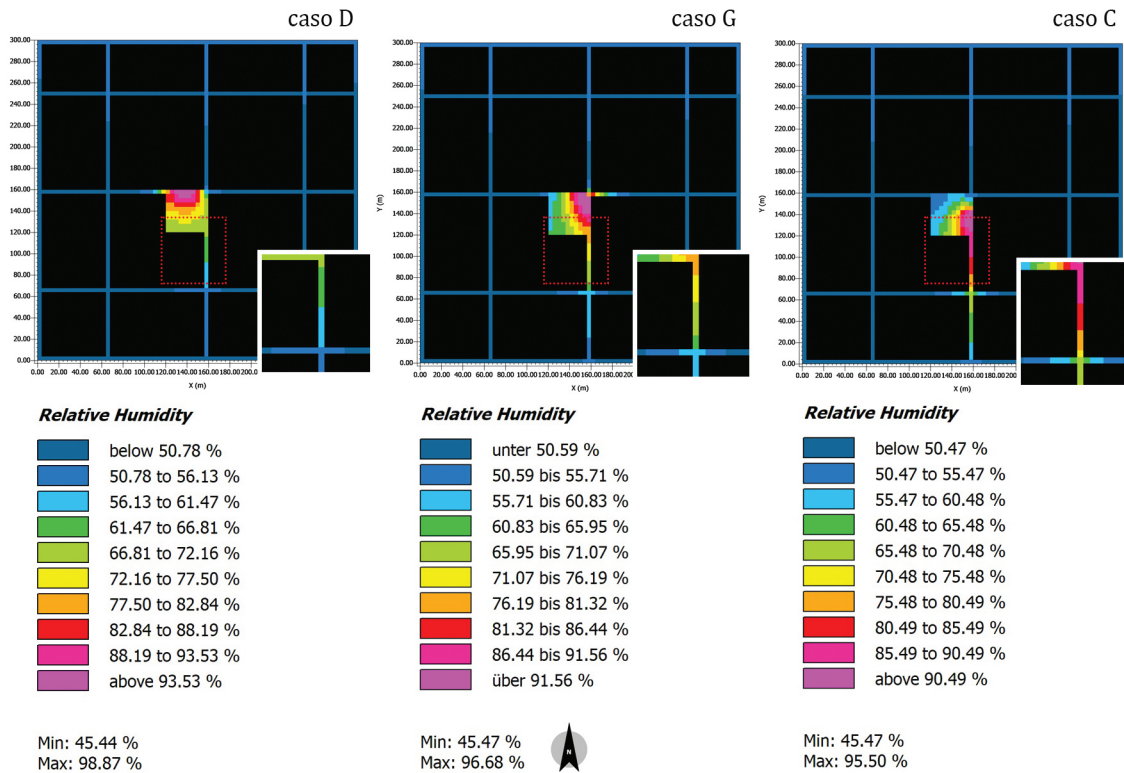
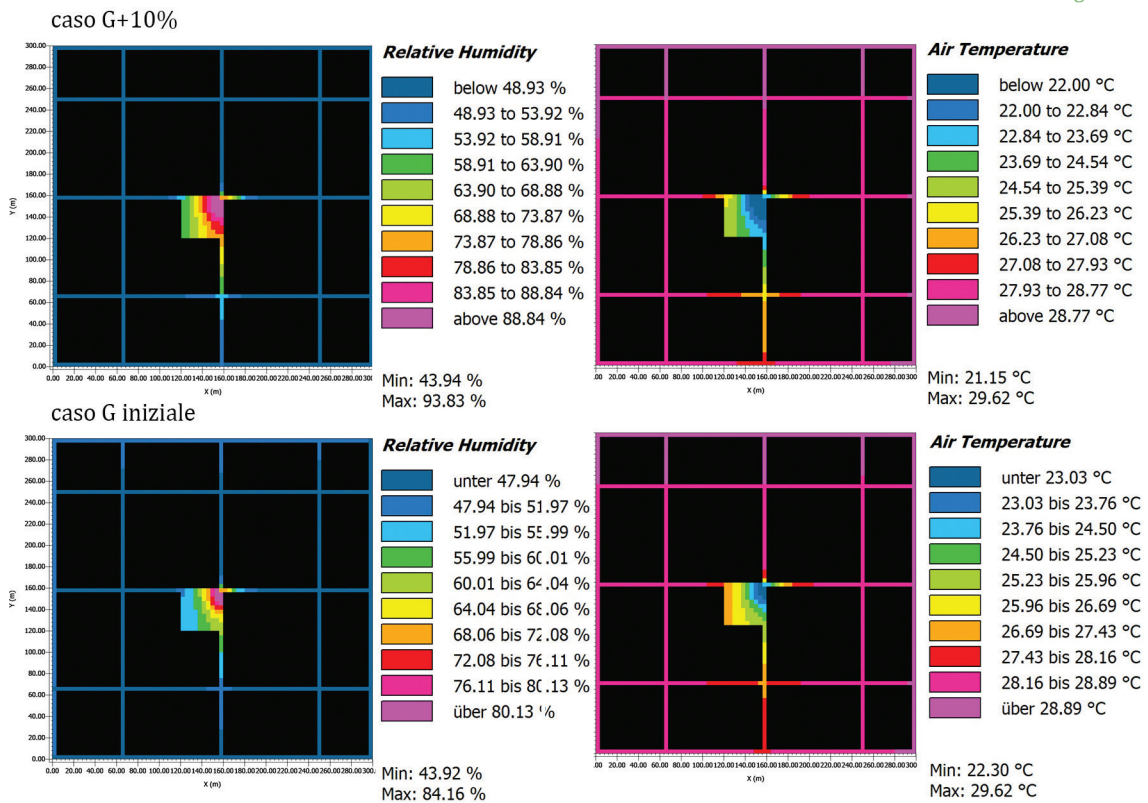


Figura 13



Disposizione della fonte distribuita su tutta la superficie della piazza (caso F)

Schede di riferimento Tessuto A (appendice C1.A; par. 10.5.3):

**caso F:** a-caso F; b- caso F; c- caso F; schede di sintesi R1; RM

**Caso F:** intensità varia [m/s]    varia    →    varia    →    5%

A differenza di quanto si potrebbe intuitivamente pensare il posizionamento della fonte d'acqua in maniera diffusa non incide sulla sensazione termica percepita in modo significativo, a causa delle ridotte dimensioni delle singole aree umide. Si deduce da ciò che esiste una dimensione minima della fonte d'acqua, al di sotto della quale non si riesce a percepire una variazione, seppur minima, della condizione termica.

Deduzioni generalizzabili

⇒ **D.8** la dimensione minima della vasca utile per ottenere dei miglioramenti, sebbene ridotti, è intorno al 5% della superficie dell'invaso analizzato.

Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso F:</b>	-12%	+43%	-3%	+34%

37. Rif. capitolo 8.

### Tessuto B2

In questo paragrafo presenteremo i risultati della sperimentazione effettuata sul tessuto di tipo B2 che presenta una stessa conformazione spaziale del tessuto A1 precedente ma un diverso aspect ratio, che risponde ad una differente densità edilizia<sup>37</sup>. Queste diversità determinano, a parità di parametri ambientali impostati come dati di input, una differente intensità di flusso e soprattutto un differente irraggiamento solare su tutte le superfici dell'invaso, causa di una diversa condizione termica registrata.

Per ognuno di questi nuovi scenari sono state registrate le variazioni dei valori rispetto al caso ante operam, evidenziando le differenze riscontrate rispetto ai precedenti scenari.

Ciò che prevalentemente emerge è il peggioramento della sensazione termica, con valori molto al di sopra della scala di riferimento. La percentuale di miglioramento rispetto al nuovo caso ante operam rimane, però, sempre attorno agli stessi valori (tra il 14 ed il 19%), a conferma, comunque, delle potenzialità dei vari interventi proposti.

#### Disposizione della fonte in zona di calma di vento (casi B, D e E)

Schede di riferimento Tessuto B (appendice C1.B; par. 10.5.3):

**caso B:** a-caso B; b- caso B; a2- caso B; b2- caso B; schede di sintesi R1; R2; RM

**caso D:** a-caso D; b- caso D; schede di sintesi R1;RM

**caso E:** a-caso E; b- caso E; schede di sintesi R1; RM

<b>Caso B:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	pieno sole	→	centrale	→	5%- 10%-
<b>Caso D:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	pieno sole	→	laterale	→	5%
<b>Caso E:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	Semi- ombra	→	laterale	→	5%

Non si riscontrano differenze significative valutando i singoli para-



metri di T°aria e umidità relativa. Ciò che incide maggiormente sulla definizione della sensazione termica è, come nel caso ante operam, la temperatura radiante nelle ore di massimo soleggiamento.

L'intervento proposto in questi scenari determina dei miglioramenti più significativi nel caso D (-19%), passando da un PMV diurno di 4,47 a un valore di 3,63, sempre superiore alla scala di riferimento, ma inferiore di 0,8 punti rispetto al valore massimo. Nelle ore notturne, come per i precedenti scenari, è nel caso D che si registra un maggior peggioramento notturno dell'86%, che equivale ad un aumento da PMV=-0,7 a PMV= -1,30 (lieve fresco).

38. Poiché si registrano valori superiori a quelli limite presenti nel grafico PMV-PPD preso a riferimento, si è deciso di non attribuire ai singoli casi del tessuto B alcun valore diurno di insoddisfatti (PPD).

*Differente dimensione della superficie d'acqua (Schede a2-caso B; scheda R2)*

Una maggiorazione del 10% della superficie d'acqua (caso B+10%) determina, analogamente ai casi precedenti, un miglioramento nelle ore diurne di circa il 20% rispetto alla situazione ante operam (da un PMV pari a 4,47 ad uno di 3,60), ed un peggioramento analogo al caso B semplice nelle ore notturne. L'aumento della dimensione di una superficie ad alto assorbimento e bassissimo coefficiente di riflessione, come l'acqua, non è sufficiente per incidere in maniera significativa sul valore della temperatura radiante dell'invaso, che resta elevato.

**Variazioni percentuali dal caso ante operam:**

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso B:</b>	-14%	79%	nd <sup>38</sup> .	70%
- Caso B +10%	-19%	86%	nd.	77%
<b>Caso D:</b>	-19%	86%	nd.	77%
<b>Caso E:</b>	-16%	86%	nd.	77%

39. Come già indicato, si parla di sopravvento e di sottovento quanto il dispositivo è posto prima o dopo l'ostacolo, che in questo caso è rappresentato dalla massa termica della piazza.

**Disposizione della fonte lungo la direzione prevalente di flusso (casi C e G)**

Schede di riferimento Tessuto B (appendice C1.B; par. 10.5.3):

**caso C:** a-caso C; b- caso C; schede di sintesi R1; RM

**caso G:** a-caso G; b- caso G; a2- caso G; b2- caso G; schede di sintesi R1; R2; RM

<b>Caso C:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	sole	→	laterale	→	5%
<b>Caso G:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	sole	→	laterale	→	5%- 10%

Nel tessuto B si nota una lieve variazione tra il caso C e il caso G entrambi posti lungo la direzione del flusso ma rispettivamente in sotto e sopra vento<sup>39</sup>. A differenza dei casi analizzati per il tessuto A, posizionare la superficie d'acqua in sopravvento determina un miglioramento di poco inferiore rispetto alla collocazione in sottovento. Sebbene la condizione nel canyon a sud della piazza non cambi tra i due casi, in quanto qui si incanala la maggior parte dell'aria umidificata dalla fonte, ciò che varia è la diversa interazione tra intensità di flusso e superficie d'acqua che determina una maggiore percentuale umidità relativa dispersa su una superficie più estesa. Se nei due casi del tessuto A si registrava nel punto di immissione una intensità del flusso tra 1m/s e 1,5 m/s, nel tessuto B tale intensità cresce di 0,25-0,5 m/s (1,5-1,75-2 m/s). Se ne deduce che per una ventilazione superiore a 1,5 m/s ai benefici di una fonte d'acqua posta in sopravvento si preferiscono quelli derivanti dalla sua collocazione in sottovento.

*Differente dimensione della superficie d'acqua (Schede a2-caso G; scheda R2)*

Nonostante quanto sopra, l'aumento della superficie di acqua nel caso G (sopravvento) fa registrare comunque un miglioramento del 20% rispetto al caso ante operam, in linea con quanto emerso in tutti i casi. Da un PMV=4,47 a un PMV= 3,57 con una variazione del 4% rispetto al caso G semplice.

### Deduzioni generalizzabili

- ⇒ **D.2** scegliere una regolazione giornaliera del flusso d'acqua (riduzione/assenza del volume d'acqua nelle ore notturne)
- ⇒ **D.5 bis** per intensità di vento superiori a 1,5m/s è preferibile posizionare la fonte in sottovento rispetto alla zona con massa termica maggiore.

### Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso C:</b>	-19%	79%	nd. <sup>38</sup>	70%
<b>Caso G:</b>	-16%	71%	nd.	62%
- Caso G +10%	-20%	86%	nd.	77%

### Disposizione della fonte distribuita su tutta la superficie della piazza (caso F)

Schede di riferimento Tessuto B (appendice C1.B; par. 10.5.3):

**caso F:** a-caso F; b- caso F; schede di sintesi R1; RM

**Caso F:** intensità varia [m/s]      varia      →      varia      →      5%

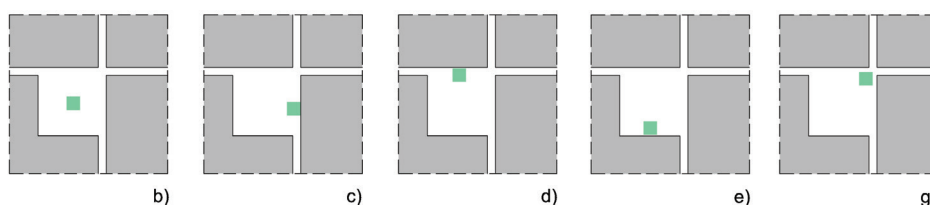
Per il caso F nel tessuto B si possono richiamare le stesse considerazioni fatte per l'analogo caso nel tessuto A.

### Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso F:</b>	-11%	+64%	nd. <sup>38</sup>	+54%

### 10.5.2 Scenari con lama d'acqua: tessuto A e tessuto B

SCENARI ANALIZZATI						
Tipo di dispositivo	Localizzazione	Tipo di flusso	Esposizione	Dimensione dispositivo	Tessuto	
					A1	B2
Lama	Centrale (LB)	calma di vento	sole	+5%	x	x
				+10%	x	x
				Lc+h 2m	x	
	Laterale (LC)	sottovento	sole	+5%	x	x
	Laterale (LD)	calma di vento	sole	+5%	x	x
	Laterale (LE)	calma di vento	semi-ombra	+5%	x	x
				+10%	x	x
				Le+ h 2m	x	
	Laterale (LG)	sopravento	sole	+5%	x	x



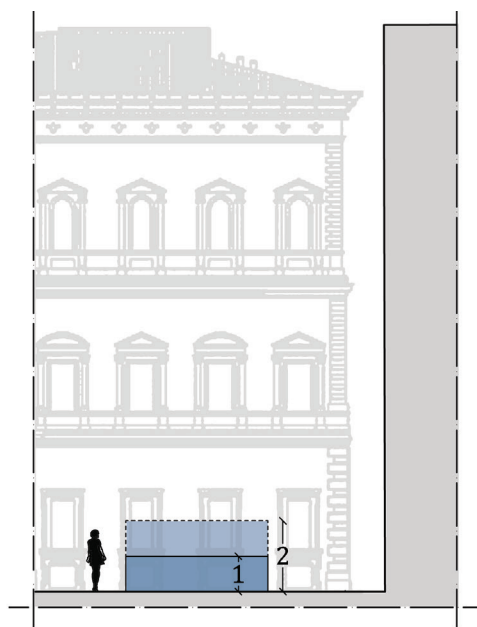
L'acqua si può utilizzare anche come limite verticale per ridurre la temperatura radiante in elevato e aumentare la superficie di contatto tra aria e acqua e tra acqua e corpo umano rispetto alla sola disposizione in orizzontale. Inserire una lama d'acqua determina un miglioramento della condizione di stress termico a differenti latitudini, dal clima temperato al torrido, come analizzato negli esempi presentati in precedenza, ma è bene chiedersi in che modo tale tipologia di dispositivo si può integrare nel contesto. Parlando in questa sede di tessuti da tutelare anche nella loro facies estetica, sebbene con differenti gradi di libertà, si è deciso di analizzare un tipo particolare di lama d'acqua che presenta una maggiore superficie di dispersione rispetto alla vasca a pavimento, ma un minore impatto rispetto alle così dette cascate a parete, che costituiscono l'esempio

Tabella 16. Sintesi degli scenari con dispositivo a lama verticale.

più comune. In questa analisi, dovendo studiare le variazioni microclimatiche al pedestrian level, è stata pensata una lama d'acqua con un'altezza dal suolo di 1 metro, con acqua in costante movimento<sup>40</sup>.

Anche per questi casi, analizzeremmo l'incidenza di una maggioranza della superficie dell'acqua sia in senso orizzontale – con una superficie del dispositivo sia del 5 che del 10%– sia verticale – con una elevazione fino a 2m dal suolo della lama d'acqua-

40. Per poter simulare in elevato superfici rivestite d'acqua è stato sperimentato il materiale "wet roof" (integrato nella versione PRO del programma Envi-Met) che si presenta come una superficie in cemento considerata costantemente umida.



Anche in questo caso si forniscono informazioni sui diversi scenari relative a intensità di flusso registrata, esposizione, disposizione (centrale, laterale o diffusa) e dimensionamento della lama d'acqua all'interno dell'invaso, fornendo per ogni caso una valutazione percentuale del miglioramento/peggioramento registrato in relazione al caso ante operam. Per ogni caso analizzato, infine, viene ugualmente indicato il rimando alla relativa scheda di riferimento, in cui sono graficizzate le rielaborazione dei dati raccolti. Le schede tipo di riferimento rispondono allo stesso schema presentato nel paragrafo precedente, mentre si rimanda all'Appendice C2 per la consultazione completa dei dati ed al paragrafo 10.5.3 per le schede di sintesi.

Figura 14. Dimensionamento in elevato della lama d'acqua.

41. Variazioni calcolate sulla media tra valori minimi e massimi registrati per ogni ora. Il valore minimo di temperatura radiante registrato nel modello coincide con l'area della superficie d'acqua della fonte posta in semi ombra.

### Tessuto A1

#### Disposizione della fonte in zona di calma di vento (casi LB, LD e LE)

Schede di riferimento Tessuto A (appendice C2.A; par. 10.5.3):

**caso LB:** a-caso LB; b- caso LB; c- caso LB; a2-caso LB; b2- caso LB; a4-caso LB; b4- caso LB; schede di sintesi R1; R2; R4; RM

**caso LD:** a-caso LD; b- caso LD; c- caso LD; schede di sintesi R1; RM

**caso LE:** a-caso LE; b- caso LE; c- caso LE; a2-caso LE; b2- caso LE; a4-caso LE; b4- caso LE; schede di sintesi R1; R2; R4; RM

<b>Caso LB:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	pieno sole	→	centrale	→	5% 10% h2m
<b>Caso LD:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	pieno sole	→	laterale	→	5%
<b>Caso LE:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	Semi- ombra	→	Lama late- rale	→	5% 10% h2m

Analogamente a quanto accade per i casi con sola vasca a pavimento, anche in presenza di una lama d'acqua l'opzione migliore è posizionare la fonte in posizione laterale.

Il caso che presenta la maggiore variazione in positivo rispetto al caso ante operam è proprio il caso LE che prevede la localizzazione di una lama d'acqua in zona di calma di vento, posta in semi-ombra. In questo caso si registra un miglioramento del 28% (PMV=2,60), il doppio di quanto si è registrato con il caso della sola vasca a pavimento, raggiungendo una condizione termica molto vicina al limite tra *strong* e *moderate heat* (PMV=2,50). Analizzando l'arco temporale più ristretto (ore 14:00) si osserva un analogo miglioramento (26%). Ciò che prevalentemente incide è la differenza di temperatura radiante (Scudo 2003:136) nelle aree più prossime alla superficie verticale bagnata, con un abbassamento medio che va dai 3 gradi alle ore 16:00, a oltre 7 gradi alle ore 12:00<sup>41</sup>.

Al diminuire del valore dell'indice PMV corrisponde una riduzione della percentuale di insoddisfatti del 12 % rispetto al caso ante

operam, doppio rispetto a quanto registrato in presenza della sola vasca d'acqua. Durante la notte non si registrano peggioramenti significativi rispetto a quanto già analizzato nei precedenti casi.

A livello di indice MOCI i valori registrati tra tutti i casi non presentano differenze significative, senza alcuna opzione di rilievo. La lieve variazione del caso B rispetto alla media, dipende fondamentalmente dai risultati ottenuti dal recettore P1 posizionato in prossimità della fonte centrale. Uguale considerazione va fatta in relazione alla differenza tra le variazioni registrate nella piazza e quelle nei canyon (pari al 50%).

*Differente dimensione della superficie d'acqua* (schede di riferimento: a2-caso LB; b2- caso LB; a2-caso LE; b2- caso LE; schede di sintesi R1; R2-R3)

Un aumento della superficie d'acqua pari al doppio determina nel caso LB+10% un miglioramento del 8,5% rispetto caso LB semplice, con una conseguente variazione del 21% rispetto al caso ante operam, risultati in linea con quanto riscontrato nel caso B (sola vasca a pavimento). A tale variazione corrisponde un peggioramento notturno del 4% circa rispetto al caso LB semplice.

L'aumento, invece, del 10% della superficie umida nel caso LE+10% determina un miglioramento del 25,6% rispetto al caso LE semplice, che arriva ad un 46,8% se considerato rispetto al caso ante operam, a fonte di un PMV notturno pari al -1,50 che, sebbene calcolato come variazione percentuale dia un risultato elevato (+114,3%), corrisponde ad una sensazione di *moderate cold stress*, di poco superiore al gradino sottostante (*stright cold stress*) dove si colloca il valore per il caso LE semplice.

Ciò che incide nuovamente in maniera incisiva è l'abbassamento del valore della temperatura media radiante nelle aree più prossime alla fonte, nelle ore di massimo irraggiamento. Si registra, pertanto, un significativo miglioramento della sensazione termica passando da una condizione di *strong heat* ad una di *moderate heat stress* (PMV= 1,93). L'aumento di umidità relativa è intorno al 5-7%, mentre l'indice degli insoddisfatti segna un miglioramento di quasi 15 punti percentuali.



42. Si deve tener presente che il software utilizzato è stato impostato su una maglia di 4m in elevato e non si ha la certezza che riesca a valutare correttamente una variazione tale in elevato.

*Differente dimensione della lama d'acqua* (schede di riferimento: a3-caso LB; b3- caso LB a3-caso LE; b3- caso LE; schede di sintesi R4)

L'aumento in verticale della dimensione della lama d'acqua, da un'altezza 1m ad un'altezza di 2m, non comporta alcuna variazione significativa (se non un minimo peggioramento)<sup>42</sup>.

Il limite di questo tipo di intervento riguarda la maggiore invasività percettiva dell'intervento, il cui peso va valutato caso per caso.

#### Deduzioni generalizzabili

- ⇒ **D.9** posizionare, ove possibile, una superficie verticale d'acqua riduce la temperatura radiante di quella parte dell'invaso.
- ⇒ **D.10** è preferibile il posizionamento di una lama d'acqua in zona di semi-ombra in aree con bassa umidità relativa.
- ⇒ **D.11** la maggiore dimensione in elevato della lama non incide sulla condizione termica del modello (dato da sottoporre ad ulteriore verifica).
- ⇒ **D.3 bis** aumentare del doppio la dimensione della superficie d'acqua determina circa un 20% di miglioramento rispetto al caso ante operam, che può arrivare al 40% se si progetta una superficie in elevato di almeno un metro.

#### Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso LB:</b>	-14%	+71%	-4%	+62%
- Caso LB+10%	-21%	+79%	-7%	+70%
- Caso LB h2m	-13%	+57%	-3%	+48%
<b>Caso LD:</b>	-18%	+79%	-6%	+70%
<b>Caso LE:</b>	-28%	+71%	-12%	+62%
- Caso LE+10%	-47%	+114%	-28%	+105%
- Caso LE h2m	-27%	+71%	-11%	+62%

**Disposizione della fonte lungo la direzione prevalente di flusso (casi LC e LG)**

Schede di riferimento Tessuto A (appendice C2.A; par. 10.5.3):  
**caso LC:** a-caso LC; b- caso LC; c- caso LC; schede di sintesi R1; RM  
**caso LG:** a-caso LG; b- caso LG; c- caso LG; schede di sintesi R1; RM

<b>Caso LC:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	sole	→	laterale	→	5%
<b>Caso LG:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	sole	→	laterale	→	5%

Non si apprezza in questi due casi una variazione significativa rispetto ai due casi corrispondenti senza lama d'acqua.

**Variazioni percentuali dal caso ante operam:**

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso LC:</b>	-15%	+71%	-4%	+62%
<b>Caso LG:</b>	-17%	+79%	-5%	+70%

## Tessuto B2

### Disposizione della fonte in zona di calma di vento (casi LB, LD e LE)

Schede di riferimento Tessuto B (appendice C2.B; par. 10.5.3):

**caso LB:** a-caso LB; b- caso LB; a2-caso LB; b2- caso LB; schede di sintesi R1; R2; RM

**caso LD:** a-caso LD; b- caso LD; schede di sintesi R1; RM

**caso LE:** a-caso LE; b- caso LE; a2-caso LE; b2- caso LE; schede di sintesi R1; R2; RM

<b>Caso LB:</b>	intensità $0 < x < 0,5$ [m/s]	pieno sole	→	centrale	→	5% 10%
<b>Caso LD:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	pieno sole	→	laterale	→	5%
<b>Caso LE:</b>	intensità $0 < x < 0,25$ [m/s]	Semi- ombra	→	laterale	→	5% 10%

Anche per il tessuto B si riscontra un miglioramento più accentuato nel caso LE (-29%), passando da un PMV pari a 4,47 del caso A.O. ad un PMV pari a 3,17, quindi ad una sensazione termica che rientra all'interno della scala di riferimento (*strong heat stress*).

Se la superficie d'acqua del caso LE viene, però, maggiorata del 10% i benefici diurni riscontrabili sono relativi (PMV=3,1) a fronte di un peggioramento consistente nelle ore notturne (PMV=-2,30 pari ad una sensazione termica di *moderate cold stress*).

### Deduzioni generalizzabili

⇒ **D.12** per intensità di vento superiori a 1,5m/s è preferibile non maggiorare la superficie d'acqua in zone d'ombra.

Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso LB:</b>	-15%	71%	nd. <sup>38</sup>	62%
- Caso LB+10%	-20%	86%	nd.	47%
<b>Caso LD:</b>	-16%	86%	nd.	77%
<b>Caso LE:</b>	-29%	71%	nd.	62%
- Caso LE+10%	-33%	229%	-6%	206%

**Disposizione della fonte lungo la direzione prevalente di flusso (casi LC e LG)**

Schede di riferimento Tessuto B (appendice C2.B; par. 10.5.3):

**caso LC:** a-caso LC; b- caso LC; c- caso LC; schede di sintesi R1; RM

**caso LG:** a-caso LG; b- caso LG; c- caso LG; schede di sintesi R1; RM

<b>Caso LC:</b>	intensità $0 < x > 0,5$ [m/s]	sole → laterale →	5%
<b>Caso LG:</b>	intensità $0 < x > 0,5$ [m/s]	sole → laterale →	5%

Non si apprezzano variazioni significative rispetto ai due casi corrispondenti senza lama d'acqua.

Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno	PMV notturno	PPD diurno	PPD notturno
<b>Caso LC:</b>	-16%	79%	nd. <sup>38</sup>	70%
<b>Caso LG:</b>	-14%	71%	nd.	62%

### 10.5.3 Schede di sintesi degli scenari analizzati. Tessuti A e B (scenari con vasca a pavimento e con lama d'acqua).

Nei paragrafi precedenti, come visto, si è presentato sia un'analisi dei singoli scenari sia un confronto tra di essi in relazione a caratteristiche anemometriche affini. Quanto finora esposto è qui riassunto in tavole sinottiche in cui si graficizzano i risultati in relazione prevalentemente ai valori ottenuti dagli indici di comfort analizzati. Tali risultati sono divisi per tipo di tessuto (A o B) e si riferiscono sia agli scenari con vasca sia con lama d'acqua messi a confronto. Queste percentuali qui riassunte saranno poi riprese nei diagrammi di sintesi ad albero a fine capitolo (scheda 3 e 4), diagrammi che formeranno parte dello strumento di valutazione proposto. (Rif. capitolo 11).

#### Schede R1.

Le schede sono suddivise in tre sotto-schede:

La prima presenta una sintesi delle medie dei valori di PMV registrati nell'arco temporale ampio (4:00-20:00) nei vari scenari analizzati. Per i singoli scenari, sia con vasca sia con lama d'acqua, vengono riportate le percentuali di miglioramento(-)/peggioramento (+) rispetto al caso ante operam, presentando una classificazione dei casi in funzione dei risultati maggiormente performanti. La valutazione viene effettuata sia considerando l'indice in condizioni diurne che notturne.

La seconda presenta una analoga sintesi dei valori di PMV registrati ma nell'arco temporale limitato (ore 4:00 ed ore 14:00), valutando quindi il dato in relazione alle ore in cui si registrano, in media, le condizioni più gravose di T°a e UR%. Sempre in questa scheda si presenta una sintesi anche dei valori di umidità relativa, mettendo

a confronto i valori registrati nel caso ante operam con quelli registrati nei differenti scenari.

La terza presenta un confronto tra i vari valori di PPD registrati nei vari scenari, sempre in relazione con quelli del caso ante operam, sia nella condizione diurna che notturna.

#### Schede RM.

Le schede presentano una sintesi dei valori dell'indice MOCI - valore medio strada e piazza - per i vari scenari, sia nella condizione diurna che notturna.

Anche in questa scheda vengono riportate le percentuali di miglioramento/peggioramento rispetto al caso ante operam,

#### Schede R2-R3- R4

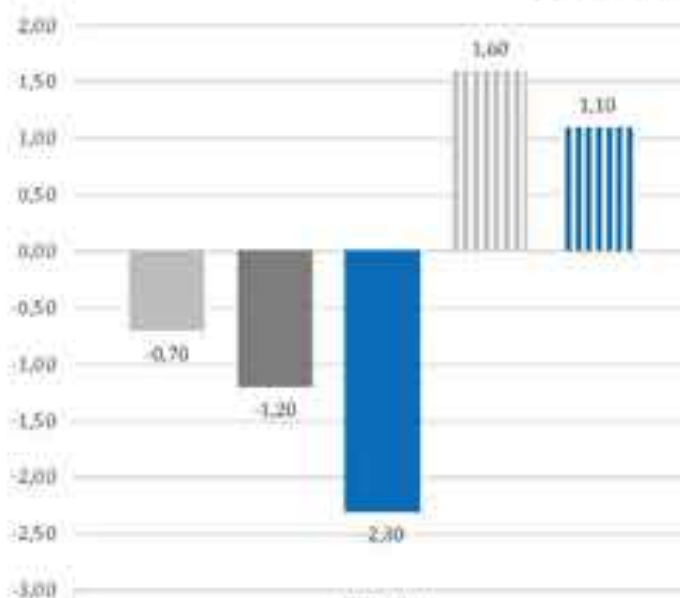
Le schede presentano i confronti in termini di PMV e PPD per singoli scenari in cui si è sperimentato sia la maggiorazione della superficie d'acqua (R2 ed R3 rispettivamente del 10 e 15%) sia una elevazione della lama d'acqua a +2m.

## caso LE +10%

PMV NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PMV valori medi	-0,70	-1,20	2,30
<b>Variazione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			91,7%
			228,6%

PPD NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PPD valori medi	26,6	43,0	81,3
<b>Variazione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			89,07%
			205,64%

## PMV notturno



	notturno
PMV medio caso zero	0,70
LE caso iniziale pmv medio	1,20
LE +10% pmv medio	2,30
LE+10% pmv medio - diff con caso A.O.	1,60
LE+10% pmv medio - diff con caso LE iniziale	1,10
andamento	

SCHEDE DI SINTESI DEGLI SCENARI ANALIZZATI  
TESSUTO A

SCENARI CON VASCA A PAVIMENTO E CON LAMA D'ACQUA



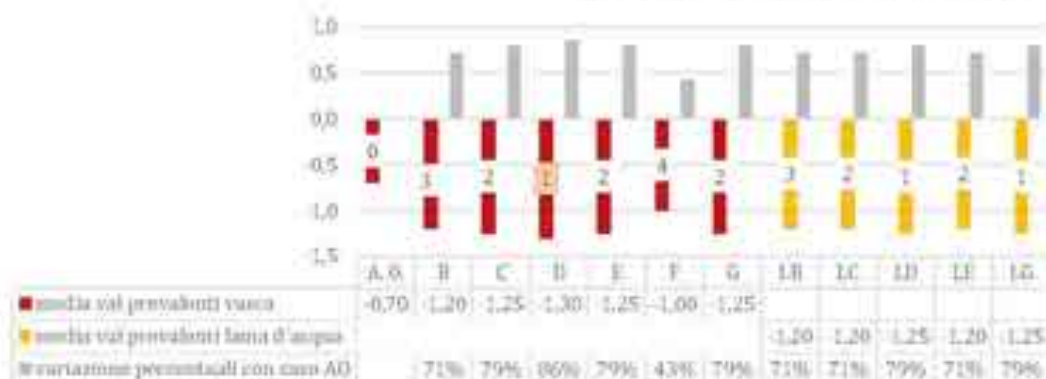
Indice PMV Rayman												
GIURNO	A.0.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	3,63	3,13	3,00	3,07	3,03	3,20	2,93	3,13	3,10	2,97	2,60	3,03
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		-14%	-17%	-16%	-17%	-12%	19%	-14%	-15%	-18%	-28%	-17%
ordine di miglioramento												

PMV diurno - Classificazione dei casi



Indice PMV Rayman												
NOTTURNO	A.0.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	-0,70	-1,20	-1,25	-1,30	-1,25	-1,00	-1,25	-1,20	-1,20	-1,25	-1,20	-1,25
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		71%	79%	86%	79%	43%	79%	71%	71%	79%	71%	79%
ordine peggioramento												

PMV notturno - Classificazione dei casi



Indice PMV Rayman													
GIORNO	A.O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG	
valori medi													
	04:00	-1,40	-1,80	-1,90	-1,90	-1,80	-1,40	-1,80	-1,80	-1,80	-1,80	-1,80	
	14:00	3,80	3,30	3,20	3,20	3,20	3,40	3,10	3,40	3,30	3,30	2,90	3,20
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam													
valori prevalenti													
ordine peggioramento 4													
ordine miglioramento 14													
PMV	04:00	29%	36%	36%	29%	0%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	
PMV	14:00	-13%	-16%	-16%	-16%	-11%	10%	-11%	-13%	-13%	-26%	-16%	

## Valori di UR% a confronto

UR diurna media	42,0 %			
UR notturna media	56,6 %			
caso B				
UR diurna media	53,0 %	diff. Col caso A.O.	10,9	
UR notturna media	72,5 %		15,9	
caso C				
UR diurna media	57,6 %	diff. Col caso A.O.	15,6	
UR notturna media	74,4 %		17,8	
caso D				
UR diurna media	59,4 %	diff. Col caso A.O.	17,4	
UR notturna media	75,6 %		19,0	
caso E				
UR diurna media	56,6 %	diff. Col caso A.O.	14,6	
UR notturna media	74,2 %		17,6	
caso F				
UR diurna media	50,9 %	diff. Col caso A.O.	8,9	
UR notturna media	70,8 %		14,2	
caso G				
UR diurna media	60,1 %	diff. Col caso A.O.	18,1	
UR notturna media	75,0 %		18,4	
Medie differenze vasca				
diff. UR diurna	14,3	Medie differenze lama	diff. UR diurna	12,2
diff. UR notturna	17,1		diff. UR notturna	16,4
Medie generali vasca				
UR diurna	56,3	Medie generali lama	UR diurna	54,2
UR notturna	73,7		UR notturna	72,9

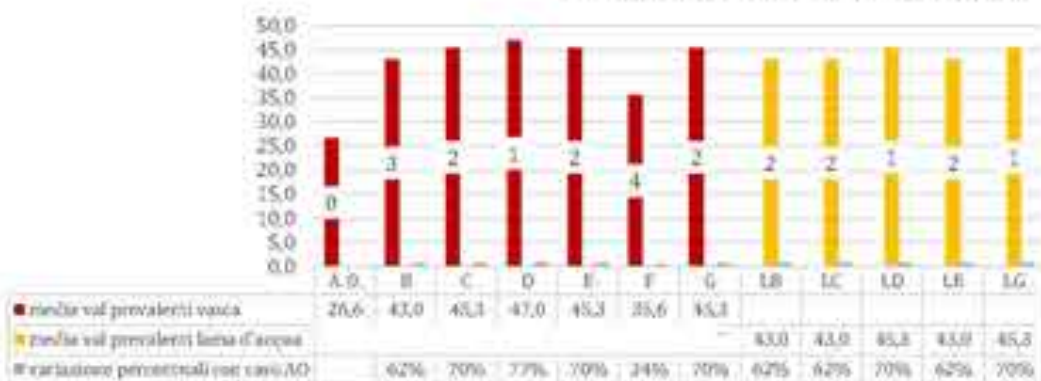
Indice PPD (Roma)												
GIURNO	A.0.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	100,0	96,0	94,3	95,3	94,8	97,0	93,3	96,0	95,6	94,0	88,0	94,8
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		-4%	-6%	-5%	-5%	-3%	-7%	-4%	-4%	-6%	-12%	-5%
ordine di miglioramento								5	4	2	1	3

PPD diurno - Classificazione dei casi



Indice PPD (Roma)												
NOTTURNO	A.0.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	26,6	43,0	45,3	47,0	45,3	35,6	45,3	43,0	43,0	45,3	43,0	45,3
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		62%	70%	77%	70%	34%	70%	62%	62%	70%	62%	70%
ordine peggioramento												

PPD notturno - Classificazione dei casi



Indice MCI												
GIORNO	A. O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	1,148	1,087	1,079	1,095	1,091	1,090	1,091	-1,076	1,080	1,099	1,096	1,134
piazza	1,612	1,515	1,513	1,526	1,524	1,520	1,523	1,492	1,508	1,534	1,530	1,609
strada	0,680	0,660	0,650	0,660	0,660	0,660	0,660	0,659	0,652	0,663	0,661	0,659
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		-5,3%	-6,0%	-4,7%	-5,0%	-5,1%	-5,0%	-6,3%	-6,0%	-4,3%	-4,5%	-1,2%
ordine di miglioramento		uniforme						2	3	3	1	4
PMV piazza		-6%	-6%	-5%	-5%	-6%	-6%	-7%	-6%	-5%	-5%	0%
ordine di miglioramento		uniforme										
PMV strada		-3%	-4%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-4%	-2%	-3%	-3%

Indice MCI												
NOTTURNO	A. O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	-1,901	-1,952	-1,949	-1,952	-1,942	-1,950	-1,994	-1,948	-1,944	-1,946	-1,939	-1,949
piazza	-1,843	-1,915	-1,910	-1,915	-1,900	-1,913	-1,916	-1,913	-1,903	-1,908	-1,895	-1,911
strada	-1,959	-1,990	-1,989	-1,988	-1,984	-1,986	-2,072	-1,983	-1,985	-1,984	-1,980	-1,987
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		2,7%	2,5%	2,7%	2,1%	2,6%	4,9%	2,5%	2,2%	2,4%	1,9%	2,5%
ordine di peggioramento		uniforme										
PMV piazza		3,9%	3,6%	3,9%	3,1%	3,8%	3,9%	3,8%	3,2%	3,5%	2,8%	3,7%
ordine di peggioramento		uniforme										
PMV strada		1,6%	1,5%	1,5%	1,3%	1,4%	5,0%	1,2%	1,3%	1,3%	1,1%	1,5%

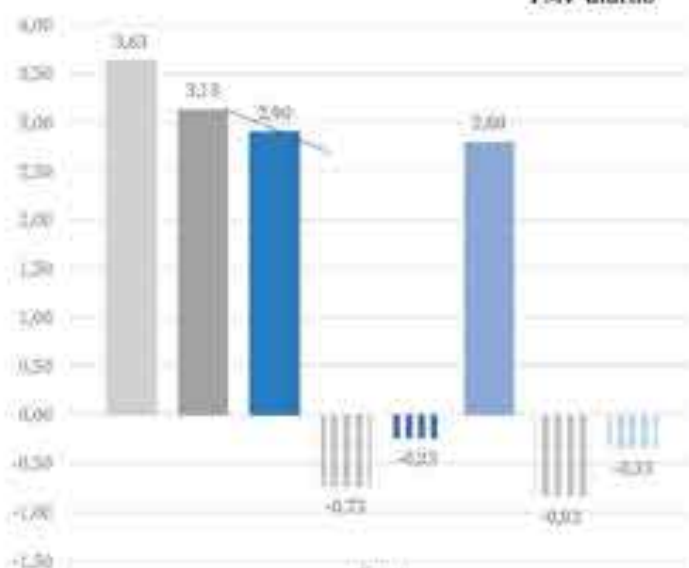


**caso B +10% e caso B+15%**

PMV DIURNO- caso B	A.O.	CASO B INIZ.	CASO B+10%	CASO B+15%
PMV valori medi	3,63	3,13	2,90	2,80
<b>Variazione percentuale con caso b iniziale</b>				
variazione percentuale con caso zero				
PMV prevalente			-7,45%	-10,64%
			20,11%	22,94%

PPD DIURNO- caso B	A.O.	CASO B INIZ.	CASO B+10%	CASO B+15%
PPD valori medi	100,0	96,0	93,00	91,60
<b>Variazione percentuale con caso b iniziale</b>				
variazione percentuale con caso zero				
PMV valori medi			-3,13%	-4,58%
			7,00%	8,40%

**PMV diurno**

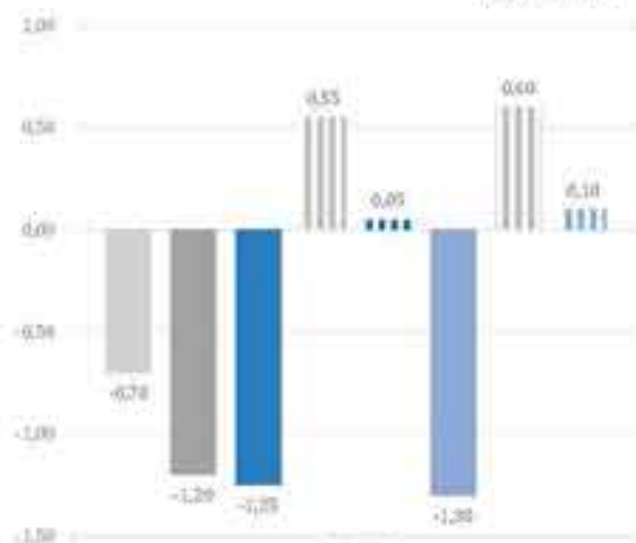


caso zero	PMV medio caso zero	3,63
caso iniziale	PMV medio caso iniziale	3,13
caso B+10%	PMV medio caso B+10%	2,90
caso B+10% diff	PMV medio caso B+10% - diff con caso iniziale	-0,23
caso B+10% diff	PMV medio caso B+10% - diff con caso iniziale	-0,23
caso B+15%	PMV medio caso B+15%	2,80
caso B+15% diff	PMV medio caso B+15% - diff con caso iniziale	-0,83
caso B+15% diff	PMV medio caso B+15% - diff con caso iniziale	-0,83
	andamento	

## caso B +10% e caso B+15%

PMV NOTTURNO - caso B	CASO ZERO	CASO B INIZ.	CASO B+ 10%	CASO B+15%
PMV valori medi	-0,70	-1,20	-1,25	-1,30
<b>Variatione percentuale con caso b iniziale</b>				
variazione percentuale con caso zero				
PMV valori medi			4,17%	8,33%
			70,57%	85,71%
PPD NOTTURNO- caso B	A.O.	CASO B INIZ.	CASO B+ 10%	CASO B+15%
PPD valori medi	26,6	43,0	45,30	47,00
<b>Variatione percentuale con caso b iniziale</b>				
variazione percentuale con caso zero				
PMV valori medi			5,35%	9,30%
			70,30%	76,69%

## PMV notturno

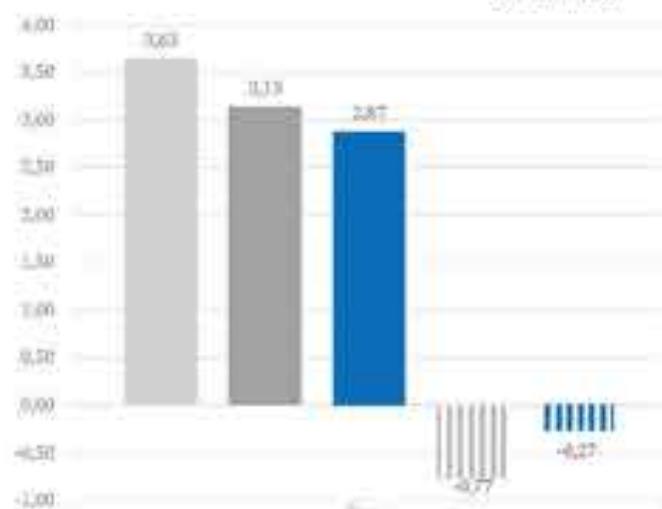


caso zero	-0,70
caso iniziale	-1,20
+10%	-1,25
+10% diff. con caso A.O.	0,55
+10% diff. con caso B iniziale	0,05
+15%	-1,30
+15% diff. con caso A.O.	0,60
+15% diff. con caso B iniziale	0,10
ambiente	

## caso LB +10%

PMV DIURNO- caso lama LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PMV valori medi	3,63	3,13	2,87
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			-8,51%
			-21,10%
PPD DIURNO- caso lama LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PPD valori medi	100,00	96,00	92,70
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			-3,44%
			-7,30%

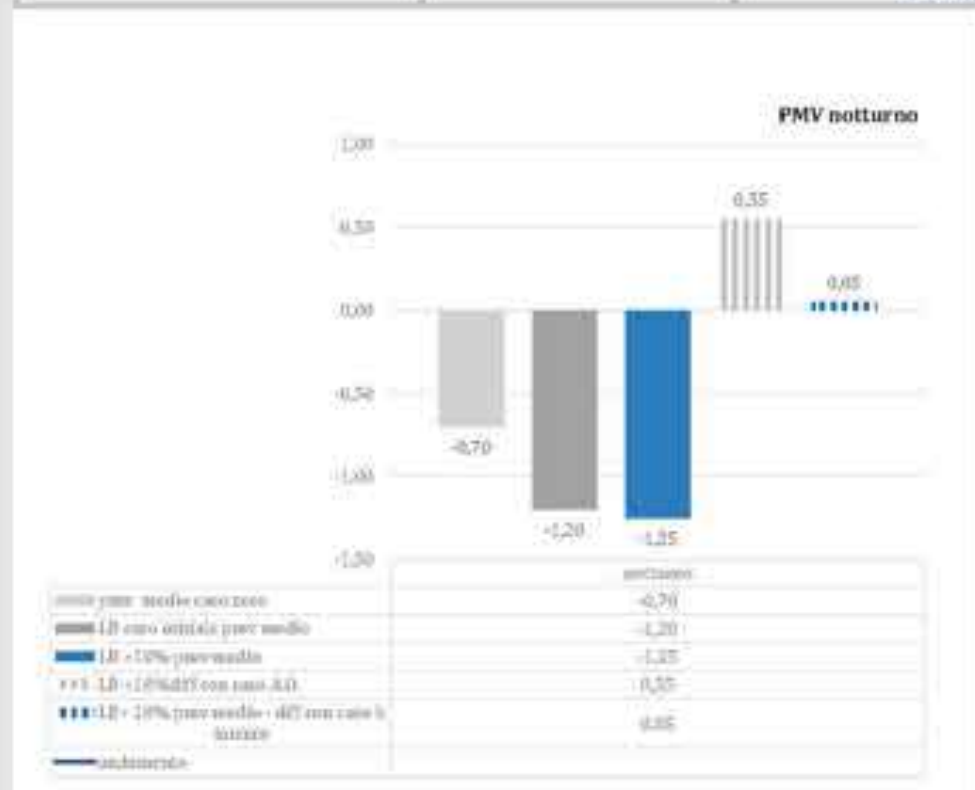
## PMV diurno



caso zero medio caso zero	diurno	3,63
caso LB iniziale caso medio		3,13
caso LB +10% caso medio		2,87
caso zero A.O.		-0,77
LB +10% caso medio - del caso zero LB iniziale		-0,27
colonna		



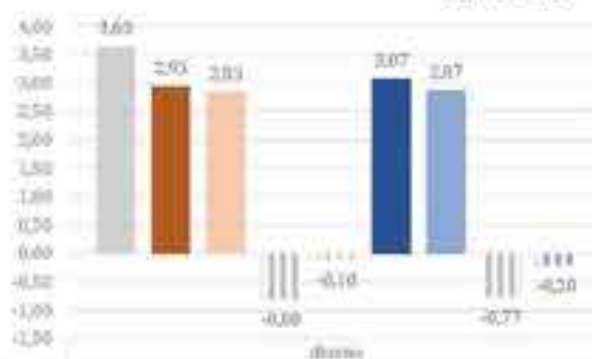
caso LB +10%			
PMV NOTTURNO - caso LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PMV valori medi	0,70	-1,20	-1,25
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			<b>-4,17%</b>
			79,57%
PPD NOTTURNO- caso lama LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PPD valori medi	26,6	43,0	45,3
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			<b>5,35%</b>
			70,39%



## caso G +10% e caso D+10%

PMV DIURNO- caso G ed D+10%	A.O.	G iniz	G+10%	D iniz	D+10%
PMV valori medi	3,63	2,93	2,83	3,07	2,87
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PMV valori medi			-3%		-6,5%
			-2,02%		-21,10%
<b>PPD DIURNO- caso G ed D+10%</b>					
	A.O.	G iniz	G+10%	D iniz	D+10%
PPD valori medi	100,00	93,3	92,0	95,30	92,60
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PPD valori medi			-1%		-2,8%
			-0,00%		-7,40%

## PMV diurno

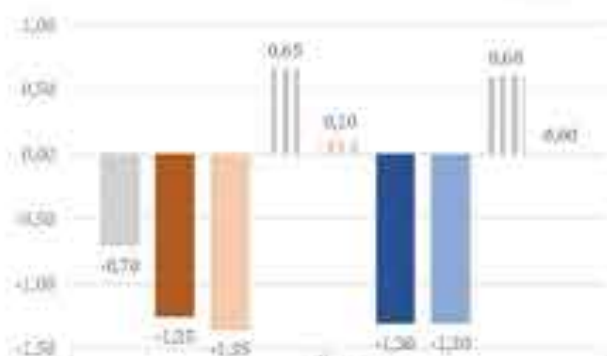


----- pmv medio caso zero	3,63
■ G case iniziale pmv medio	2,93
■ G+10 pmv medio	2,83
+ + + + G+10 diff. con caso A.O.	-0,80
+ + + + G+10 pmv medio - diff. con caso G iniziale	-0,10
■ D case iniziale pmv medio	3,07
■ D+10 pmv medio	2,87
+ + + + D+10 pmv medio - diff. con caso A.O.	-0,77
+ + + + D+10 pmv medio - diff. con caso G iniziale	-0,20
----- mediozero	

## caso G+10% e caso D+10%

PMV NOTTURNO- caso G ed D+10%	A.O.	G iniz	G+10%	D iniz	D+10%
PMV valori medi	-0,70	-1,25	-1,35	-1,30	-1,30
<b>Variazione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PMV valori medi			8%		0,0%
			12,9%		15,7%
PPD NOTTURNO- caso G ed D+10%	A.O.	G iniz	G+10%	D iniz	D+10%
PPD valori medi	26,60	45,3	49,0	47,00	47,00
<b>Variazione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PPD valori medi			8%		0,0%
			84,21%		70,69%

## PMV giorno



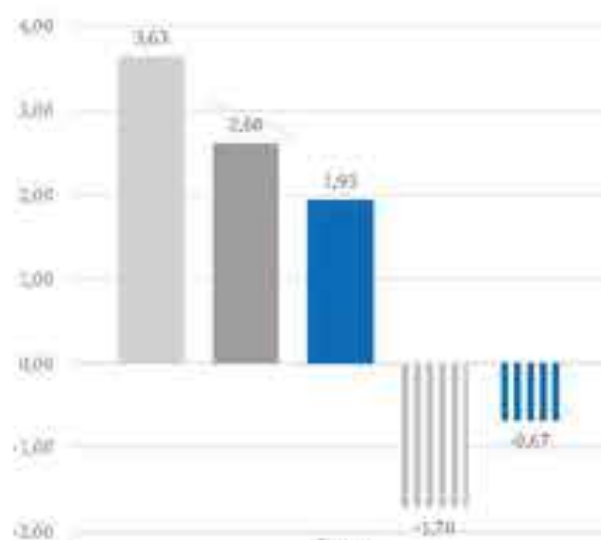
----- caso zero	-0,70
■ G case iniziale	-1,25
■ G+10	-1,35
G+10 diff con caso A.O.	0,65
G+10 diff con caso LE iniziale	0,10
■ D case iniziale	-1,30
■ D+10	-1,30
D+10 diff con caso A.O.	0,60
D+10 diff con caso LE iniziale	0,00

## caso LE +10%

PMV DIURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PMV valori medi	3,63	2,60	1,93
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			-25,64%
			-46,79%

PPD DIURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PPD valori medi	100,0	88,0	72,3
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			-17,84%
			-27,70%

## PMV diurno



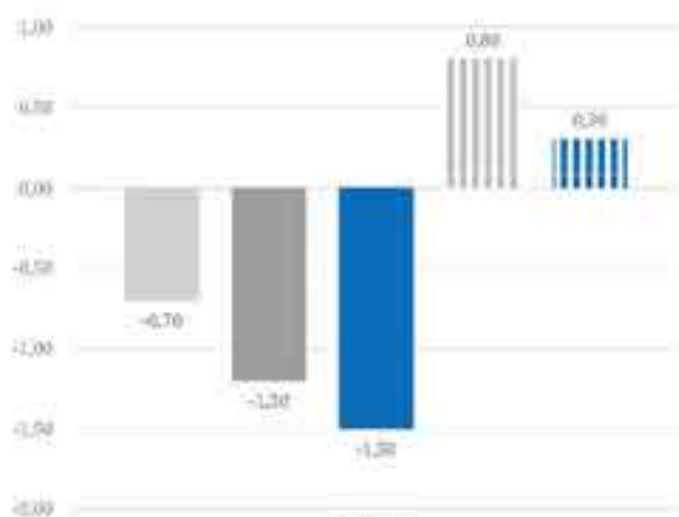
valore medio caso zero	3,63
LE caso iniziale per medie	2,60
LE +10% per medie	1,93
LE+10% per medie - diff con caso A.O.	-1,70
LE +10% medie - diff con caso LE iniziale	-0,67
valore medio	

## caso LE +10%

PMV NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PMV valori medi	-0,70	-1,20	-1,50
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			25,0%
			114,3%

PPD NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PPD valori medi	26,6	43,0	54,6
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			26,90%
			105,26%

## PMV notturno



Scenario	PMV notturno
caso zero medio caso zero	-0,70
LE caso iniziale prev medio	-1,20
LE +10% prev medio	-1,50
caso A.O.	0,00
LE +10% prev medio -diff con caso LE iniziale	0,30

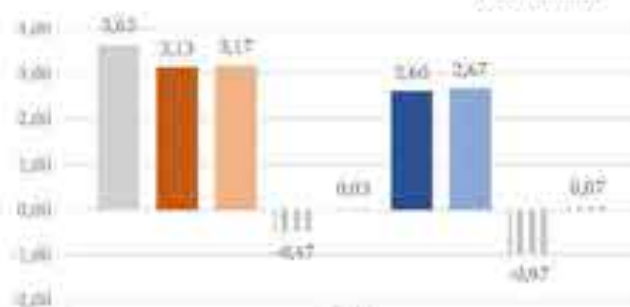
caso LB h 2m e caso LE h 2m

PMV DIURNO- caso LB ed LE	A.O.	LB iniz	LB 2m	LE iniz	LE 2m
PMV valori medi	3,63	3,13	3,17	2,60	2,67
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PMV valori medi			1%		2,6%
			-12,94%		-26,61%

PPD DIURNO- caso LB ed LE	A.O.	LB iniz	LB 2m	LE iniz	LE 2m
PPD valori medi	100,00	95,00	96,60	88,00	89,30
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PPD valori medi			1%		1,5%
			-3,40%		-10,70%

PMV diurno



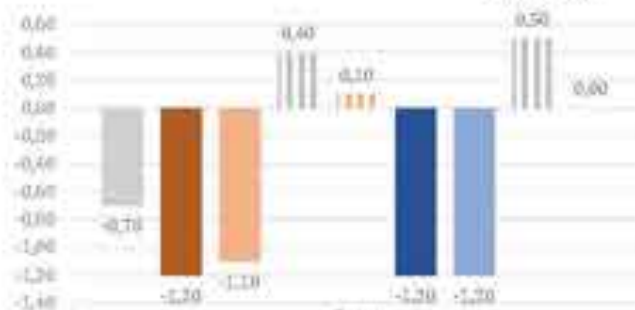
caso zero medio caso zero	diurno	3,63
LB caso iniziale pure medio		3,13
LB 2m pure medio		3,17
LB 2m diff caso caso A.O.		-0,47
LB 2m pure medio - diff caso caso LB iniziale		0,03
LE caso iniziale pure medio		2,60
LE 2m pure medio		2,67
LE 2m pure medio - diff caso caso A.O.		-0,97
LE 2m pure medio - diff caso caso LE iniziale		0,07
caso zero		

## caso LB h 2m e caso LE h 2m

PMV NOTTURNO- caso LB ed LE	A.O.	LB iniz	LB 2m	LE iniz	LE 2m
PMV valori medi	-0,70	-1,20	-1,10	-1,20	-1,20
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PMV valori medi			-8%		0,0%
			57,1%		71,4%

PPD NOTTURNO- caso LB ed LE	A.O.	LB iniz	LB 2m	LE iniz	LE 2m
PPD valori medi	26,60	43,00	39,30	43,00	43,00
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>					
variazione percentuale con caso zero					
PPD valori medi			-9%		0,0%
			47,4%		61,6%

## PMV diurno



caso zero	-0,70
LB caso iniziale	-1,20
LB 2m	-1,10
LE 2m diff con caso A.O.	0,40
LB 2m caso medio - diff con caso LB iniziale	0,10
LE caso iniziale	-1,20
LE 2m	-1,20
LE 2m caso medio - diff con caso A.O.	0,50
LE 2m caso medio - diff con caso LE iniziale	0,00
caso zero	-0,70



SCHEDE DI SINTESI DEGLI SCENARI ANALIZZATI  
TESSUTO B

SCENARI CON VASCA A PAVIMENTO E CON LAMA D'ACQUA

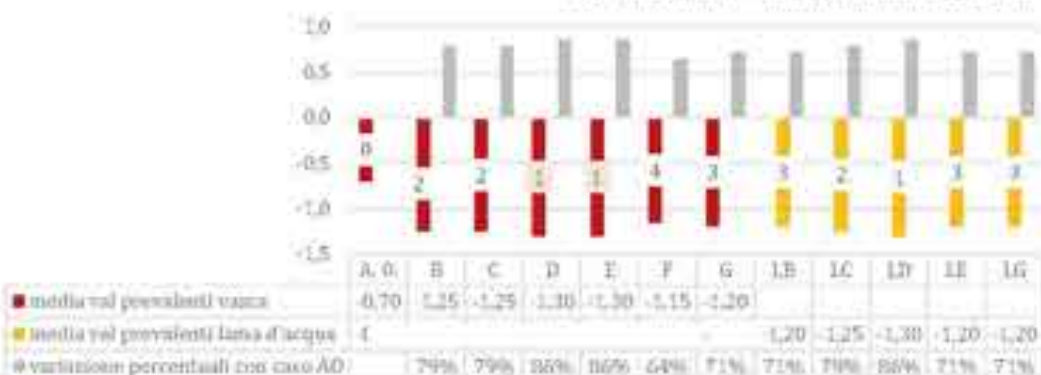
Indice PMV Rayman												
GIORNO	A. O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	4,47	3,83	3,63	3,63	3,73	3,97	3,73	3,80	3,73	3,73	3,17	3,83
diff. con Tessuto A	0,84	0,70	0,63	0,56	0,70	0,77	0,80	0,67	0,63	0,76	0,57	0,80
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		-14%	-19%	-19%	-16%	-11%	-16%	-15%	-16%	-16%	-29%	-14%
ordine di miglioramento												

PMV diurno - Classificazione dei casi



Indice PMV Rayman												
NOTTURNO	A. O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	-0,70	-1,25	-1,25	-1,30	-1,30	-1,15	-1,20	-1,20	-1,25	-1,30	-1,20	-1,20
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		79%	79%	86%	86%	64%	71%	71%	79%	86%	71%	71%
ordine peggioramento												

PMV notturno - Classificazione dei casi



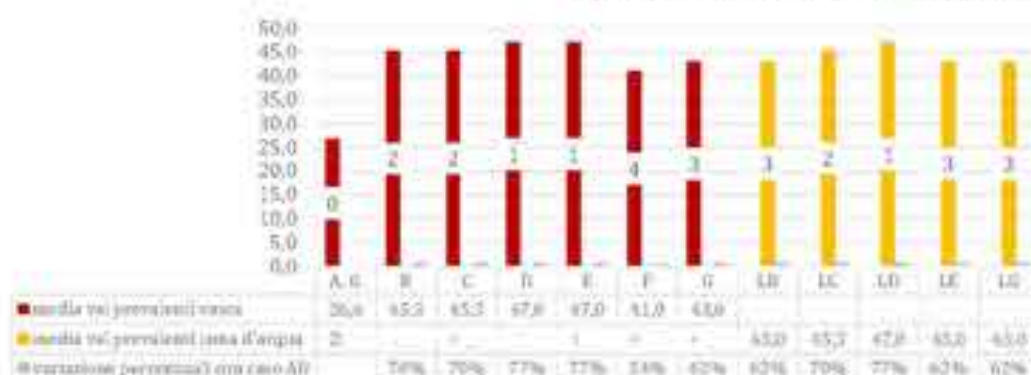
Indice PMV Rayman													
GIORNO	A.O.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG	
valori medi													
	04:00	-1,50	-1,90	-1,90	-1,90	-1,90	-1,80	-1,90	-1,80	-1,90	-1,90	-1,80	
	14:00	4,90	4,30	4,10	4,10	4,20	4,40	4,20	3,40	4,20	4,20	3,60	4,30
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam													
valori prevalenti													
media peggioramento 4													
media miglioramento 14													
PMV	04:00	27%	27%	27%	27%	20%	27%	20%	27%	27%	20%	20%	
PMV	14:00	-12%	-16%	-16%	-14%	-10%	-14%	-31%	-14%	-14%	-27%	-12%	

## Valori di UR% a confronto

UR diurna media	41,9%			
UR notturna media	56,5%			
caso B				
UR diurna media	57,1%	diff. Col caso A.O.	15,3	
UR notturna media	73,2%		16,7	
caso C				
UR diurna media	63,7%	diff. Col caso A.O.	21,8	
UR notturna media	74,6%		18,2	
caso D				
UR diurna media	63,9%	diff. Col caso A.O.	22,1	
UR notturna media	74,9%		18,5	
caso E				
UR diurna media	60,5%	diff. Col caso A.O.	18,6	
UR notturna media	74,3%		17,8	
caso F				
UR diurna media	51,5%	diff. Col caso A.O.	9,6	
UR notturna media	69,4%		12,9	
caso G				
UR diurna media	61,6%	diff. Col caso A.O.	19,7	
UR notturna media	74,0%		17,5	
Medie differenze vasca				
diff. UR diurna	17,9	Medie differenze lama	diff. UR diurna	16,4
diff. UR notturna	16,9		diff. UR notturna	16,8
Medie generali vasca				
UR diurna	59,7	Medie generali lama	UR diurna	58,3
UR notturna	73,4		UR notturna	73,3

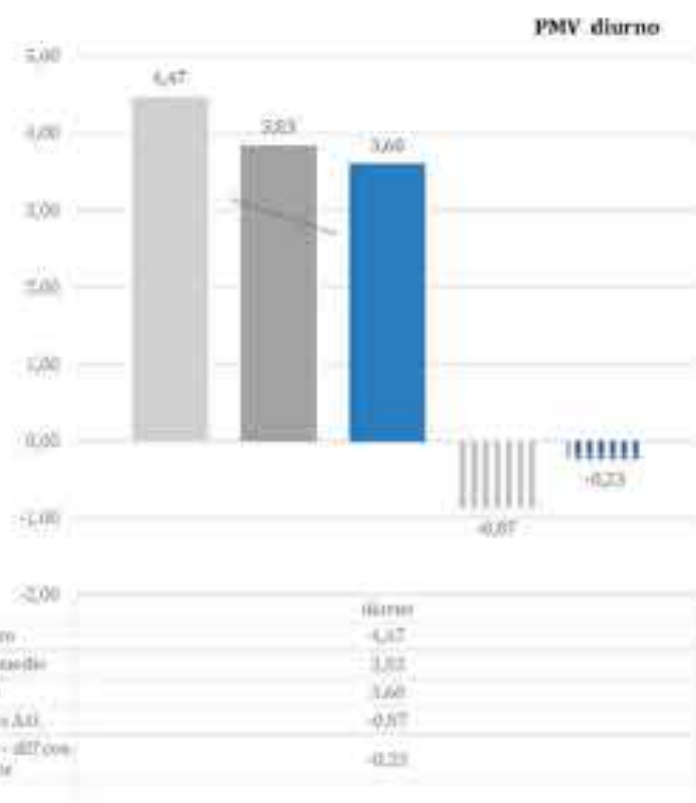
Indice PPD (Roma)												
NOTTURNO	A.0.	B	C	D	E	F	G	LB	LC	LD	LE	LG
valori medi	26,6	45,3	45,3	47,0	47,0	41,0	43,0	43,0	45,3	47,0	43,0	43,0
Variazione percentuale rispetto al caso ante operam												
valori prevalenti		70%	70%	77%	77%	54%	62%	62%	70%	77%	62%	62%
ordine peggioramento												

PPD notturno - Classificazione dei casi



caso B +10%

PMV DIURNO- caso B	A.O.	CASO B INIZ.	CASO B+10%
PMV valori medi		4,47	3,83
<b>Variatione percentuale con caso b iniziale</b>			
<i>variazione percentuale con caso zero</i>			
PMV prevalente			-6,09%
			19,40%



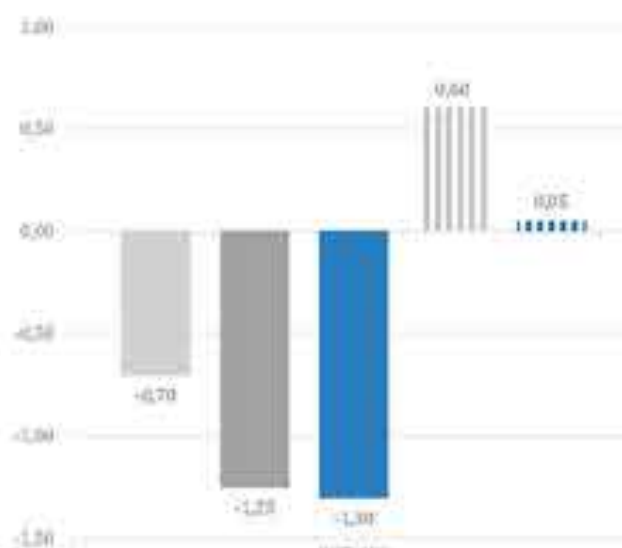
## caso B +10%

PMV NOTTURNO - caso B	CASO ZERO	CASO B INIZ.	CASO B+10%
PMV valori medi	-0,70	1,25	-1,30
<b>Variatione percentuale con caso b iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			<b>4,00%</b>
			85,71%

PPD NOTTURNO- caso B	A.O.	CASO B INIZ.	CASO B+10%
PPD valori medi	26,6	45,3	47,00
<b>Variatione percentuale con caso b iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			<b>3,75%</b>
			75,00%

## PMV notturno

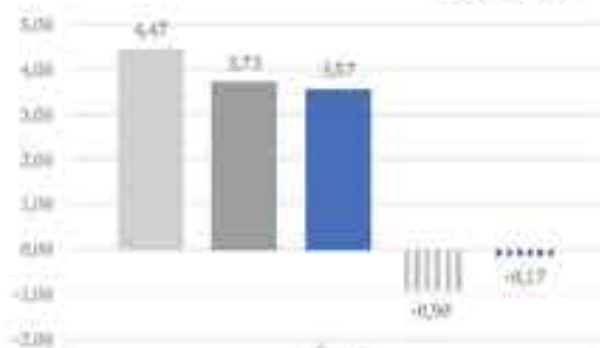


caso zero	-0,70
caso b iniziale	1,25
caso b +10%	-1,30
caso zero - caso b iniziale	0,95
caso zero - caso b +10%	0,05

## caso G +10%

PMV DIURNO- caso G +10%	A.O.	G intz	G+10%
PMV valori medi	4,47	3,73	3,57
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			-4%
			20,15%

PMV diurno



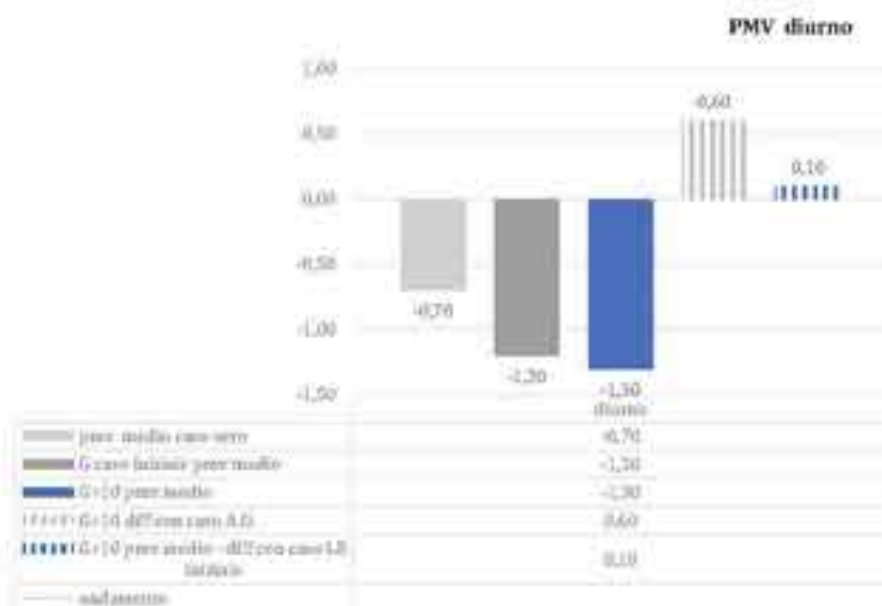
Scenario	PMV diurno
caso zero medio caso zero	4,47
G caso iniziale caso medio	3,73
G+10 caso medio	3,57
diff con caso A.O.	-0,90
diff con caso LB iniziale	-0,17
rendimento	



## caso G +10%

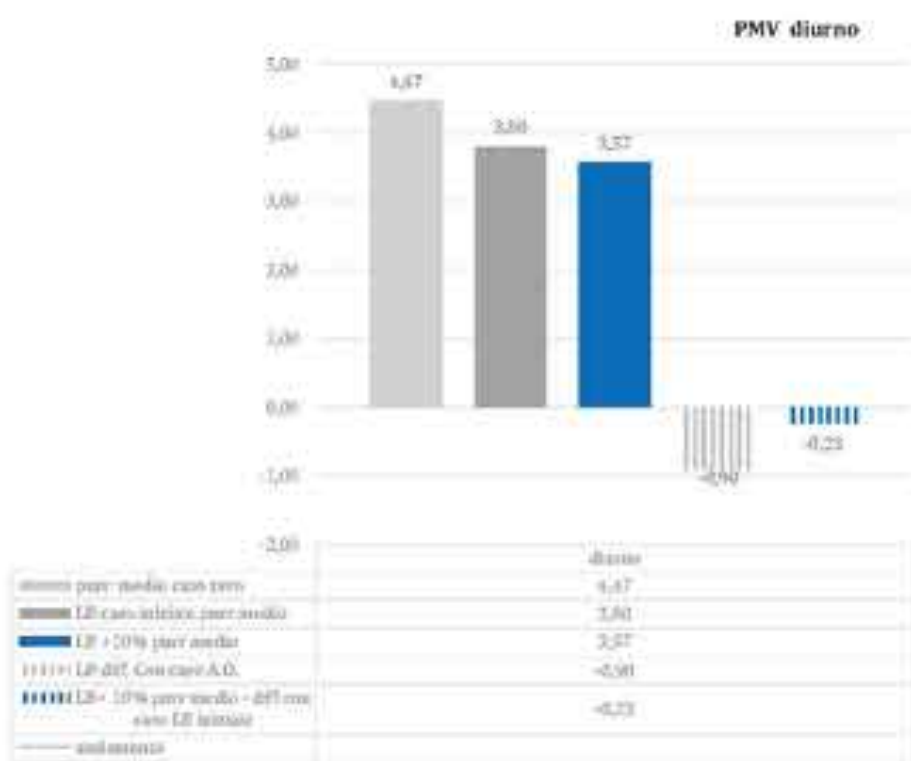
PMV NOTTURNO- caso G +10%	A.O.	G iniz	G+10%
PMV valori medi	-0,70	-1,20	-1,30
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			<b>8%</b>
			85,7%

PPD NOTTURNO- caso G ed D+10%	A.O.	G iniz	G+10%
PPD valori medi	26,60	43,0	47,0
<b>Variatione percentuale con caso iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			<b>9%</b>
			76,60%



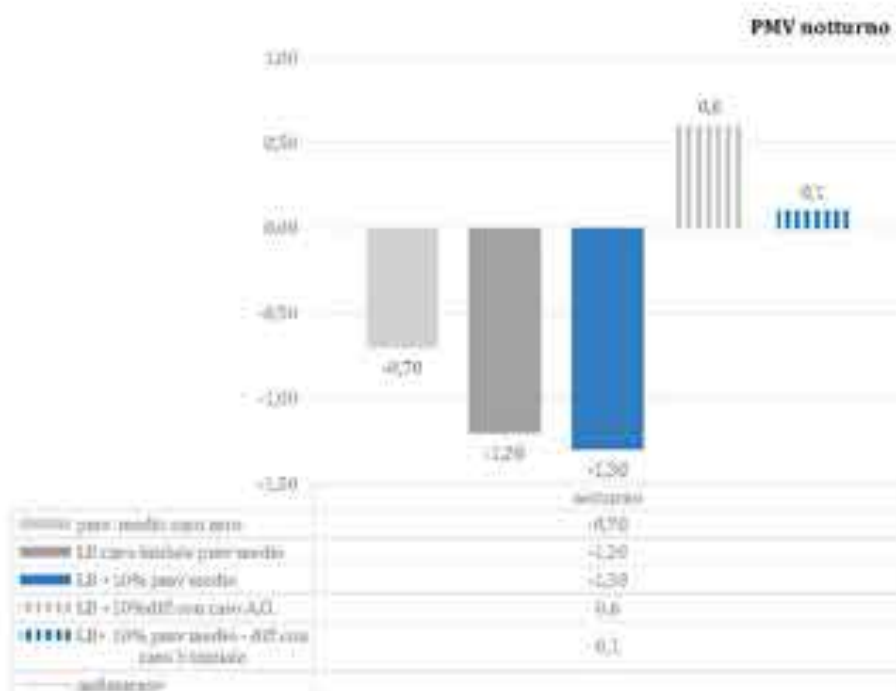
## caso LB +10%

PMV DIURNO- caso lama LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PMV valori medi	4,47	3,80	3,57
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso base			
PMV valori medi			-6,14%
			-20,15%



## caso LB +10%

PMV NOTTURNO - caso LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PMV valori medi	0,70	-1,20	-1,30
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			8,33%
			85,71%
PPD NOTTURNO- caso lama LB	A.O.	CASO LB INIZ.	CASO LB+10%
PPD valori medi	26,6	43,0	47,0
<b>Variatione percentuale con caso LB iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			9,30%
			76,69%

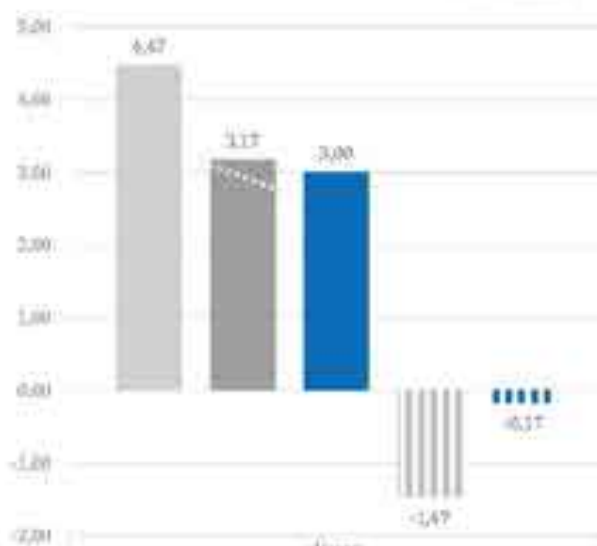


## caso LE +10%

PMV DIURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PMV valori medi	4,47	3,17	3,00
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			-5,26%
			32,84%

PPD DIURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PPD valori medi	100,0	nd.	94,3
<b>Variatione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			-5,70%

## PMV diurno



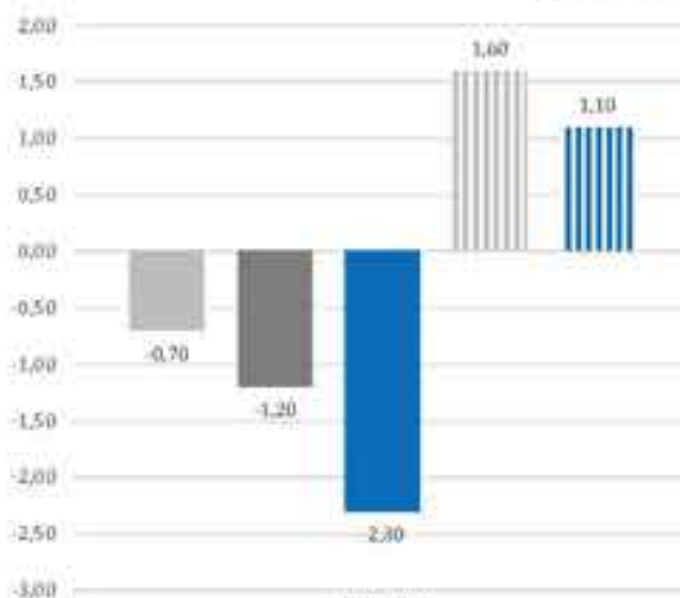
caso zero	diurno	4,47
LE caso iniziale	diurno	3,17
LE +10%	diurno	3,00
LE +10% caso medio - diff con caso zero	diurno	-1,47
LE +10% medio - diff con caso LE iniziale	diurno	-0,17
andamento		

## caso LE +10%

PMV NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PMV valori medi	-0,70	-1,20	2,30
<b>Variazione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PMV valori medi			91,7%
			228,6%

PPD NOTTURNO- caso Lama LE	A.O.	CASO LE INIZ.	CASO LE+10%
PPD valori medi	26,6	43,0	81,3
<b>Variazione percentuale con caso LE iniziale</b>			
variazione percentuale con caso zero			
PPD valori medi			89,07%
			205,64%

## PMV notturno



	notturno
PMV medio caso zero	0,70
LE caso iniziale pmv medio	1,20
LE +10% pmv medio	2,30
LE+10% pmv medio - diff con caso A.O.	1,60
LE+10% pmv medio - diff con caso LE iniziale	1,10
andamento	

#### 10.5.4 Scenari con zampilli e nebulizzazione

Tipo di dispositivo	Localizzazione	Tipo di flusso	Esposizione	Dimensione dispositivo	Tessuto
Nebulizzazione	Diffuso (H)	vario	varia	x	In situ/lett.
Spruzzi da terra	Diffuso (i)	vario	varia	x	lett.

Come visto nel capitolo 4, sistemi a zampillo d'acqua o a nebulizzazione possono potenziare gli effetti di raffreddamento dell'aria innescando un processo iso-entalpico di raffreddamento – o a volte anche peggiorare la condizione di comfort-: “Water droplets in non-saturated air will evaporate, thereby cooling the air and increasing its humidity. Heat is removed from the air to provide the necessary latent heat of evaporation. The total energy in the system of air and water droplets does not change, making evaporation processes proceed along the lines of constant enthalpy on the psychrometric chart.” (Farnham, Emura, Mizuno, 2015).

Ai fini di questa ricerca la valutazione dei possibili benefici (o peggioramenti) di questi sistemi (casi h ed i), riscontrate le limitazioni del software di riferimento nel valutarli, ha richiesto una differente raccolta dei dati, partendo dalla lettura di studi effettuati in ambito internazionale, sino a misurazioni sul campo.

Linee di riferimento ci vengono fornite dal Progetto Rebus<sup>2</sup> “REnovation of public Buildings and Urban Spaces”, già presentato nel capitolo 4 (Dessì 2015), i cui lavori sono serviti anche per la stesura della *Guida Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*.

In linea generale si indica che la presenza di zampilli (con fori sull'ordine di 1 cm) o ugelli per getti di nebulizzazione può incrementare di “circa cento volte la superficie di contatto aria/acqua e quindi la potenza di raffreddamento” (Dessì 2007: 147)

Vengono, inoltre, fornite alcune schede/linee di indicazione su dove e come localizzare alcuni dispositivi, tra cui i sistemi a getti di nebulizzazione che:

- sono utilizzabili in luoghi di passaggio e di sosta, anche in

**Tabella 17.** Stralcio della Tabella 13 in cui sono riportati gli ultimi due casi analizzati. La 'x' indica i casi analizzati attraverso la simulazione computazionale (software Envi-Met); con la dicitura 'in situ' si indicano i casi per i quali è stato necessario effettuare una valutazione sul campo dei dati ricercati in quanto non calcolabili con il software. Con il termine 'lett.' si indicano informazioni raccolte da ricerche già sviluppate.

- combinazione con altri sistemi (quali pergole o coperture);
- non sono ottimali in presenza di umidità relativa elevata ed in presenza di vento;
- è preferibile collegarli a sistemi di controllo automatico delle condizioni ambientali;
- vanno preferibilmente collocati ad una altezza elevata per evitare il deposito di acqua sulla superficie calpestabile;
- devono prevedere una micronizzazione delle particelle d'acqua di diametro più piccolo possibile;
- vanno progettati con intervalli di funzionamento tarati sulle condizioni climatiche del sito (ad esempio 5 secondi di funzionamento seguiti da un tempo di pausa);
- necessitano di una manutenzione periodica di filtri e disin-crostazione in caso di deposito calcareo.

43. La maggioranza degli studi sugli *urban blue space* (non solo fontane, ma anche laghi, fiumi, zone umide, etc...) viene svolta nel Sud-Est asiatico come dimostra un'indagine conoscitiva del 2013. (Volker, Baumeister et al 2013).

44. "Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology" riportato nel capitolo 4.

Altre indicazioni quantitative ci vengono fornite dagli studi di T. Ishii e M. Tsujinimoto (2009) che analizzano i "Cooling System with Water Mist Sprayers for Mitigation of Heat-island." Dalle loro analisi emerge che alla diminuzione della temperatura corrisponde un aumento di umidità relativa secondo il seguente rapporto: "within the DRY-MIST coverage area, temperature drop of 1°C raises relative humidity by 5% in the vicinity of the temperature of 30°C." (Ishii, Tsujinimoto et al 2009).

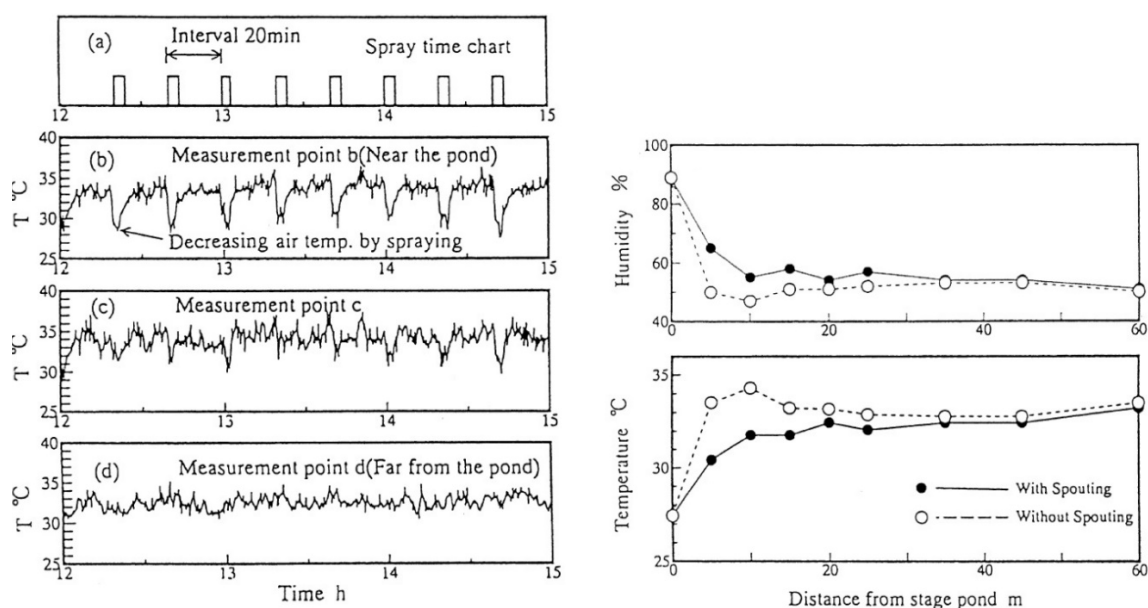
Si sottolinea più volte in diversi studi, però, che misurare l'effetto della nebulizzazione risulta difficile in quanto la 'nebbia' d'acqua bagna la superficie dei sensori.

Nuovamente in ambito giapponese<sup>43</sup> possiamo trovare interessanti sperimentazioni che, nonostante le difficoltà menzionate, hanno l'obiettivo di valutare scientificamente gli effetti di raffrescamento di tali sistemi in periodo estivo per aree relativamente umide.

Nella città di Osaka nel 1998 lo studio condotto da Nishimura N., Nomura T e altri<sup>44</sup> ha valutato un maggiore raffrescamento della temperatura dell'aria, effettuando le misurazioni negli orari di attivazione dei giochi d'acqua (zampilli) in una fontana collocata in un parco urbano. (Figura 15).

Sempre nella città di Osaka (Farnham, Emura, Mizuno, 2015) nel 2013 (11 e 10 agosto) è stata condotta una sperimentazione sull'u-





so, invece, dei sistemi di nebulizzazione in area urbana ombreggiata e circondata di edifici. Sono stati utilizzati sia sistemi ad ugelli posizionati a differenti altezze sugli edifici limitrofi, sia ventilatori dotati di ugelli. Per valutare i benefici del sistema sono stati adottati vari sistemi:

- un sondaggio sui passanti;
- un questionario su un gruppo di persone selezionate, acquisendone informazioni sul vestiario e sulla temperatura cutanea in più punti del corpo attraverso termometri IR. Ogni soggetto doveva indicare la propria condizione di comfort in relazione ad una scala di valori fornita, compresa anche la 'perception of wettedness', dopo un periodo di sosta in situ di 5 minuti.

Figura 15. (sx) Temperatura dell'aria in presenza o in assenza di spruzzi d'acqua. (dx) Distribuzione della temperatura e dell'umidità media della corrente d'aria in punti sopravento e sottovento. Fonte: Nishimura N., Nomura T., Iyota H., Kimoto S. (1998).

La ricerca ha dimostrato un abbassamento della temperatura cutanea di 1,1 °C sulle braccia e 1°C sul viso delle persone analizzate ed il passaggio da una condizione di 'caldo' ad una di 'leggero fresco' dopo l'esposizione. Il 75% dei partecipanti ha inoltre valutato la sensazione di bagnato come piacevole.

La ricerca ha pertanto dimostrato che oltre ai benefici psicologici, possono essere valutati anche benefici termo-igrometrici misurabili.

	Temperatura minima	Temperatura massima	Temperatura acqua	Ore di sole	Probabilità di pioggia	Umidità
Gennaio	3°C 37°F	10°C 50°F	9°C 48°F	5	25%	61%
Febbraio	4°C 39°F	11°C 52°F	10°C 50°F	4	34%	60%
Marzo	6°C 43°F	14°C 57°F	13°C 55°F	5	35%	58%
Aprile	12°C 54°F	20°C 68°F	18°C 64°F	6	34%	57%
Maggio	16°C 61°F	25°C 77°F	20°C 68°F	6	34%	61%
Giugno	21°C 70°F	28°C 82°F	21°C 70°F	6	38%	68%
Luglio	25°C 77°F	32°C 90°F	25°C 77°F	6	35%	66%
Agosto	26°C 79°F	34°C 93°F	28°C 82°F	7	25%	62%
Settembre	22°C 72°F	30°C 86°F	26°C 79°F	5	30%	65%
Ottobre	16°C 61°F	24°C 75°F	22°C 72°F	5	32%	64%
Novembre	11°C 52°F	18°C 64°F	15°C 59°F	5	26%	63%
Dicembre	6°C 43°F	12°C 54°F	12°C 54°F	5	24%	63%

45. Rif. Cap. 4.

Tornando in clima mediterraneo, interessanti sono gli studi condotti durante l'Expo di Siviglia del 1992. (Velarquez et al 1992; Littlefair et al 2000; ed altri<sup>45</sup>). I sistemi di nebulizzazione progettati nello spazio semi aperto della Rotonda -inseriti nella vegetazione (a), nella torre di ventilazione (b- in questo caso con la presenza di ventilatori posti nell'estremo superiore della torre), nei bordi della struttura (c)- producevano una 'nebbia artificiale' con diametro della particella d'acqua di circa 20 micron. (Figure 16).

Dalla Figura 18 si evince un calo della temperatura dell'aria nella torre determinato da sistemi di micronizzazione dell'acqua che varia dai 4 ai 13°C a seconda del sistema di nebulizzazione utilizzato. Ovviamente questi dati si riferiscono ad un sistema che potremmo definire 'semi chiuso'. In ambiente completamente aperto, come quello urbano, si potranno invece registrare dei miglioramenti di minore entità.

Cercando comunque di estrapolare un valore percentuale del miglioramento rispetto alla condizione senza intervento, in questo



Tabella 18. Temperature medie ad Osaka (Cfa Humid Subtropical) nel periodo estivo. Fonte: worldweather.org.

Figure 16 (a-b-c). Tecniche di raffreddamento per nebulizzazione. Fonte: Velarquez et al (1992).

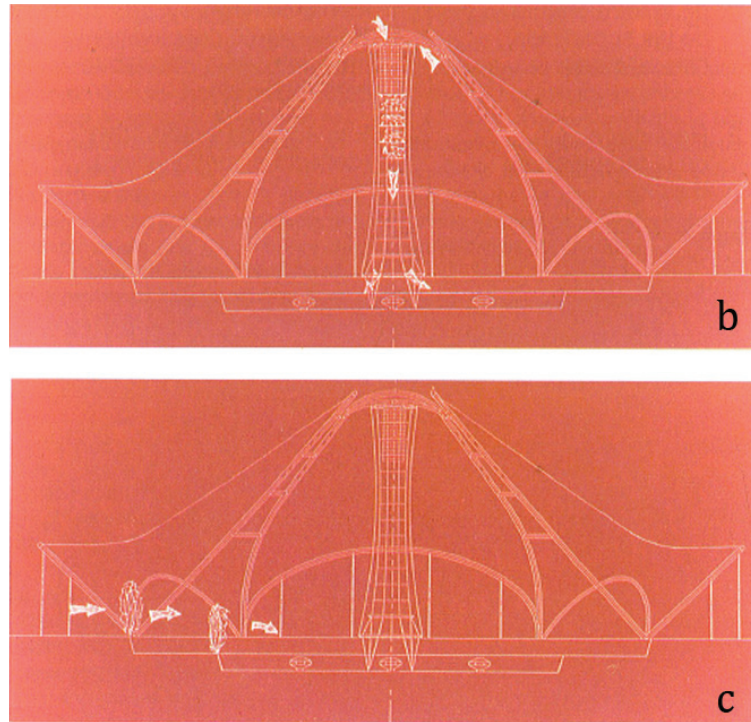
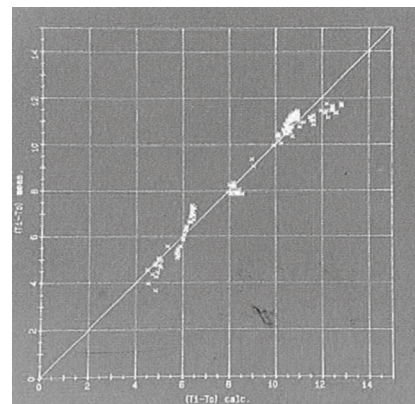
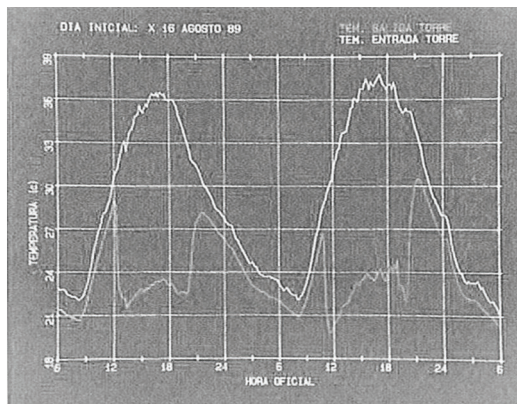


Figura 17. Differenza tra la temperatura dell'aria misurata nella torre di ventilazione rispetto alla temperatura esterna. Fonte: Velarquez et al (1992).

Figura 18. Calo della temperatura dell'aria nella torre. Valori medi (asse y) in relazione a diversi sistemi di micronizzazione dell'acqua.

caso rispetto alle condizioni al di sopra della copertura della Roton-  
da, analizziamo altri dati del progetto (Figura 17). Nei due giorni  
di misurazione 16 e 17 agosto 1992 si registrano 2 gradi di diffe-  
renza alle ore 12:00 tra la temperatura dell'aria nella torre e quella  
esterna ottenendo un 7% di miglioramento, mentre la differenza

Figura 17 (sx)  
Figura 18 (dx)



aumenta tra le 14:00 e le 18:00, fino a picchi di 13°C di differenza, pari al 59% di miglioramento. Va, però, considerato anche l'apporto generato dalla presenza della zona d'ombra della copertura.

Alla luce di quanto esposto possiamo estrapolare alcune ulteriori considerazioni, relazionando quanto la letteratura ci indica con quanto sperimentato in questa ricerca.

Da una valutazione media sui valori registrati nei vari scenari analizzati nei paragrafi precedenti, si evince che la presenza di una superficie d'acqua determina un aumento di umidità relativa di circa il 30% rispetto al caso ante operam. L'ulteriore inserimento di ugelli a zampillo d'acqua o a nebulizzazione potrebbe comportare, come indicato da Ishii, Tsujinimoto ed altri (2009), un aumento ulteriore del parametro intorno al 5%, a fronte di un abbassamento di 1 °C della temperatura. Ciò potrebbe influenzare negativamente la sensazione termica registrata nei vari scenari analizzati, facendo salire il valore dell'umidità relativa sopra il limite del 50-60% durante il giorno. Per i livelli igrometrici registrati nella città di Roma, pertanto, si potrebbe pensare di sconsigliare un sistema di ugelli integrato in un sistema con presenza costante di superficie d'acqua. Il problema va, però, anche analizzato in relazione alla dimensione della superficie d'acqua in esame. Come notato dalle misurazioni effettuate nel caso F (caso diffuso) una superficie d'acqua di dimensioni pari al 5% ma diffusamente distribuita (non quindi concentrata in un'unica area), ha fatto registrare delle variazioni irrisorie rispetto al caso ante operam. In questo scenario la possibilità di inserire un sistema a getti di nebulizzazione a supporto della vasca d'acqua potrebbe, invece, far registrare benefici.

Altro discorso si apre in relazione ai sistemi di nebulizzazione disposti al di sopra della superficie calpestabile, che come letto, andrebbero posizionati ad una altezza dal suolo decisa in relazione alle specifiche condizioni del sito ed alle specifiche del sistema utilizzato (in particolare alla dimensione di micronizzazione delle gocce). Si deve infatti evitare che la micro-goccia possa arrivare al suolo causando problemi di utilizzo della superficie calpestabile, e ciò va valutato soprattutto in relazione al diametro della goccia nebulizzata (e quindi al diametro dei singoli ugelli), alla distanza tra gli ugelli ed alla velocità di 'assorbimento' da parte dell'aria della particella nebulizzata.



46. In base alla “Köppen Climate Classification”, Osaka rientra nella fascia Cfa- Humid Subtropical Climate; Siviglia nella fascia Csa- Mediterranean Climate ma con estati particolarmente calde. Fonti rispettivamente: weatherbase.com e *Atlas Climático Ibérico*.

47. Il progetto è frutto della collaborazione tra Cittadini, Comune di

Le ricerche che abbiamo sopra presentato riportano risultati che, sebbene interessanti, si riferiscono a zone climatiche differenti da quella qui analizzata<sup>46</sup>. In territorio italiano, invece, palcoscenico di sperimentazioni è stata di recente la città di Milano in occasione dell’Expo del 2015. Durante l’evento sono stati sperimentati – dentro e fuori fiera- diversi sistemi di nebulizzazione per spazi pubblici. Un esempio è l’allestimento realizzato in Piazza Castello nell’ambito del progetto #nevicata14<sup>47</sup>.

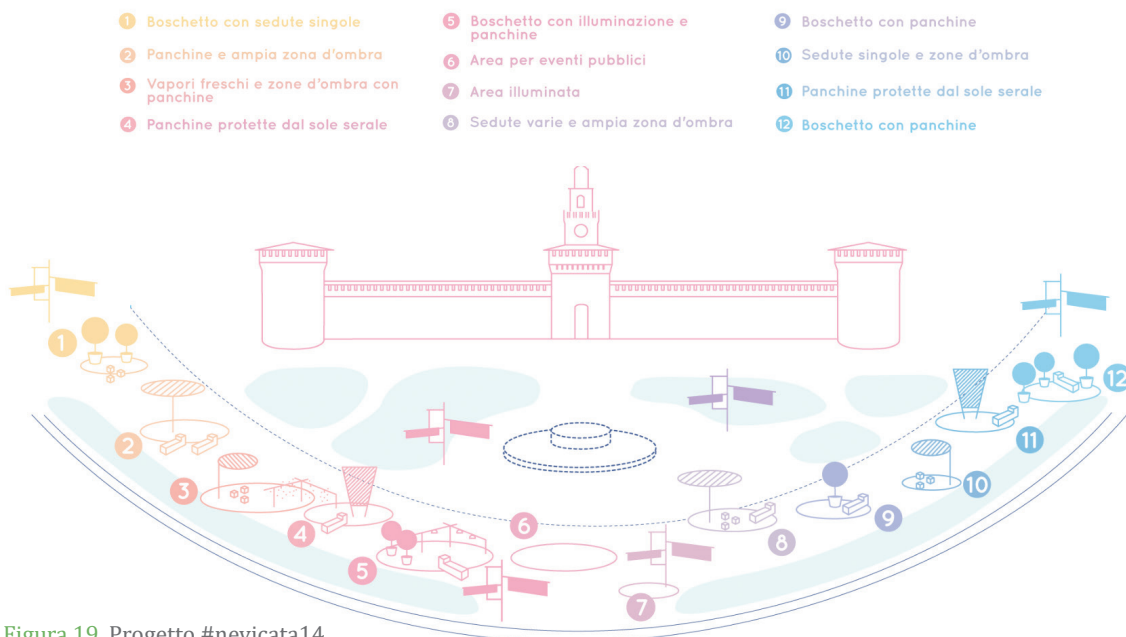


Figura 19. Progetto #nevicata14, Piazza Castello, Milano 2015. L'impianto di nebulizzazione è stato realizzato su binari fissi dotati di 30 ugelli nebulizzatori con diametro di 20 micron (dimensione che



Nel tessuto urbano della Capitale, invece, il sistema non è stato ancora utilizzato su area estesa, pertanto non è stato possibile reperire informazioni o progetti. Per ottenere dati utili alla ricerca è stato selezionato un sito periferico nella zona di Castel Romano, a sud della Capitale (Figura 20), all'interno di un'area commerciale. In questo sito è stato di recente installato un sistema di nebulizzazione diffuso posto a 3 m dal suolo. Il centro è strutturato come un piccolo agglomerato urbano, con luoghi di percorrenza e di sosta, sebbene in scala ridotta e con materiali differenti dal tessuto urbano fin'ora analizzato. In tale sito è stata effettuata una misurazione speditiva di alcuni parametri ambientali (T°aria, Ur%, velocità e direzione di flusso, radiazione solare) nel giorno 31 luglio 2017 dalla ore 12:00 alle ore 19:00. (schede caso H).

Per le misurazioni in situ sono stati utilizzati:

Strumento	Grandezza misurata	Campo di funzionamento	Risoluzione	Accuratezza	Strumentazione aggiuntiva
Termo anemometro a filo caldo	Velocità del vento [m/s]	0 +30 [m/s]	0,1	+/-3% F.S. nel campo di temp 4 a 32°C	bussola
	T°aria [°C]	-30+180°C	1		--
psicrometro digitale	Umidità relativa [%]	-40 +150 °C	0,1	±0,3 °C (-60 +60 °C); (±0,2°C + 0,3% v.m. campo rimanente)	sonda igrometrica
	T°aria [°C]	-20 +50 °C			--
piranometro	Radiazione globale [W/m <sup>2</sup> ]	0 ±2000	0,5	+/-1%	Multimetro digitale

Il sistema di nebulizzazione installato è dotato di ugelli posti su binari rettilinei (4-5 ugelli distanziati di 0,6-1m) tessuti trasversalmente alla direzione del percorso, con un intervallo tra i binari da i 6 ai 10m. Nelle aree di sosta più ampie, invece, tali binari sono stati disposti perimetralmente. Il sistema viene attivato alle ore 10:00 e spento intorno alle ore 19:00. L'intervallo di funzionamento è di 15 secondi circa, e la durata del getto di circa 5 secondi<sup>48</sup>.

In relazione alle caratteristiche descritte sono stati scelti 5 punti di stazionamento (v. Schede di campagna di seguito riportate):

- P1 e P5 in aree non coperte dal sistema di nebulizzazione, il primo posto a sud il secondo a nord del complesso;

Milano, Triennale di Milano, il team dei progettisti (Guidarini-Salvadeo e Interstellar Raccoons), numerosi partner (tra cui DAMA Snc che si è occupata degli impianti di nebulizzazione e che ci ha fornito alcuni dati dell'installazione).

48. Tutti i dati relativi al sistema di nebulizzazione sono stati dedotti dal rilievo diretto del sito.

consente di ottenere un effetto di raffrescamento ed anche un effetto scenico) collegati tra loro e alla pompa con un tubo in poliammide

di diametro da 6mm. L'impianto, dotato di una pompa a pistoni ceramici con una portata di 2 litri (70 bar/min), è stato temporizzato per non saturare l'ambiente. Da calcoli fatti in laboratorio in condizioni ideali con bassa umidità in ambiente il sistema può far abbassare di 10 gradi la temperatura. Fonti: [www.comune.milano.it](http://www.comune.milano.it) ; [www.termoidraulicadama.com](http://www.termoidraulicadama.com)  
Tabella 19. Caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati.

49. Una precisazione va fatta per il punto 3 alle ore 16. Il valore di PMV inferiore rispetto al punto 4 è funzione, prevalentemente, dell'intensità del vento che in quel punto ha registrato la massima velocità (2,3 m/s).

- P2 nella piazza, sebbene in posizione laterale in quanto il centro è occupato da sistemi di ombreggiatura mobili;
- P3 nel canyon;
- P4 confluenza tra due canyon.

La ventilazione del sito è risultata costante durante tutto l'arco temporale considerato (12:00-19:00) con alcuni lievi decrementi nelle ore tarde del pomeriggio. I punti di stationamento si considerano quindi tutti sottoposti alle stesse sollecitazioni anemometriche.

Considerando i dati raccolti in ogni singolo punto di stationamento, si può subito rilevare una differenza tra le condizioni misurate nel



punto 2 (piazza) e quelle dei punti 3 e 4 (canyon). Nello spazio più ampio della piazza (P.2) sia le dimensioni dello spazio, sia il numero di ugelli e la loro collocazione non consentono di far registrare variazioni superiori a 0,6°C, pari ad un PMV= 5,3 analogo a quello registrato nel P.5 (senza ugelli PMV=5,2). Maggiore variazione si percepisce, invece, nei canyon più confinati con H/W superiore (nei P.3 e P.4 il rapporto H/W è di circa 0,8) dove la differenza in termini di T°aria va da -0,9 a -3,1°C nelle ore di massimo soleggiamento, pari rispettivamente ad un PMV=5 e PMV=4,9. (Scheda RH). Anche, però, tra i punti 3 e 4 collocati in aree con H/W maggiore si registra uno scarto che, in questo caso, potrebbe dipendere dalla quantità di iniettori<sup>49</sup>. Nel punto 4, situato in convergenza tra due assi di

Figura 20. Area del centro commerciale dove è localizzato il sistema di nebulizzazione.



percorrenza, il numero di iniettori è maggiore rispetto al punto 3 (6 contro 4) e si registra alle ore 14:00 un'abbassamento della T di circa 3 gradi rispetto alla postazione senza iniettori. Alla medesima ora si registra un aumento di UR% tra 2,2 e 4,8 punti rispetto sempre alla posizione senza getti (30,8 ÷ 35,6 %).

Quanto registrato porta ad indirizzare la progettazione di questo dispositivo in siti maggiormente confinati, con rapporti H/W elevati. Analizzando sempre la situazione del punto 4, a confronto con i punti 1 e 5 (senza dispositivo), si può, inoltre, notare che nell'arco temporale di funzionamento, maggiori benefici si registrano alle ore 12:00 e soprattutto 14:00, mentre avvicinandosi alle ore pomeridiane (16:00) l'abbassamento dei valori di temperatura si riduce, fino ad annullarsi già alle ore 19:00. Anche in questo caso, si potrebbe dedurre che l'arco di funzionamento ottimale del dispositivo dovrebbe coincidere con le ore di massimo irraggiamento (12-14/15:00), limitandone l'utilizzo già nelle prime ore del pomeriggio nelle quali il rapporto costi-benefici sarebbe meno equilibrato. Quanto affermato, però, avrebbe bisogno di essere validato attraverso una campagna di indagine specifica, sviluppata su periodi di misurazione più ampi.

Lo scarto registrabile in termini di T° e UR tra le misurazioni in presenza di getto nebulizzato e quelle raccolte durante l'intervallo di funzionamento (15 sec. ) è un valore ancora più strettamente correlato alle specifiche condizioni climatiche del sito e va valutato caso per caso. Si potrebbe ipotizzare, però, che la temporizzazione del dispositivo non debba solo essere regolata in relazione al grado di umidità dell'aria, ma anche al flusso anemometrico. Da una analisi visiva si è potuto infatti riscontrare quanto appreso dalla letteratura, ovvero che in presenza di intensità di vento superiori a 1,5 m/s circa, il beneficio del getto si disperde. A livello percettivo, infine, la dimensione micronizzata delle gocce d'acqua incide sensibilmente sulla sensazione di bagnato percepita dai passanti.

I valori riportati sono, comunque, solo dei valori indicativi che avrebbero bisogno di ulteriori validazioni, tenendo anche conto delle difficoltà oggettive nel valutare numericamente i benefici di tali sistemi.

### Zampilli e nebulizzazione (casi H ed I)

Schede di riferimento (di seguito):

**caso H:** schede misurazioni caso H; schede di sintesi RH

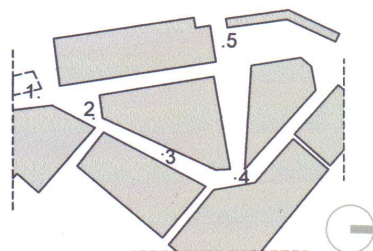
**Caso H:** intensità  $0,5 < x < 2,3$  [m/s] varia → diffusa

### Deduzioni generalizzabili

- ⇒ **D.13** la presenza di zampilli d'acqua fa registrare un'azione mitigante nelle ore diurne solo se tali zampilli sono distribuiti uniformemente su tutta la superficie dell'invaso e in funzione ciclica ad intervalli ravvicinati.
- ⇒ **D.14** Per i livelli igrometrici registrati nella città di Roma, è preferibile utilizzare sistemi a getto, anche nebulizzato, senza la compresenza di una superficie d'acqua, a meno che tale superficie non abbia dimensioni ridotte (< 5%).
- ⇒ **D.15** limitare l'arco temporale di funzionamento dell'impianto di nebulizzazione alle ore di massimo soleggiamento (dato da sottoporre a ulteriore verifica)
- ⇒ **D.16** Posizionare il dispositivo di acqua nebulizzata in aree confinate

### Variazioni percentuali dal caso ante operam:

	PMV diurno
<b>Caso H</b> piazza:	-5%
canyon:	-12%

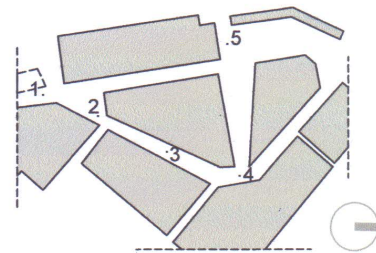
<b>A</b>	SITO Castel Romano DATA 31 luglio 2017 CONDIZIONI CLIMATICHE sereno	KMAP 
Note: <ul style="list-style-type: none"> <li>• getti nebulizzati: durata 5 secondi- pausa 15 secondi</li> <li>• misurazioni di UR% e T<sup>a</sup>aria durante l'emissione del getto (getto) e nel periodo di pausa (pausa).</li> <li>• P1 e P5 aree con assenza di ugelli</li> <li>• campo di funzionamento del Termo anemometro a filo caldo:                      -20/+30 scala 30 (accuratezza 3%)                      +30/+80 scala 80 (accuratezza &gt;3% da impostare per temperature superiori ai 30°C)</li> </ul>		

	MISURAZIONE DEL VENTO				RADIAZIONE GLOBALE		UMIDITA' RELATIVA E TEMPERATURA DELL'ARIA						
	h12	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h12		h12	T <sup>a</sup>	Getto	UR%	T <sup>a</sup>	Pausa	UR%
<b>P1</b>	1)	0,5 - 0,9		250 ∅	1)	10,2 μV / 1,9 μV		/	/		33,2 °C		40,3%
	h14	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h14		h14						
	1)	0,5 - 0,9 - 1,2		200/250 ∅	1)	10,3 μV / 1,9 μV		/	/		35,5 °C		30,8%
	h16	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h16		h16						
	1)	0,9 - 1,5		250 ∅	1)	8,2 μV / 2,2 μV		/	/		33,4 °C		38,3%
	h19	m/s	T <sup>a</sup> 20 / SCAIA 30	Dir.	h19		h19						
	1)	0,9 - 1,2		200 ∅	1)	2 μV / 0,5 μV		/	/		29,6 °C		51,3%
<b>P2</b>	h12	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h12		h12	T <sup>a</sup>	Getto	UR%	T <sup>a</sup>	Pausa	UR%
	1)	0,5 - 0,7 - 0,9		200 ∅	1)	10,2 μV / 2,6 μV		33,1 °C	40,3%		33,4 °C		39,6%
	h14	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h14		h14						
	1)	0,9 - 1,7		200 ∅	1)	10,7 μV / 3,3 μV		34,8 °C	31,6%		35,3 °C		31,3%
	h16	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h16		h16						
1)	1,5 - 1,7		200	1)	9,1 μV / 2,8 μV		33,2 °C	39%		33,8 °C		37,8%	
	h19	m/s	T <sup>a</sup> 20 / SCAIA 30	Dir.	h19		h19						
1)	0		/	1)	2 μV / 0,5 μV		29,7 °C	50,3%		29,6 °C		50,4%	
<b>P3</b>	h12	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h12		h12	T <sup>a</sup>	Getto	UR%	T <sup>a</sup>	Pausa	UR%
	1)	0,6 - 1,5		200 ∅	1)	11,3 μV / 1,9 μV		32,3 °C	45,5%		32,5 °C		43,3%
	h14	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h14		h14						
	1)	0,9 - 1,3		200 ∅	1)	10,3 μV / 1,9 μV		34,1 °C	34,5%		34,8 °C		33,4%
	h16	m/s	T <sup>a</sup> >30 / SCAIA 80	Dir.	h16		h16						
1)	1,9 - 3,3		200 ∅	1)	8,5 μV / 2,2 μV		33,2 °C	36,7%		33,8 °C		36,3%	
	h19	m/s	T <sup>a</sup> 20 / SCAIA 30	Dir.	h19		h19						
1)	0		/	1)	2 μV / 0,5 μV		28,8 °C	57,8%		29 °C		52%	

B

SITO Castel Romano  
 DATA 31 luglio 2017  
 CONDIZIONI CLIMATICHE sereno

KMAP



Note:

- getti nebulizzati: durata 5 secondi- pausa 15 secondi
- misurazioni di UR% e T°aria durante l'emissione del getto (getto) e nel periodo di pausa (pausa).
- P1 e P5 aree con assenza di ugelli
- campo di funzionamento del Termo anemometro a filo caldo:  
 -20/+30 scala 30 (accuratezza 3%)  
 +30/+80 scala 80 (accuratezza >3% da impostare per temperature superiori ai 30°C)

MISURAZIONE DEL VENTO				RA DIAZIONE GLOBALE		UMIDITA' RELATIVA E TEMPERATURA DELL'ARIA					
h12	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h12	h12	T°a	Getto	UR%	T°a	Pausa	UR%
1)	0,9 - 1,2		200°	1)	11,1 μV / 2,5 μV	31,8°C		49,5%	33,8°C		49,1%
h14	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h14	h14						
1)	0,9 - 1,2		310°	1)	10,3 μV / 2,5 μV	32,4°C		35,6%	35°C		33,4%
h16	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h16	h16						
1)	1,8 - 1,9		310°	1)	7,8 μV / 2,2 μV	33,4°C		38,9%	33,5°C		38,4%
h19	m/s	T°a 30 / SCALA 30	Dir.	h19	h19						
1)	0,7 - 1,3		310°	1)	2,7 μV / 0,8 μV	30,8°C		46,6%	31,5°C		44,7%
MISURAZIONE DEL VENTO				RA DIAZIONE GLOBALE		UMIDITA' RELATIVA E TEMPERATURA DELL'ARIA					
h12	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h12	h12	T°a	Getto	UR%	T°a	Pausa	UR%
1)	1,5 - 1,7		310°	1)	10,2 μV / 2,4 μV	/	/	/	34°C	/	37,6%
h14	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h14	h14						
1)	1,5 - 1,9		310°	1)	10,7 μV / 2,4 μV	/	/	/	35°C	/	33,4%
h16	m/s	T°a >30 / SCALA 80	Dir.	h16	h16						
1)	1,3 - 1,5 - 1,9		310°	1)	8,0 μV / 1,9 μV	/	/	/	34,1°C	/	36,2%
h19	m/s	T°a 28 / SCALA 30	Dir.	h19	h19						
1)	0,9 - 1		310°	1)	2,7 μV / 0,8 μV	/	/	/	29,8°C	/	50,1%

P1	T° aria	12:00	14:00	16:00	19:00
	getto	-	-	-	-
	pausa	33,2	35,5	33,4	29,6
	PMV	5,9	6,3	4,6	0,6
	pmv diurno	5,6			

UR%	12:00	14:00	16:00	19:00
getto	-	-	-	-
pausa	40,3	30,8	38,3	51,3

P5	T° aria	12:00	14:00	16:00	19:00
	getto	-	-	-	-
	pausa	34	35	34,1	29,8
	PMV	5,4	5,6	4,6	0,7
	pmv diurno	5,2			

UR%	12:00	14:00	16:00	19:00
getto	-	-	-	-
pausa	37,6	33,4	36,2	50,1

P2	T° aria	12:00	14:00	16:00	19:00
	getto	33,1	34,8	33,2	29,7
	pausa	33,4	35,3	33,8	29,6
	diff	0,3	0,5	0,6	-0,1
	diff.P1	-0,1	-0,7	-0,2	0,1
	diff.P5	-0,9	-0,2	-0,9	-0,1
	PMV	5,9	5,7	4,3	0,6
	diff.% P1	0,0%	-9,5%	-6,5%	0,0%
	diff.%P5	9,3%	1,8%	-6,5%	-14,3%
	pmv diurno	5,3			

UR%	12:00	14:00	16:00	19:00
getto	40,3	31,6	39	50,3
pausa	39,6	31,3	37,8	50,4
diff.	-0,7	-0,3	-1,2	0,1
diff.P1	0	0,8	0,7	-1
diff.P5	2,7	-1,8	2,8	0,2

P3	T° aria	12:00	14:00	16:00	19:00
	getto	32,3	34,1	33,2	28,8
	pausa	32,5	34,8	33,8	29
	diff	0,2	0,7	0,6	0,2
	diff.P1	-0,9	-1,4	-0,2	-0,8
	diff.P5	-1,7	-0,9	-0,9	-1
	PMV	5,3	5,6	4,1	0,5
	diff.% P1	-10,2%	-11,1%	-10,9%	-16,7%
	diff.%P5	-1,9%	0,0%	-10,9%	-28,6%
	pmv diurno	5			

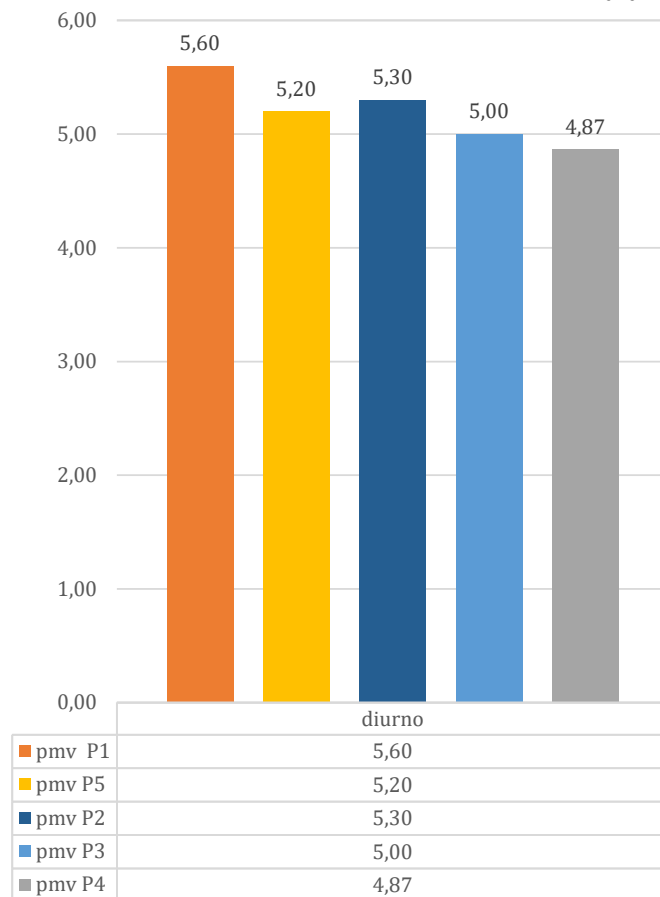
UR%	12:00	14:00	16:00	19:00
getto	45,5	34,5	36,7	57,8
pausa	43,3	33,4	36,3	52
diff.	-2,2	-1,1	-0,4	-5,8
diff.P1	5,2	3,7	-1,6	6,5
diff.P5	7,9	1,1	0,5	7,7

P4	T° aria	12:00	14:00	16:00	19:00
	getto	31,8	32,4	33,4	30,8
	pausa	33,8	35	33,5	31,5
	diff	2	2,6	0,1	0,7
	diff.P1	-1,4	-3,1	0	1,2
	diff.P5	-2,2	-2,6	-0,7	1
	PMV	5,1	5,2	4,3	1
	diff.% P1	-13,6%	-17,5%	-6,5%	66,7%
	diff.%P5	-5,6%	-7,1%	-6,5%	42,9%
	pmv diurno	4,9			

UR%	12:00	14:00	16:00	19:00
getto	40,5	35,6	38,9	46,6
pausa	40,1	33,4	38,4	44,7
diff.	-0,4	-2,2	-0,5	-1,9
diff.P1	0,2	4,8	0,6	-4,7
diff.P5	2,9	2,2	2,7	-3,5

Indice PMV Rayman					
DIURNO	P1	P5	P2	P3	P4
valori medi	5,60	5,20	5,30	5,00	4,87
Variazione percentuale rispetto a P1 e P5					
valori prevalenti			-5%	-11%	-13%
<b>ordine di miglioramento (media)</b>	<b>canyon</b>		<b>-12%</b>		
<b>Ordine di miglioramento</b>	<b>piazza</b>		<b>-5%</b>		

PMV diurno





## 10.6 Sintesi dei dati raccolti e futuri sviluppi: diagrammi e deduzioni generali.

Ogni singolo caso analizzato ha portato a conseguenti deduzioni generali sia relative al solo fattore anemometrico in ambito urbano sia in integrazione con il dispositivo acqua nelle sue varie collocazioni. Queste osservazioni, riportate qui in colore verde<sup>50</sup>, si andranno ad aggiungere a quelle presentate nel progetto RuRos "Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces" (1996-2002) (Nikolopoulou 2004; Kofoed e Gaardsted 2004) – riportate in colore nero- riferite alle principali caratteristiche del flusso ventilativo in ambiente urbano. (Rif. capitolo 4). (Tabella 20) (Tabella 21)

A seguire si riportano i diagrammi di sintesi ad albero con le indicazioni in percentuale dei possibili miglioramenti ottenibili (in termini di PMV) nei diversi scenari analizzati (Scheda 3-tessuto A; Scheda 4-tessuto B) che confluiranno nello strumento di valutazione proposto (Rif. Capitolo 11).

<sup>50</sup>. Sebbene le deduzioni fatte nei paragrafi precedenti si riferiscano a modelli ideali che schematizzano i rapporti dimensionali di tessuti reali, si è potuto comunque constatare che le condizioni anemometriche di questi modelli ideali sono affini -nei valori medi di intensità- a quelli registrati durante le campagne di misurazione. La validità, comunque, di tali deduzioni, come detto, consta nel fornire indicazioni orientative che siano da riferimento per una iniziale valutazione del processo da intraprendere.

Interazioni tra ventilazione e tessuto urbano - prog. RuRos	Interazioni tra ventilazione e tessuto urbano - ricerca
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più grande è la piazza- più elevata è la velocità del vento nello spazio. Esiste quasi una relazione lineare tra la piazza e velocità del vento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggiore è la distanza dal punto di immissione del flusso, minore è la sua intensità.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più grande è la piazza – più turbolento è il flusso di vento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggiori sono i punti di immissione maggiori sono i fenomeni di turbolenza</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più elevata è la velocità del vento (V10) – più elevata è la velocità del vento nella piazza, con una relazione quasi lineare tra V10 e la velocità del vento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più il tessuto è complesso più il rapporto tra V10 e intensità nell'invaso non segue una legge lineare.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La struttura del flusso e il livello di turbolenza non subiscono quasi nessuna influenza da V10</li> </ul>	

Tabella 20. Osservazioni presentate nel progetto RuRos ed integrazioni derivanti dalle analisi qui effettuate.



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più alti sono gli edifici di confine paragonati agli isolati vicini –più elevata è la velocità del vento sulla piazza</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più alti sono gli edifici di confine paragonati agli isolati vicini – più elevata è la turbolenza del vento</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non esiste una relazione chiara tra la direzione globale del vento e la velocità del vento nella piazza</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più ampio è l'angolo di entrata del vento – più elevata è la turbolenza del vento. Vi è chiaramente la tendenza che la struttura del flusso diventa tanto più caotica quanto più la direzione globale del vento si discosta dal principale orientamento dello spazio</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non esiste una relazione chiara tra la velocità del vento sullo spazio e l'ubicazione delle aperture dello spazio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più laterali sono le aree di immissione più ampie sono le zone di calma.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le aperture agli angoli della piazza offrono una struttura del flusso più turbolenta rispetto alle aperture al centro della piazza</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Più grandi sono le aperture - più turbolenta è la struttura del vento nella piazza.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nei punti di convergenza tra più direzioni di flusso la turbolenza che si genera può dar luogo a situazioni di ristagno d'aria.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un vaso urbano posto in sottovento rispetto ad un altro vaso con massa termica superiore risente fortemente dell'influenza del secondo vaso.</li> </ul>

### Interazioni tra ventilazione, acqua e tessuto urbano - ricerca

**D.1** è preferibile posizionare la fonte in posizione laterale, non, però, in prossimità di superfici da conservare.

**D.2** si consiglia una regolazione giornaliera del flusso d'acqua (riduzione/assenza del volume d'acqua nelle ore notturne)

**D.3** progettare la superficie dell'acqua con dimensioni pari al 10-15% della superficie dell'invaso determina un miglioramento percentuale della condizione termica di circa il 20% rispetto al caso ante operam. In termini relativi, un aumento al 10% della superficie determina un miglioramento medio di circa il 7% in relazione ad una dimensione di partenza del 5%, mentre un aumento delle dimensioni pari al 15% determina un miglioramento di circa il 10% sempre in relazione alla dimensione di partenza (5%).

**D.3 bis** aumentare del doppio la dimensione della superficie d'acqua determina circa un 20% di miglioramento rispetto al caso ante operam, che può arrivare al 40% se si progetta una superficie in elevato di almeno un metro.

**D.4** area di influenza della superficie d'acqua dipende non solo dal rapporto dimensionale tra acqua ed invaso ma anche dal grado di chiusura dei fronti.

**D.5** preferibile posizionare la fonte il più possibilmente vicino al punto di immissione del flusso nell'invaso considerato per intensità di vento pari o inferiori a 1,5m/s.

**D.5 bis** per intensità di vento superiori a 1,5m/s è preferibile posizionare la fonte in sottovento rispetto alla zona con massa termica maggiore.

**D.6** lungo la direzione prevalente di flusso evitare di posizionare la superficie d'acqua in prossimità di un'area che presenti uno SVF ridotto per ridurre il peggioramento dello stress termico nelle ore notturne.

**D.7** in posizione di sopravvento è sconsigliabile prevedere una maggiorazione della superficie d'acqua a fronte di un miglioramento della sensazione termica poco significativa e di un aumento considerevole di UR%.

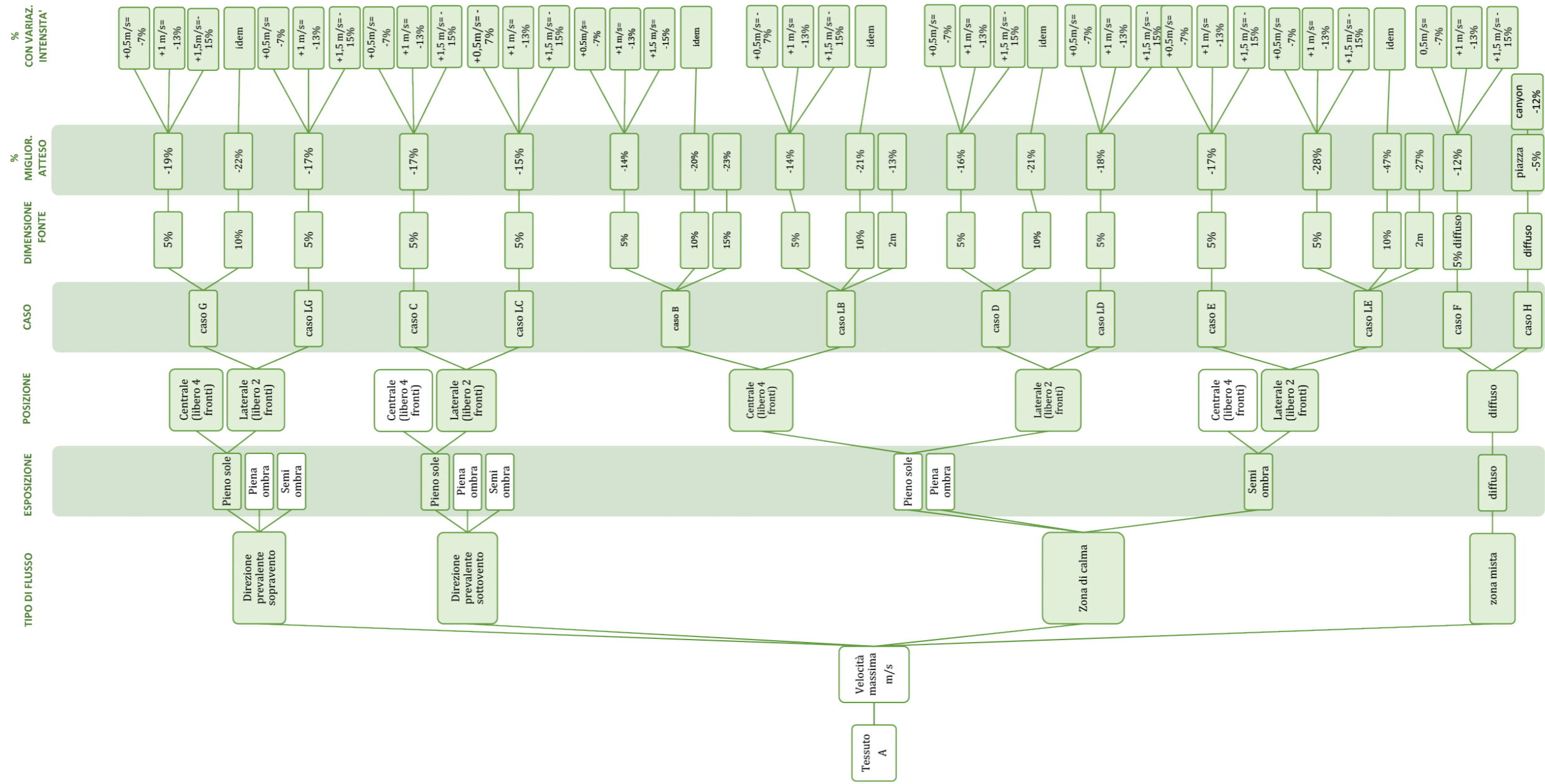
**D.8** la dimensione minima della vasca utile per ottenere dei miglioramenti, sebbene ridotti, è intorno al 5% della superficie dell'invaso analizzato.

Tabella 21. Elenco delle deduzioni estratte dall'analisi sui casi analizzati.

- 
- D.9** posizionare, ove possibile, una superficie verticale d'acqua riduce la temperatura radiante di quella parte dell'invaso.
- 
- D.10** è preferibile il posizionamento di una lama d'acqua in zona di semi-ombra in aree con bassa umidità relativa.
- 
- D.11** la dimensione in elevato della lama non incide sulla condizione termica del modello (dato da sottoporre ad ulteriore verifica).
- 
- D.12** per intensità di vento superiori a 1,5m/s è preferibile non maggiorare la superficie d'acqua in zone d'ombra.
- 
- D.13** la presenza di zampilli d'acqua fa registrare un'azione mitigante nelle ore diurne solo se tali zampilli sono distribuiti uniformemente su tutta la superficie dell'invaso e in funzione ciclica ad intervalli ravvicinati.
- 
- D.14** Per i livelli igrometrici registrati nella città di Roma, è preferibile utilizzare sistemi a getto, anche nebulizzato, senza la compresenza di una superficie d'acqua, a meno che tale superficie non abbia dimensioni ridotte (< 5%).
- 
- D.15** limitare l'arco temporale di funzionamento dell'impianto di nebulizzazione alle ore di massimo soleggiamento (dato da sottoporre a ulteriore verifica)
- 
- D.16** Posizionare il dispositivo di acqua nebulizzata in aree confinate.
- 

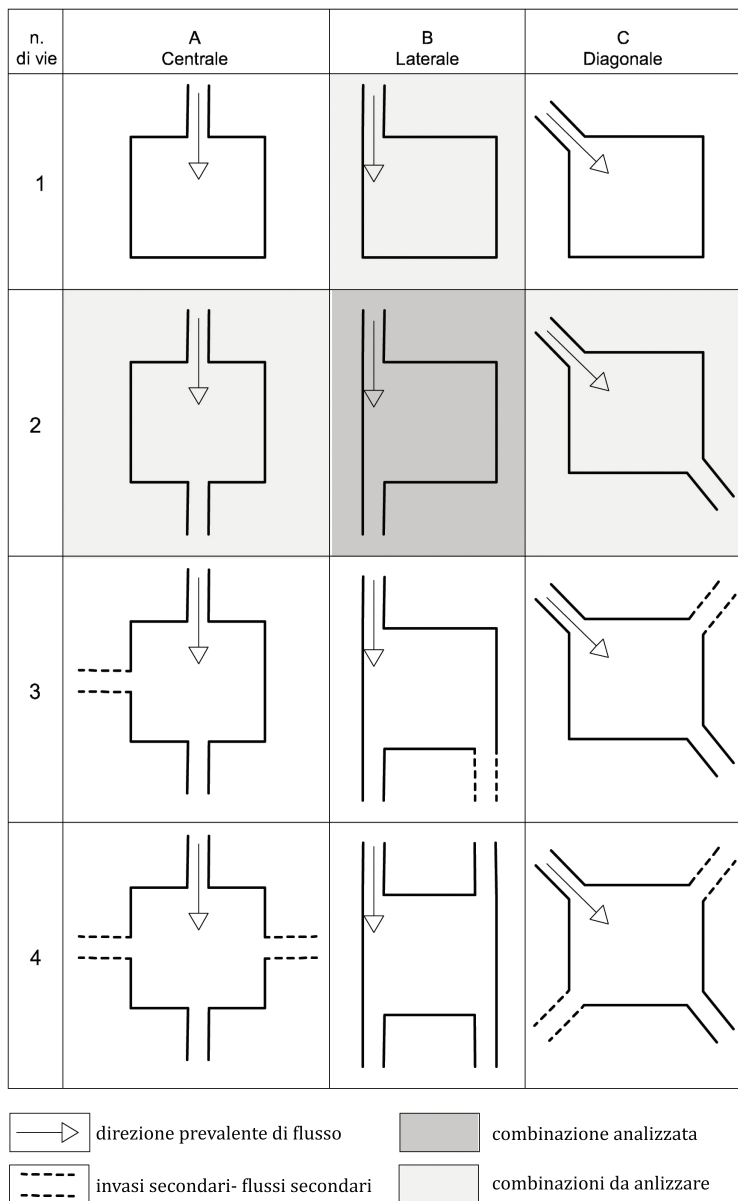
Quanto presentato sin ora, in particolare in relazione all'interazione in contesto urbano tra ventilazione ed acqua, dovrà poi essere verificato anche in relazione a diverse conformazioni spaziali della maglia. Come già anticipato ad inizio capitolo, la maglia qui scelta ha previsto la localizzazione della piazza in posizione laterale, decentrata rispetto al flusso d'aria impostato.

Si è partiti dall'opera di R. Krier, *Lo spazio della città* (1975- trad it. 1982), incentrata sulle possibili combinazioni dello spazio urbano con al centro la piazza e le sue diramazioni, effettuando una rielaborazione dei diagrammi funzionale all'analisi del flusso anemometrico. Sono state, quindi, selezionate le altre possibili combinazioni spaziali sulle quali, in futuro, andranno sviluppate le analisi qui effettuate. (Figura 21)



Scheda 3. Diagramma di sintesi degli scenari analizzati- Tessuto A





**Figura 21.** Varie combinazioni spaziali con indicazione della maglia. Su sfondo grigio si evidenzia sia la combinazione scelta per l'analisi che le ulteriori combinazioni, oggetto di un futuro sviluppo della ricerca.





PARTE III.III

Uno strumento di supporto  
decisionale: schede di indagine  
speditiva da integrare nella  
pianificazione urbana

### *ABSTRACT*

The methodology followed so far for the analysis of the selected urban fabrics, from the evaluation of data on the field to the extrapolation of possible intervention scenarios, is here systematized in expeditious analysis sheets that want be a support tool for administrations and architects, in order to know the site and evaluate possible transformations on the *micro-local scale*, inserting the theme of ventilation among the design problems-potentiality.

Starting from interesting results of international research and experimentations, the methodology that has guided the drafting of the survey forms and their systematization will be identified in a tool of easy consultation, which will help to activate that participatory process of 'weighted' transformation of the 'negativities' traced through a methodology of expeditious investigation, which can be implemented over time and on different scales.

The tool proposed here is designed with an easy to consult and interactive interface. It is hoped to turn this first version into an easy-to-use software also through tablets or smartphones, so that it can be consulted already during the first visits in the investigation area.

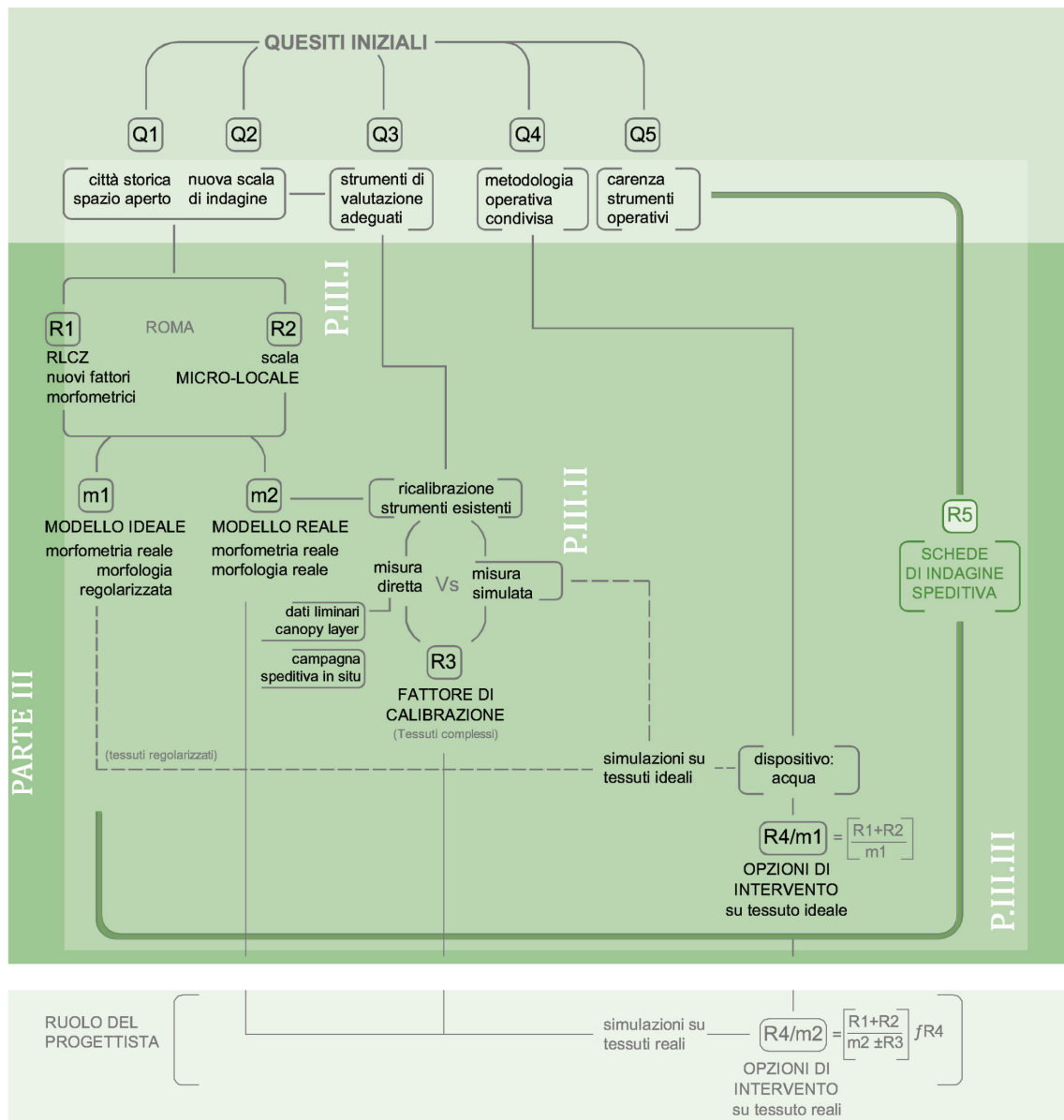
## CAPITOLO 11 Schede di indagine speditiva.

### ABSTRACT

La metodologia finora seguita per l'analisi dei tessuti urbani selezionati, dalla valutazione dei dati sul campo all'estrapolazione di possibili scenari di intervento, viene qui sistematizzata in schede speditive di analisi che vogliono essere uno strumento di supporto per amministrazioni e progettisti, per conoscere il sito e valutare possibili trasformazioni alla scala micro-locale, inserendo il tema della ventilazione tra le problematiche-potenzialità progettuali.

Partendo da interessanti risultati di ricerche e sperimentazioni internazionali, verrà di seguito individuata la metodologia che ha guidato la redazione delle schede di indagine e la loro sistematizzazione in uno strumento di facile consultazione, che aiuti ad attivare quel processo partecipato di trasformazione 'ponderata' delle 'negatività' rintracciate attraverso una metodologia d'indagine speditiva, implementabile nel tempo e su diverse scale.

Lo strumento qui proposto è stato pensato con interfaccia di facile consultazione ed interattivo. Si auspica di trasformare questa prima versione in un software di facile utilizzo anche attraverso tablet o smartphone, tale da essere consultato già durante i primi sopralluoghi nell'area di indagine.



Mappa 1. Schema di inquadramento del capitolo. Stralzo della mappa concettuale della ricerca.

## 11.1 Iter di stesura delle schede.

Passare da politiche di sviluppo sostenibile ad azioni concrete sul territorio necessita di un'accurata fase conoscitiva del sito soprattutto nei suoi aspetti ambientali. Per compiere questo passaggio, come emerso dai primi capitoli di questa ricerca, sono state messe a punto diverse strategie e metodologie che in alcuni casi hanno portato a interessanti risultati, spaziando dall'analisi a scala urbana fino all'analisi alla micro scala. Da ognuna delle ricerche e sperimentazioni esaminate si è cercato di estrapolare un utile spunto di riflessione applicabile anche alla scala qui studiata, ovvero la scala micro-locale. Partendo dagli interessanti spunti offerti dagli studi di M. Carmona (Carmona, 2007 e 2010), all'utile lavoro di sintesi proposto da Edward Ng e Chao Ren, che effettuano una review delle principali esperienze di *urban climatic map* a livello internazionale- dividendo l'analisi tra grandi megalopoli, medie e piccole città- (Ng e Ren 2009, 2010, 2015), o dalla sperimentazione delle Municipalità di Hong Kong (Rif. Scheda di approfondimento capitolo 3, Department of Architecture Chinese University of Hong Kong 2005), fino agli approfondimenti presentati nel Progetto Rebus, già citato (Dessi, 2015, Dessi et al 2016) o nel progetto RuRos (Nikolopoulou, 2004) o, in ambito italiano, al progetto Metrics, o ancora, scendendo di scala, a specifici compendi che pongono al centro lo studio dei singoli fronti urbani (come la *Wind design guide*, Bennet 2007; l'*Urban Design Compendium*, Homes and Communities Agency 2000; o *Environmental site layout planning*, PJ Littlefair, M Santamouris et al 2000), la ricerca qui presentata ha cercato di mettere a sintesi una metodologia operativa condivisibile utile per la definizione dello strumento speditivo ricercato alla specifica scala di indagine individuata.

Tra tutti si è deciso di citare nuovamente il progetto RuRos in riferimento alla metodologia di mappatura e zonizzazione del comfort termico proposta (Katzshner, Bosch, Roettgen 2004, Katzshner L, Bosch U, et al 2003; Katzschner L. (sd.); Katzschner L. 2006; Katzschner L., Thorsson S. 2009). L'iter seguito dai ricercatori (Figu-

ra 1) ha portato alla definizione di mappe termiche che permettono di confrontare più realtà urbane tra loro ed individuare le aree maggiormente a rischio in tessuti urbani a scala di quartiere, aiutando a definire e meglio comprendere le condizioni di comfort dello stato di fatto.

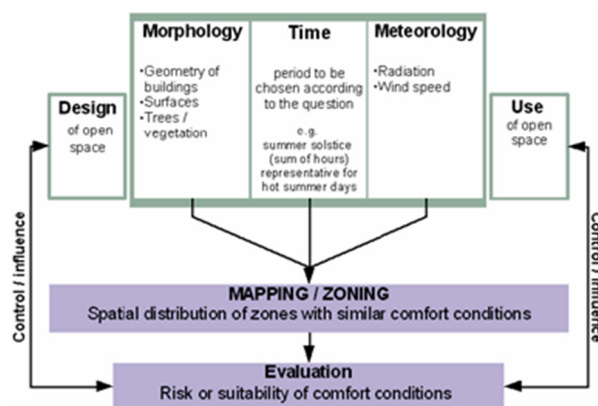


Figura 1. Struttura di base del processo di zonizzazione del comfort termico. Fonte: Katzshner, Bosch, Roettgen (2004).

Didascalie pagina accanto.

Figura 2. Scheda con informazioni minime necessarie per descrivere l'ambiente di una stazione microclimatica urbana alla scala locale, costituita da (a) modello per la documentazione del contesto locale (1:50.000 ca), (b) mappa per la collocazione della stazione nella regione urbana selezionata (1:500.000/1:1.000.000), (c) fotografia aerea.

Figura 3. Scheda con informazioni necessarie per descrivere l'ambiente di una stazione microclimatica urbana alla microscala. (a) modello per la documentazione del 'micro' contesto, (b) un esempio di una fotografia con effetto fisheye per valutare l'ostruzione verso il cielo.

Anche T.K. Oke nel 2006 nelle *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*, redatte per il WMO (World Meteorological Organization), presenta degli interessanti esempi di schede di analisi. (Oke, 2006:39-41). Per ogni spazio individuato vengono definite alcune grandezze di base che Oke evidenzia come fondamentali per descrivere l'ambiente sia alla scala locale che alla microscala. (Figura 2) (Figura 3). Sebbene l'autore abbia individuato queste 'conoscenze minime' con differente scopo, tali informazioni risultano basilari anche per la definizione ambientale ai fini di un intervento progettuale (dalla manutenzione alla nuova progettazione), che deve necessariamente partire da una profonda e radicata conoscenza del luogo.

Si è partiti da questi due interessanti precedenti per elaborare una metodologia che aiuti non solo nella fase conoscitiva del sito, ma anche nella prima definizione progettuale, per la ridefinizione di spazi complessi come quelli storici dove l'azione è strettamente condizionata dai vincoli dell'esistente.

Le schede di indagine speditiva vogliono, in prima istanza, facilitare una lettura comparata tra aspetti morfologici, morfometrici e ambientali del tessuto ed aiutare nella localizzazione dei punti critici

Figura 2

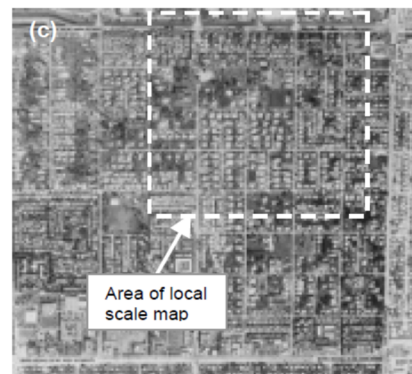
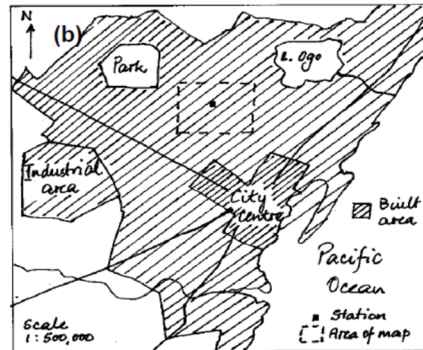
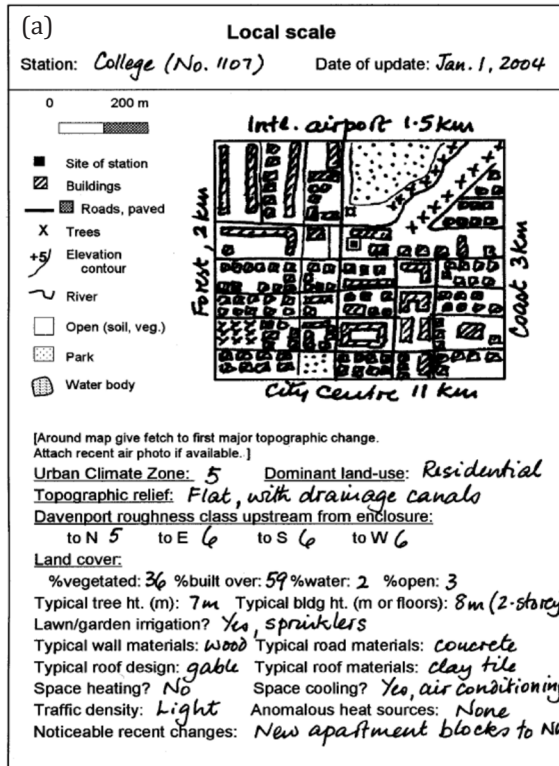
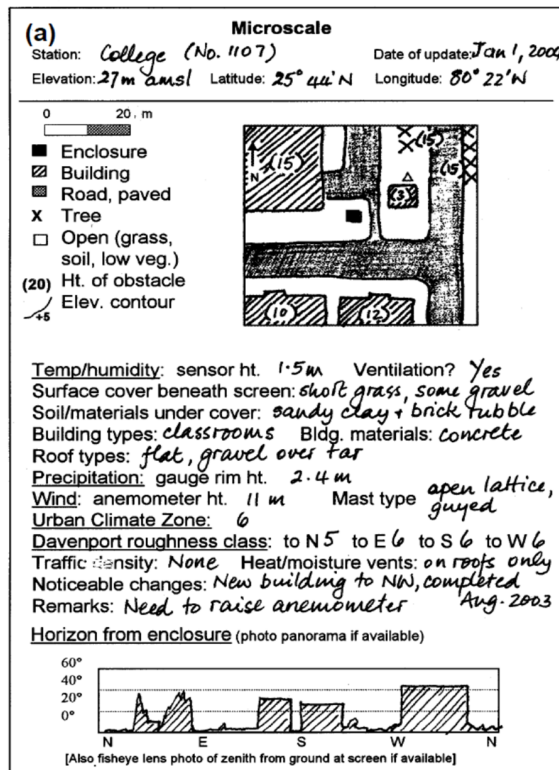


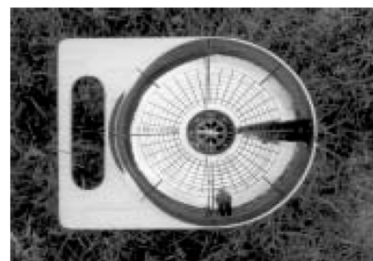
Figura 3



(b)



(c)





del tessuto sui quali effettuare indagini di dettaglio e specifiche, al fine di fornire indirizzi progettuali che aiutino ad integrare il fattore ventilativo nelle prime fasi di stesura di programmi e progetti di intervento a livello urbano.

Nelle schede è stata sistematizzata la metodologia seguita nella parte sperimentale di questa ricerca, partendo da una fase conoscitiva (valutazione dei dati climatici, in particolar modo anemometrici, raccolti da database ufficiali e/o misurati sul campo) fino ad una fase analitico-propositiva volta alla ricalibrazione degli strumenti di calcolo esistenti ed alla definizione di possibili scenari di intervento, come emerge dallo stralcio della mappa concettuale riportato ad inizio paragrafo. (Mappa 1).

Al progettista verranno offerti degli strumenti che consentiranno di selezionare possibili scenari di intervento, fornendo indicazioni orientative circa i valori percentuali di miglioramento del comfort atteso per ogni scenario, miglioramento che poi il progettista potrà comprovare effettuando una simulazione ante-progetto sul tessuto reale, tarando il modello di calcolo grazie al fattore di calibrazione individuato.

Lo strumento offerto deve dimostrarsi flessibile (adattabile all'eterogeneità del reale), iterabile (ripetibile con facilità su realtà differenti) e implementabile nel tempo (applicabile per livelli successivi di approfondimento secondo le necessità). Per questo le schede sono state pensate facilmente integrabili ed interattive, con la possibilità di inserire dati di input e ricevere automaticamente delle risposte che, sommate tra loro, porteranno l'utente alla selezione di uno o più scenari di intervento.

Futuro sviluppo di questa ricerca è la trasformazione di questo primo semplice sistema interattivo in un software o applicazione internet (app) di facile gestione tramite un normale smartphone e che sarà possibile consultare e interrogare durante il sopralluogo.

Le schede sono divise in quattro livelli:

- un livello base (fase identificativa) in cui si aiuta il progettista a comprendere il tessuto urbano selezionato, inquadrarlo a livello morfometrico e morfologico e a conoscere i principali dati climatici di riferimento;
- un secondo livello (fase qualitativa) di raccolta dei dati

direttamente sul campo;

- un terzo livello (fase analitica) che aiuta nella rielaborazione dei dati raccolti al fine di calibrare gli strumenti di calcolo che, poi, il progettista userà per la definizione del progetto;
- un quarto ed ultimo livello (fase propositiva) in cui al progettista vengono fornite indicazioni sulla 'performance' dei possibili scenari adottabili.

Si riporta di seguito lo schema di sintesi dei vari livelli di indagine con le indicazioni delle schede e i rimandi alle parti della tesi di riferimento (Tabella 1):

<b>PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase identificativa)	Raccolta dati a livello locale	Raccolta dati morfometrici Raccolta dati morfometrici generali Raccolta dati ambientali	<b>Scheda A1/A2/A3/A3.2</b>	Ricerca: Parte III.I-II
<b>SECONDO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase qualitativa)	Rilievo diretto	Misurazioni speditive in situ Individuazione delle criticità	<b>Scheda B1/ B2</b>	Parte III.II
<b>TERZO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase analitica)	Adeguamento strumenti di valutazione	Strumenti di calcolo Fattore di calibrazione del modello reale Simulazioni di dettaglio	<b>Scheda C</b>	Parte III.II
<b>QUARTO LIVELLO DI INDIRIZZO</b> (fase propositiva)	schede di indirizzo alla progettazione	Selezione modello ideale di riferimento Miglioramenti attesi	<b>Scheda D1/D1.2</b>	Parte III.II

Tabella 1. Quadro di sintesi delle schede di indagine speditiva proposte.

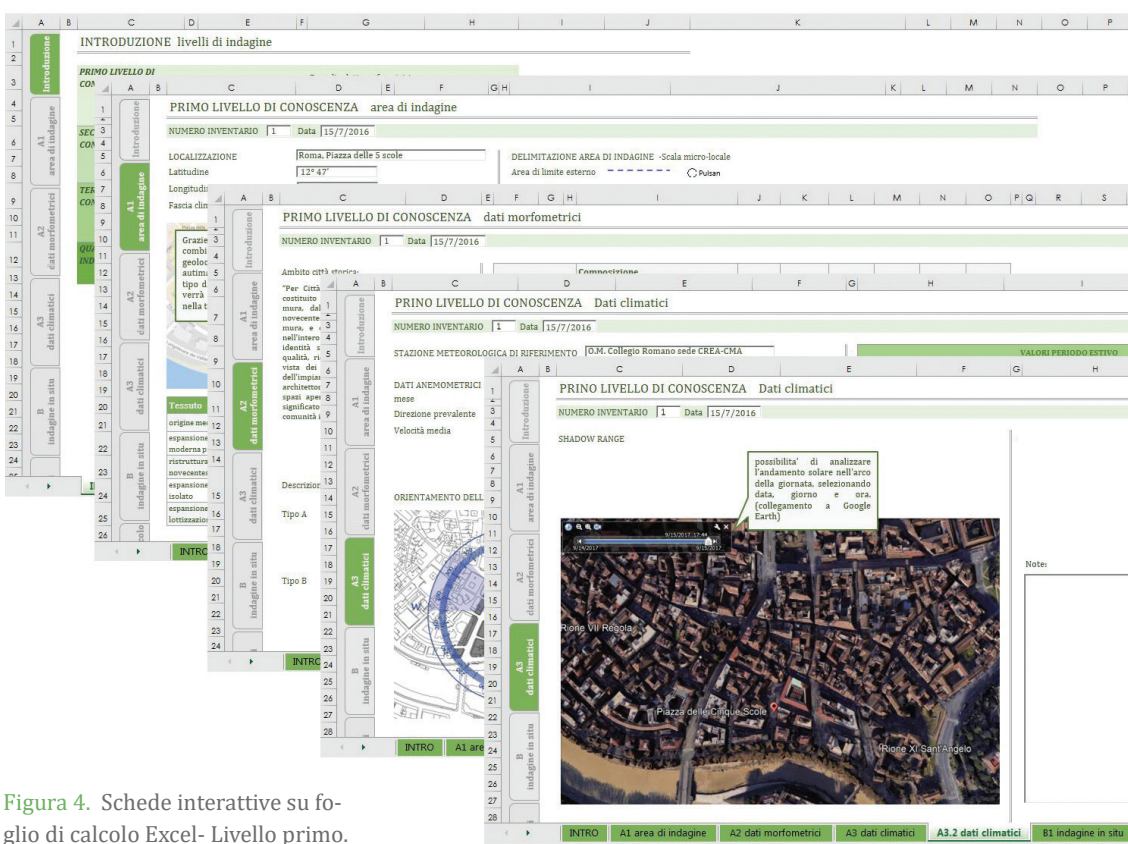


Figura 4. Schede interattive su foglio di calcolo Excel- Livello primo.

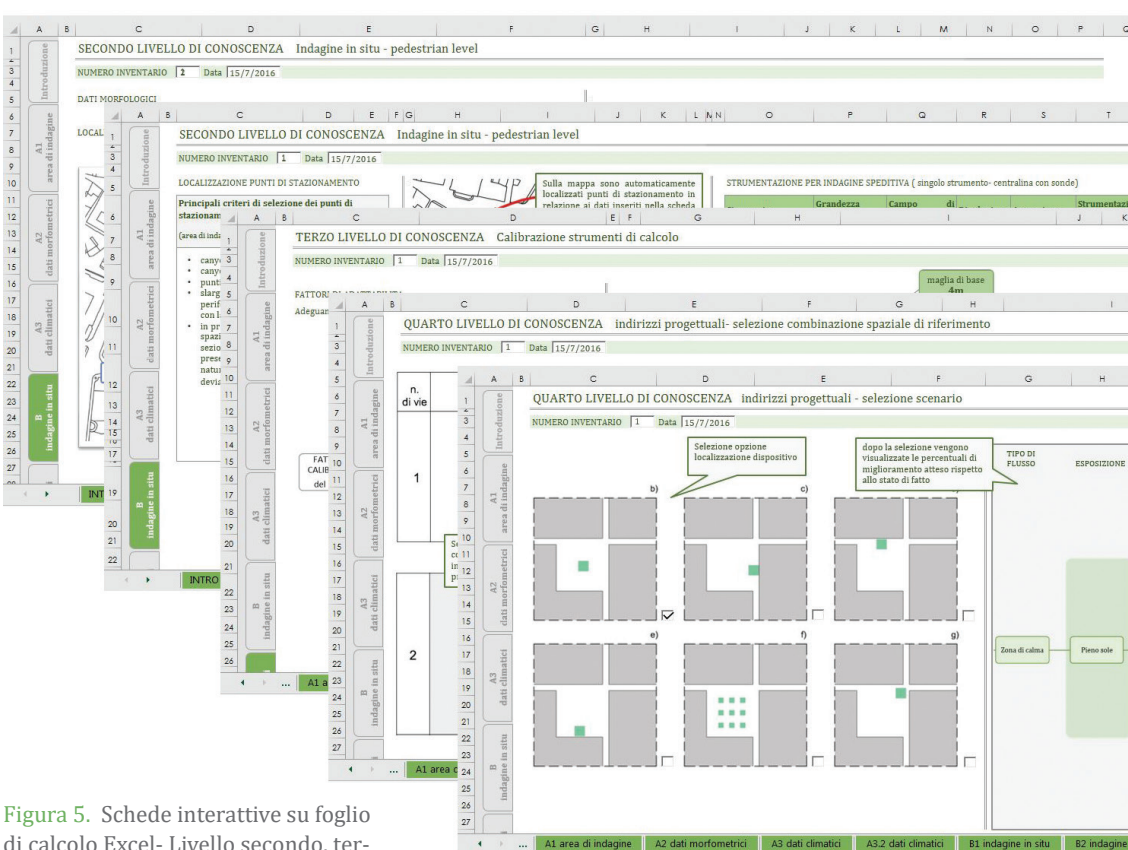


Figura 5. Schede interattive su foglio di calcolo Excel- Livello secondo, terzo e quarto.

## 11.2 Strutturazione e interfaccia utente.

Le schede, come anticipato, sono state strutturate in maniera tale da consentire, compilandole in sequenza, una selezione automatica di alcune informazioni richieste e indirizzare l'utente verso una risposta congruente con il tipo di tessuto da analizzare. Di seguito verrà presentata la logica alla base di questo strumento, indicando le soluzioni interattive pensate per ogni singola scheda. Nella Figura 4 e Figura 5 viene presentata una prima definizione dello strumento su fogli di calcolo Excel, che sarà di seguito analizzata scheda per scheda.

Si parte con una scheda introduttiva che presenta un quadro sinottico dello strumento, indicando i vari livelli di indagine, i contenuti e il relativo numero di scheda. (Figura 6)

Si passa poi al primo livello di analisi (fase identificativa). Analizzando nel dettaglio questo livello, si nota che è strutturato in 4 schede (Figura 6; Figura 7; Figura 8):

- *Scheda A1 area di indagine*: permette di geolocalizzare il sito e conoscere automaticamente a quale tipo di tessuto appartiene in riferimento a quanto indicato nel PRG. Ciò potrà essere possibile grazie ad un collegamento tra un normale programma di geolocalizzazione e le informazioni del Piano. Inoltre sarà possibile perimetrare l'area di indagine (*assessment area*) alla scala micro-locale (come indicato nel capitolo 8), ed ottenere il relativo perimetro della *surrounding area* (o area di estensione del modello) o viceversa.
- *Scheda A2 dati morfometrici*: individuato il tipo di tessuto verranno automaticamente selezionate le caratteristiche morfometriche corrispondenti (in base ai dati estrapolati nel capitolo 8 relativi alla nuova classificazione morfometrica RLCZ), che sono alla base della selezione del modello ideale di riferimento.

- *Scheda A3 dati climatici:* con la geolocalizzazione del sito verrà automaticamente impostata la stazione meteorologica più vicina dalla quale potranno essere acquisiti i dati relativi alla ventilazione ed anche tutti gli altri parametri climatici per il giorno impostato e/o, a livello statistico, per il mese o per l'anno. La graficizzazione della direzione prevalente di vento a V10 (al di sopra del canopy layer) sarà un dato importante da comparare poi con la direzione che verrà misurata in situ.
- *Scheda A3.2 dati climatici:* in questa scheda vengono fornite indicazioni sullo *shadow range* del sito, utili poi nella fase progettuale, sempre utilizzando uno strumento di facile consultazione come Google Earth.

Il secondo livello (fase qualitativa) è strutturato in 2 schede (Figura 8; Figura 9):

- *Scheda B1 indagine in situ al pedestrian level:* questa scheda consente all'utente di individuare, in sede di sopralluogo, le principali caratteristiche morfologiche del sito che possono influenzare il comportamento delle masse d'aria. Il programma dovrà permettere di selezionare ogni singola icona presentata sulla destra e trascinarla in corrispondenza del punto individuato. Stessa logica anche per l'analisi dei materiali costituenti l'invaso. Qui si è graficizzata la possibilità di definire i materiali delle principali superfici orizzontali del sito, che potrà essere incrementata con le indicazioni anche dei materiali delle superfici verticali dell'invaso. Conoscere questi dati aiuterà il progettista ad avere un quadro di insieme e individuare con maggiore immediatezza quelle 'incongruenze' - quali superfetazione, materiali difformi con il contesto, etc...- che determinano condizioni di degrado. Alla fine della procedura, inoltre, se collegati ad una banca dati specifica, si potranno ottenere informazioni relative alle caratteristiche termo-fisiche dei materiali da utilizzare come dati di input nel programma di calcolo (in questo caso Envi-met), informazioni utili per ottenere un quadro esaustivo della capacità termica dell'invaso analizzato.
- *Scheda B2 indagine in situ al pedestrian level:* in questa

scheda vengono fornite le indicazioni di base per intraprendere una campagna di misurazione speditiva nel sito in oggetto. Poiché lo strumento è finalizzato ad ottenere una risposta 'rapida', utile nelle prime fasi di progetto, svolgere una campagna speditiva e non tradizionale (che richiede tempi e costi ben diversi) risponde proprio a questa logica. Sulla destra vengono fornite indicazioni generali su dove è consigliabile localizzare i punti di stazionamento, ovvero dove posizionare la strumentazione. Nella mappa centrale appaiono, invece, già in automatico alcuni punti di localizzazione, selezionati dal programma in base ai dati morfologici indicati nella precedente scheda. Nella colonna di sinistra si forniscono alcune specifiche tecniche della strumentazione minima da reperire per l'analisi e si individua una possibile disposizione degli strumenti per ogni singolo punto di stazionamento.

Nell'ottica di validare passo per passo i risultati dell'analisi – integrando costantemente le risposte ottenute da vari strumenti - i dati climatici misurati in situ (schede B), in aggiunta a quelli raccolti (schede A3), serviranno sia per acquisire una necessaria conoscenza del sito, sia per calibrare e validare il modello computazionale di base su cui, poi, lavorerà il progettista -con l'obiettivo di definirne uno sempre più 'affidabile' su cui testare più scenari di intervento nelle varie fasi progettuali-. Così nelle schede iniziali (A e B) il progettista sarà aiutato a 'collezionare' tali dati che sfrutterà sia nelle schede di calibrazione degli strumenti di calcolo e di progetto (schede C e D) sia nelle successive simulazioni su modello reale<sup>1</sup>.

Il terzo livello è strutturato in 1 scheda (Figura 9):

- *Scheda C calibrazione degli strumenti di calcolo*: qui si riporta quanto valutato nel capitolo 9 della ricerca in relazione alle potenzialità/limitazioni del software di calcolo fluidodinamico. In relazione ai singoli sotto-fattori di calibrazione individuati, la scheda C fornisce indicazioni, in primis, sul *fattore di forma*. Si indica, pertanto, all'utente una dimensione ottimale della maglia di base (ad esempio per tessuto di tipo A viene indicato una dimensione di base della cella pari a 4m) su cui costruire il modello (maglia che è risultata essere la più consona per tessuti storici). Viene poi fornita una indicazione sulla dimensione della

1. Nello specifico, i dati climatici misurati in situ, oltre a quelli raccolti (dalle stazioni meteorologiche) saranno utili al progettista, in prima istanza, per impostare i dati di input richiesti dal modello computazionale, tenendo conto non solo delle condizioni al di sopra del canopy layer ma anche di quelle più strettamente relazionate al pedestrian level, che solo grazie ad una analisi diretta del sito sarà possibile conoscere e valutare. In questo modo è possibile incrementare le informazioni di default del modello simulato per aumentare il grado di affidabilità della risposta. Pensiamo, come vedremo di seguito analizzando le successive schede, all'importanza di conoscere il dato medio di intensità per ottenere un fattore di incremento (scheda C) da immettere per un miglior risultato della simulazione, o alle ulteriori specifiche relative ai dati orari di picco - utili per incrementare i dati di input-, o anche alla possibilità di definire differenti direzioni del flusso d'aria al pedestrian level (da immettere nella scheda C) in relazione all'area di analisi (dato acquisibile solo attraverso misurazioni in situ). Quest'ultimo dato, inoltre, è utile anche per individuare, nella scheda D, quale combinazione spaziale (piazza/strada) è opportuno selezionare in relazione alle caratteristiche anemometriche del sito -come vedremo di seguito-. Queste informazioni influiscono significativamente sul risultato finale della simulazione, come visto nel capitolo 9, e quindi sull'efficacia attesa dell'intervento.



2. Come indicato, ai fini di questa ricerca è stata analizzata una combinazione tipo tra le varie proposte.

griglia di calcolo dedotta in automatico dal programma in relazione alla dimensione dell'*assessment area* delimitata nella scheda A1. Infine vengono fornite indicazioni sui fattori morfologici regolarizzabili e quelli che invece vanno mantenuti nella costruzione del modello.

Altro sotto-fattore analizzato è il *fattore di direzione*. Viene data la possibilità di inserire il dato della direzione prevalente del flusso, dato che dovrà essere utilizzato come dato di input nel software al posto del dato ricavato dalla stazione meteorologica (questo per facilitare il calcolo lungo direzioni di flusso non valutate dal programma). Infine, avendo dimostrato che i dati di input riferiti alla ventilazione dovranno essere maggiorati affinché il software possa fornire, per tessuti complessi al pedestrian level, una risposta 'attendibile' in termini di velocità del flusso, viene automaticamente generato un valore *U<sub>new 10</sub>* (*fattore di incremento*) immettendo il valore medio di intensità registrato dalla stazione meteorologica di riferimento, in base alle indicazioni della scheda A3. Il programma in base ai dati della discordanza valutati sui tessuti presi in esame, aggiungerà in automatico il valore della maggiorazione da sommare al valore medio registrato, in base alla rielaborazione della formula di conversione proposta da Bröde e Fiala (2012) e Park, Tuller, Jo (2014). Il valore della discordanza immesso si basa, per il momento, sulla media, per tipologia di tessuto, del valore registrato nelle 10 aree analizzate in questo lavoro, ma si auspica col tempo di calibrare questo valore su un *database* più ampio.

Il quarto livello è strutturato in 2 schede (Figura 10):

- *Scheda D1 indirizzi progettuali- selezione della combinazione spaziale di riferimento*: in questa scheda l'utente dovrà indicare a quale combinazione spaziale corrisponde l'area di analisi. Come analizzato nel capitolo 10 varie sono le combinazioni spaziali<sup>2</sup> tra piazza/slargo e strade che è possibile trovare in un tessuto urbano, e che qui vengono rapportate alla direzione del flusso ventilativo. L'utente, selezionando una opzione, attiverà in automatico il modello ideale di riferimento, utile per il successivo passaggio.
- *Scheda D1.2 indirizzi progettuali- selezione degli scenari*:



individuato il tipo di tessuto, la combinazione spaziale di riferimento e gli altri parametri climatici prima menzionati, ora l'utente si trova di fronte una maglia ideale che ripropone gli stessi rapporti morfometrici del tessuto analizzato. Arrivati a questo punto l'utente potrà selezionare vari scenari proposti. Come già descritto, per questa ricerca è stata valutata l'interazione tra la ventilazione ed un dispositivo specifico, l'acqua, ma in futuro sarà possibile implementare la valutazione con altri dispositivi per valutarne l'interazione con i flussi ventilativi. In questa scheda l'utente, selezionando una differente posizione della superficie d'acqua nell'invaso, attiverà in automatico la parte sinistra dello schermo dove verranno visualizzate le percentuali di miglioramento del comfort atteso (valutato in termini di PMV) per il singolo scenario e verranno fornite indicazioni su come dimensionare al meglio la superficie d'acqua sia in orizzontale (+5%;+10%;+15% della superficie dell'invaso) sia in verticale (la presenza di una vasca a pavimento o una lama d'acqua a diverse altezze). Selezionando una ad una le diverse opzioni di localizzazione il progettista potrà visualizzare le relative risposte in termini di miglioramento del comfort (per maggiori chiarimenti si rimanda a quanto esposto nel capitolo 10). Questa ultima scheda, come già indicato più volte, servirà al progettista non certo per standardizzare l'atto progettuale, ma per avere un quadro orientativo sulle possibilità d'azione. Il progettista, quindi, selezionati gli scenari a lui più congeniali potrà, costruendo un modello che riproduce il tessuto reale debitamente definito e corretto in base al fattore di calibrazione, valutare l'effettivo miglioramento atteso in un modello che in questa successiva fase riporterà non solo le caratteristiche morfometriche, ma anche le specifiche caratteristiche morfologiche del sito.

Il format qui presentato potrà essere nel tempo facilmente implementato con l'aggiunta di ulteriori schede di dettaglio e ulteriori dati di progetto che emergeranno dall'analisi di altre maglie, altre combinazioni ed altri dispositivi oltre a quelli qui valutati.

INTRODUZIONE livelli di indagine			
<b>PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase identificativa)	Raccolta dati a livello locale	Raccolta dati morfometrici Raccolta dati morfometrici generali Raccolta dati ambientali	Scheda A1/A2/A3/A3.2
<b>SECONDO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase qualitativa)	Rilievo diretto	Misurazioni specifiche in sito Individuazione della criticità	Scheda 01/02
<b>TERZO LIVELLO DI CONOSCENZA</b> (Fase analitica)	Adeguamento strumenti di valutazione	Simulazioni di calcolo Fattore di collaborazione del modello reale Simulazioni di dettaglio	Scheda C
<b>QUARTO LIVELLO DI INDIRIZZO</b> (Fase progettuale)	Individuazione delle ipotesi progettuali	Selezione modello ideale di riferimento Adattamenti finali	Scheda 01/01.2

---

PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA area di indagine	
<b>NUMERO INVENTARIO:</b> [1] - Data: 15/07/2016	
<b>LOCALIZZAZIONE:</b> Roma, Piazza della S. croce	
<b>Latitudine:</b> [42° 43']	
<b>Longitudine:</b> [12° 05']	
<b>Scala climatica di riferimento:</b> Csa	

Gratie ad una interfaccia connessa con le tavole del PAU, pubblicamente il sito di pochi centimetri sopra a quale tipo di terreno corrisponde il dato verrà automaticamente indicato nella tabella sottostante.

Intervento	Arg. 1	Arg. 2
1	A1	A2
2	A1	A2
3	A1	A2
4	A1	A2
5	A1	A2
6	A1	A2
7	A1	A2
8	A1	A2
9	A1	A2
10	A1	A2
11	A1	A2
12	A1	A2
13	A1	A2
14	A1	A2
15	A1	A2

**DELIMITAZIONE AREA DI INDAGINE** - quota metro locale  
 Area di Enclave urbana: - - - - -  
 Area di indagine: ————  
 Perimetrazione area: [ ]

Figura 6. Scheda di introduzione e scheda A1 del Primo livello.

**PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA - dati morfometrici**  
NUMERO INVENTARIATO: T Data 15/07/2015

Autunno città storica

\*Per Città storica si intende l'insieme integrato costituito dall'area urbana e dalla fascia immediatamente adiacente, in cui si sono sviluppate le attività economiche, sociali, culturali, amministrative, e dei servizi in modo sostanzialmente continuo, che costituisce una struttura urbanistica omogenea, che si è sviluppata in modo organico e progressivo, e che ha mantenuto la sua struttura urbanistica e morfologica, anche se in parte modificata, nel corso del tempo, e che ha mantenuto la sua struttura urbanistica e morfologica, anche se in parte modificata, nel corso del tempo, e che ha mantenuto la sua struttura urbanistica e morfologica, anche se in parte modificata, nel corso del tempo.

Descrizione del tipo di tessuto

Tipologia A: zona interamente o anche parzialmente urbanizzata, con edifici prevalentemente a 3-5 piani, con un numero medio di piani di 3-5, e un'altezza media di 12-15 m.


Tipologia B: zona interamente o anche parzialmente urbanizzata, con edifici prevalentemente a 2-5 piani, con un numero medio di piani di 2-5, e un'altezza media di 12-15 m.

**PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA - dati climatici generali**  
NUMERO INVENTARIATO: T Data 15/07/2015

STAZIONE METEOROLOGICA DI RIFERIMENTO: Collegio Monsino sede CREA.

DATI ANEMOMETRICI (h):  
Direzione prevalente  
Velocità media

ORIENTAMENTO DELL'AREA RISPETTO AL VENTO PREVALENTE



**Nome Local Climate Zone - BLZ**

Tipologia di tessuto	Classificazione dei tessuti da PUG	Classe di tipo* (PUG)	L1/L2	SWP	Rapporto di copertura (S1/S2)	% impermeabilizzazione
A	A1 di origine prevalentemente meridionale	F	deep 1/11a-1.4 1/11a-2.4 (0.4-3.3)	0.3-0.4 0.4-0.5	0.63	80-85
	A2 di origine prevalentemente transizionale		deep 1/11a-1.3	0.32	0.72	80-90
B	B1 di ristrutturazione urbanistica B-903		short 1/11a-2.3 0.40%	0.37	0.67	80-85
	B2 Espansione 9-903 ad isolato	F	short 1/11a-3.2	0.40	0.40	80-90
	B3 Espansione 9-903 a edifici a più piani		short 1/11a-1.8	0.35	0.38	70-75

\*In valore corrispondente al valore di riferimento

**ALTRI DATI CLIMATICI - Bollettino CREA-CMA**

VALORI FISICI (PUG)	Valore
Temperatura media estiva	17.0 °C
Temperatura media invernale	12.0 °C
Temperatura media annuale	14.5 °C
Umidità relativa media	69.3 %
Precipitazioni	113.6 mm
Minimo giorno pieno	3 h
Pressione media	1016.6 hPa
Velocità ventosa media	41.30%
Velocità specifica a 2500m	3.2 m/s
Temperatura media notturna	10.0 °C
Temperatura media giornaliera	14.0 °C
Temperatura media mensile	14.0 °C
Temperatura media annuale	14.0 °C

Figura 7. Primo livello, Schede A2 e A3







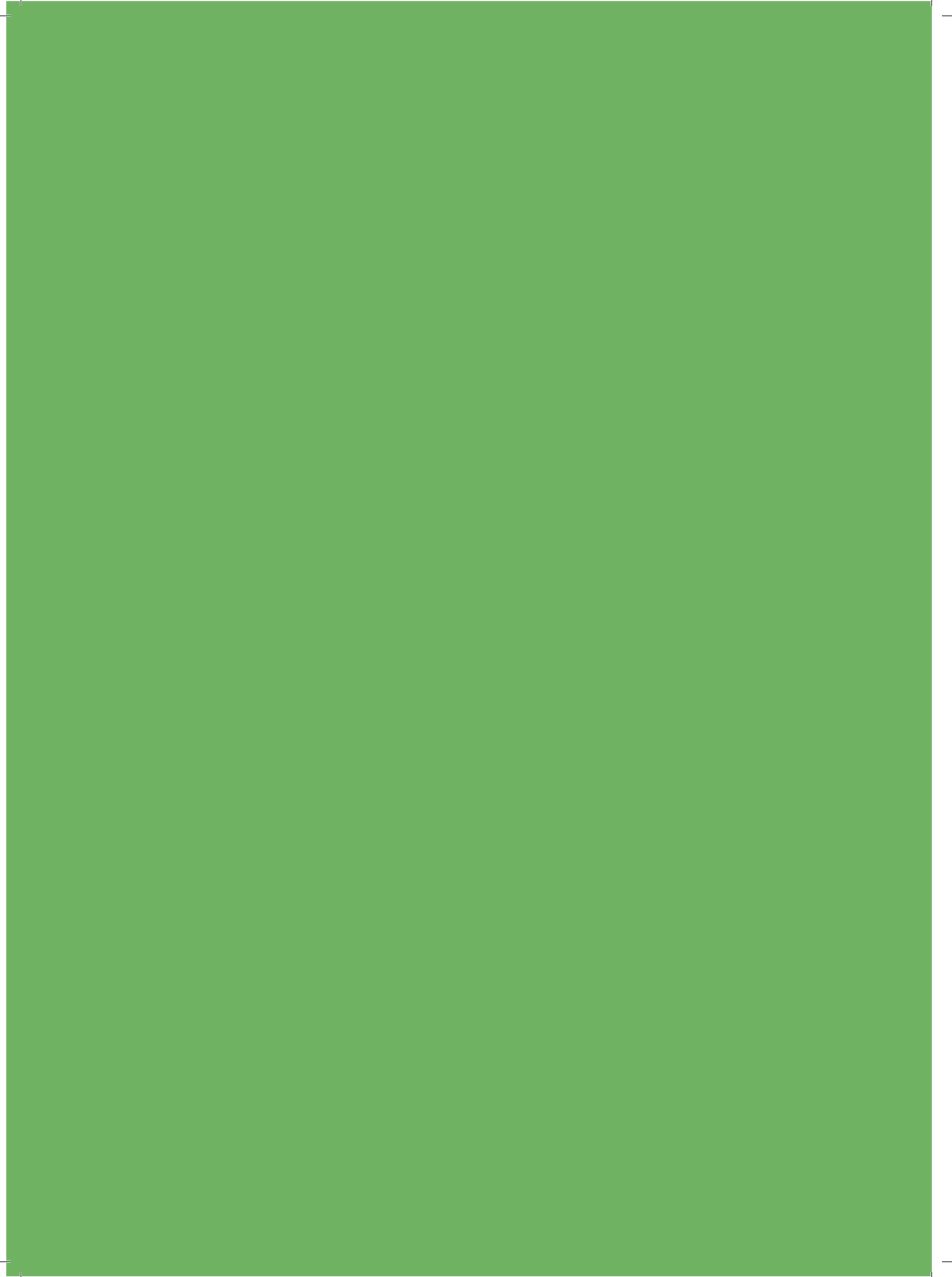








PARTE IV  
CONCLUSIONI



## CAPITOLO 12 Conclusioni e sviluppi futuri.

La ricerca qui presentata ha voluto fornire delle risposte ai quesiti ed alle problematiche emerse nella fase di analisi dello stato dell'arte, finalizzando il lavoro, come si evince dal titolo, alla definizione di una metodologia di valutazione speditiva della ventilazione nella città storica per la ridefinizione dello spazio aperto.

La volontà di parlare di uno specifico ambito urbano caratterizzato da una sovrapposizione e stratificazione temporale da tutelare e valorizzare, è dipesa, come già sottolineato varie volte, dall'aver riscontrato come in campo scientifico si parli spesso di città ma poco dei tessuti urbani che la caratterizzano. La città europea ed in particolar modo italiana presenta modelli evolutivi ed una conformazione spaziale molto distante da un'immagine razionale di città che molte ricerche indagano. Soprattutto rivolgendo l'attenzione al fattore anemometrico, si è solito riferirsi, tranne alcuni particolari casi riportati, allo spazio di nuova edificazione o oggetto di ridefinizione sostanziale dove è possibile agire sulla composizione geometrica del costruito per potenziare quei fattori morfometrici utili a livello microclimatico. Nella città consolidata, ed ancor di più nella complessa maglia urbana della città storica, le possibilità di azione sono indubbiamente più limitate e parlare di anemometria è spesso un tema distante dal dibattito architettonico. Se in ambito climatologico lo studio della ventilazione anche in città storiche è oggetto già da diversi decenni di attenzione, quanto raccolto ed esaminato, sebbene fornisca una importantissima base conoscitiva, non è direttamente collegato ad una valutazione operativa del problema, volta a sfruttare le potenzialità o limitare le negatività della ventilazione in un'ottica progettuale. Eppure nelle operazioni di 'rammendo' del tessuto urbano la ventilazione può rivestire un ruolo interessante, portando, se analizzata in sinergia con gli altri fattori concorrenti, ad un miglioramento in ambito micro-climatico.

La scelta dello specifico ambito di indagine ha portato da una parte ad una rilettura critica di conoscenze già consolidate, estrapolandone, con una visione progettuale, definizioni e concetti utili e da un'altra parte ha fatto emergere la duplice necessità di dover calibrare gli strumenti esistenti, tarandoli in maniera specifica per l'ambi-

to selezionato e, in alcuni casi, definirne di nuovi (ad esempio, una nuova scala di indagine e nuove classi morfometriche specifiche per la città storica base per la definizione di uno specifico modello parametrico) che, a differenza di quelli esistenti, meglio si adattano a descrivere la realtà urbana considerata, differente in molti aspetti da quella generica idea di città a cui la maggior parte della letteratura si riferisce. Tutto nell'ottica della sistematizzazione di una procedura operativa multi-scalare che ha voluto mettere a sintesi in maniera organica aspetti della disciplina visti spesso in maniera separata e disgiunta.

Fatta questa premessa, analizzeremo ora nel dettaglio le singole parti del lavoro cercando di sottolineare, per ogni singolo quesito, se la ricerca ha fornito o meno risposte soddisfacenti.

Analizzando il fattore anemometrico in ambiti urbani complessi, la prima necessità riscontrata è stata quella di definire un criterio di delimitazione delle aree di indagine che si discordsse dalla consuetudine di analizzare il fattore ventilativo in maniera puntiforme -spesso strettamente relazionata ad un fronte edilizio o ad un singolo edificio- ma che permettesse anche una delimitazione gestibile sia nella fase di analisi che in quella di valutazione del dato. Queste considerazioni hanno portato a definire una nuova scala di indagine detta *micro-locale* (Rif. capitolo 8.1) che si pone quale 'misura' intermedia tra quelle finora proposte dalla letteratura.

In funzione, poi, di questa nuova scala di indagine è stato necessario sia sistematizzare e calibrare gli strumenti esistenti, sia definirne di 'nuovi', o meglio definirne delle nuove integrazioni.

Come prima fase, partendo da un'idea di 'rilievo integrato' delle condizioni ambientali e nello specifico anemometriche, si è proposta una sistematizzazione multi-scalare degli strumenti esistenti, integrando dati diretti - dalle conoscenze relative alla macro scala a quelle a scala locale e micro con i relativi strumenti di definizione (Rif. Capitolo 7 e 9)- con dati in scala e dati desk per una definizione olistica del problema anemometrico funzionale alla sua comprensione e rilettura progettuale in ambito urbano. In parallelo è stata proposta una calibrazione di alcuni di questi strumenti per rispondere, come detto, alla necessità di analisi di tessuti complessi come quelli storici. Questa calibrazione ha riguardato in primo luogo gli strumenti diretti, sperimentando operativamente l'utilità ed i limiti di una 'campagna speditiva' di misurazione (Rif. cap.9.1.2),

il cui iter procedurale è divenuto parte integrante dello strumento proposto. Il ricorso a questo tipo di campagna è dipeso dalla necessità di raccogliere una quantità di dati sufficiente e necessaria per la comprensione dei fattori analizzati, che rispondesse alla logica speditiva dello strumento proposto. Le valutazioni desunte dai dati raccolti in sede di misurazione diretta in situ, durante le campagne speditive realizzate su aree selezionate della città di Roma, ci hanno consentito di comprendere il comportamento dei flussi a livello del pedestrian level, un importante dato per valutare l'influenza dell'invaso urbano sulla movimentazione dei flussi stessi, in termini prevalentemente di riduzione e deviazione del flusso, utile anche per una validazione del modello computazionale (Rif. cap. 9.3). Di contro, però, la quantità di dati raccolti non ha consentito di definire il valore della soglia minima ricercata in alcuni studi scientifici (Di Napoli e Mercalli, 1998; Colacino e Baldi, 1991- Rif. Capitolo 2). La sua definizione, infatti, è strettamente correlata non solo alle condizioni climatiche generali, ma anche a specifici fattori morfometrici, morfologici e costruttivi del singolo sito e necessiterebbe di una raccolta dati sul lungo periodo.

La calibrazione, poi, ha riguardato anche gli strumenti in scala e quelli desk, o meglio definiti computazionali. Per quanto concerne questi ultimi, dopo aver compreso limiti e potenzialità, individuati da numerosi studi scientifici, questi sono stati testati in relazione allo specifico tessuto urbano qui analizzato arrivando alla definizione di un fattore di calibrazione (Rif. capitolo 9.2-9.3). Tale fattore -implementando studi precedenti (Acero e Herranz-Pascual, 2015; Blocken et al 2012; Bröde e Fiala, 2012; Park, Tuller e Jo, 2014; ed altri)- permette di ridurre quanto possibile la discordanza tra dato reale e dato simulato - registrabile per tessuti storici-, discordanza che, in aree soggette a maggiore intensità di flusso, può raggiungere valori anche molto elevati e compromettere una corretta lettura e comprensione dei possibili benefici del fattore anemometrico sia nella condizione ante progetto che nella definizione di possibili scenari di intervento (sempre in virtù del fatto che anche un vento in regime di bava o di brezza possa determinare interessanti miglioramenti microclimatici dell'invaso analizzato), nonché alterare il calcolo degli indici di comfort. Come dichiarato, però, il fattore di calibrazione, allo stato attuale di definizione, necessita di un ulteriore affinamento possibile solo con uno specifico lavoro sugli algoritmi alla base dei processi di calcolo, approfondimento che sarà

raggiungibile solo grazie ad un possibile futuro confronto con gli ideatori del programma, utilizzando come base di dialogo proprio la documentazione qui prodotta, in cui si evidenziano le limitazioni del software in relazione a tessuti complessi.

Infine, la ricerca ha anche proposto ulteriori 'nuovi' strumenti che vanno ad integrare quelli esistenti sempre in relazione allo specifico ambito di indagine selezionato. Nell'ultima parte della ricerca sono stati sperimentati strumenti di tipo parametrico utilizzati da decenni per la valutazione del fattore anemometrico su sistemi urbani semplificati. Appurata la difficoltà degli strumenti computazionali nel riportare una definizione fedele del dato anemometrico per tessuti complessi, il ricorso a questi strumenti semplificati di calcolo ha consentito una rapida valutazione di alcuni dei principali fenomeni anemometrici che caratterizzano i tessuti urbani analizzati. Per arrivare, però, a questa definizione è stato necessario tarare anche questi strumenti in base alle caratteristiche specifiche della città storica. Alla base di tutto c'è la valutazione di fattori parametrici che consentono la semplificazione del dato reale in funzione di specifici rapporti morfometrici.

La letteratura, sin dagli anni novanta, ha iniziato a suddividere la città in sotto-regioni climatiche delle quali si è sintetizzato l'*aspect ratio*, ponendo in relazione diversi fattori morfometrici che incidono direttamente su velocità e direzione del flusso. (Rif. capitolo 2 e 8). Queste classificazioni, nate per descrivere realtà urbane differenti da quelle europee e con l'iniziale finalità di migliorare la localizzazione di stazioni meteorologiche urbane -affinché la strumentazione potesse meglio registrare le differenti condizioni climatiche cittadine- vengono qui rilette e integrate con nuovi parametri morfometrici che sintetizzano in maniera più puntuale le caratteristiche geometriche proprie dei tessuti della città storica italiana. Si è deciso di sistematizzare questi nuovi parametri in una nuova classificazione definita (RLCZ) *Rome Local Climate Zone* (Rif. capitolo 8), specificatamente definita prendendo in considerazione il tessuto della città storica della Capitale -sebbene anche adottabile a realtà urbane che presentano analoghi rapporti di *aspect ratio*-. Questi nuovi fattori morfometrici hanno permesso la costruzione di modelli parametrici specifici (Rif. capitolo 10), per la cui analisi non è stato adottato un metodo analitico ma computazionale (CFD) che, lavorando in questo caso su un costruito regolarizzato e normalizzato, non ha presentato le problematiche riscontrate per tessuti



complessi sopra menzionate (Rif. capitolo 9 e 10).

Questa seconda fase di sperimentazione ha consentito di testare su scenari semplificati vari possibili opzioni di intervento, focalizzando l'azione sugli elementi della 'faces urbana' che influenzano il fattore ventilativo, e su cui poter agire progettualmente. Tra questi si è scelto di effettuare un approfondimento sull'acqua, quale 'materiale edilizio' che caratterizza da sempre lo spazio pubblico e di socializzazione della città, valutandone gli effetti in termini di raffrescamento ventilativo-evaporativo prodotto dal contatto tra aria ed acqua. Si è deciso, operando esclusivamente sulla superficie orizzontale dello spazio urbano, di testare vari scenari lavorando sul tipo di dispositivo, sulla sua localizzazione e sul suo dimensionamento, tutti aspetti valutati in funzione della ventilazione prevalente e delle relative zone di calma di vento. Da ogni caso analizzato sono state estrapolate, in linea con il lavoro di ricerca svolto nell'ambito del progetto RuRos "Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces" (Kofoed e Gaardsted, 2004), delle osservazioni che sono andate ad incrementare le conoscenze non solo relative all'interazione tra ventilazione e tessuto urbano, ma anche all'interazione tra ventilazione, acqua e tessuto urbano. (Rif. capitolo 10). Per ogni scenario analizzato sono state infine dedotte delle percentuali di miglioramento in termini di comfort termo-igrometrico ottenute dal confronto tra la situazione ante e post intervento, che forniranno delle indicazioni orientative, non certo definitive, sull'efficacia di determinate scelte, con una certa approssimazione determinata dell'incidenza del fattore morfologico -calcolato con la successiva simulazione del dispositivo su modello computazionale che riproduce il tessuto reale a cui applicare il suindicato fattore di calibrazione-. La predisposizione di questi differenti scenari su modello semplificato, quindi, è stata pensata per fornire una panoramica sui vari fattori coinvolti e consentire una valutazione speditiva delle possibili risposte in relazione al comportamento dei flussi d'aria, lasciando nelle mani del progettista la definizione 'critica' del progetto, ben lontani dal voler definire una standardizzazione della pratica, ma semmai una sistematizzazione metodologica che integri la ventilazione tra le problematiche da analizzare per una trasformazione 'ponderata' dello spazio urbano.

I risultati di questa ricerca dovranno, inoltre, essere valutati non come risolutivi di una situazione di discomfort urbano, ma come un ulteriore tassello da aggiungere alla conoscenza già più consolidata relativa ad altre pratiche progettuali volte al miglioramento

del microclima urbano (dall'utilizzo di differenti materiali dell'invaso, alla sistemazione di schermature solari, a logiche di greening, etc...) attuabili in relazione alle differenti libertà progettuali del sito in analisi. Si è infatti consapevoli che in uno spazio aperto non si possa ricercare un 'perfetto' equilibrio climatico, ma una condizione di neutralità che, parafrasando un concetto di Humphreys, varia a seconda delle condizioni stagionali e dell'accettazione di tali condizioni in quanto 'normali' per il periodo.

La metodologia operativa seguita nello sviluppo del lavoro - dall'acquisizione del dato, attraverso varie tipologie di strumenti, alla calibrazione o integrazione degli strumenti, alla analisi su vari modelli di indagine - è infine confluita in uno strumento operativo che fornisce al progettista i mezzi per un'analisi multi-criteriale dell'intervento, offrendo non solo un supporto nella fase conoscitiva ma anche nella fase progettuale. Lo strumento consta di schede di indagine speditiva che facilitano una lettura comparata tra aspetti morfologici, morfometrici e ambientali del tessuto ed aiutano nella localizzazione dei punti critici del tessuto sui quali effettuare indagini di dettaglio, al fine di fornire indirizzi d'azione che aiutino ad integrare il fattore ventilativo nelle prime fasi di stesura di programmi e progetti di intervento a livello urbano.

Non linee guida, quindi, ma uno strumento pensato come un supporto operativo e metodologico definito speditivo in quanto volto ad una immediata verifica pratica degli assunti teorici, una lettura 'veloce' e di 'facile' comprensione di un fattore, quello anemometrico, assai complesso, seguendo una logica di base che deve dimostrarsi iterabile (ripetibile con facilità su realtà differenti), implementabile nel tempo e flessibile (adattabile all'eterogeneità del reale) soprattutto là dove è necessario intervenire in ambiti complessi dove prevale la logica del caso per caso.

In base a questa logica, ulteriori sviluppi della ricerca sono volti in primis ad implementare lo strumento, sperimentando nuove maglie di base e differenti dispositivi la cui integrazione con il fattore ventilativo possa far registrare percentuali di miglioramento in ambito outdoor. Inoltre i dati raccolti durante le misurazioni in situ possono essere base di ulteriori approfondimenti, anche in relazione a differenti regimi stagionali, come quello primaverile, operazione utile a valutare benefici e/o negatività legate al fattore ventilativo anche in condizioni climatiche intermedie che presentano differenti

problematiche e necessità.

Si ritiene, infine, necessario testare la validità dello strumento in sinergia con operatori del settore ed amministrazioni pubbliche, confronto utile a comprovarne l'efficacia ed a migliorarne la funzionalità, sperimentando l'iterabilità della metodologia proposta anche in realtà 'storiche' di altri centri urbani.

Per migliorare l'usabilità dello strumento speditivo si prevede, inoltre, di trasformare questo primo semplice sistema interattivo in una applicazione internet (App) di facile gestione tramite un normale smartphone e che sarà possibile consultare e interrogare durante il sopralluogo.



## BIBLIOGRAFIA

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 534

## i. Riferimenti bibliografici per capitolo.

### Introduzione

1. Argan, G.C.(1986). Beni culturali: ma di chi?.*Insegnare*, II, (7-8).
2. Butera F.M. (2007). *Dalla caverna alla casa ecologica*. Milano: Edizioni Ambiente.
3. Colacino, M. (1998). Considerazioni in tema di clima urbano. *Nimbus* 13-14: 8-9
4. EEA (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe. Report 2/2012*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union.
5. Epa, U.S. Environmental Protection Agency (2008), Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Basics compendium. Climate Protection Partnership Division. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
6. Hillier B. (1988) La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto. In *Morfologia dello spazio urbano. Questioni di analisi e di progetto*. Zanella P. (a cura di). Milano: Franco Angeli.
7. Los S. (1990). *Regionalismo dell'architettura*. Padova: Franco Muzzio Editore.
8. Morin, E. (2007). *L'anno I dell'era Ecologica*. Roma: Armando Editore.
9. Oke T.R (2006). *Initial guidance to obtain representative meteorological obseration at urban scale*. Genevre: World Metereological Organization.
10. Olgyay V. (1981). *Progettare con il clima: un approccio bioclimatico al regionalismo architetonico*. traduzione italiana (a cura di) G. Mancuso. Padova: Muzio Editore.

### Capitolo 1

11. Acebillo J. (2012). *A new urban metabolism: [Barcelona/ Lugano: case studies]*. Barcelona: AB Publisher.
12. Cangelli, E. e Paoletta, A. (2001). *Il progetto ambientale degli edifici*. Alinea: Firenze.
13. Coyle S., Duany A. (2011). *Sustainable and resilient communities, a comprehensive Action Plan for Town, Cities and Regions*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons



14. Decker, et al. (2000). Energy and material flow through the urban ecosystem. *Annual Review of Energy and the Environment* 25:685–740.
15. Grosso, M. (2006). Ventilazione naturale e raffrescamento passivo ventilativo negli edifici 2. Sistemi e tecniche. Corso: *Sostenibilità ambientale, eco-efficienza ed eco-compatibilità: azioni di sostegno e qualificazione per operatori del settore. Laboratori sperimentali e diffusione buone pratiche*. Fase 1. BIOECOLAB. Modena.
16. Grosso, M. (2008). *Il raffrescamento passivo degli edifici, in zone a clima temperato*. Rimini: Maggioli
17. Hensel, M., Mengens, A. Weinstock, M. (2010) *Emergent technologies and design. Towards a biological paradigm for architecture*. NY: Routledge;
18. Morin, E. (2007). *L'anno I dell'era ecologica*. Roma: Armando Ed.
19. Nava, S. e Fanfulla, F. (2010). *Ventilazione meccanica non invasiva: come, quando e perché*. Milano: Springer Science & Business Media.
20. Odum, E. P., Barrett, G. W. (2009). *Fundamentals of ecology*. Australia: Cengage Learning.
21. Roaf S., Gupta, R., Horsley A., e Royal Institute of British Architects. (2004) *Closing the loop: benchmarks for sustainable buildings*. Londra: RIBA Publishing;
22. Siniscalco, V. (2010) *Città, Densità, Sostenibilità. Uno strumento per la valutazione degli effetti di mitigazione delle politiche di governo del territorio sull'Impronta Ecologica*. Dottorato di ricerca in Ingegneria dei sistemi idraulici, di trasporto e territoriali, Dipartimento di Pianificazione e scienza del territorio. Università degli Studi di Napoli Federico II.
23. Spyropoulos, T. (2013). *Adaptive ecologies*. Londra: AA Publication;
24. West G. B. (2017). *Scale: The Universal Laws of Life and Death in Organisms, Cities and Companies*. Londra: Hachette.
25. Wolman A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American, Cities* 213: 156-174.

#### Siti web

26. Geoffrey West (Maggio 2016). *The sameness of organisms, cities, and corporations: Q&A with Geoffrey West*. <http://blog.ted.com/qa-with-geoffrey-west/>

## Capitolo 2

27. AA. VV. (2005). URBVENT Natural ventilation in urban areas - Potential assessment and optimal

façade design. *URBVENT Software Guide*.

28. Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015) A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment* 93: 245-257
29. Addepalli, B. e Pardyjak, E. R. (2013). Investigation of the Flow Structure in Step-Up Street Canyons—Mean Flow and Turbulence Statistics. *Boundary-Layer Meteorology*. 148 (1): 133-155.
30. Ahmad, K., Khare, M., Chaudhry, K. K. (2005). Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review,” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 93: 697–717.
31. Alberti, L. B. (1485). *De re aedificatoria*. Florentiae: Nicolaus Laurentii.
32. Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in urban environment*. London: Earthscan.
33. Asimakopoulos, D. N., & Santamouris, M. (2011). *Energy and climate in the urban built environment*. London: James et James.
34. Berghauser Pont, M., Haupt, P. (2010). *Spacematrix: Space, Density and Urban Form*. Rotterdam: NAI Publisher.
35. Bonafè, G. (2006). Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione. Area Meteorologia Ambientale Servizio Idro Meteorologico ARPA Emilia-Romagna. <http://www.arpa.emr.it>
36. Bonelli, R. (1963). Voce Restauro architettonico. *Enciclopedia Universale dell'arte* (10). Roma: Istituto Per La Collaborazione Culturale Venezia-Roma, Firenze.
37. Buono, M. (1998) *Architettura del vento*. Napoli: CLEAN
38. Busato F., Lazzarin R.M., Noro M. (2014). Three years of study of the Urban Heat Island in Padua: Experimental results. *Sustainable Cities and Society* 10: 251–258.
39. Calcerano, F. (2014). *Technological design for bioclimatic architecture. Strategies and natural ventilation systems for passive cooling in environmental and energy retrofit in the Mediterranean climate*. PhD Tesi di dottorato. Dip. PDTA. tutor Fabrizio Tucci, coordinatore Eliana Cangelli. Sapienza Università di Roma.
40. Cantù 2004 Meteorologia. Climatologia. Cambiamenti di clima. Storia della Meteorologia nel sec. XX in tre saggi. *Quaderni di geofisica*. INGV
41. Colacino M. Dell'Osso (1978). The logical Atmospheric Circulation in the Rome Area: surface observations. *Bound. Lay. Meteorol* 14: 133-151.
42. Colacino M., Baldi M. (1991). *La climatologia della città di Roma*. Roma: CNR.
43. Colacino, M. (1998). Considerazioni in tema di clima urbano. *Nimbus* 13-14: 8-9

44. D'olimpio, D. (2008). *La progettazione del microclima urbano*. Roma: Edizioni Kappa.
45. De Santoli L. (2011) *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.
46. Di Bartolomei, R, Perini, L. (2013). Il concetto di benessere nell'ambito del paesaggio urbano. *Meteorologia di Roma 2012. Annata di "anomalie"*. Roma: Crea- Cma.
47. Di Napoli G., Mercalli L. (1998). Il topoclimate urbano di Torino: la temperatura. *Nimbus* 13-14: 16-29
48. Di Sabatino, S. (2011). Analisi di morfometria urbana e suo ruolo nella modellistica del flusso e della dispersione. *Seminario ISAC*, 31 Marzo IFC-CNR, Lecce.
49. Di Sabotino, Leo, L.S., Cataldo, R., Ratti, F.C., Britter, R.E. (2010). Construction of Digital Elevation Models for a Southern European City and a Comparative Morphological Analysis with Respect to Northern European and North American Cities. *American Meteorological Society*. 49: 1377–1396.
50. EEA, European Environment Agency (2015). Copernicus Monitoring Service –Local Component: Urban Atlas. <http://land.copernicus.eu>.
51. Epa, U.S. Environmental Protection Agency (2008), *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Basics compendium. Climate Protection Partnership Division*. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
52. Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. (2011). *Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings*. London, Washington: Earthscan.
53. Fisher, B., Kukkonen, J. et al. (2006). Meteorology applied to urban air pollution problems: concepts from COST 715. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6: 555–564.
54. Gardi, C. (2016). *Urban expansion, land cover and soil ecosystem services*. London ; Boston: Routledge.
55. Giovannini L, Zardi D, de Franceschi M. (2011). Analysis of the urban thermal fingerprint of the city of Trento in the Alps. *J. Appl. Meteor. Clim.* 50: 1145-1162.
56. Grimmond, C.S.B., Oke, T.R. (1999). Aerodynamic Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form. *Journal of applied meteorology* 38: 1262-1292.
57. Grosso, M. (2008). *Il raffrescamento passivo degli edifici, in zone a clima temperato*. Rimini: Maggioli
58. Hammerle M Gal, Unger et al (2011). Comparison of model calculating the sky view factor used for urban climate investigations. *Theoretica and applied climatology*, 105(3): 521-527.
59. Heidrich O, Reckien D. et al. (2016). National climate policies across Europe and their impacts on cities strategies. *Journal of Environmental Management*.168: 36-45.

60. Hillier, B. (1988). La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto. In Zanella P. (a cura di) *Morfologia dello spazio urbano. Questioni di analisi e di progetto*. Milano: Franco Angeli.
61. Hotchkiss, R. and Harlow, F. (1973). Air Pollution Transport in Street Canyons, *EPA R4-73-029*. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency.
62. Iafrate L. (2013). La piccola Età Glaciale nell'Arte: il 1600 o il secolo del "Pessimum Climatico". *Meteorologia di Roma 2012. Annata di "anomalie"*. Roma: Crea-Cma..
63. Ippolito, A. M. (2014). *Per la costruzione del paesaggio futuro: Architettura e natura. Atti del I Convegno diffuso internazionale, San Venzano, Terni, 17 - 21 settembre 2013*. Milano: Franco Angeli.
64. Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 41:1326–1338
65. Kanda M. (2006). Process in the scale modeling of urban climate: Review. *Theor. Appl.Climatol.* 84:23-33.
66. Kofoed N.U., Gaardsted M. (2004). Considerazioni sul vento negli spazi urbani. *Progettare gli spazi aperti nell'ambito urbano: un approccio bioclimatico*. Grecia: Centre for Renewable Energy Source (C.R.E.S.).
67. Lindberg, F., Grimmond, C.S.B. (2010). Continuous sky view factor maps from high resolution urban digital elevation models. *Climate Research*, 42: 177–183.
68. Lynch, K. (1964). *L'immagine della città*. Guarda G.C (trad. ita.). Padova: Marsilio Editore
69. Marshall, S. (2005). *Streets & patterns*. London: SponPress Taylor & Francis Group.
70. Matzarakis, A., Mayer, H. e Iziomon, M.G. (1999). Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*. 43:2.76–84.
71. Matuschek O., Matzarakis A. (2011). Sky view factor as a parameter in applied climatology – rapid estimation by the SkyHelios model. *Meteorologische Zeitschrift* 20 (1): 039-045
72. Matuschek O., Matzarakis A. (2010). Estimation of sky view factor in complex environment as a tool for applied climatological studies. <https://www.researchgate.net/publication/228503676>
73. *Meteorologia urbana*. (1998). *Nimbus* 13-14. Società Meteorologica Subalpina: Torino.
74. Mills, Bechtel, Foley, Ching, See, Feddema (2017). The WUDAPT Project: Status of Database and Portal Tools. *Proceedings of 13th Symposium of the Urban Environment*. <https://ams.confex.com/ams/97Annual/webprogram/Paper313793.html>
75. Morin, E. (1985). Le vie della complessità. In Cangelli E., Paoletta, A. *Il progetto ambientale degli edifici*. 2001. Bologna: Alinea.
76. Morris et al. (2001). Quantification of the Influences of Wind and Cloud on the Nocturnal Urban Heat Island of a Large City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 40 (2): 169-182.

77. Murakami S., Ooka R., et al (1999). CFD analysis of wind climate from human scale to urban scale. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 81: 57-81.
78. Musco F. (2016). *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. Springer International Publishing.
79. Musco F., Fregolent, L. (2014a). *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano*. Padova: Il Poligrafo casa editrice
80. Nakamura, Y., Oke, T. R. (1988). Wind, Temperature, and Stability Conditions in an East-West Oriented Urban Canyon. *Atmospheric Environment* 22(12): 2691-2700.
81. Olgyay, V. (1963). *Design with Climate*. New Jersey: Princeton University Press. Trad. it. Mancuso, G., A cura di. (1990). *Progettare con il clima*. Padova: Franco Muzzio.
82. Oke T.R (2006). *Initial guidance to obtain representative meteorological observation at urban scale*. Genevre: World Metereological Organization.
83. Oke, T.R. (1995). The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. *Wind Climate in Cities*. Vol. 277. NATO ASI Series: 81-107.
84. Oke, T.R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* 11: 103-113.
85. Oke T.R. (1988b). The urban energy balance. *Progress in Physicals Geography* 12: 471-508.
86. Oke T.R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108 (455).
87. Oke, T.R. (1976). The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. *Atmosphere*, 14(4): 268-277.
88. Peña, A., Hasager, C. B., Lange, J. et al. (2013). Remote Sensing for Wind Energy. *DTU Wind Energy*. (DTU Wind Energy E; No. 0029(EN)).
89. Priyadarsini R., Wong, N. (2005). Parametric studies on urban geometry, airflow and temperature. *International journal on architectural science*. 6 (3): 114-132.
90. Ratti, C., Di Sabatino, S., Caton, F., Britter, R. E. (2000). Morphological parameters for urban dispersion models. *Proc. Third Symp. Urban Environment, Davis, CA, American Meteorology Soc.*, 2-3.
91. Rostagni (2008). *Luigi Moretti 1907-1973*. Milano: Electa.
92. Rykwert J. (2003). *La seduzione del luogo. Storia e futuro della città*. Torino: Einaudi
93. Salata, Golasi, de Lieto Vollaro et al (2016). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society* 26: 318-343.
94. Santamouris M. (2007) Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building*

*Energy Research*. 1(1): 123-150

95. Santamouris, M., Wouters, P. (2006). *Building Ventilation: The State of the Art*. London: Earthscan. (versione Kindle)
96. Santamouris M., Cartalis C., Synnefa A., Kolokotsa D. (2015) On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review. *Energy and Buildings* 98: 119–124
97. Scudo G, Ochoa de la Torre J.M. (2003) *Spazi verdi urbani*. Napoli: Sistemi Editoriali.
98. Shishegar, N. (2013). Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1(1): 52-56.
99. Stewart I. D. (2011). *Redefining the urban heat island*. PHD thesis -geography. University of British Columbia. Vancouver.
100. Stewart, I. D., Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12): 1879-1900.
101. Voogt J. A. (2008). How Researchers Measure Urban Heat Islands. <https://www.epa.gov/heat-islands/how-researchers-measure-urban-heat-islands>
102. Voogt, J. A. (2004). Urban Heat Islands: Hotter Cities. <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>
103. Voogt, J. A. e Oke T. R. (1997). Complete Urban Surface Temperatures. *Journal of applied meteorology* 36 (9): 1117-1132.
104. Walikewitz, N., Janicke, B., Langner, M., Meier, F., Endlicher, W. (2015). The difference between the mean radiant temperature and the air temperature within indoor environments: A case study during summer conditions. *Building and Environment* 84: 151–161
105. Weng O. (2017). *Remote sensing for sustainability*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis.
106. Xie, Liu et al. (2007). Impact of building facades and ground heating on wind flow and pollutant transport in street canyons. *Atmospheric Environment* 41: 9030-9049
107. Xie, X., Huang, Z., Wang, J. and Xie, Z. (2005) The impact of solar radiation and street layout on pollutant dispersion in street canyons. *Building & Environment*, 40(2): 201–212
108. Yamartino, R. J. and Wiegand, G. (1986). Development and evaluation of simple models for the flow, turbulence and pollutant concentration fields within an urban street canyon. *Atmospheric Environment*, 20 (11): 2137–2156.

**Siti web e portali**

109. Arpae Emilia-Romagna <https://www.arpae.it/>
110. Copernicus land services. *Urban Atlas 2012*. <http://land.copernicus.eu>
111. International Association for Urban Climate <http://www.urban-climate.org/>
112. Progetto Comprehensive Outdoor Scale Model Experiment for Urban Climate (COSMO) [www.ide.titech.ac.jp](http://www.ide.titech.ac.jp).
113. Progetto Ruros Rediscovering the urban realm and open spaces [http://www.cres.gr/kape/education/1.design\\_guidelines\\_en.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/1.design_guidelines_en.pdf)
114. Progetto termo fluidodinamica, Dipartimento DIISM, Università Politecnica delle Marche
115. United States Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/heat-islands/measuring-heat-islands>
116. World Meteorological Organization [http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)

### Capitolo 3

117. Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015). A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment* 93: 245-257.
118. Allard, F., Ghiaus, C., Santamouris, M. et al. (2005). Natural ventilation of urban buildings- summary of URBVENT project. International Conference *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*. Maggio. Santorini (Grecia) pp. 29-33.
119. Allard, F., Ghiaus, C., Santamouris, et al. (2005). Natural Ventilation in Urban Areas -- Results of the European Project URBVENT. Part 1: Urban Environment. *Building and Environment Journal*.
120. Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in the urban environment. Assessment and design*. London: Earthscan.
121. Casar Pinazo J. I. et al. (1998). *5 años de intervenciones en ciutat vella. Valencia 1992 - 1997*. Valencia: Icaro/Coacv.
122. Georgakis, C., Santamouris, M. (2005). Canyon effects: Calculation of wind speed in an urban street canyon with the aid of a semi-empirical model based on experimental data. International Conference *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*. Santorini. Grecia. pp.117-123.
123. Ghiaus C., Allard, F., Georgakis, C., Nicol, F. (2006). Urban environment influence on natural ventilation potential. *Building and Environment* 41(4): 395-406;
124. Department of Architecture Chinese University of Hong Kong (2005) *Feasibility Study for Estab-*



*ishment of Air Ventilation Assessment System. FINAL REPORT* [http://www.pland.gov.hk/pland\\_en/p\\_study/comp\\_s/avas/papers%26reports/final\\_report.pdf](http://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/avas/papers%26reports/final_report.pdf).

125. De Santoli, L. (2011) *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.
126. Giovannini L, Zardi D, de Franceschi M. (2011). Analysis of the urban thermal fingerprint of the city of Trento in the Alps. *J. Appl. Meteor. Clim.* 50: 1145-1162.
127. Jiménez Alcañiz, C. (2014). Análisis de las Metodologías para la recuperación patrimonial de entornos urbanos protegidos. Propuesta Metodológica: desde los valores históricos a los nuevos modelos energéticos. Russafa desde el siglo XIX [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/37014.
128. Mills, Bechtel, Foley, Ching, See, Feddema (2017). The WUDAPT Project: Status of Database and Portal Tools. 13th Symposium of the Urban Environment. 97th Annual Meeting of the American Meteorological Society, At Saettle, US. <https://ams.confex.com/ams/97Annual/webprogram/Paper313793.html>
129. Serrano Lanzarote, B. A., Puig Tarin I., Vidal F. J. (2013). La città immateriale. Esperienze ambientali in contesti storici. Il caso di Ruzafa a Valencia (Spagna). *DisegnareCon* 11.
130. Stewart I.D., Oke, T.R. (2012). Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93: 1879-1900.

#### **Siti web e portali**

131. Progetto Metrics Metodologie e tecnologie per la gestione e riqualificazione dei centri storici e degli edifici di pregio [www.progetto-metrics.it/dimostratori/frigento](http://www.progetto-metrics.it/dimostratori/frigento)
132. Progetto NatVent <http://projects.bre.co.uk/natvent/>
133. Progetto Wudapt <http://www.wudapt.org/>
134. Università di Trento- Dip. Fisica dell'atmosfera <http://www.ing.unitn.it;>

## **Capitolo 4**

*Nota:* i riferimenti delle schede di approfondimento sono riportati in calce a ciascuna scheda

135. Barbi, V. (2014) Buone pratiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici nelle aree urbane. Approfondimenti ICCG. <http://www.iccgov.org/>
136. Caranti C, Di Pietro D. et al. (2014). Progetto BLUE AP. La città di Bologna e il Piano di Adattamento

- ai cambiamenti climatici. In Musco Zanchini (eds) *Il clima cambia le città*. Milano: FrancoAngeli.
137. Cardinaletti M. (2014). Ancona città resiliente. In Musco Zanchini (eds) *Il clima cambia le città*. Milano: FrancoAngeli.
138. Castellari S. (2012). L'Europa verso l'adattamento ai cambiamenti climatici. *Ecoscienza* 2:8-11
139. Castellari S. (2014). *Dal rischio climatico allo sviluppo: pianificazione politica, supporto scientifico e partecipazione. Alcune proposte*. <http://www.cmcc.it/>
140. Cullen G. (1961). *Townscape*. Londra: The Architectural Press. Trad. ita. D'Agostino R. a cura di. (1976). *Il paesaggio urbano*. Bologna: Officine grafiche Calderini.
141. Dessì V. (2015). La progettazione bioclimatica degli spazi urbani. In *REBUS2® REnovation of public Buildings and Urban Spaces*. Dispensa 4.1. [territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2](http://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2)
142. Dessì V. (2007). *Progettare il comfort urbano. Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*. Napoli: Sistemi editoriali.
143. Dessì V., Farnè E., Ravanello L., Salomoni M.T. (2016). *Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
144. Erell, E. (2008). The Application of Urban Climate Research in the Design of Cities. *Advances in Building Energy Research* 2: 95-121.
145. Getimis, P. (2012) Comparing Spatial Planning Systems and Planning Cultures in Europe. The Need for a Multi-scalar approach. *Planning Practice & Research*, 27:1,25-40
146. Gómez, F., Prez Cueva, A., Valcuende, M., Matzarakis, A. (2013). Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET). *Ecological Engineering* 57: 27- 39.
147. Grosso, M. (2008). *Il raffrescamento passivo degli edifici, in zone a clima temperato*. Rimini: Maggioli
148. Grosso, M. (2006). Ventilazione naturale e raffrescamento passivo ventilativo negli edifici 2. Sistemi e tecniche. *Corso: Sostenibilità ambientale, eco-efficienza ed eco-compatibilità: azioni di sostegno e qualificazione per operatori del settore. Laboratori sperimentali e diffusione buone pratiche. Fase 1. BIOECOLAB*. Modena.
149. Grosso, M. (1997). *Il raffrescamento passivo degli edifici. Concetti, procedimenti architettonici, metodi di calcolo e casi studio*. Rimini: Maggioli
150. Hansen J. et al. (1981). Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. *Science*, 213(4511): 957-966.

151. Heidrich et al. (2016). National climate policies across Europe and their impacts on cities strategies. *Journal of Environmental Management* 168: 36-45.
152. Hudekova Z. et al (2007). *Ecological Footprint, Climate Change and Cities*. Bratislava: Regional Environmental Center, Country Office Slovakia.
153. Krier R. (2003). *Town spaces: contemporary interpretations in traditional urbanism: Krier. Kohl Architects*. Basel: Birkhauser-Publishers for Architecture.
154. Krier R. (1979). *Urban Space*. Londra: Academy Editions.
155. Littlefair P J, Santamouris M, Alvarez S, Dupagne A, Hall D, Teller J, F Coronel J, Papanikolaou N. (2000). *Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas*. Londra: BRE press
156. Luise D. (2015). La sfida del Mayors Adapt: quali risposte si attendono dalle realtà italiane. Filpa A., Ombuen S. (a cura di). *iQuaderni di UrbanisticaTre*. <http://www.urbanisticatre.uniroma3.it/dipsu>
157. Manteghi G. et al (2015). Water bodies an urban microclimate: a review. *Modern Applied Science* 9 (6).
158. Morello E., Stroppi E., et al (2014). Per una tassonomia delle azioni di mitigazione e adattamento alla scala urbana. In Musco F, Zanchini F. (a cura di). *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*. Milano: Franco Angeli.
159. Mühlmann P, Westerlind A. et al (2014). EU Cities Adapt. Un progetto pilota per aumentare la capacità di adattamento delle città in Europa. In Musco Zanchini (eds) *Il clima cambia le città*. Milano: FrancoAngeli.
160. Musco F, Fregolent L. (2015). *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano*. Padova: Il Poligrafo.
161. Musco, F., Fregolent, L., Magni, F., Maragno, D., Ferro, D. (2014), "Calmierare gli impatti del fenomeno delle isole di calore urbano con la pianificazione urbanistica: esiti ed applicazioni del progetto UHI (Central Europe) in Veneto". In *Qualità dell'ambiente urbano, X rapporto, Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici*. Roma: Ispra 54.
162. Musco F, Zanchini E. (2014). *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*. Milano: Francoangeli.
163. Musco F, Zanchini E. (2013). *Il clima cambia le città. Conferenza sull'adattamento climatico in ambito urbano. Atti della conferenza 23-24 maggio, Venezia*.
164. Nikolopoulou (2004). *Designing Open Spaces*. In *The Urban Environment: A Bioclimatic Approach*. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.) <http://alpha.cres.gr/ruros/>
165. Nishimura N., Nomura T, Iyota H, Kimoto S. (1998). Novel water facilities for creation of comfort-

- able urban micrometeorology. *Solar Energy* 644 (4–6): 197–207.
166. Pernice, M. (2017). Verso il piano nazionale di adattamento. *Ecoscienza* 3: 60-61
167. Sartogo, F., Brizioli, C. (2002) La ventilazione naturale nel processo evolutivo della città. *L'Architettura naturale* 15: 2-9.
168. Sartogo, F., Bastiani, M. (1998). *Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica della città storica di Perugia*. Perugia: Edizioni Guerra
169. Scudo G, Ochoa de la Torre J.M. (2003) *Spazi verdi urbani*. Napoli: Sistemi Editoriali
170. Slingerland, J. (2012). Mitigation of the urban heat island effect by using water and vegetation. Tu Delft. [repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:cd2976c6-7c06-4277-92d1-a2dc5c054809/datastream/OBJ](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:cd2976c6-7c06-4277-92d1-a2dc5c054809/datastream/OBJ)
171. Stiles R. (2011). A guideline for making space. Joint strategy activity 3.3 -Urb-space. *urbanspace.rec.org*
172. Syafiia N.I., Ichinosea M. et al (2016). Experimental Study on the Influence of Urban Water Body on Thermal Environment at Outdoor Scale Model. *Procedia Engineering* 169: 191-198.
173. Theeuwes et al (2013). Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118: 8881–8896.
174. Tucci, F. (2012). *Atlante dei sistemi tecnologici per l'architettura bioclimatica: ventilazione naturale negli edifici*. Firenze: Alinea
175. Tucci, F. (2008). *Tecnologia e natura: gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica*. Firenze: Alinea
176. Van Hattum et al. (2016). Towards water smart cities. Climate adaption is a huge opportunity to improve the quality of life in cities. Disponibile su [edepot.wur.nl/407327](http://edepot.wur.nl/407327)
177. Velazquez R., Alvarez S. Guerra J. (1992). Control climatico de los espacios abiertos en Expo '92. *DYNA* 2:49-60
178. Vitiello, M. (2012). *Prospettive ecologiche per il restauro. Riflessioni intorno ad alcune parole chiave*. Milano: Franco Angeli

#### **Pubblicazioni governative**

179. COM (2014). comunicazione della commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni. La dimensione urbana delle politiche dell'UE –Elementi fondanti di una agenda urbana UE. 490 final. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/consultation/urb\\_agenda/pdf/comm\\_act\\_urb\\_agenda\\_it.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/consultation/urb_agenda/pdf/comm_act_urb_agenda_it.pdf)

180. COM (2013). Strategie dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici. eur-lex.europa.eu
181. COM (2009). WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action. [https://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_threats/climate/docs/com\\_2009\\_147\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/archive/ph_threats/climate/docs/com_2009_147_en.pdf)
182. COM (2007). LIBRO VERDE della commissione al consiglio, al parlamento europeo, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni. L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l'UE. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0354&from=EN>
183. COP 21 (2015). Accordo di Parigi. (trad. italiano) [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)
184. Health Policy Forum (2009) The challenge of climate change eu approach to adaptation european commission white paper EU. Brussels. Disponibile su [ec.europa.eu/health/archive/ph\\_overview/health\\_forum/docs/ev\\_20090514\\_co06\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/archive/ph_overview/health_forum/docs/ev_20090514_co06_en.pdf)
185. EAP (2013). 7° Programma di Azione per l'Ambiente. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013D1386>
186. EC European Commission, DG Environment News Alert Service (2012). Science for Environment Policy. Bristol: SCU. The University of the West of. [ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/301na2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/301na2_en.pdf)
187. EC European Commission (2013) Adaptation Strategies for European Cities-Final Report 2013. [climate-adapt.eea.europa.eu](http://climate-adapt.eea.europa.eu)
188. EEA (2017) Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. Report No 1/2017. [www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016](http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016)
189. EEA (2016). Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate. Report 12/2016. [www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016](http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016)
190. EEA (2016b). Annual Indicator Report Series (AIRS). Number of countries that have adopted a climate change adaptation strategy/plan. [www.eea.europa.eu/airs/2016/environment-and-health/climate-change-adaptation-strategies](http://www.eea.europa.eu/airs/2016/environment-and-health/climate-change-adaptation-strategies)
191. EEA (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe. Report 2/2012*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union.
192. EEA (2008). Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment. Report 4/2008. [www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2008\\_4](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4)
193. Epa, U.S. Environmental Protection Agency (2012), Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Cool Pavements. Climate Protection Partnership Division. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/coolpavescompendium.pdf>
194. Epa, U.S. Environmental Protection Agency (2008), Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Basics compendium. Climate Protection Partnership Division.

- <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
195. Expo Zaragoza (2008). *Carta de Zaragoza*. <http://www.expozaragoza2008.es/pdf/cartazgz-es.pdf>
  196. Homes and Communities Agency (2000). *Urban design compendium UK government*. [www.gov.uk/government/publications/urban-design-compendium](http://www.gov.uk/government/publications/urban-design-compendium)
  197. IPCC (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
  198. IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4\\_wg2\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf)
  199. IPCC (2000). *Special report emissions scenarios*. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
  200. ISPRA (2009). Adattamento ai cambiamenti climatici: strategie e piani in Europa. *Rapporto 94/2009*. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/adattamento-ai-cambiamenti-climatici-strategie-e>
  201. ISPRA (2016) *Annuario dei cambiamenti climatici edizione 2016*. <http://annuario.isprambiente.it/entityada/basic/6358/singola> [aggiornamento Giugno 2016]
  202. ISPRA (2014). *Ambiente X Rapporto 2014 Qualità dell'ambiente urbano*. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/qualita-dellambiente-urbano-x-rapporto-edizione-2014>
  203. Legambiente (2017). *Le città alla sfida del clima*. [www.legambiente.it/sites/default/files/images/rapporto\\_cittaclima\\_2017.pdf](http://www.legambiente.it/sites/default/files/images/rapporto_cittaclima_2017.pdf)
  204. Legambiente (2016). *Le città italiane alla sfida del clima. Gli impatti dei cambiamenti climatici e le politiche di adattamento*. [www.legambiente.it/sites/default/files/docs/le\\_citta\\_italiane\\_alla\\_sfida\\_del\\_clima\\_2016.pdf](http://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/le_citta_italiane_alla_sfida_del_clima_2016.pdf)
  205. Ministère de la Transition écologique et solidaire (2011). *Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique*. [www.ecologique-solidaire.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique)
  206. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008). PNACC. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/default.aspx>
  207. NAS Italia (2014). *Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia\\_adattamentoCC.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia_adattamentoCC.pdf)
  208. Padova resiliente (2016). *Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento*

*climatico*. Comune di Padova-settore Ambiente e Territorio.

209. REBUS2@ REnovation of public Buildings and Urban Spaces. Disponibile su E-R Ambiente <http://territorio.regione.emilia-romagna.it>
210. Region Stuttgart (2008) Klima Atlas Region Stuttgart. Stuttgart: Verband Region Stuttgart. [www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?climate\\_climate\\_atlas\\_2008](http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?climate_climate_atlas_2008)
211. Urban Heat Islands – Strategy Plan Vienna (2013). Disponibile su [climate-adapt.eea.europa.eu](http://climate-adapt.eea.europa.eu)

**Siti, portali web e network:**

212. 100 resilient cities- Fondazione Rockefeller <http://www.100resilientcities.org>
213. ACT Project, Adapting to climate change in time [www.actlife.eu/EN/index.xhtml](http://www.actlife.eu/EN/index.xhtml)
214. Agenda 21 Locale [www.agenda21.it](http://www.agenda21.it)
215. Arup City resilient Index <http://www.cityresilienceindex.org>
216. C40 Cities <http://www.c40.org>;
217. GELSO - GEstione Locale per la SOstenibilità ambientale- ISPRA AMBIENTE [www.sinanet.isprambiente.it](http://www.sinanet.isprambiente.it)
218. Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici <http://www.cmcc.it>
219. Epsilon Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies <https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2013/applied-research/espon-climate-climate-change-and-territorial-effects>
220. E-R Ambiente -Regione Emilia Romagna <http://territorio.regione.emilia-romagna.it>
221. European Climate Adaptation Platform (CLIMATE-ADAPT) <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>
222. EU Adaptation Strategy <https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation>; [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris\\_protocol/cities\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/cities_en)
223. Expo Siviglia 1992 Bureau International des Expositions (BIE) <http://www.bie-paris.org/site/en/expos/past-expos/expo-timeline/1992-seville>
224. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) <http://www.cmcc.it/ipccitalia/>
225. Nature for cities <https://www.nature4cities.eu>
226. Patto dei sindaci per il clima e l'energia <http://www.pattodeisindaci.eu>
227. Piattaforma delle Conoscenze. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare [www.pdc.minambiente.it](http://www.pdc.minambiente.it)



- 228. Planning Climate Change (IUAV) [www.planningclimatechange.org](http://www.planningclimatechange.org)
- 229. Programma Urbact [urbact.eu/](http://urbact.eu/)
- 230. Progetto BLUE AP [www.blueap.eu](http://www.blueap.eu)
- 231. Progetto UHI [eu-uhi.eu/it/](http://eu-uhi.eu/it/)
- 232. Progetto Urban spaces - enhancing the attractiveness and quality of the urban environment <http://urbanspace.rec.org/>
- 233. Republic-Med RETrofitting PUBLIC spaces in Intelligent MEDiterranean Cities <http://republic-med.eu>
- 234. Urban Climate Change Research Network (UCCRN) <http://uccrn.org/>

#### **Portali Progetti di architettura**

- 235. Divisare · Atlas of Architecture <https://divisare.com/>
- 236. Landezine: Landscape Architecture Works <http://www.landezine.com/>
- 237. Pinterest <https://it.pinterest.com>
- 238. Public space: European Prize for Urban Public Space [www.publicspace.org](http://www.publicspace.org)

#### **Ulteriore bibliografia consultata per il capitolo**

- 239. Antonini E., Tucci F. (2017). *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green economy per l'architettura e la città del futuro*. Milano: Edizioni Ambiente.
- 240. Bach B, Pressmann N. (1992). *Climate-sensitive urban space. Concept an tool to humanize cities*. Delft: Publicatieburo.
- 241. Barducci I. (1995). *Trasmissione del calore*. Roma: ESA.
- 242. Bennet, J. Wind design guide. architectural aerodynamics course reading, Victoria University of Wellington. [http://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr/publications/architectural-aerodynamics/pdfs/BBSC\\_433\\_Jessica-Bennett\\_Wind-Design-Guide.pdf](http://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr/publications/architectural-aerodynamics/pdfs/BBSC_433_Jessica-Bennett_Wind-Design-Guide.pdf)
- 243. Bosselmann P. et al. (1984). *Sun, wind and comfort: a study of open spaces and sidewalks in four downtown areas*. Berkley: Institute of Urban and Regional Development. University of California Press.
- 244. Bottema M. (1992). *Wind climate and urban geometry. Report 9263*. Eindhoven: University of technology press.

245. Butera F. M. (1995). *Architettura e Ambiente*. Milano: Etaslibri
246. Butera F.M. (2007). *Dalla caverna alla casa ecologica*. Milano: Edizioni Ambiente.
247. Caminiti N. M. (2011). Politiche e misure nazionali sui cambiamenti climatici. Elementi per una valutazione. Enea. <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/edizioni-enea/2011/politiche-e-misure-nazionali-sui-cambiamenti-climatici>
248. Cengel Y.A. (2005). *Termodinamica e trasmissione del calore*. McGraw-Hill Companies.
249. D'olimpio D. (2008). *La progettazione del microclima urbano*. Roma: Edizioni Kappa.
250. Davoli, P. (1993). *Architettura senza impianti, aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*. Firenze: Alinea editrice
251. De Santoli, L. (2011) *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.
252. Doulos L., Santamouris M. et al (2004). Passive cooling of outdoor urban space. The role of materials. *Solar Energy* 77 (2): 231-249.
253. Fantini A., Platone C. (1999). *Sistemi impiantistici nell'architettura*. Vol1-2. Roma: Edizioni Kappa.
254. Givoni, B. (1997). *Climate considerations in building and urban design*. Usa: ITP.
255. ICLEI (2007). *Preparing for climate change. A guidebook for Local, Regional and State Governments*. <http://www.cses.washington.edu/db/pdf/snoveretalgb574.pdf>
256. Kim Y.-H., Ryoo S.-B., Baik J.-J., et al (2008). Does the restoration of an inner-city stream in Seoul affect local thermal environment?. *Theor. Appl. Climatol.* 92: 239-248.
257. Matzarachkis A., Mayer H. (1998). Investigations of urban climate's thermal component in Freiburg, Germany. Second Urban Environment Symposium - *13th Conference on Biometeorology and Aerobiology*, November 2-6 1998, Albuquerque, USA, American Meteorological Society. 140-143.
258. Nikolopoulou M., Baker N. et al (2003). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter. *Solar Energy* 70 (3): 227-235.
259. Nikolopoulou M., Streemers K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings* 35: 95-101.
260. Olgyay, V. (1963). *Design with Climate*. New Jersey: Princeton University Press. Trad. it. Mancuso, G., A cura di. (1990). *Progettare con il clima*. Padova: Franco Muzzio
261. ONU-HABITAT (2015). *Guiding Principles for City Climate Action Planning*. <https://unhabitat.org/books/guiding-principles-for-climate-city-planning-action/>
262. Perini K. (2016). *Environmental and Ecological Imbalances in Dense Urban Areas: Green and Blue*

Infrastructure. *Urban Sustainability and River Restoration*: 17-25.

263. Perini K., Mogliocco A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height and atmospheric condition on local temperature and thermal comfort. *Urban forestry e Urban greening* 13: 495-506
264. Rotterdam climate change adaption strategy. (2013). Rotterdam climate initiative. [http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/2015-en-ouder/Documenten/20121210\\_RAS\\_EN\\_lr\\_versie\\_4.pdf](http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/2015-en-ouder/Documenten/20121210_RAS_EN_lr_versie_4.pdf)
265. Santamouris, M. (2006) *Building ventilation; the state of art*. London: Earthscan.
266. Santamouris M. (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. Londra-New York: Earthscan.
267. Serra Florensa, R. (2004). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL
268. Serra Florensa, R., Coch Roura, H. (1991). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Publicacions de la UPC
269. Serra Florensa, R. (1989). *Clima, lugar y arquitectura: manual de diseño bioclimatico*. Madrid: CIE-MAT
270. Stern, N. H. (2007). *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.
271. UN-HABITAT (2016). Sustainable urbanization in the Paris Agreement. <https://unhabitat.org/books/sustainable-urbanization-in-the-paris-agreement/>
272. UN-HABITAT (2014). Information and communication technology for urban climate action. <https://unhabitat.org/information-and-communication-technology-for-urban-climate-action-2/>
273. Volker S., Baumeister H., Classen T., Hornberg C., Kistemann T. (2013). Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space- A health geographic perspective. *Erdkunde* 67 (4): 355-371.

## Capitolo 5

274. Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015). A comparaisón of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environmnet*. 93: 245-257.
275. D'olimpio, D. (2008). *La progettazione del microclima urbano*. Roma: Edizioni Kappa.
276. Department of Architecture Chinese University of Hong Kong (2005). *Feasibility Study for Estab-*

- ishment of Air Ventilation Assessment System. FINAL REPORT. [http://www.pland.gov.hk/pland\\_en/p\\_study/comp\\_s/avas/papers%26reports/final\\_report.pdf](http://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/avas/papers%26reports/final_report.pdf)
277. De Santoli L. (2011). *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.
278. Di Napoli G., Mercalli L. (1998). Il topoclimate urbano di Torino: la temperatura. *Nimbus* 13-14: 16-29
279. EEA (2015). European Environment Agency. *Copernicus Monitoring Service –Local Component: Urban Atlas*. 2015 [06-2017]. <http://land.copernicus.eu>.
280. Epa U.S. (2008). Environmental Protection Agency. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island, Basics compendium. Climate Protection Partnership Division*. [www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium](http://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium).
281. Filpa, A. (2014). La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0. in ISPRA Ambiente X Rapporto. *Le città e la sfida dei cambiamenti climatici*. Roma: ISPRA.
282. Ghiaus C., Allard F. et al. (2005). Natural ventilation of urban buildings– summary of URBVENT project. In Santamouris M. (ed). *International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*. Heliotopos Conferences.
283. Golasi I., F Salata F., de Lieto Vollaro E., Coppi M., de Lieto Vollaro A. (2016) Thermal Perception in the Mediterranean Area: Comparing the Mediterranean Outdoor Comfort Index (MOCI) to Other Outdoor Thermal Comfort Indices. *Energies* 9, 550.
284. Heidrich O, Reckien D. et al. (2016). National climate policies across Europe and their impacts on cities strategies. *Journal of Environmental Management*. 168: 36-45.
285. Kanda M. (2006). Process in the scale modeling of urban climate: Review. *Theor. Appl.Climatol.* 84: 23-33.
286. Los, S. (1990). *Regionalismo dell'architettura*. Padova: Franco Muzzio Editore.
287. Matzarakis A., Mayer H. (1998). Investigation of urban climate's thermal component in Freiburg, Germany. *Second Urban Environment Symposium - 13th Conference on Biometeorology and Aerobiology* November 2-6. Albuquerque: American Meteorological Society. 140-143
288. Matzarakis A., Mayer H. (1997). Heat stress in Greece. *Int J Biometeorol* 41: 34–39
289. Metadistretto Veneto dei BBCC e Metadistretto Veneto della Bioedilizia (2011). *La qualità delle prestazioni energetico-ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee guida (progetto A.T.T.E.S.S.)*. Venezia: Metadistretto Veneto della Bioedilizia.
290. Meteorologia urbana. (1998). *Nimbus* 13-14. Società Meteorologica Subalpina: Torino.
291. MiBact (2015). *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio cul-*

- urale. Architettura, centri e nuclei storici ed urbani.* <http://www.beap.beniculturali.it>
292. Mills, Bechtel, Foley, Ching, See, Feddema (2017). The WUDAPT Project: Status of Database and Portal Tools. *Proceedings of 13th Symposium of the Urban Environment.* <https://ams.confex.com/ams/97Annual/webprogram/Paper313793.html>
293. Musco F, Fregolent L. (2015). *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano.* Padova: Il Poligrafo.
294. Nikolopoulou M., Lykoudis S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment* 41: 1455-1470.
295. Oke T.R. (2006). Initial guidance to obtain representative meteorological observation at urban scale. *World Meteorological Organization* 81.
296. Oke T.R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. *Energy and Buildings* 11: 103-113.
297. Oke T.R. (1976). The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands. *Atmosphere* 14 (4): 268-277.
298. Salata F, Golasi I, de Lieto Vollaro R, de Lieto Vollaro A. (2016) Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society.* 26: 318-343.
299. Santamouris. M. (2007). Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building Energy Research:* 123-150.
300. Stewart I. D. (2011). *Redefining the urban heat island.* PHD thesis -geography. University of British Columbia. Vancouver.
301. Stewart, I. D., Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society,* 93 (12): 1879-1900.

#### **Siti web e portali**

302. Copernicus land services. *Urban Atlas 2012.* [06-2017]. <http://land.copernicus.eu>
303. Progetto Natvent <http://projects.bre.co.uk/natvent/>

## **Capitolo 6**

304. Piano, R. (2014). Diversamente politico. Il nostro futuro è nella parte fragile delle città. Così è nato il G124, in *Periferie. Diario di un rammendo delle nostre città.* Report 2013-2014 sul G124.

## Capitolo 7

305. AA.VV. (1978) *Roma interrotta: interventi sulla pianta di Roma del Nolli*. Costantino Dardi, Romaldo Giurgola, Michael Graves, Antoine Grumbach, Leon Krier, Robert Krier, Paolo Portoghesi, Aldo Rossi, Piero Sartogo, James Stirling, Colin Rowe, Robert Venturi. Catalogo Incontri internazionali d'arte: Roma, Mercati di Traiano.
306. Alexander, C. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. NY: Oxford University Press.
307. Arnheim, R. (1997). *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye*. Berkley, Los Angeles, London: University of California Press
308. Augè, M. (2005). *Nonluoghi. Introduzione a un'antropologia della surmodernità*. Milano: Eleuthera.
309. Beltrano, M.C. (2012). La misura della temperatura all'Osservatorio del Collegio Romano. *Meteorologia di Roma*. Anno 2012. Annata delle "anomalie". Roma: Crea-Cma.
310. Bonacquisti V., Casale G.R., Palmieri S., Siani A.M. (2006). A canopy layer model and its application to Rome. *Science of the Total Environment* 364: 1-13.
311. Cantelli A., Monti P., Leuzzi G. (2008). A subgrid surface scheme for the analysis of the urban heat island of Rome. *Croatian Meteorological Journal* 43 (1): 354-358.
312. Carmona M. (2010). *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. Oxford: Elsevier.
313. Carmona M. (2007). *Urban Design Reader*. Oxford: Elsevier.
314. Carnevale, G. (2012). Antico e Nuovo. Relazioni pericolose. *IUAV:120*. Venezia: Grafiche Veneziane.
315. Colacino M., Baldi M. (1991). *La climatologia della città di Roma*. Roma: CNR.
316. Colacino M. Dell'Osso (1978). The logical Atmospheric Circulation in the Rome Area: surface observations. *Bound. Lay. Meteorol* 14: 133-151.
317. Colacino M., Lavagnini A. (1982). Evidence of the Urban Heat Island in Rome by Climatological Analyses. *Archives for meteorology, geophysics and bioclimatology* 31: 87-97.
318. Consiglio Internazionale dei Monumenti e dei Siti. (1987). Carta internazionale per la salvaguardia delle città storiche. Washington. ICOMOS.
319. Cullen, G. (1961). *Townscape*. London: The Architectural Press, Trad. ita. D'Agostino R. a cura di. (1976). *Il paesaggio urbano*. Bologna: Officine grafiche Calderini.
320. De Santoli L. (s.d). *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale*. Draft. Gruppo di lavoro coordinato da Livio De Santoli e Roberto Cecchi.
321. Dezzi Bardeschi M. (1988). Considerazioni sul futuro del costruito urbano alla luce delle ultime proposte (e dimenticanze) legislative. AA.VV., *Riflessioni di fine millennio sul futuro dei centri*

- storici in *Restauro* Anno XXVII, n° 144, Edizioni Scientifiche Italiane, aprile-giugno.
322. Fabrizi R., Bonafoni S., Biondi R. (2010). Satellite and ground-based sensors for the Urban Heat Island analysis in the city of Rome. *Remote Sensing* 2(5): 1400-1415.
  323. Fanchiotti, Carnielo (2011). Impatto di cool material sulla mitigazione dell'isola di calore urbana e sui livelli di comfort termico negli edifici. *Report RdS/2011/145*. ENEA.
  324. Filpa, A. (2014). La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0, in *ISPRA Ambiente X Rapporto. Focus sulla città e la sfida dei cambiamenti climatici*: 187-196
  325. Filpa, A. (2013). *Adattamento e governo in aree urbane*. *Ecoscienza* 5: 74-76
  326. Filpa, A, Ombuen, S. (2014). La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0. *Urbanisticatre i Quaderni* 5
  327. Guidoni, E. (1992). *L'arte di progettare le città. Italia e mediterraneo dal medioevo al settecento*. Roma: Edizioni Kappa.
  328. Guidoni, E. (1980). *L'architettura popolare italiana*. Roma- Bari: edizioni Laterza.
  329. Grillini B. (1978). Il clima urbano di Roma: la temperatura. *Rivista di meteorologia aeronautica* VXXXVIII (4): 325-341.
  330. Hillier, B. (1988) La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto. In *Morfologia dello spazio urbano. Questioni di analisi e di progetto*. Zanella P. (a cura di). Milano: Franco Angeli.
  331. Krier, R. (1990). *Lo spazio della città*. Milano: Clup.
  332. Ombuen S, (2015). Pianificazione del territorio e cambiamento climatico. *Prevenire il dissesto attraverso la pianificazione. Una giornata di sensibilizzazione*. INU – ISPRA. <http://www.isprambiente.gov.it/it>
  333. Pane, R. (1965). *Gli Architetti moderni e l'incontro tra antico e nuovo: Convegno di Venezia, 23-24-25 aprile 1965*. Collegio Architetti Bergamo.
  334. Pelliccioni A., Monti P., Gariazzo C., Leuzzi G. (2012). Some characteristics of the urban boundary layer above Rome, Italy, and applicability of Monin–Obukhov similarity. *Environ Fluid Mech* 12: 405-428.
  335. Piano, R. (2014). Diversamente politico. Il nostro futuro è nella parte fragile delle città. Così è nato il G124, in *Periferie. Diario di un rammendo delle nostre città*. Report 2013-2014 sul G124.
  336. Salvati (2016). *La città compatta in clima mediterraneo: isola di calore, morfologia e sostenibilità*. Dottorato di ricerca in Ingegneria dell'architettura e urbanistica. Tutor Prof. Ing. C. Cecere, Prof. Arch. H. Coch Roura, Prof. Ing. P. Monti. Sapienza, Università di Roma.
  337. Santamouris M. (2007). Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building Energy Research* 1(1): 123-150.



338. Sitte, C. (1965). *City planning according to artistic principles*. University of Michigan: Random House.
339. Vitiello, M. (2012). *Prospettive ecologiche per il restauro. Riflessioni attorno ad alcune parole chiave*. Milano: Franco Angeli.
340. Voogt J.A., Oke T.R. (1997). Complete Urban Surface Temperatures. *Journal of applied meteorology* 36: 1117-1132.

#### Siti web e portali

341. Arpa Lazio [www.arpalazio.net](http://www.arpalazio.net)
342. CREA-CMA [http://cma.entecra.it/Banca\\_dati\\_agrometeo/config\\_staz\\_ran\\_rm01.htm](http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/config_staz_ran_rm01.htm)
343. Enea Casaccia Elaborazione dati climatici su Roma, base dati Arpa. [http://clisun.casaccia.enea.it/Profili/\\_images/regioni-mappe/lazioprovin/roma.html](http://clisun.casaccia.enea.it/Profili/_images/regioni-mappe/lazioprovin/roma.html)
344. Piano Regolatore Generale di Roma PRG (2008) e NTA PRG (2008) <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg.html>
345. Progetto Copernicus <http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012/view>
346. Epsilon 2013 Programme, Epsilon applied research 2013-2014 <https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2013/applied-research/espon-climate-climate-change-and-territorial-effects>

## Capitolo 8

347. Ahmad, K., Khare, M., Chaudhry, K. K. (2005). Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review,” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93: 697-717.
348. Alexander, C. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. NY: Oxford University Press.
349. Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in urban environment*. London: Earthscan.
350. Baldini, U. (1978). *Teoria del restauro e unità di metodologia*. Vol. I e Vol. II. Firenze: Nardini Editore
351. Bonafè, G. (2006). *Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione*. Area Meteorologia Ambientale Servizio IdroMeteorologico ARPA Emilia-Romagna. <http://www.arpa.emr.it>

352. Brandi, C. (1977). *Teoria del restauro*. Torino: Einaudi.
353. Caniggia G., Maffei G.L. (1983). *Composizione architettonica e tipologia edilizia. 1. Lettura dell'edilizia di base*. Venezia: Marsilio editore.
354. Dardi C. (2009). *Architetture in forma di parole*, M. Costanzo (a cura di). Macerata: Quodlibet Studio.
355. De Santoli (s.d). *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale*. Draft. Gruppo di lavoro coordinato da Livio De Santoli e Roberto Cecchi.
356. Filpa, A. (2014). La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0, in *ISPRA Ambiente X Rapporto. Focus sulla città e la sfida dei cambiamenti climatici*: 187-196
357. Hillier, B. (1988) La morfologia urbana e le leggi dell'oggetto. In *Morfologia dello spazio urbano. Questioni di analisi e di progetto*. Zanella P. (a cura di). Milano: Franco Angeli.
358. Holl S. (2004). *Parallax. Architettura e percezione*. Milano: Postmedia books.
359. Lynch K. (1984). *Good city form*. Cambridge. Massachusetts, London: MIT Press.
360. Oke T.R (2006). *Initial guidance to obtain representative meteorological observation at urban scale*. Genevre: World Metereological Organization.
361. Oke, T.R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* 11: 103-113.
362. Santamouris, M. e Wouters P. (2006) *Building ventilation; the state of art*. London: Earthscan.
363. Sitte, C. (1965). *City planning according to artistic principles*. University of Michigan: Random House.
364. Stewart I. D. (2011). *Redefining the urban heat island*. PHD thesis -geography. University of British Columbia. Vancouver.
365. Stewart, I. D., Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (12): 1879-1900.

#### **Siti web e portali**

366. Piano Regolatore Generale di Roma <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg.html>

## **Capitolo 9**

367. Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015) A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environmnet* 93: 245-

257

368. Akbari H., Bretz S., Rosenfeld A., Taha, H. (1992). *Implementation of solar-reflective surfaces: materials and utility programs*. Berkeley, CA: LBNL.
369. Akbari H., Taha H., Sailor D. (1992). *High-Albedo Materials for MReducing Building Cooling Energy Use*. Berkeley, CA: LBL
370. Balducci, I. (1995) *Trasmissione del calore*. Vol1. Milano: Masson.
371. Bisson M. (2010). Simulazione del microclima urbano di Milano mediante il software ENVI-met. Studio degli effetti dell'inserimento di aree verdi sulla sollecitazione termica degli edifici. Tesi. VI Facoltà di Ingegneria – Ingegneria Edile – Architettura PoliMi.
372. Blocken B., Janssen W.D., van Hooff T. (2012). CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University Campus. *Environmental Modelling and Software* 30: 15-34.
373. Bong-Geun Song·Kyung-Hun Park·Sung-Gwan Jung (2014). Validation of ENVI-met Model with In Situ Measurements Considering Spatial Characteristics of Land Use Types. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 17(2) :156-172.
374. Bröde P, Fiala D. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol* 56(3):481-94.
375. Bruse M., Fleer H. (1998). Simulating surface–plant–air interactions inside urban environment–with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software* 13: 373–384.
376. Cengel Y.A. et al. (2009). *Termodinamica e trasmissione del calore*. McGraw-Hill:Milano.
377. Colacino M., Baldi M. (1991). *La climatologia della città di Roma*. Roma: CNR.
378. Colacino e Lavagnini (1982). Evidence of the Urban Heat Island in Rome by climatological Analyses. *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology* 31: 87-97.
379. Colacino M., Lavagnini A. (1980). *Elementi di climatologia della Bassa Valle del Tevere*. Roma: CNR-IFA.
380. Crea-Cma. (2013). Meteorologia di Roma. Anno 2012. Beltrano M.C. (a cura di). <http://agrosce-nari.entecra.it/cma/pubblicazioni/oss2012/index.html>
381. Crea-Cma. (2012). Meteorologia di Roma. Anno 2011. Beltrano M.C. (a cura di). <http://agrosce-nari.entecra.it/cma/pubblicazioni/oss2012/index.html>
382. Dessì V. (2015). La progettazione bioclimatica degli spazi urbani. In *REBUS2® RENovation of public Buildings and Urban Spaces*. Dispensa 4.1. [territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2](http://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2)
383. Dessì V. (2011). Urban materials for comfortable open spaces, Conference: *World Renewable Ener-*

*gy Congress* – Sweden, 8–13 May. Linköping, Sweden

384. Di Bucchianico I, Malvestuto V. (--) Uno studio sperimentale del microclima intorno all'Anfiteatro Flavio. Ices-Isac CNR, Università di Roma "la Sapienza".
385. D'olimpio, D. (2008) *La progettazione del microclima urbano*. Roma: Edizioni Kappa.
386. D'Olimpio D. (--) *Energia e Colore. Implicazioni energetiche delle caratteristiche cromatiche delle superfici edilizie*. <http://www.ecoedility.it/e3news/?p=280>
387. De Santoli L. (2011). *La ventilazione naturale: il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali*. Palermo: Flaccovio.
388. Kofoed N.U., Gaardsted M. (2004). Considerazioni sul vento negli spazi urbani. *Progettare gli spazi aperti nell'ambito urbano: un approccio bioclimatico*. Grecia: Centre for Renewable Energy Source (C.R.E.S.).
389. Kotthaus, S., Smith, T. E. L., Wooster, M. J., & Grimmond, C. S. B. (2014). Derivation of an urban materials spectral library through emittance and reflectance spectroscopy. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 94: 194-212.
390. Krüger E.L., Minella F.O, Rasia F. (2011) Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment* 46(3): 621–634
391. Nikolopoulou (2004). *Designing Open Spaces In The Urban Environment: A Bioclimatic Approach*. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.) <http://alpha.cres.gr/ruros/>
392. Park S., Tuller S. E., Jo M. (2014). Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for microclimatic analysis in urban thermal environments. *Landscape and Urban Planning* 125: 146–155
393. Perini, L. Dal Monte, g. Brunetti, A. (2001). *Indici agroclimatici. Velocità e direzione del vento*. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. MiPaf- UCEA <http://cma.entecra.it/IndAgro/>
394. Salata F, Golasi I, de Lieto Vollaro R., de Lieto Vollaro A. (2015). How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study. *Energy and Buildings* 99: 32–49.
395. Salata F, Golasi I, de Lieto Vollaro R., de Lieto Vollaro A. (2016b). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society* 26: 318-343.
396. Salvati (2016). *La città compatta in clima mediterraneo: isola di calore, morfologia e sostenibilità*. Dottorato di ricerca in Ingegneria dell'architettura e urbanistica. Tutor Prof. Ing. C. Cecere, Prof. Arch. H. Coch Roura, Prof. Ing. P. Monti. Sapienza, Università di Roma.
397. Santamouris M., Synnefa A, Karlessi T. (2011). Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy* 85: 3085–3102.

398. Sigismondi C. (2007). *Effemeridi. Introduzione al calcolo astronomico*. Quaderni di Studio. ISP EF Roma. GEOASTROLAB Università Europea di Roma.
399. Toparlar Y., Bloken B., et al. (2017). A review on the CFD analysis of urban microclimate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80: 1613–1640.

#### **Siti e portali**

400. Banca Dati Agrometeorologica Nazionale. Sistema Informativo agricolo Nazionale (SIAN). Servizio di fornitura dati e statistiche agrometeorologiche. Disponibile su [http://cma.entecra.it/Banca\\_dati\\_agrometeo/index3.htm](http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/index3.htm)
401. Banca dati Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Disponibile su <https://www.politicheagricole.it>
402. Bollettini Agrometeorologico Nazionale. Anno 2013. Disponibile su [https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy500\\_bollettinoMensile.php/L/IT](https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy500_bollettinoMensile.php/L/IT)
403. Envi-Met [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

#### **Pubblicazioni governative**

404. AA.VV. (2004) "PROTOCOLLO ITACA" per la valutazione della qualità energetica ed ambientale di un edificio. Le Aree di Valutazione e le Schede. <http://www.itaca.org/documenti/protocollo-enamb/Protocollo%20ITACA%20finale%20SCHEDE.pdf>
405. Norma UNI 10351 (1994). Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.

#### **Ulteriore bibliografia consultata per il capitolo**

406. Dain Jeong, Kyunghun Park, Bonggeun Song, et al. (2014). Validation of ENVI-met PMV values by in-situ measurements. *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate* jointly with 12th Symposium on the Urban Environment.
407. Ketterer C., Matzarakis A. (2015). Comparison of different method for the assessment of the urban heat island in Stuuugart, Germany. *Int J. Biometeorol* 59:1299-1309.
408. Matzarakis A., Rutz F., Mayer H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *Int J. Biometeorol* 54:131-139.
409. Rodriguez Algeciras J.A., Matzarakis A. (2016). Quantification of thermal bioclimate for the management of urban design in Mediterranean climate of Barcelona, Spain. *Int J. Biometeorol* 60:

1261-1270.

## Capitolo 10

410. Ahmad, K., Khare, M., Chaudhry, K. K. (2005). Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review,” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93: 697–717.
411. Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in urban environment*. London: Earthscan.
412. Colacino M., Baldi M. (1991). *La climatologia della città di Roma*. Roma: CNR.
413. Colacino M., Lavagnini A. (1982). Evidence of the Urban Heat Island in Rome by Climatological Analyses. *Archives for meteorology, geophysics and bioclimatology* 31: 87-97.
414. Dessì V. (2015). La progettazione bioclimatica degli spazi urbani. In *REBUS2® REnovation of public Buildings and Urban Spaces*. Dispensa 4.1. Disponibile su [territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2](http://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2)
415. Dessì V. (2007). *Progettare il comfort urbano. Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*. Napoli: Sistemi editoriali.
416. Farnham C., Emura K. Mizuno T. (2015). Evaluation of cooling effects: outdoor water mist fan. *Building Research & Information*, 43 (3): 334-345.
417. Golasi I., Salata F., de Lieto Vollaro E., Coppi M., de Lieto Vollaro A. (2016). Thermal Perception in the Mediterranean Area: Comparing the Mediterranean Outdoor Comfort Index (MOCI) to Other Outdoor Thermal Comfort Indices. *Energies* 9, 550.
418. Honjo T. (2009) Thermal comfort in outdoor environment. *Global Environment Research* 13:43-47
419. Humphreys M. A., Nicol J. F. (1998). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions*. 104 (1): 991–1004, 1988
420. Ishii T., Tsujinimoto M., Yoon G., Okumiya M. (2009). Cooling System with Water Mist Sprayers for Mitigation of Heat-island. *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan.
421. Kofoed N.U., Gaardsted M. (2004). Considerazioni sul vento negli spazi urbani. *Progettare gli spazi aperti nell'ambito urbano: un approccio bioclimatico*. Grecia: Centre for Renewable Energy Source (C.R.E.S.).
422. Krier, R., (1982). *Lo spazio della città* (trad. it). Milano: Clup.
423. Littlefair P J, Santamouris M, Alvarez S, Dupagne A, Hall D, Teller J, F Coronel J, Papanikolaou N.

- (2000). *Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas*. Londra: BRE press.
424. Marshall, S. (2005). *Streets & Patterns*. Oxon: Spon Press.
425. Matzarakis A., Balafoutis C., Mayer H. (1996). Synoptic and human-biometeorological analysis of the heat waves in Greece. *Proceedings of 14th Congress of Biometeorology*, 1-8 September, Ljubljana, Slovenia. *Biometeorology* 14, Part 2, Volume 3: 113-120.
426. Matzarakis A., Mayer H. (1998). Investigation of urban climate's thermal component in Freiburg, Germany. *Second Urban Environment Symposium - 13th Conference on Biometeorology and Aerobiology* November 2-6. Albuquerque: American Meteorological Society. 140-143
427. Matzarakis A., Mayer H. (1997). Heat stress in Greece. *Int J Biometeorol* 41: 34-39
428. Matzarakis A., Ruthz F., Mayer H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 54:131-139.
429. Matzarakis A., Ruthz F., Mayer H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 51:323-334
430. Nikolopoulou (2004). *Designing Open Spaces In The Urban Environment: A Bioclimatic Approach. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.)* <http://alpha.cres.gr/ruros/>
431. Nikolopoulou M., Baker N., Steemers K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy* 70 (3): 227-235.
432. Nikolopoulou M., Lykoudis S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment* 41: 1455-1470
433. Nikolopoulou M., Lykoudis S., Kikira M. (2004). Modelli di comfort termico per gli spazi aperti. In *Ruros Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*. Atene: ed. C.R.E.S.
434. Nishimura N., Nomura T., Iyota H, Kimoto S. (1998). Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. *Solar Energy* 644 (4-6): 197-207.
435. Olgyay, V. (1963). *Design with Climate*. New Jersey: Princeton University Press. Trad. it. Mancuso, G.. A cura di. (1990). *Progettare con il clima*. Padova: Franco Muzzio.
436. Oliveira S., Andrade H. (2007). An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon, *Int. J. Biometeorol.* 52: 69-84.
437. Oke, T.R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* 11: 103-113.
438. Ruros Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. (2004). *Progettare gli spazi aperti nell'ambiente urbano: un approccio bioclimatico*. Atene: ed. C.R.E.S.
439. Santamouris, M. e Wouters P. (2006) *Building ventilation; the state of art*. London: Earthscan.



440. Salata F, Golasi I, de Lieto Vollaro R., de Lieto Vollaro A.(2016a). Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A trasversal study in Rome, Italy. *Building and Environment* 96: 46-61
441. Salata F, Golasi I, de Lieto Vollaro R., de Lieto Vollaro A.(2016b). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to exerimental data. *Sustainable Cities and Society* 26: 318-343
442. Salata F, Golasi I, Bisegna F, Gugliermetti F. (2015). Evaluation of Different Urban Microclimate Mitigation Strategies through a PMV Analysis. *Sustainability* 7: 9012-9030
443. Salvati A. (2016). *La città compatta in clima mediterraneo: isola di calore, morfologia e sostenibilità*. Dottorato di ricerca in Ingegneria dell'architettura e urbanistica. Tutor Prof. Ing. C. Cecere, Prof. Arch. H. Coch Roura, Prof. Ing. P. Monti. Sapienza, Università di Roma.
444. Scudo G, Ochoa de la Torre J.M. (2003) *Spazi verdi urbani*. Napoli: Sistemi Editoriali
445. Velazquez R., Alvarez S. Guerra J. (1992). *Control climatico de los espacios abiertos en Expo '92*. DYNA 2:49-60.
446. Vitiello, M. (2012). *Prospettive ecologiche per il restauro. Riflessioni attorno ad alcune parole chiave*. Milano: Franco Angeli.
447. Volker S., Baumeister H., Classen T., Hornberg C., Kistemann T. (2013). Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space- A health geographic perspective. *Erdkunde* 67 (4): 355-371.

#### **Siti web e portali**

448. Meteolive <http://www.meteolive.it/speciali/RADIOSONDAGGI/62/Radiosondaggi/31975/>
449. Meteo mondiale [worldweather.org](http://worldweather.org); [www.temperatureweather.com](http://www.temperatureweather.com)
450. REBUS2@ REnovation of public Buildings and Urban Spaces. Disponibile su E-R Ambiente <http://territorio.regione.emilia-romagna.it>
451. Envi-met [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

#### **Portali Progetti di architettura**

452. Divisare · Atlas of Architecture <https://divisare.com/>
453. Landezine: Landscape Architecture Works <http://www.landezine.com/>
454. Pinterest <https://it.pinterest.com>
455. Public space: European Prize for Urban Public Space [www.publicspace.org](http://www.publicspace.org)

### Ulteriore bibliografia consultata per il capitolo

456. Blocken B., Janssen W.D., van Hoo T. (2012). CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University campus. *Environmental Modelling & Software* 30: 15-34
457. Givoni, B. (1997). *Climate considerations in building and urban design*. Usa: ITP
458. Höppe P. (1999) The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol.* 43(2):71-75.
459. Humphreys M.A., Nicol F., Raja I.A. (2007). 7) Field Studies of Indoor Thermal Comfort and the Progress of the Adaptive Approach. *Advances in Building Energy Research*, 1(1): 55-88.
460. Ketterer C., Matzarakis A. (2014). Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography – The case of Stuttgart, Germany. *Urban Climate* 1: 573–584.
461. Matzarakis A., Ketterer A. (2014). Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography – The case of Stuttgart, Germany. *Urban Climate* 10: 573–584.
462. Perini K., Mogliocco A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height and atmospheric condition on local temperature and thermal comfort. *Urban forestry e Urban greening* 13: 495-506.
463. Rodríguez Algeciras J. A., Matzarakis A. (2016). Quantification of thermal bioclimate for the management of urban design in Mediterranean climate of Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology* 60 (8): 1261–1270.
464. Rothfus L.P. (1990) *The heat index "equation" (or more than you ever wanted to know about heat index)*. Tech. Attachment, SR/SSD 90-23, NWS S. Reg. Headquarters, Fort Worth, TX.
465. Ruiz M.A., Correa E.N. (2015). Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate. *Building Environment* 85: 40-51.
466. Serra Florensa, R. (2004). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL
467. Serra Florensa, R., Coch Roura, H. (1991). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Publicacions de la UPC
468. Serra Florensa, R. (1989). *Clima, lugar y arquitectura: manual de diseño bioclimático*. Madrid: CIE-MAT

### Capitolo 11

469. Bennet J. (2007). *Wind design guide*. BBSC-442 Victoria University of Wellington.

470. Bröde P, Fiala D. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol* 56(3):481-94.
471. Carmona M. (2007). *Urban Design Reader*. Oxford: Elsevier.
472. Carmona M. (2010). *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. Oxford: Elsevier.
473. Dessì V. (2015). La progettazione bioclimatica degli spazi urbani. In REBUS2® RENovation of public Buildings and Urban Spaces. Dispensa 4.1. territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus2
474. Dessì V, Farnè E., Ravanello L., Salomoni M.T. (2016). *Rigenerare la città con la natura - Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
475. Department of Architecture Chinese University of Hong Kong (2005) *Feasibility Study for Establishment of Air Ventilation Assessment System*. FINAL REPORT [http://www.pland.gov.hk/pland\\_en/p\\_study/comp\\_s/avas/papers%26reports/final\\_report.pdf](http://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/avas/papers%26reports/final_report.pdf).
476. Homes and Communities Agency (2000). *Urban Design compendium*. [udc.homesandcommunities.co.uk](http://udc.homesandcommunities.co.uk)
477. Katzschner L., Thorsson S. (2009). Microclimatic Investigations as Tool for Urban Design. *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan
478. Katzschner L. (2006). Behaviour of People in Open Spaces in Dependence of Thermal Comfort Conditions. *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
479. KatzshnerL, Bosch U, Roettgen M. (2004). Mappatura e zonizzazione di comfort termico. *Progettare gli spazi aperti nell'ambito urbano: un approccio bioclimatico*. Grecia: Centre for Renewable Energy Source (C.R.E.S.).
480. Katzshner L, Bosch U., et al (2003). A methodology for bioclimatic microscale mapping of open spaces. *Fifth International Conference on Urban Climate. 1-5 September 2003, Lodz, Poland*. International Association for Urban Climate (IAUC)
481. Katzschner L. (sd.). Open space design strategies based on thermal comfort analysis. [http://www.architektursalon-kassel.de/katzschner\\_engl\\_pdf.pdf](http://www.architektursalon-kassel.de/katzschner_engl_pdf.pdf)
482. Littlefair, P.J., Santamouris, M., Alvarez, S., Dupagne, A. et al. (2000). *Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas*. Londra: Bre Press.
483. Ng E., Ren C. (2015). *The urban climatic map: a methodology for sustainable urban planning*. Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge.
484. Ng E., Ren C. et al (2010). Urban climatic map studies: a review. *Int. J. Climatol*. Wiley on line Library.

485. Ng E., Ren C. (2009). Review of worldwide urban climatic map study and its application in planning. *The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan*.
486. Nikolopoulou (2004). *Designing Open Spaces In The Urban Environment: A Bioclimatic Approach*. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.) <http://alpha.cres.gr/ruros/>
487. Park S., Tuller S. E., Jo M. (2014). Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for micro-climatic analysis in urban thermal environments. *Landscape and Urban Planning* 125: 146–155.

#### **Siti web e portali**

488. Progetto REBUS2® REnovation of public Buildings and Urban Spaces. Disponibile su E-R Ambiente <http://territorio.regione.emilia-romagna.it>
489. Progetto Metrics Metodologie e tecnologie per la gestione e riqualificazione dei centri storici e degli edifici di pregio [www.progetto-metrics.it/dimostratori/frigento](http://www.progetto-metrics.it/dimostratori/frigento)

## **Capitolo 12**

490. Acero J.A., Herranz-Pascual K. (2015) A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment* 93: 245-257
491. Blocken B., Janssen W.D., van Hooff T. (2012). CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University Campus. *Environmental Modelling and Software* 30: 15-34.
492. Bröde P., Fiala D. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol* 56(3):481-94.
493. Colacino M., Baldi M. (1991). *La climatologia della città di Roma*. Roma: CNR.
494. Di Napoli G., Mercalli L. (1998). Il topoclima urbano di Torino: la temperatura. *Nimbus* 13-14: 16-29
495. Kofoed N.U., Gaardsted M. (2004). Considerazioni sul vento negli spazi urbani. *Progettare gli spazi aperti nell'ambito urbano: un approccio bioclimatico*. Grecia: Centre for Renewable Energy Source (C.R.E.S.).
496. Park S., Tuller S. E., Jo M. (2014). Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for micro-climatic analysis in urban thermal environments. *Landscape and Urban Planning* 125: 146–155.

Ventilazione naturale nella città storica  
p. 568

## ii. Bibliografia generale.

497. Adhikari, R. e Pracchi, V. e Rogora, A. e Rosina, E. (2011). La valutazione delle prestazioni energetiche negli edifici storici: sperimentazioni in corso. *Il Progetto Sostenibile*, n.28. P. 20-27
498. Allard F., Santamouris, M.(1998). *Natural ventilation in buildings: a design handbook*. London: James & James
499. Allard, F., Ghiaus, C., Santamouris, et al. (2005). Natural Ventilation in Urban Areas -- Results of the European Project URBVENT. Part 1: Urban Environment.
500. Al-Sallal, K. A., Al-Rais, L. (2012). Outdoor airflow analysis and potential for passive cooling in the modern urban context of Dubai. *Renewable Energy*, 38. Pp.40-49
501. Araujo Armero, R. (2011). La arquitectura y el aire: ventilación natural. *Tectonica* 35.
502. Architectural Institute of Japan. *Guidebook for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind Environment around Buildings*. [http://www.aij.or.jp/jpn/publish/cfdguide/index\\_e.htm](http://www.aij.or.jp/jpn/publish/cfdguide/index_e.htm)
503. Awbi, H.B. (1995). *Ventilation of buildings*. London: E & FNSpon
504. Badendo, B. e Stefanutti, L. (2014). La progettazione della diffusione dell'aria negli edifici storici. *Aicarr Journal* 24:15-20.
505. Baiani S. (2013). Near Zero Energy Building. *Ar bimestrale dell'Ordine degli architetti di Roma e provincia*, anno XLVIII, n. 108. P. 41-44
506. Bakarman, M. A., Chang, J.D. (2015) The influence of height/width ratio on urban heat island in hot-arid climates. *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction. Procedia Engineering* 118. Pp.101 – 108
507. Balocco, C. e Farneti, F. e Minutoli, G. (2009). *I sistemi di ventilazione naturale negli edifici storici. Palazzo Pitti a Firenze e palazzo Marchese a Palermo*. Firenze: Alinea
508. Banham, R. (1974). *La arquitectura del entorno ben climatizado*. Atilio De Giacomi (a cura di) Trad. Spagnola di The architecture of the well-tempered environment. Buenos Aires: Ediciones Infinito.
509. Bartoli B., (2015). *Raffrescamento passivo degli edifici*. Milano: Woklters Kluwer Italia
510. Battisti, A. (2011). Strategie sostenibili per il retrofitting degli edifici storici. La riprogettazione dei sistemi impiantistico tecnologici, volti al conseguimento del benessere fisico e ambientale, al contenimento dei consumi energetici e all'integrazione delle energie rinnovabili. <http://www>

[forumprevenzioneincendi.com/eventi/forumai2010/MI/relazioni/02%20battisti.pdf](http://forumprevenzioneincendi.com/eventi/forumai2010/MI/relazioni/02%20battisti.pdf)

511. Battisti, A., Tucci, F., & Herzog, T. (2000). *Ambiente e cultura dell'abitare: Innovazione tecnologica e sostenibilità* del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale. Bari: Dedalo.
512. Billington, N. S., & Roberts, B. M. (1982). *Building services engineering: A review of its development*. Oxford: Pergamon Press.
513. Borchi, E., Macii, R., & Italia. (2009). *Gli strumenti di meteorologia dell'Istituto geografico militare*. Firenze: Istituto geografico militare.
514. Brager, G., de Dear, R. (2000). A standard for natural ventilation. *ASHRAE Journal*, 21–28.
515. Huttner S., Bruse M., Dostal P. (2008). Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities. In Helmut Mayer and Andreas Matzarakis (eds.). *5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology*. Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 18: 307-312.
516. Carbonara, G. (2009). *Il restauro non è conservazione*. Lectio Magistralis. Roma: Sapienza.
517. Carbonara, G. (2002). Adeguamento del patrimonio storico e archeologico. *Progettare per tutti senza barriere - 10° corso di formazione post lauream a.a. 2001–2002*. [http://www.progettareper-tutti.org/formazione/lez08\\_carbonara.pdf](http://www.progettareper-tutti.org/formazione/lez08_carbonara.pdf)
518. Casini M. (2009). *Costruire l'ambiente: gli strumenti e i metodi della progettazione ambientale*. Milano: Edizioni Ambiente.
519. Ceconelli A., D'Alessandro D., Pagliai G. (1980). *Fondamenti di Eliotecnica*. Roma: Edizioni scientifiche Sidera.
520. Ceragioli, G. e Carvaglia, G. (1993). Ibridazione tecnologica: una nuova frontiera. *Sviluppo nella tecnologia dei processi costruttivi in Italia*. ENTAC- Avancan en tecnologia e gestao de producao de edificacoes, san Paulo. 23-25.
521. Cetica P.A. (2004). *L'architettura dei muri intelligenti. Esperienze di climatizzazione sostenibile nell'ottocento*. Firenze: Angelo Pontecorboli Editore.
522. Chan, A. T., So, E.S.P., Samad, S.C. (2001). Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality. *Atmospheric Environment*, 35: 4089–4098.
523. Chen Q. (2006) Design of Natural Ventilation with CFD. In Glicksman L., Lin J. (eds) *Sustainable Urban Housing in China*. Alliance for Global Sustainability Bookseries (Science and Technology: Tools for Sustainable Development), vol 9. Springer, Dordrecht.
524. Clarke J.A. (2001). *Energy simulation in building design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
525. Clement, G. (2004). *Manifesto del terzo paesaggio*. Macerata: Quodlibet.
526. CIBSE applied manual AM10 (1997) natural ventilation in non-domestic buildings. CIBSE.



527. Coceal O. Belcher S. E. (2005). Mean winds through an inhomogeneous urban canopy. *Boundary-Layer Meteorology*, 115. Pp. 47-68
528. Cordiale, N. e Guida, A., Serio, M. (2013). Approccio metodologico per la progettazione integrata nel recupero energetico e funzionale del patrimonio edilizio storico. *Atti Convegno Reuso I*. Madrid: Servicios Editoriale.
529. Corrado M.E. (2007). Energie rinnovabili, restauro architettonico e tutela del paesaggio. In *Trattato di Restauro Architettonico 2* (IV aggiornamento). Torino: Utet.
530. Corvino, E. e Del Pinto, F. e Domenici, G. e Loy, L. (1998). Ibridazione. In Ghazi E., Santarelli I., De Francesco G. (2015). *UNStudio diagramma struttura modello pelle ibridazione (B&W)*. Raleigh USA: Lulu.com.
531. Commissione Francheschini. (1967). Atti della Commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio. Roma: Biblioteca di Archivi.
532. Cupelloni L. (2017). Rigenerazione/Riqualificazione. Regeneration/Riqualification. In Antonini E., Tucci F. (a cura di). *Architettura, città e territorio verso la Green Economy*. Milano: edizioni Ambiente. Pp. 221-226.
533. Cupelloni L. (2015). Architektonische und urbane Aufwertung / Riqualificazione architettonica e urbana. *ENERGIAE Bedrohung oder Chance für die europäische Stadtlandschaft? / Occasione o minaccia per il paesaggio europeo?*, 98-123, TUM Technische Universität München,
534. Cupelloni L. (2014). Fattore "R". La declinazione complessa del progetto di riqualificazione. *Lectures #1. Design, pianificazione, tecnologia dell'architettura*. 174-191. Roma: RDesignPress Editore.
535. Cupelloni L. (2011). Sostenibilità ambientale/Innovazione tecnologica per la riqualificazione del patrimonio architettonico. In Tucci F. *Efficienza ecologica ed energetica in Architettura*. 227-245, Firenze: Alinea.
536. D'agostino, D. e Congedo, P.M. e Castaldo, R. (2011). Analisi termofluidodinamica delle condizioni microclimatiche interne in edifici storici. *Il Progetto Sostenibile*, n.28. P. 64-67
537. Davoli, P. (2010). *Il recupero energetico ambientale del costruito*. Rimini: Maggioli Editore.
538. Davoli, P. (2010). Quello che abbiamo dimenticato. Caratteri ambientali dell'edilizia storica, fra architettura spontanea e sistemi passivi per il controllo energetico estivo. *L'ufficio tecnico* n. 1. pp. 26-34.
539. Davoli, P. (2009). Il senso della riqualificazione energetica del patrimonio architettonico tutelato, in un momento di recessione economica e di complessità normativa. *L'ufficio tecnico* n. 1. pp. 28-43.
540. Davoli P. (2007). Riqualificazione energetica del costruito. Le prospettive del recupero sostenibile nel settore dell'edilizia. *Geoinforma* 2:37-44.

541. De Carlo, G. (1965). *Questioni di architettura e di urbanistica. Quaderni di differenze*. Urbino: Argalia Editore.
542. de Dear R., Brager G.S. (2001). The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. *Int J Biometeorol* 45:100–108.
543. De Lieto Vollaro, A., De Simone, G., Romagnoli, R. et al (2014). Numerical study of urban canyon microclimate related to geometrical parameters. *Sustainability* 6: 7894-7905.
544. De Santoli, L. (2007). Gli aspetti energetici nella conservazione dei beni culturali. *Trattato di Restauro Architettonico* 9 (I aggiornamento). Torino: Utet.
545. De Santoli L. (s.d). *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale*. Draft. Gruppo di lavoro coordinato da Livio De Santoli e Roberto Cecchi.
546. De Vecchi, G. (2012). *Architettura e clima. Convergenze, analogie, conflitti*. Tesi di Dottorato in Composizione architettonica. XXIV ciclo. Relatore: prof. Daniele Vitale. Politecnico di Milano.
547. Diaz-Pérez, E. (2015). ¿Que fue del alivio de las sobras gótica?. *El Mundo*, 14 agosto.
548. Docchi M. (2002). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma: Laterza.
549. Edwards, R. (2005). *Handbook of Domestic ventilation*. Oxford: Elsevier.
550. European Collaborative Action. (2003). *Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy*. Urban air, indoor air, indoor environment and human exposure. Environment and Quality of Life. Report n. 23. European Commission. Joint research center- Institute for health e consumer protection. Physical e chemical exposure unit.
551. Faroldi, E., Dierna S. (2003). *Progetto costruzione ambiente. Dieci lezioni di architettura*. Milano: Libreria Clup.
552. Ficht, J.M. (1980). *La progettazione ambientale. Analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell'ambiente*. Padova: Franco Muzzio.
553. Forlani, M. C., Società italiana della tecnologia dell'architettura. (2010). *Cultura tecnologica e progetto sostenibile: Idee e proposte ecocompatibili per i territori del sisma aquilano : atti del workshop progettuale SITdA*. Firenze: Alinea.
554. Garcarramos, F., Del Castillo, F., Alonso Lopez, J.M., (1991). *La ventana tradicional: análisis morfológico*. Santa Cruz de Tenerife: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.
555. Gallo, P. (2010). *Recupero bioclimatico edilizio ed urbano*. Napoli: Esselibri Simone.
556. Gallo C., Sala M., Sayigh A. A. M. (1998). *Architecture - Comfort and Energy*. London: Elsevier Pergamon.
557. Georgiadis T, Nardino M., Cremonini L. (2017). Tools for Urban Planners to Improve the Wellness during Urban Spaces Renovation. *Environment and Ecology Research* 5(3): 173-177

558. Georgiadis T. (2014). The microclimate of our cities. *Agrochimica* LVIII (3): 193-205.
559. Germano, M. (2007). Assessing the natural ventilation potential of the Basel region. *Energy and Buildings*, 39(11):1159-1166.
560. Germano, M. (2006). C.-A. Roulet. Multicriteria assessment of natural ventilation potential. *Solar Energy*, 80(4): 393-401.
561. Giovannini, L. (2011). *Processi meteorologici a scala urbana*. UniTN. 3 maggio 2011. <http://www.ing.unitn.it/>
562. Giovannini L., Zardi D., de Franceschi M. (2015). Effetti della urbanizzazione e dei cambiamenti degli osservatori meteorologici storici sulla serie delle temperature nella città di Trento. *Presentazione dei risultati del progetto "Recupero e valorizzazione dell'Archivio meteo Storico TRentinO - ASTRO"*.
563. Grosso, M. e Raimondo, L. (2009). Il raffrescamento passivo degli edifici: sistemi e potenzialità del risparmio energetico. *Atti del Workshop Bioenergy*. Milano: BiblusNet
564. Grosso, M. e Scudo, G. (2008). *Manuale pratico di edilizia sostenibile*. Napoli: Esselibri.
565. Grosso M. (2006). Ventilazione naturale e raffrescamento passivo ventilativo negli edifici.1. *Introduzione, principi di aerodinamica ambientale, archetipi bioclimatici*. Modena formazione – Bioecolab. 7-14 dicembre 2006.
566. Grosso, M., Peretti, G., Piardi, S., Scudo, G. (2005). *Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti d'analisi e valutazione esempi applicativi*. Napoli: Sistemi editoriali.
567. Guidoni, E. (1980). *L'architettura popolare italiana*. Roma- Bari: edizioni Laterza.
568. Guidoni, E. (1992). *L'arte di progettare le città. Italia e mediterraneo dal medioevo al settecento*. Roma: Edizioni Kappa.
569. Hamdi, R., Schayes, G. (2007). Validation of Martilli's urban boundary layer scheme with measurements from two mid-latitude European cities. *Atmospheric, Chemistry and Physics*, 7: Pp.4513-4526
570. Hegger M., Dall'Ò, G., Landi, G. (2008). *Atlante della sostenibilità e della efficienza energetica degli edifici*. Torino: UTET scienze tecniche.
571. Hegger M. (2006). *Atlante dei materiali*. Torino: UTET scienze tecniche.
572. Herrera, D. Bennadji, A. (2013). A risk based methodology to assess the energy efficiency improvements in traditionally constructed buildings. *Atti XXIV International CIPA Symposium*, 2-6 settembre 2013. Strasburgo.
573. Hernández Pezzi, C. (2014) *Un Vitruvio ecológico Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL

574. Herzog, T. (2003). Abbastanza sostenibile? Progettare per un Ministero. *L'architettura naturale* 18. Edicom edizioni.
575. Higòn Calvet J.L., de Vicente Valiente V. (2004). *El calculo del vector solar para su uso en edificación. Cartas solares para Valencia*. Valencia: VJ Ediciones.
576. Historic Scotland (2007). *Conversion of traditional buildings. Historical Scotland technical advice notes. Guide for practitioners*. Edimburgh: Historic Scotland.
577. Humphreys M.A. (1975). Field studies of thermal comfort compared and applied. *Symposium on Physiological requirements of the microclimate*, Prague 8-10 settembre 1975.
578. Iannutti, C. (2004). *I materiali dell'architettura nella progettazione del comfort edilizio. Gli aspetti immateriali dell'architettura*. Roma: Gangemi Editore.
579. International Energy Agency, United States. (1989). *Passive and hybrid solar low energy buildings. Design context*. Parigi: International Energy Agency, Solar Heating and Cooling Program.
580. Iqbal M. (1983). *An introduction to Solar radiation*. Toronto: Academic Press Canada.
581. Johansson, E. (2014). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – the need for standardization. *Urban Climate* 10:346-366.
582. Käferhaus, J. Reactivation of historic natural ventilation in the Hofburg, Vienna, with proof of its functioning by measuring campaign and application of the result in Schönbrunn Castle, Vienna. *European Research on Cultural Heritage, State-of-the-Art Studies*. ITAM, pp. 351-357.
583. Kastner-Klein, P., Rotach, M. W. (2004). Mean Flow and Turbulence Characteristics in an Urban Roughness Sublayer. *Boundary-layer Meteorology* 111(1), 55-84.
584. Kolokotroni, M., Watkins, R., Santamouris, M., Niachou, K., Allard, F., et al. (2002). Passive ventilation cooling in urban buildings: an estimation of potential environmental impact benefits. 23rd AIVC and Epic 2002 Conference. *Energy efficient and healthy buildings in sustainable cities*. Lyon, France, 23-26 October.
585. Lattaioli, M. (2008). Eco-efficienza nel recupero edilizio. *Ar bimestrale dell'Ordine degli architetti di Roma e provincia*, anno XLIII n. 76. p.16-20.
586. Litti, G., Audenaert A.; Braet, J. (2014). Natural ventilation as passive cooling strategy Aimed at summer overheating reduction in heritage buildings: the case of Vleeshuis Museum in Antwerp (Belgium). *The European Conference on Sustainability, Energy & the Environment*. www.iafor.org
587. Lucchi, E. e Pracchi, V. (2013). *Efficienza energetica e patrimonio costruito. La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*. Milano: Maggioli editore.
588. Macci L., Orgera V. (1976). *Contributi di metodo per una conoscenza della città*. Firenze: Libreria editrice fiorentina.

589. Martin L., March L. (1972). *Urban space and structures*. Oxford: Cambridge University Press.
590. Martinelli L. (2012). *ReMed Outdoor: Procedure e metodi di calcolo finalizzati all'integrazione di sistemi di efficientamento energetico e ambientale negli interventi di riqualificazione di spazi aperti pubblici urbani nel contesto del Mediterraneo*. Tesi di dottorato. PDTA. Tutor Prof. Arch. Alessandra Battisti, coordinatore Prof. Arch. Eliana Cangelli. Università degli Studi La Sapienza.
591. Martinelli, L. Battisti, A., Matzarakis, A. (2014). Multicriteria analysis model for urban open space renovation: an application for Rome. *Sustainable cities and Society* 14: xxx.e 10-xxx.e20
592. Matteoli, L. (1972) Il vento attorno agli edifici. *Prefabbricare : rivista trimestrale della Associazione italiana studio sviluppo materiali e sistemi di prefabbricazione* 2 (6.): 27-35
593. Mattioli, L., Peretti, G. (1990). *Finestre. L'intelligenza dei muri*. Torino: Scriptorium
594. Matzarakis A, Georgiadis T, Rossi F (2007). Thermal bioclimate analysis for Europe and Italy. *Nuovo Cimento-C* 30(6): 623-632.
595. Metadistretto veneto della Bioedilizia - Metadistretto veneto dei Beni Culturali. *PROGETTO A.T.T.E.S.S. Elaborazione linee guida per la riqualificazione energetica del patrimonio storico. Linee guida*. [http://www.veneto.beniculturali.it/sites/default/files/ATTESS\\_LINEE\\_GUIDA.pdf](http://www.veneto.beniculturali.it/sites/default/files/ATTESS_LINEE_GUIDA.pdf)
596. Montuori, F. (2013). Progetto e restauro: una distanza da colmare. *Ar bimestrale dell'Ordine degli architetti di Roma e provincia*, anno XLVIII (108): 45-48
597. Mora-Pérez, M., Guillén-Guillamón, I., López-Jiménez, P.A. (2015). Computational analysis of wind interactions for comparing different buildings sites in terms of natural ventilation. *Advances in Engineering Software*, 88: 72-82.
598. Mora Pérez, M., López-Patiño, G., Guillén Guillamón, I. E., & López Jiménez, P. A. (2013). CFD model of thermal and velocity conditions in a particular indoor environment. *International Journal of Energy and Environment*, 4(6): 903-910.
599. Moreno-Navarra, e Olona, e Casas, (2013). *Efficiencia energética y valores patrimoniales: conflictos y soluciones. Acti del convegno Reuso I*. Madrid: Servicios Editoriale.
600. Morandotti, M., Besana, D., Riccardi M. P. et al. (2011). Studio, sviluppo e definizione di linee guida per interventi di miglioramento per l'efficienza energetica negli edifici di pregio e per la gestione efficiente del sistema edificio-impianto. *ENEA Report RdS/2011/63*.
601. Neila Gonzàles, J. F. (2004). *Arquitectura bioclimàtica en entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Leira.
602. Niachou, K., Santamouris, M, Georgakis, C. (2007). *Natural and hybrid ventilation in the urban environment. Technical note AIVC 61*. Brussels: Internationa Energy Agency.
603. Nicol, F., Wilson, M. (2004). The effect of street dimensions and traffic density on the noise level and natural ventilation potential in urban canyons. *Energy and Buildings*. 36 (5): 423-434.

604. Nicol, F., Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*. Volume 34: 563-572
605. Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*. London: Routledge, Taylor & Francis Group.
606. Palmieri, S. (2000). *Il mistero del tempo e del clima. La storia, lo sviluppo, il futuro*. Napoli: CUEN
607. Palmieri S., Siani A.M. (s.d.). *Elementi di climatologia e meteorologia*. Dispense del corso di geografia. [http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/web\\_disp/d3/dispense/siani--geografia.pdf](http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/web_disp/d3/dispense/siani--geografia.pdf)
608. Pane R. (1950). *La ricostruzione del patrimonio artistico italiano*. (Prefazione di). Roma: Ministero della Pubblica Istruzione.
609. Pantavou K, Theoharatos G., Santamouris M., Asimakopoulos D. (2013). Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. *Building and Environment* 66: 82-95
610. Pianezza, F. (2012). *L'obiettivo del miglioramento dell'efficienza energetica nel processo di conservazione del costruito storico*. (Tesi di dottorato. Dottorato di Ricerca in Progetto e tecnologie per la valorizzazione dei beni culturali. XXIV ciclo. Tutor Prof. Stefano Della Torre, Prof. Valeria Pracchi. Politecnico di Milano.
611. Piccinato, L. (1993). *Urbanistica medievale*. Bari: Ed. Dedalo
612. Portoghesi P. (2006), Riuso dell'architettura (editoriale). *Materia* 4.
613. Puppo, E., Puppo, G. (1972). *Acondicionamiento natural y arquitectura. Ecología en arquitectura*. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores.
614. Raja, I.A., Nicol, F., McCartney, K., Humphreys, M. A. (2001). Thermal comfort: use of controls in naturally ventilated buildings. *Energy and Buildings*. 33: 235-244.
615. Ramon, F. (1976). *Ventilacion en una situación urbana*. Madrid: Graficas Hernandez.
616. Ratti, C., Baker, N. Steemers, K. (2004). Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings* 37(7): 762-776 .
617. Ratti, C., Baker, N. (2003). Urban infoscapes: new tools to inform city design and planning. *Environmental design* 7, (1): 63-74.
618. Ratti, C., Raydan, D., Steemers, K. (2003). Building Form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate. *Energy and Buildings* 35: 49-59.
619. Roaf, S., Crichton, D., Nicol, F. (2009). *Adapting buildings and cities for climate change. A 21st century survival guide*. Oxford: Elsevier.
620. Rogora, A. (2012). *Progettazione bioclimatica per l'architettura mediterranea. Metodi, esempi*. Milano: Wolters Kluwer Italia.

621. Rossi, N. (2003). *Manuale del termotecnico. Fondamenti. Riscaldamento. Condizionamento. Refrigerazione Impianti termici e idraulici*. Milano: Hoepli Editore.
622. Salat, S. (2006). Urban texture, climate and Energy. *Area Sustainable wayn* 122.
623. Sánchez de la Flor F., Alvarez Domínguez S. (2004). Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings. *Energy and Buildings* 36: 403–413.
624. Santamouris, M. (2006). *Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*. Londra: Earthscan.
625. Santamouris, M., Papanikolaou, N., Koronakis, I., Livada, I., Asimakopoulos D. (1999). Thermal and air flow characteristics in a deep pedestrian canyon under hot weather conditions. *Atmospheric Environment*, 33: 4503-4521.
626. Sartogo, F., Bastiani, M. (1998). *Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica della città storica di Perugia*. Perugia: Edizioni Guerra.
627. Sartogo, F., Brizioli, C. (2002) La ventilazione naturale nel processo evolutivo della città. *L'Architettura naturale* 5: 2-9.
628. Sasso U. (2008). *Il nuovo manuale europeo di bioarchitettura*. Roma: Mancosu.
629. Schiavon, S., Villi, G., Nielsen, P. V., & Allard, F. (2009). *Fluidodinamica computazionale: Applicata alla progettazione della ventilazione*. Palermo: Flaccovio.
630. Segala, P. (2014). Il ruolo della simulazione CFD a supporto della progettazione nel settore AEC. *Structural Modeling* n.95
631. Serra Florensa, R. (1991). *Les energies a l'arquitectura. Principis del control ambiental arquitectònic*. Barcelona: Publicacions de la UPC.
632. Serrano Lanzarote, B. A., Puig Tarín I., Vidal F. J. (2013). La città immateriale. Esperienze ambientali in contesti storici. Il caso di Ruzafa a Valencia (Spagna). *DisegnareCon* 11.
633. Settis S. (1987). Nuovi usi dell'antico. E il restauro?, In F. Perego. *Anastilosi. L'antico, il restauro, la città*. Roma: Laterza.
634. Simonetti, M. e Surra, M. (2001). Integrazione dei sistemi di ventilazione ibrida negli edifici. *Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio*. Bologna, Torino.
635. Spanedda P. (2007). *Energia e insediamento: una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*. Milano: franco Angeli.
636. STBA Sustainable Traditional Buildings Alliance. (2012). Responsible retrofit of traditional buildings. London: STBA.
637. Steadman, P., Bruhns, H.R., Holtier, S., et al. (2000). A classification of built forms. *Environment and*



*Planning B: Planning and Design* 27: 73-91.

638. Stefanutti L., Bedendo, B. (2014). La progettazione della diffusione dell'aria negli edifici storici. *Aicarr Journal* 5.
639. Styliani Fanou, S., Antoniazzi, W., Tonon, R. (2014). Historic Building Protection and Energy Efficiency The pilot case of Serravalle, historic center of the city of Vittorio Veneto, Treviso, Italy. *4th Plenary Meeting Concerted Action for the Energy Efficiency Directive*. ENEA 16 -17 October. Milan.
640. Surra, M. Simonetti, M. (2001). Integrazione dei sistemi di ventilazione ibrida negli edifici. *Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio*, Bologna, Torino.
641. Szokolay, S. V. (2006). *Introduzione alla progettazione sostenibile*. Milano: Hoepli.
642. Troen, I.; Lundtang Petersen, E. (1990). Atlante Europeo del Vento. Roskilde: Risø National Laboratory. [http://www.wasp.dk/DataandTools#wind-atlas\\_european-wind-atlas\\_download](http://www.wasp.dk/DataandTools#wind-atlas_european-wind-atlas_download)  
[http://www.wasp.dk/DataandTools#wind-atlas\\_european-wind-atlas](http://www.wasp.dk/DataandTools#wind-atlas_european-wind-atlas)
643. Troi, A., & Bastian, Z. (2014). *Energy efficiency solutions for historic buildings: A handbook*. Basel: Birkhäuser Verlag AG.
644. Tucci F. (2010). Progettare le masse d'aria: potenzialità energetiche ed economiche ed opportunità tecnologiche della Ventilazione Naturale in architettura. *Modulo* 363: 590- 603.
645. Vento D. (s.d.). *Il clima in Italia negli ultimi decenni*. <http://www.comune.modena.it/ilclimadelle-citta/documenti/dati2>
646. Venturi, R. (1977). *Complessità e contraddizione*. Bari: Dedalo
647. Vessella, L. (2012). Intervista a Carlo Terpolilli. *Librido in architettura. Senzacornice*, rivista on line di arte contemporanea e critica.
648. Visintin, F., Tomasinsig, E. (2014). "GovernEE": un programma europeo per il retrofit energetico degli edifici storici. *Facility Management Italia* 25: 43-48.
649. Walker, A. (2016). Natural ventilation. [http://www.wbdg.org/resources/natural-ventilation?r=env\\_wall\\_eifs](http://www.wbdg.org/resources/natural-ventilation?r=env_wall_eifs)
650. Webber, M.M., Bauer Wurster, C. (1968). *Indagini sulla struttura urbana*. Milano: Il saggiatore
651. Yao, R., Steemers K., Baker N. (2005). Strategic design and analysis method of natural ventilation for summer cooling. *Build Serv Eng Res Technol* 26 (4).
652. Zani, M. (2010). Efficienza energetica negli edifici storici. Intervista a Livio De Santoli. *Aicarr Journal* 1: 11-12.
653. Zucchi, C. (2014). *Innesti Grafting* (a cura di). Padiglione Italia 14. Mostra Internazionale di Architettura di Venezia. Venezia: Marsilio.

654. Zuppiroli, M. e Keoma, A. (2013). *Energia e restauro, il miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale tra istanze conservative e prestazionali*. Milano: Franco Angeli.

### **Siti web e portali**

655. Agenzia Casa Clima <http://www.agenziacasaclima.it/it/casaclima/1-0.html>
656. Ecoabita <http://www.ecoabita.it/>
657. Enea [http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo)
658. EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) <https://www.eumetsat.int/website/home/index.html>
659. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) <https://www.ecmwf.int/en/about/who-we-are>
660. Meteolive <http://www.meteolive.it/speciali/RADIOSONDAGGI/62/Radiosondaggi/31975/>
661. Meteo mondiale [worldweather.org](http://worldweather.org); [www.temperatureweather.com](http://www.temperatureweather.com)
662. Passive House Institute <http://www.passiv.de/>
663. Progetto Sechurba Sustainable Energy Communities in Historic URBan Areas [www.sechurba.eu](http://www.sechurba.eu)
664. Progetto Wind Energy Integration in the Urban Environment – WINEUR <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/wineur>
665. Rivista Techne Journal of Technology for Architecture and Environment <http://www.fupress.net/index.php/techne/index>
666. SITdA Societa' Italiana della Tecnologia dell'Architettura <http://www.sitda.net/>
667. Uni Ente Nazionale Italiano di Unificazione <http://www.uni.com/>
668. WBDG National Institute of building Sciences. <http://www.wbdg.org/>
669. WMO World Meteorological Organization. [www.wmo.int](http://www.wmo.int)[https://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](https://www.wmo.int/pages/index_en.html)



## Appendice A

# APPENDICE A1

SCHEDE DI CAMPO DELLE CAMPAGNE DI  
MISURAZIONE

## Appendice A1: Schede di campo delle campagne di misurazione.

Si riportano a titolo esemplificativo alcune delle schede di campo utilizzate durante le campagne di misurazione sviluppate nell'arco di 5 mesi (da maggio a settembre 2016) con la supervisione del CNR-IRIASO Istituto di Acustica e Sismotecnica "Giovanna Costanzo" (periodo cui è stato svolto un periodo di ricerca finalizzata alla ricerca dal 1/04/2016 al 30/09/2016). Le campagne di misurazione in sito sono state condotte in 10 aree selezionate nella città storica di Roma (RUE-Cap. 013), di cui si riporta una tavola di sintesi (Figura 1).

Per ogni area è stata effettuata una campagna di misurazione "apertiva" di tre giorni sia per il periodo primaverile che per il periodo estivo. Sono state elaborate per ciascuna sito delle schede relative ad ogni punto di ancoramento, per un totale di 405 schede di campagna. Le specifiche relative a strumentazione e modalità di esecuzione sono riportate nel capitolo 9.1.2. Per ognuna delle 10 aree analizzate sono stati inoltre elaborati dei grafici di analisi e sintesi dei dati misurati in sito riportati in Appendice (A2), relativi alla condizione estiva.

Nel presente allegato, pertanto, si riportano, come detto, solo a titolo esemplificativo le schede di campagna, con le registrazioni dei dati dei singoli giorni di misurazione, relative al sito A (Rione Campo Marzio, Area di Piazza della Fontanella Borghese) rappresentative delle schede di tipo generale; e al sito B (Rione Sant'Angelo, area di piazza Mattei) rappresentative delle schede specifiche in presenza di superfici d'acqua. Subito a seguire le due schede di campo tipo con le relative descrizioni delle voci. (Scheda a - Scheda b).

Il presente allegato, infatti, ad un futuro sviluppo della ricerca finalizzata all'analisi dei dati raccolti nella condizione primaverile, sarà ricco l'approfondimento su altri dati registrati.

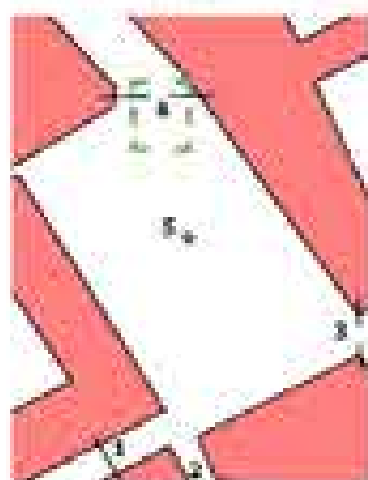


SUDCOORDINATE AREA D'INTERESSE			
<p><b>A. P. PIAZZA CANTONIERA ANTONINO</b> Mura Cantone Antonino</p>	<p><b>B. VIA ARABICA - VIA DEI CANTONIERI</b> Mura Cantone</p>	<p><b>DE. PIAZZA SAN GIUSEPPE/PIAZZA</b> Quartiere San Giuseppe</p>	<p><b>E. PIAZZA SAN GIUSEPPE</b> Quartiere San Giuseppe</p>
<p><b>A. P. PIAZZA CANTONIERA ANTONINO</b> Mura Cantone Antonino</p>	<p><b>L. VIA CANTONIERA - VIA ARABICA</b> Mura Cantone</p>	<p><b>DE. PIAZZA SAN GIUSEPPE</b> Quartiere San Giuseppe</p>	<p><b>L. PIAZZA CANTONIERA</b> Quartiere Antonino</p>
<p><b>D. P. PIAZZA CANTONIERA</b> Mura Cantone</p>	<p><b>F. VIA ARABICA - VIA CANTONIERA</b> (Mura Cantone) Mura Cantone</p>		

Figura 4.1: Strada del Prg del  
Varesinelli Roma (2002) Area di  
individuazione di altre opere in itinere  
in modo da essere a regola d'arte.



Il punto  $S_4$  è scelto al massimo tipo generale, nella parte superiore, come il riferimento del punto di osservazione, l'angolo di riflessione e l'incollamento del raggio di luce come quel generato dal punto della parte superiore destra con il raggio rispetto l'angolo del punto di osservazione per l'incollamento del raggio parte di punto  $S_4$  di tipo ad una razione di un'angolo retto.



Il punto  $S_4$  è scelto al massimo tipo generale.



Il punto  $S_4$  è scelto al massimo tipo generale.

Il punto  $S_4$  è scelto al massimo tipo generale, nella parte superiore, come il riferimento del punto di osservazione, l'angolo di riflessione e l'incollamento del raggio di luce come quel generato dal punto della parte superiore destra con il raggio rispetto l'angolo del punto di osservazione per l'incollamento del raggio parte di punto  $S_4$  di tipo ad una razione di un'angolo retto.

Il punto  $S_4$  è scelto al massimo tipo generale, nella parte superiore, come il riferimento del punto di osservazione, l'angolo di riflessione e l'incollamento del raggio di luce come quel generato dal punto della parte superiore destra con il raggio rispetto l'angolo del punto di osservazione per l'incollamento del raggio parte di punto  $S_4$  di tipo ad una razione di un'angolo retto.

Nr. Datum	FVC (Favorit) SOGA DREIACH (Dreifach)	Name	
Raum			
1. RANG		2. RANG	3. RANG
FVC	FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>
FVC	FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>
FVC	FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>
FVC	FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>
2. RANG		3. RANG	4. RANG
FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>	FVC <small>4. Platz</small>
FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>	FVC <small>4. Platz</small>
FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>	FVC <small>4. Platz</small>
FVC <small>1. Platz</small>	FVC <small>2. Platz</small>	FVC <small>3. Platz</small>	FVC <small>4. Platz</small>

tavola 1. - Schema di un'ogniuna fra le  
 quattro in presenza di un'orbita  
 d'acqua. Si è scelto di immaginare  
 alcuni dati sulla zona parareale  
 con la presenza di un'orbita.  
 Nella parte superiore sinistra di  
 riferimento del punto di osservazione  
 (ossia, come si illustra a lato  
 l'orbita del sole, della costellazione  
 circumpolare del punto. Nella parte  
 superiore destra una stella fittizia  
 l'orbita del punto di osservazione  
 e due oggetti fittizi (A e  
 B) situati lungo la linea a  
 sinistra della zona parareale  
 ed a/o vicinissimi percorsi in un  
 percorso di circa 1 m. L'orbita alla  
 sinistra e nella superficie d'acqua  
 stessa, con i relativi strumenti di  
 riferimento. Per oggetti A e B  
 sono quindi stati indicati le loro  
 posizioni relative (A e B) (ossia, la  
 parte della stella) sempre nella parte  
 alta della stella e rispetto la linea  
 dell'orbita del sole (a sinistra  
 la stella e l'orbita). (Oppure alla  
 destra stessa. Nella parte inferiore  
 destra della stella si indica in  
 alto la zona della temperatura  
 dell'acqua ed in superiore (ossia  
 la zona a parte d'orbita) e la  
 profondità (ossia 1 m). Sempre nella  
 zona inferiore basta di riferimento i  
 dati del mondo celeste (ossia, da  
 la presenza della stella (ossia  
 a - d'orbita. 1m) ma anche sopra la  
 superficie dell'acqua (ossia a - d'orbita  
 in altezza di circa 1 m). In  
 questa caso il sole (ossia la parte  
 ad intervallo di 2 ore) (ossia l'orbita  
 sopra una superficie fissa gli stessi per  
 essere tutti in un'orbita).

SITO DATA CONDIZIONI CLIMATICHE		FONTANA VIAPIAZZA		OGGI	
<b>REGISTRAZIONE DEL VENTO</b>					
0.7	0.33	0.36	0.36		
11	19	19	19		
20	30	30	30		
0.8	0.33	0.36	0.36		
11	19	19	19		
20	30	30	30		
0.8	0.33	0.36	0.36		
11	19	19	19		
20	30	30	30		
0.10	0.34	0.36	0.36		
11	19	19	19		
20	30	30	30		
<b>T SUPERFICIE</b>					
0.7	0.33				
08	03				
09	03				
10	03				
11	03				
12	03				
13	03				
14	03				
15	03				
16	03				
17	03				
18	03				
19	03				
20	03				
0.8	0.33				
09	03				
10	03				
11	03				
12	03				
13	03				
14	03				
15	03				
16	03				
17	03				
18	03				
19	03				
20	03				
0.9	0.34				
09	03				
10	03				
11	03				
12	03				
13	03				
14	03				
15	03				
16	03				
17	03				
18	03				
19	03				
20	03				
0.10	0.35				
09	03				
10	03				
11	03				
12	03				
13	03				
14	03				
15	03				
16	03				
17	03				
18	03				
19	03				
20	03				
<b>REGISTRAZIONE TEMPERATURA ACQUA</b>					
0.7	0.33	0.36	0.36		
08	03	03	03		
0.8	0.33	0.36	0.36		
09	03	03	03		
0.9	0.33	0.36	0.36		
10	03	03	03		
1.0	0.34	0.36	0.36		
11	03	03	03		
1.1	0.35	0.36	0.36		
12	03	03	03		
1.2	0.35	0.36	0.36		
13	03	03	03		
1.3	0.36	0.36	0.36		
14	03	03	03		
1.4	0.36	0.36	0.36		
15	03	03	03		
1.5	0.36	0.36	0.36		
16	03	03	03		
1.6	0.36	0.36	0.36		
17	03	03	03		
1.7	0.36	0.36	0.36		
18	03	03	03		
1.8	0.36	0.36	0.36		
19	03	03	03		
2.0	0.36	0.36	0.36		
0.10	0.35	0.36	0.36		
08	03	03	03		
0.11	0.35	0.36	0.36		
09	03	03	03		
0.12	0.35	0.36	0.36		
10	03	03	03		
0.13	0.35	0.36	0.36		
11	03	03	03		
0.14	0.35	0.36	0.36		
12	03	03	03		
0.15	0.35	0.36	0.36		
13	03	03	03		
0.16	0.35	0.36	0.36		
14	03	03	03		
0.17	0.35	0.36	0.36		
15	03	03	03		
0.18	0.35	0.36	0.36		
16	03	03	03		
0.19	0.35	0.36	0.36		
17	03	03	03		
0.20	0.35	0.36	0.36		
18	03	03	03		
0.21	0.35	0.36	0.36		
19	03	03	03		
0.22	0.35	0.36	0.36		
20	03	03	03		
0.23	0.35	0.36	0.36		
08	03	03	03		
0.24	0.35	0.36	0.36		
09	03	03	03		
0.25	0.35	0.36	0.36		
10	03	03	03		
0.26	0.35	0.36	0.36		
11	03	03	03		
0.27	0.35	0.36	0.36		
12	03	03	03		
0.28	0.35	0.36	0.36		
13	03	03	03		
0.29	0.35	0.36	0.36		
14	03	03	03		
0.30	0.35	0.36	0.36		
15	03	03	03		
0.31	0.35	0.36	0.36		
16	03	03	03		
0.32	0.35	0.36	0.36		
17	03	03	03		
0.33	0.35	0.36	0.36		
18	03	03	03		
0.34	0.35	0.36	0.36		
19	03	03	03		
0.35	0.35	0.36	0.36		
20	03	03	03		



STABILIMENTAZIONE  
specifiche tecniche, gestione materiali



T ACQUA

0.7	0.33	0.36	0.36
08	03	03	03
0.8	0.33	0.36	0.36
09	03	03	03
0.9	0.33	0.36	0.36
10	03	03	03
1.0	0.34	0.36	0.36
11	03	03	03
1.1	0.35	0.36	0.36
12	03	03	03
1.2	0.35	0.36	0.36
13	03	03	03
1.3	0.36	0.36	0.36
14	03	03	03
1.4	0.36	0.36	0.36
15	03	03	03
1.5	0.36	0.36	0.36
16	03	03	03
1.6	0.36	0.36	0.36
17	03	03	03
1.7	0.36	0.36	0.36
18	03	03	03
1.8	0.36	0.36	0.36
19	03	03	03
1.9	0.36	0.36	0.36
2.0	0.36	0.36	0.36
0.10	0.35	0.36	0.36
08	03	03	03
0.11	0.35	0.36	0.36
09	03	03	03
0.12	0.35	0.36	0.36
10	03	03	03
0.13	0.35	0.36	0.36
11	03	03	03
0.14	0.35	0.36	0.36
12	03	03	03
0.15	0.35	0.36	0.36
13	03	03	03
0.16	0.35	0.36	0.36
14	03	03	03
0.17	0.35	0.36	0.36
15	03	03	03
0.18	0.35	0.36	0.36
16	03	03	03
0.19	0.35	0.36	0.36
17	03	03	03
0.20	0.35	0.36	0.36
18	03	03	03
0.21	0.35	0.36	0.36
19	03	03	03
0.22	0.35	0.36	0.36
20	03	03	03

T INTRA

0.7	0.33	0.36
08	03	03
0.8	0.33	0.36
09	03	03
0.9	0.33	0.36
10	03	03
1.0	0.34	0.36
11	03	03
1.1	0.35	0.36
12	03	03
1.2	0.35	0.36
13	03	03
1.3	0.36	0.36
14	03	03
1.4	0.36	0.36
15	03	03
1.5	0.36	0.36
16	03	03
1.6	0.36	0.36
17	03	03
1.7	0.36	0.36
18	03	03
1.8	0.36	0.36
19	03	03
1.9	0.36	0.36
2.0	0.36	0.36
0.10	0.35	0.36
08	03	03
0.11	0.35	0.36
09	03	03
0.12	0.35	0.36
10	03	03
0.13	0.35	0.36
11	03	03
0.14	0.35	0.36
12	03	03
0.15	0.35	0.36
13	03	03
0.16	0.35	0.36
14	03	03
0.17	0.35	0.36
15	03	03
0.18	0.35	0.36
16	03	03
0.19	0.35	0.36
17	03	03
0.20	0.35	0.36
18	03	03
0.21	0.35	0.36
19	03	03
0.22	0.35	0.36
20	03	03

SITO A | area di Piazza Fontanelle Borghese - Basse Campo Marzio -  
 periodo primavera - date 15-26-29/05/2019  
 posti di stoccaggio









<p>Handwritten text in the top left cell, possibly a title or description.</p>			
<p>Handwritten text in the second row, left column.</p>		<p>Handwritten text in the second row, right column.</p>	
<p>Handwritten text in the third row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the third row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the third row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the third row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the fourth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the fourth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the fourth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the fourth row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the fifth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the fifth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the fifth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the fifth row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the sixth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the sixth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the sixth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the sixth row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the seventh row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the seventh row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the seventh row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the seventh row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the eighth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the eighth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the eighth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the eighth row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the ninth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the ninth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the ninth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the ninth row, fourth column.</p>
<p>Handwritten text in the tenth row, first column.</p>	<p>Handwritten text in the tenth row, second column.</p>	<p>Handwritten text in the tenth row, third column.</p>	<p>Handwritten text in the tenth row, fourth column.</p>

<p>4. <b>Write down each step in detail of the following process:</b></p> <p><b>Wash</b></p>			
<p><b>5. Answer</b></p>		<p><b>6. Answer</b></p>	
<p>1. Turn on water</p>	<p>2. Add soap</p>	<p>3. Rub clothes</p>	<p>4. Rinse with clean water</p>
<p>1. Turn on water</p>	<p>2. Add soap</p>	<p>3. Rub clothes</p>	<p>4. Rinse with clean water</p>
<p>1. Turn on water</p>	<p>2. Add soap</p>	<p>3. Rub clothes</p>	<p>4. Rinse with clean water</p>
<p>1. Turn on water</p>	<p>2. Add soap</p>	<p>3. Rub clothes</p>	<p>4. Rinse with clean water</p>
<p><b>7. Answer the questions</b></p>		<p><b>8. Answer the questions</b></p>	
<p>1. What is the purpose of washing?</p>	<p>To clean clothes and remove dirt.</p>	<p>1. What is the purpose of washing?</p>	<p>To clean clothes and remove dirt.</p>
<p>2. Why do we use soap?</p>	<p>Soap helps to break down dirt and grease.</p>	<p>2. Why do we use soap?</p>	<p>Soap helps to break down dirt and grease.</p>
<p>3. How do we wash clothes?</p>	<p>We use water and soap to rub the clothes.</p>	<p>3. How do we wash clothes?</p>	<p>We use water and soap to rub the clothes.</p>
<p>4. What are the steps in washing?</p>	<p>1. Turn on water, 2. Add soap, 3. Rub clothes, 4. Rinse with clean water.</p>	<p>4. What are the steps in washing?</p>	<p>1. Turn on water, 2. Add soap, 3. Rub clothes, 4. Rinse with clean water.</p>
<p>5. Why is it important to wash clothes regularly?</p>	<p>It helps to keep clothes clean and hygienic.</p>	<p>5. Why is it important to wash clothes regularly?</p>	<p>It helps to keep clothes clean and hygienic.</p>





QUESTION		ANSWER
<p>1. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. How many units must be sold to break even?</p>		<p>2000 units</p>
<p>2. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the contribution margin per unit?</p>	<p>\$30</p>	
<p>3. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in sales dollars?</p>	<p>\$100,000</p>	
<p>4. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in units?</p>	<p>2000 units</p>	
<p>5. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the contribution margin ratio?</p>		<p>60%</p>
<p>6. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in sales dollars if the variable cost increases to \$25 per unit?</p>		<p>\$133,333</p>
<p>7. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in units if the variable cost increases to \$25 per unit?</p>		<p>2667 units</p>
<p>8. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in sales dollars if the selling price decreases to \$45 per unit?</p>		<p>\$133,333</p>
<p>9. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in units if the selling price decreases to \$45 per unit?</p>		<p>2667 units</p>
<p>10. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in sales dollars if both the variable cost and the selling price change to \$25 and \$45 respectively?</p>		<p>\$150,000</p>
<p>11. A company has a fixed cost of \$100,000 and a variable cost of \$20 per unit. The selling price is \$50 per unit. What is the break-even point in units if both the variable cost and the selling price change to \$25 and \$45 respectively?</p>		<p>3000 units</p>

1. <b>UNIT PLAN</b> (use column 2, only) UNIT TITLE: _____ GRADE: _____ COMMUNICATIONS: _____		2. <b>UNIT</b> 	
3. <b>OBJECTIVES</b>		4. <b>ASSESSMENT</b>	
1. <b>UNIT</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
2. <b>UNIT</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
3. <b>UNIT</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
4. <b>UNIT</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> <b>OBJECTIVE</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
<b>5. <u>ASSESSMENT</u> (see column 4)</b>		<b>6. <u>ASSESSMENT</u></b>	
1. <b>UNIT</b> <b>ASSESSMENT</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
2. <b>UNIT</b> <b>ASSESSMENT</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
3. <b>UNIT</b> <b>ASSESSMENT</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
4. <b>UNIT</b> <b>ASSESSMENT</b> _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____





<p>1. <b>Task:</b> Write the number of each step in the order that you would perform the steps to solve the problem.</p> <p><b>Step:</b></p>	<p><b>Step:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Read the problem.</li> <li>2. Write down what you know.</li> <li>3. Write down what you need to find.</li> <li>4. Think of a plan.</li> <li>5. Solve the problem.</li> <li>6. Check your answer.</li> </ol>
--	---

Problem	Solution	Check
<p>1. <b>Problem:</b> A number is 10 more than 5. What is the number?</p>	<p><b>Solution:</b> 15</p>	<p><b>Check:</b> 15 - 10 = 5</p>
<p>2. <b>Problem:</b> A number is 10 less than 5. What is the number?</p>	<p><b>Solution:</b> -5</p>	<p><b>Check:</b> -5 + 10 = 5</p>
<p>3. <b>Problem:</b> A number is 10 more than -5. What is the number?</p>	<p><b>Solution:</b> 5</p>	<p><b>Check:</b> 5 - 10 = -5</p>
<p>4. <b>Problem:</b> A number is 10 less than -5. What is the number?</p>	<p><b>Solution:</b> -15</p>	<p><b>Check:</b> -15 + 10 = -5</p>

Problem	Solution	Check	Check
<p><b>Problem 1:</b>            a. 10 + 5 = 15            b. 10 - 5 = 5            c. -5 + 10 = 5</p>	<p><b>Solution:</b>            a. 15            b. 5            c. 5</p>	<p><b>Check:</b>            a. 15 - 10 = 5            b. 5 - 10 = -5            c. 5 + 10 = 15</p>	<p><b>Check:</b>            a. 15 - 10 = 5            b. 5 - 10 = -5            c. 5 + 10 = 15</p>
<p><b>Problem 2:</b>            a. 10 + (-5) = 5            b. 10 - (-5) = 15            c. -5 + (-10) = -15</p>	<p><b>Solution:</b>            a. 5            b. 15            c. -15</p>	<p><b>Check:</b>            a. 5 - 10 = -5            b. 15 - 10 = 5            c. -15 + 10 = -5</p>	<p><b>Check:</b>            a. 5 - 10 = -5            b. 15 - 10 = 5            c. -15 + 10 = -5</p>
<p><b>Problem 3:</b>            a. 10 + 5 = 15            b. 10 - 5 = 5            c. -5 + 10 = 5</p>	<p><b>Solution:</b>            a. 15            b. 5            c. 5</p>	<p><b>Check:</b>            a. 15 - 10 = 5            b. 5 - 10 = -5            c. 5 + 10 = 15</p>	<p><b>Check:</b>            a. 15 - 10 = 5            b. 5 - 10 = -5            c. 5 + 10 = 15</p>
<p><b>Problem 4:</b>            a. 10 + (-5) = 5            b. 10 - (-5) = 15            c. -5 + (-10) = -15</p>	<p><b>Solution:</b>            a. 5            b. 15            c. -15</p>	<p><b>Check:</b>            a. 5 - 10 = -5            b. 15 - 10 = 5            c. -15 + 10 = -5</p>	<p><b>Check:</b>            a. 5 - 10 = -5            b. 15 - 10 = 5            c. -15 + 10 = -5</p>



1. <b>Statewide</b>		2. <b>Statewide</b>	
3. <b>Statewide</b>		4. <b>Statewide</b>	
<p>5. <b>Statewide</b></p> <p>6. <b>Statewide</b></p> <p>7. <b>Statewide</b></p> <p>8. <b>Statewide</b></p>	<p>9. <b>Statewide</b></p> <p>10. <b>Statewide</b></p> <p>11. <b>Statewide</b></p> <p>12. <b>Statewide</b></p>	<p>13. <b>Statewide</b></p> <p>14. <b>Statewide</b></p> <p>15. <b>Statewide</b></p> <p>16. <b>Statewide</b></p>	<p>17. <b>Statewide</b></p> <p>18. <b>Statewide</b></p> <p>19. <b>Statewide</b></p> <p>20. <b>Statewide</b></p>
<p>21. <b>Statewide</b></p> <p>22. <b>Statewide</b></p> <p>23. <b>Statewide</b></p> <p>24. <b>Statewide</b></p>	<p>25. <b>Statewide</b></p> <p>26. <b>Statewide</b></p> <p>27. <b>Statewide</b></p> <p>28. <b>Statewide</b></p>	<p>29. <b>Statewide</b></p> <p>30. <b>Statewide</b></p> <p>31. <b>Statewide</b></p> <p>32. <b>Statewide</b></p>	<p>33. <b>Statewide</b></p> <p>34. <b>Statewide</b></p> <p>35. <b>Statewide</b></p> <p>36. <b>Statewide</b></p>
<p>37. <b>Statewide</b></p> <p>38. <b>Statewide</b></p> <p>39. <b>Statewide</b></p> <p>40. <b>Statewide</b></p>	<p>41. <b>Statewide</b></p> <p>42. <b>Statewide</b></p> <p>43. <b>Statewide</b></p> <p>44. <b>Statewide</b></p>	<p>45. <b>Statewide</b></p> <p>46. <b>Statewide</b></p> <p>47. <b>Statewide</b></p> <p>48. <b>Statewide</b></p>	<p>49. <b>Statewide</b></p> <p>50. <b>Statewide</b></p> <p>51. <b>Statewide</b></p> <p>52. <b>Statewide</b></p>



<p>1. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{1 \times 3}{2 \times 4} = \frac{3}{8}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>2. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{2}{3} \times \frac{5}{6} = \frac{2 \times 5}{3 \times 6} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>3. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{3}{4} \times \frac{2}{5} = \frac{3 \times 2}{4 \times 5} = \frac{6}{20} = \frac{3}{10}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>4. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{4}{5} \times \frac{3}{7} = \frac{4 \times 3}{5 \times 7} = \frac{12}{35}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>5. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{5}{6} \times \frac{4}{8} = \frac{5 \times 4}{6 \times 8} = \frac{20}{48} = \frac{5}{12}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>6. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{6}{7} \times \frac{5}{9} = \frac{6 \times 5}{7 \times 9} = \frac{30}{63} = \frac{10}{21}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>7. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{7}{8} \times \frac{6}{10} = \frac{7 \times 6}{8 \times 10} = \frac{42}{80} = \frac{21}{40}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>8. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{8}{9} \times \frac{7}{11} = \frac{8 \times 7}{9 \times 11} = \frac{56}{99}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>9. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{9}{10} \times \frac{8}{12} = \frac{9 \times 8}{10 \times 12} = \frac{72}{120} = \frac{3}{5}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	
<p>10. <b>Handwritten text:</b> <math>\frac{10}{11} \times \frac{9}{13} = \frac{10 \times 9}{11 \times 13} = \frac{90}{143}</math></p>		<p>Handwritten notes and diagrams:</p>	









<p>1. <b>STATE OF OHIO DEPARTMENT OF REVENUE</b>  <b>MAXIMUM ALLOWABLE RATES</b>  <b>FOR 2014</b></p>		<p><b>2014</b></p>	
<p><b>3.00%</b></p>			
<p><b>4.00%</b></p>			
<p><b>5.00%</b></p>			
<p><b>6.00%</b></p>			
<p><b>7.00%</b></p>			
<p><b>8.00%</b></p>			
<p><b>9.00%</b></p>			
<p><b>10.00%</b></p>			
<p><b>11.00%</b></p>			
<p><b>12.00%</b></p>			
<p><b>13.00%</b></p>			
<p><b>14.00%</b></p>			
<p><b>15.00%</b></p>			
<p><b>16.00%</b></p>			
<p><b>17.00%</b></p>			
<p><b>18.00%</b></p>			
<p><b>19.00%</b></p>			
<p><b>20.00%</b></p>			
<p><b>21.00%</b></p>			
<p><b>22.00%</b></p>			
<p><b>23.00%</b></p>			
<p><b>24.00%</b></p>			
<p><b>25.00%</b></p>			
<p><b>26.00%</b></p>			
<p><b>27.00%</b></p>			
<p><b>28.00%</b></p>			
<p><b>29.00%</b></p>			
<p><b>30.00%</b></p>			
<p><b>31.00%</b></p>			
<p><b>32.00%</b></p>			
<p><b>33.00%</b></p>			
<p><b>34.00%</b></p>			
<p><b>35.00%</b></p>			
<p><b>36.00%</b></p>			
<p><b>37.00%</b></p>			
<p><b>38.00%</b></p>			
<p><b>39.00%</b></p>			
<p><b>40.00%</b></p>			
<p><b>41.00%</b></p>			
<p><b>42.00%</b></p>			
<p><b>43.00%</b></p>			
<p><b>44.00%</b></p>			
<p><b>45.00%</b></p>			
<p><b>46.00%</b></p>			
<p><b>47.00%</b></p>			
<p><b>48.00%</b></p>			
<p><b>49.00%</b></p>			
<p><b>50.00%</b></p>			
<p><b>51.00%</b></p>			
<p><b>52.00%</b></p>			
<p><b>53.00%</b></p>			
<p><b>54.00%</b></p>			
<p><b>55.00%</b></p>			
<p><b>56.00%</b></p>			
<p><b>57.00%</b></p>			
<p><b>58.00%</b></p>			
<p><b>59.00%</b></p>			
<p><b>60.00%</b></p>			
<p><b>61.00%</b></p>			
<p><b>62.00%</b></p>			
<p><b>63.00%</b></p>			
<p><b>64.00%</b></p>			
<p><b>65.00%</b></p>			
<p><b>66.00%</b></p>			
<p><b>67.00%</b></p>			
<p><b>68.00%</b></p>			
<p><b>69.00%</b></p>			
<p><b>70.00%</b></p>			
<p><b>71.00%</b></p>			
<p><b>72.00%</b></p>			
<p><b>73.00%</b></p>			
<p><b>74.00%</b></p>			
<p><b>75.00%</b></p>			
<p><b>76.00%</b></p>			
<p><b>77.00%</b></p>			
<p><b>78.00%</b></p>			
<p><b>79.00%</b></p>			
<p><b>80.00%</b></p>			
<p><b>81.00%</b></p>			
<p><b>82.00%</b></p>			
<p><b>83.00%</b></p>			
<p><b>84.00%</b></p>			
<p><b>85.00%</b></p>			
<p><b>86.00%</b></p>			
<p><b>87.00%</b></p>			
<p><b>88.00%</b></p>			
<p><b>89.00%</b></p>			
<p><b>90.00%</b></p>			
<p><b>91.00%</b></p>			
<p><b>92.00%</b></p>			
<p><b>93.00%</b></p>			
<p><b>94.00%</b></p>			
<p><b>95.00%</b></p>			
<p><b>96.00%</b></p>			
<p><b>97.00%</b></p>			
<p><b>98.00%</b></p>			
<p><b>99.00%</b></p>			
<p><b>100.00%</b></p>			

<p>1. Schritt</p> <p>1.1. Schritt</p> <p>1.2. Schritt</p> <p>1.3. Schritt</p> <p>1.4. Schritt</p>			
<p>2. Schritt</p> <p>2.1. Schritt</p> <p>2.2. Schritt</p> <p>2.3. Schritt</p> <p>2.4. Schritt</p>			
<p>3. Schritt</p> <p>3.1. Schritt</p> <p>3.2. Schritt</p> <p>3.3. Schritt</p> <p>3.4. Schritt</p>			
<p>4. Schritt</p> <p>4.1. Schritt</p> <p>4.2. Schritt</p> <p>4.3. Schritt</p> <p>4.4. Schritt</p>			
<p>5. Schritt</p> <p>5.1. Schritt</p> <p>5.2. Schritt</p> <p>5.3. Schritt</p> <p>5.4. Schritt</p>			
<p>6. Schritt</p> <p>6.1. Schritt</p> <p>6.2. Schritt</p> <p>6.3. Schritt</p> <p>6.4. Schritt</p>			
<p>7. Schritt</p> <p>7.1. Schritt</p> <p>7.2. Schritt</p> <p>7.3. Schritt</p> <p>7.4. Schritt</p>			
<p>8. Schritt</p> <p>8.1. Schritt</p> <p>8.2. Schritt</p> <p>8.3. Schritt</p> <p>8.4. Schritt</p>			
<p>9. Schritt</p> <p>9.1. Schritt</p> <p>9.2. Schritt</p> <p>9.3. Schritt</p> <p>9.4. Schritt</p>			
<p>10. Schritt</p> <p>10.1. Schritt</p> <p>10.2. Schritt</p> <p>10.3. Schritt</p> <p>10.4. Schritt</p>			





<p>1. <b>Task/Item</b> (Reference your Worksheet Table and List/Log) <b>Implementation Table</b></p>		<p>2. <b>Priority</b></p>	
<p>3. <b>Notes</b></p>		<p>4. <b>Priority</b></p>	
<p>5. <b>Task/Item</b></p>	<p>6. <b>Priority</b></p>	<p>7. <b>Priority</b></p>	<p>8. <b>Priority</b></p>
<p>9. <b>Task/Item</b></p>	<p>10. <b>Priority</b></p>	<p>11. <b>Priority</b></p>	<p>12. <b>Priority</b></p>
<p>13. <b>Task/Item</b></p>	<p>14. <b>Priority</b></p>	<p>15. <b>Priority</b></p>	<p>16. <b>Priority</b></p>
<p>17. <b>Task/Item</b></p>	<p>18. <b>Priority</b></p>	<p>19. <b>Priority</b></p>	<p>20. <b>Priority</b></p>
<p>21. <b>Task/Item</b></p>	<p>22. <b>Priority</b></p>	<p>23. <b>Priority</b></p>	<p>24. <b>Priority</b></p>
<p>25. <b>Task/Item</b></p>	<p>26. <b>Priority</b></p>	<p>27. <b>Priority</b></p>	<p>28. <b>Priority</b></p>
<p>29. <b>Task/Item</b></p>	<p>30. <b>Priority</b></p>	<p>31. <b>Priority</b></p>	<p>32. <b>Priority</b></p>
<p>33. <b>Task/Item</b></p>	<p>34. <b>Priority</b></p>	<p>35. <b>Priority</b></p>	<p>36. <b>Priority</b></p>
<p>37. <b>Task/Item</b></p>	<p>38. <b>Priority</b></p>	<p>39. <b>Priority</b></p>	<p>40. <b>Priority</b></p>
<p>41. <b>Task/Item</b></p>	<p>42. <b>Priority</b></p>	<p>43. <b>Priority</b></p>	<p>44. <b>Priority</b></p>
<p>45. <b>Task/Item</b></p>	<p>46. <b>Priority</b></p>	<p>47. <b>Priority</b></p>	<p>48. <b>Priority</b></p>
<p>49. <b>Task/Item</b></p>	<p>50. <b>Priority</b></p>	<p>51. <b>Priority</b></p>	<p>52. <b>Priority</b></p>
<p>53. <b>Task/Item</b></p>	<p>54. <b>Priority</b></p>	<p>55. <b>Priority</b></p>	<p>56. <b>Priority</b></p>
<p>57. <b>Task/Item</b></p>	<p>58. <b>Priority</b></p>	<p>59. <b>Priority</b></p>	<p>60. <b>Priority</b></p>
<p>61. <b>Task/Item</b></p>	<p>62. <b>Priority</b></p>	<p>63. <b>Priority</b></p>	<p>64. <b>Priority</b></p>
<p>65. <b>Task/Item</b></p>	<p>66. <b>Priority</b></p>	<p>67. <b>Priority</b></p>	<p>68. <b>Priority</b></p>
<p>69. <b>Task/Item</b></p>	<p>70. <b>Priority</b></p>	<p>71. <b>Priority</b></p>	<p>72. <b>Priority</b></p>
<p>73. <b>Task/Item</b></p>	<p>74. <b>Priority</b></p>	<p>75. <b>Priority</b></p>	<p>76. <b>Priority</b></p>
<p>77. <b>Task/Item</b></p>	<p>78. <b>Priority</b></p>	<p>79. <b>Priority</b></p>	<p>80. <b>Priority</b></p>
<p>81. <b>Task/Item</b></p>	<p>82. <b>Priority</b></p>	<p>83. <b>Priority</b></p>	<p>84. <b>Priority</b></p>
<p>85. <b>Task/Item</b></p>	<p>86. <b>Priority</b></p>	<p>87. <b>Priority</b></p>	<p>88. <b>Priority</b></p>
<p>89. <b>Task/Item</b></p>	<p>90. <b>Priority</b></p>	<p>91. <b>Priority</b></p>	<p>92. <b>Priority</b></p>
<p>93. <b>Task/Item</b></p>	<p>94. <b>Priority</b></p>	<p>95. <b>Priority</b></p>	<p>96. <b>Priority</b></p>
<p>97. <b>Task/Item</b></p>	<p>98. <b>Priority</b></p>	<p>99. <b>Priority</b></p>	<p>100. <b>Priority</b></p>

Seite 1 von 1

<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>		<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	
<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>
<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>
<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>	<p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p> <p>1. Schritt</p>



1. <b>QUESTION</b> (or statement of work) - write clearly and concisely.		2. <b>ANSWER</b>	
[Blank space for question]			
3. <b>PROBLEM</b>		4. <b>CONCEPT</b>	5. <b>KEY POINTS</b>
[Blank space for problem]			
[Blank space for problem]			
[Blank space for problem]			
[Blank space for problem]			
6. <b>CONCEPTS</b> (or ideas)		7. <b>CONCEPTS</b>	8. <b>CONCEPTS</b>
[Blank space for concepts]			
[Blank space for concepts]			
[Blank space for concepts]			
[Blank space for concepts]			



<p>1. <b>Identify the appropriate level of detail for each activity.</b></p>		<p>2. <b>Identify the appropriate level of detail for each activity.</b></p>	
<p><b>Activity 1</b></p>			
<p>1.1</p>	<p>1.1.1</p>	<p>1.1.2</p>	<p>1.1.3</p>
<p>1.2</p>	<p>1.2.1</p>	<p>1.2.2</p>	<p>1.2.3</p>
<p>1.3</p>	<p>1.3.1</p>	<p>1.3.2</p>	<p>1.3.3</p>
<p>1.4</p>	<p>1.4.1</p>	<p>1.4.2</p>	<p>1.4.3</p>
<p><b>Activity 2</b></p>		<p><b>Activity 3</b></p>	
<p>2.1</p>	<p>2.1.1</p>	<p>3.1</p>	<p>3.1.1</p>
<p>2.2</p>	<p>2.2.1</p>	<p>3.2</p>	<p>3.2.1</p>
<p>2.3</p>	<p>2.3.1</p>	<p>3.3</p>	<p>3.3.1</p>
<p>2.4</p>	<p>2.4.1</p>	<p>3.4</p>	<p>3.4.1</p>

1. Schritt		2. Schritt	
<p>1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>1.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>1.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>1.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>1.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>2.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>2.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>2.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>2.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>3.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>3.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>3.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>3.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>4.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>4.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>4.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>4.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>5. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>5.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>5.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>5.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>5.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>6. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>6.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>6.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>6.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>6.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>7. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>7.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>7.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>7.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>7.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>8. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>8.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>8.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>8.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>8.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>9. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>9.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>9.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>9.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>9.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			
<p>10. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>10.1. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>10.2. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>10.3. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p> <p>10.4. Schritt: Ermittlung der Fallhöhe</p>			



a) Ermittlung der Taktzeit (siehe Tabelle 2.4.2.1)		b)	
<p>Bestimmung der Taktzeit:</p> <p> <math>Taktzeit = \frac{Arbeitszeit}{Anzahl\ der\ zu\ produzierenden\ Teile}</math> </p>			
Taktzeit		Arbeitszeit	Anzahl der zu produzierenden Teile
1) 1000	1000 → 1000 → 1000 → 1000 → 1000	1000	1000
2) 1000	1000 → 1000 → 1000 → 1000	1000	1000
3) 1000	1000 → 1000 → 1000 → 1000	1000	1000
4) 1000	1000 → 1000 → 1000 → 1000	1000	1000
Bestimmung der Taktzeit			
<p>1) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000	<p>1) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000
<p>2) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000	<p>2) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000
<p>3) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000	<p>3) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000
<p>4) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000	<p>4) 1000</p> <p>Arbeitszeit: 1000</p> <p>Anzahl der zu produzierenden Teile: 1000</p>	1000

1. 問題		2. 解答	
<p>1. 問題</p> <p>ある国産の自動車は、年々生産量が増加している。その生産量（台）を、下の表のとおり表す。この表から、この国産自動車の生産量の増加率を求めよ。</p>		<p>2. 解答</p> <p>この国産自動車の生産量の増加率は、<math>\frac{100}{100} = 100\%</math>である。</p>	
年	生産量（台）	増加率（%）	増加率（%）
1990年	100	100	100
1991年	110	110	110
1992年	121	121	121
1993年	133	133	133
1994年	146	146	146
1995年	160	160	160
1996年	175	175	175
1997年	191	191	191
1998年	208	208	208
1999年	226	226	226
2000年	245	245	245
2001年	265	265	265
2002年	286	286	286
2003年	308	308	308
2004年	331	331	331
2005年	356	356	356
2006年	382	382	382
2007年	410	410	410
2008年	440	440	440
2009年	472	472	472
2010年	506	506	506
2011年	542	542	542
2012年	580	580	580
2013年	620	620	620
2014年	662	662	662
2015年	706	706	706
2016年	752	752	752
2017年	800	800	800
2018年	850	850	850
2019年	902	902	902
2020年	956	956	956
2021年	1012	1012	1012
2022年	1070	1070	1070
2023年	1130	1130	1130
2024年	1192	1192	1192
2025年	1256	1256	1256
2026年	1322	1322	1322
2027年	1390	1390	1390
2028年	1460	1460	1460
2029年	1532	1532	1532
2030年	1606	1606	1606
2031年	1682	1682	1682
2032年	1760	1760	1760
2033年	1840	1840	1840
2034年	1922	1922	1922
2035年	2006	2006	2006
2036年	2092	2092	2092
2037年	2180	2180	2180
2038年	2270	2270	2270
2039年	2362	2362	2362
2040年	2456	2456	2456
2041年	2552	2552	2552
2042年	2650	2650	2650
2043年	2750	2750	2750
2044年	2852	2852	2852
2045年	2956	2956	2956
2046年	3062	3062	3062
2047年	3170	3170	3170
2048年	3280	3280	3280
2049年	3392	3392	3392
2050年	3506	3506	3506
2051年	3622	3622	3622
2052年	3740	3740	3740
2053年	3860	3860	3860
2054年	3982	3982	3982
2055年	4106	4106	4106
2056年	4232	4232	4232
2057年	4360	4360	4360
2058年	4490	4490	4490
2059年	4622	4622	4622
2060年	4756	4756	4756
2061年	4892	4892	4892
2062年	5030	5030	5030
2063年	5170	5170	5170
2064年	5312	5312	5312
2065年	5456	5456	5456
2066年	5602	5602	5602
2067年	5750	5750	5750
2068年	5900	5900	5900
2069年	6052	6052	6052
2070年	6206	6206	6206
2071年	6362	6362	6362
2072年	6520	6520	6520
2073年	6680	6680	6680
2074年	6842	6842	6842
2075年	7006	7006	7006
2076年	7172	7172	7172
2077年	7340	7340	7340
2078年	7510	7510	7510
2079年	7682	7682	7682
2080年	7856	7856	7856
2081年	8032	8032	8032
2082年	8210	8210	8210
2083年	8390	8390	8390
2084年	8572	8572	8572
2085年	8756	8756	8756
2086年	8942	8942	8942
2087年	9130	9130	9130
2088年	9320	9320	9320
2089年	9512	9512	9512
2090年	9706	9706	9706
2091年	9902	9902	9902
2092年	10100	10100	10100
2093年	10300	10300	10300
2094年	10502	10502	10502
2095年	10706	10706	10706
2096年	10912	10912	10912
2097年	11120	11120	11120
2098年	11330	11330	11330
2099年	11542	11542	11542
2100年	11756	11756	11756





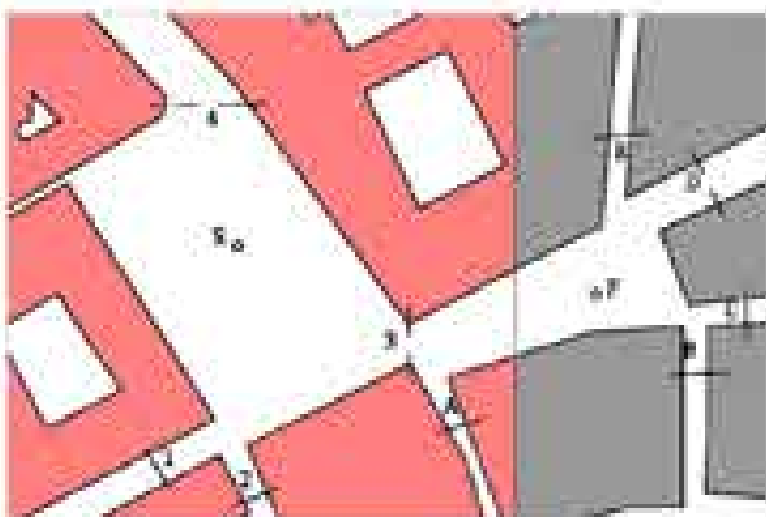


<p>4. Die Produktionsfunktion des Herstellers ist durch</p> $P(x_1, x_2) = 1000 - 0,0001x_1^2 - 0,0001x_2^2$ <p>beschrieben, wobei <math>x_1</math> und <math>x_2</math> die eingesetzten Mengen der beiden Produktionsfaktoren A und B bezeichnen.</p>	<p>Abb. 4</p>
---	---------------

Produktionsfaktor A	Produktionsfaktor B				Produktion P	Produktionskosten K
1000	1000	2000	3000	4000	1000	1000
2000	1000	2000	3000	4000	1000	2000
3000	1000	2000	3000	4000	1000	3000
4000	1000	2000	3000	4000	1000	4000

Produktionsfaktor A		Produktionsfaktor B	
<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>
<p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>
<p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>
<p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>	<p>1000</p> <p>2000</p> <p>3000</p> <p>4000</p>

SITO A | area di Piazza Fontanelle Borghese - Basse Campo Marzio -  
 periodo estivo - data 01-02-03/07/2016  
 piani di stoccamento



ÜBUNG 1 (Blatt 1)

<p>1. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^2 - 4x + 4</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>2. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^3 - 3x^2 + 2x</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>3. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^4 - 4x^3 + 6x^2 - 4x + 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>		<p>4. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^5 - 5x^4 + 10x^3 - 10x^2 + 5x - 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>	
<p>5. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^6 - 6x^5 + 15x^4 - 20x^3 + 15x^2 - 6x + 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>6. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^7 - 7x^6 + 21x^5 - 35x^4 + 35x^3 - 21x^2 + 7x - 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>7. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^8 - 8x^7 + 28x^6 - 56x^5 + 56x^4 - 28x^3 + 8x^2 - 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>8. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^9 - 9x^8 + 36x^7 - 84x^6 + 105x^5 - 84x^4 + 36x^3 - 9x^2 + 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>9. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^{10} - 10x^9 + 45x^8 - 120x^7 + 210x^6 - 252x^5 + 210x^4 - 120x^3 + 45x^2 - 10x + 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			
<p>10. (10 Punkte) Gegeben sei die Funktion <math>f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}</math> durch <math>f(x) = x^{11} - 11x^{10} + 55x^9 - 165x^8 + 330x^7 - 462x^6 + 462x^5 - 330x^4 + 165x^3 - 55x^2 + 11x - 1</math>. Zeigen Sie, dass <math>f</math> ein Polynom ist, und berechnen Sie die Nullstellen von <math>f</math>.</p>			



PROZESS (mit dem die Prozess- und Produktkosten ermittelt werden)		KZG	
PROZESS	PRODUKT	PROZESS	PRODUKT
<p><b>1. Schritt</b></p>			
1. Schritt		1. Schritt	$\frac{1000}{1000}$
2. Schritt		1. Schritt	$\frac{2000}{1000}$
3. Schritt		1. Schritt	$\frac{3000}{1000}$
4. Schritt		1. Schritt	$\frac{4000}{1000}$
<b>2. Schritt</b>		<b>2. Schritt</b>	
1. Schritt	<p>1. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>2. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>3. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p>	1. Schritt	10
2. Schritt	<p>1. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>2. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>3. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p>	2. Schritt	20
3. Schritt	<p>1. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>2. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>3. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p>	3. Schritt	30
4. Schritt	<p>1. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>2. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>3. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p>	4. Schritt	40
5. Schritt	<p>1. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>2. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p> <p>3. Schritt: 1000, 2000, 3000, 4000</p>	5. Schritt	50












1. <b>QUESTION</b> 2. <b>ANSWER</b> 3. <b>EXPLANATION</b>		<b>ANSWER</b> 	
<b>QUESTION</b>		<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
1. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
2. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
3. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
4. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
<b>ANSWERS TO QUESTIONS</b>			
1. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	1. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
2. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	2. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
3. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	3. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
4. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	4. <input type="checkbox"/> <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>

<p>1. Schritt: Bestimmung der optimalen Lösung</p> <p>2. Schritt: Bestimmung der optimalen Lösung</p>													
<p>3. Schritt: Bestimmung der optimalen Lösung</p> <table border="1" data-bbox="238 590 908 1129"> <tr> <td>1. Schritt</td> <td>2. Schritt</td> <td>3. Schritt</td> <td>4. Schritt</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1. Schritt	2. Schritt	3. Schritt	4. Schritt					<table border="1" data-bbox="939 590 1301 1129"> <tr> <td>1. Schritt</td> <td>2. Schritt</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1. Schritt	2. Schritt		
1. Schritt	2. Schritt	3. Schritt	4. Schritt										
1. Schritt	2. Schritt												
<p>4. Schritt: Bestimmung der optimalen Lösung</p> <table border="1" data-bbox="238 1170 908 1864"> <tr> <td>1. Schritt</td> <td>2. Schritt</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1. Schritt	2. Schritt			<table border="1" data-bbox="939 1170 1301 1864"> <tr> <td>1. Schritt</td> <td>2. Schritt</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1. Schritt	2. Schritt						
1. Schritt	2. Schritt												
1. Schritt	2. Schritt												



<p>Frage 1</p>	<p>Bestimmen Sie die Ableitung von <math>f(x) = \ln(x^2 + 1)</math>.</p>			<p>Wahr</p>		
<p>Frage 2</p>						
<p>Frage 3</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>3. Ableitung</p>	<p>4. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>
<p>Frage 4</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>3. Ableitung</p>	<p>4. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>
<p>Frage 5</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>3. Ableitung</p>	<p>4. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>
<p>Frage 6</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>3. Ableitung</p>	<p>4. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>
<p>Frage 7</p>						
<p>Frage 7a</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>		
<p>Frage 7b</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>		
<p>Frage 7c</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>		
<p>Frage 7d</p>	<p>1. Ableitung</p>	<p>2. Ableitung</p>	<p>Wahr</p>	<p>2.2</p>		





<p>1. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die einzelnen Bauelemente</p>	<p>2. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p> 
<p>3. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>	<p>4. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>
<p>5. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>	<p>6. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>
<p>7. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>	<p>8. Schritt: Ermittlung der KZG-Werte für die gesamte Leitung</p>

<p>1. <b>APOL</b> (see page 100) (see page 100) (see page 100) (see page 100)</p>						
<p><b>FRAMES</b></p>						
<p><b>APOL</b></p>					<p><b>APOL</b></p>	<p>100   100</p>
<p><b>APOL</b></p>					<p><b>APOL</b></p>	<p>100   100</p>
<p><b>APOL</b></p>					<p><b>APOL</b></p>	<p>100   100</p>
<p><b>APOL</b></p>					<p><b>APOL</b></p>	<p>100   100</p>
<p><b>APOL (see page 100)</b></p>						
<p><b>APOL</b> (see page 100)</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		
<p><b>APOL</b> (see page 100)</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		
<p><b>APOL</b> (see page 100)</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		
<p><b>APOL</b> (see page 100)</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>	<p><b>APOL</b></p> <p>100   100</p> <p>100   100</p> <p>100   100</p>		





1. Ziel 2. KPI 3. Formel (Berechnung)		4. KPI-Wert 5. KPI-Wert	
Note			
1. KPI		2. KPI-Wert	
1.1			$\frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1}$
1.2			$\frac{1.2.1.1.1.1}{1.2.1.1.1}$
1.3			$\frac{1.3.1.1.1.1}{1.3.1.1.1}$
1.4			$\frac{1.4.1.1.1.1}{1.4.1.1.1}$
2. KPI-Wert			
2.1	1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1	1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1	1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1 1.1.1.1.1
2.2	1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1	1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1	1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1 1.2.1.1.1
2.3	1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1	1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1	1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1 1.3.1.1.1
2.4	1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1	1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1	1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1 1.4.1.1.1



Name: _____ Matrikelnummer: _____ Datum: _____		Note: _____	
Frage 1:		1. Punkt	2. Punkt
a)		1. Punkt	2. Punkt
b)		1. Punkt	2. Punkt
c)		1. Punkt	2. Punkt
d)		1. Punkt	2. Punkt
Frage 2:			
a)	1. Punkt	1. Punkt	2. Punkt
b)	1. Punkt	1. Punkt	2. Punkt
c)	1. Punkt	1. Punkt	2. Punkt
d)	1. Punkt	1. Punkt	2. Punkt



1. <b>STANDARD COST SYSTEMS</b> (1000-1000) (1000-1000) (1000-1000) 2. <b>STANDARD COST SYSTEMS</b> (1000-1000) (1000-1000) (1000-1000) 3. <b>STANDARD COST SYSTEMS</b> (1000-1000) (1000-1000) (1000-1000)		4. <b>STANDARD COST SYSTEMS</b> (1000-1000) (1000-1000) (1000-1000)
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000		1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
STANDARD	STANDARD	STANDARD
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
STANDARD COST SYSTEMS		STANDARD COST SYSTEMS
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000
<b>1000</b> 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000	1000-1000 1000-1000 1000-1000 1000-1000








<p>1. <b>Problem</b></p> <p>2. <b>Given</b></p> <p>3. <b>Find</b></p> <p>4. <b>Answer</b></p>		<p>5. <b>Check</b></p> <p>6. <b>Conclusion</b></p>	
<p><b>Problem</b></p> <p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>		<p><b>Check</b></p> <p>4. <b>Conclusion</b></p>	
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p><b>Problem</b></p> <p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>		<p><b>Check</b></p> <p>4. <b>Conclusion</b></p>	
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>
<p>1. <b>Given</b></p> <p>2. <b>Find</b></p> <p>3. <b>Answer</b></p>	<p>4. <b>Conclusion</b></p>	<p>5. <b>Check</b></p>	<p>6. <b>Conclusion</b></p>

Set 10 - Passage 3

<p>1. What is the author's main purpose in writing this passage?</p> <p> <input type="radio"/> A. To inform  <input type="radio"/> B. To persuade  <input type="radio"/> C. To entertain  <input type="radio"/> D. To describe</p>	<p>2. Which of the following best describes the author's tone in the passage?</p> <p> <input type="radio"/> A. Objective  <input type="radio"/> B. Sarcastic  <input type="radio"/> C. Humorous  <input type="radio"/> D. Critical</p>	
<p>3. Which of the following is the best title for the passage?</p>		<p>4. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>5. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>6. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>7. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>8. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>9. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>10. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>11. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>12. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>13. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>14. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>15. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>16. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>17. Which of the following is the best title for the passage?</p>		
<p>18. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>19. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>20. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>21. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>22. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>23. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>24. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>25. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>26. Which of the following is the best title for the passage?</p>
<p>27. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>28. Which of the following is the best title for the passage?</p>	<p>29. Which of the following is the best title for the passage?</p>



No.	Woord	Afbeelding
1	the	
2	and	
3	of	
4	a	
5	an	
6	in	
7	to	
8	you	
9	it	
10	is	
11	was	
12	he	
13	she	
14	on	
15	at	
16	but	
17	by	
18	from	
19	as	
20	this	
21	that	
22	be	
23	are	
24	with	
25	so	
26	if	
27	or	
28	the	
29	of	
30	and	
31	in	
32	to	
33	you	
34	it	
35	is	
36	was	
37	he	
38	she	
39	on	
40	at	
41	but	
42	by	
43	from	
44	as	
45	this	
46	that	
47	be	
48	are	
49	with	
50	so	
51	if	
52	or	

<p>7. 8.</p>	<p>1000 New York State Tax Service 2004 Form 1042-EZ Instructions (2004) (2004)</p>	<p>1042-EZ</p> 		
<p>Note:</p>		<p>Form 1042-EZ</p>		
<p>Form 1042-EZ</p>		<p>Form 1042-EZ</p>		
<p>101</p>		<p>1000</p> <table border="1" data-bbox="1101 611 1285 735"> <tr> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </table>	1000	1000
1000	1000			
<p>102</p>		<p>1000</p> <table border="1" data-bbox="1101 735 1285 859"> <tr> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </table>	1000	1000
1000	1000			
<p>103</p>		<p>1000</p> <table border="1" data-bbox="1101 859 1285 984"> <tr> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </table>	1000	1000
1000	1000			
<p>104</p>		<p>1000</p> <table border="1" data-bbox="1101 984 1285 1129"> <tr> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </table>	1000	1000
1000	1000			
<p>Instructions (2004) (2004)</p>		<p>Form 1042-EZ</p>		
<p>101</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>		
<p>102</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>		
<p>103</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>		
<p>104</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>	<p>1000 (1000) 1000 (1000) 1000 (1000)</p>		

<p>1. Aufgabe          20 Punkte</p>	<p>Gegeben sind vier Vektoren <math>\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{d}</math> in einem 3D-Koordinatensystem:</p>						
<p>Bestimmen Sie die Komponenten <math>a_x, a_y, a_z</math> des Vektors <math>\vec{a}</math>.</p>							
<p>2. Aufgabe          20 Punkte</p>	<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>Ergebnis</p>	<p>Punkte</p>	
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>Ergebnis</p>	<p>Punkte</p>		
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>Ergebnis</p>	<p>Punkte</p>		
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>Ergebnis</p>	<p>Punkte</p>		
<p>3. Aufgabe          20 Punkte</p>							
<p>(a) <math>\vec{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}</math></p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>
<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>	<p>(a)</p>	<p>(b)</p>	<p>(c)</p>	<p>(d)</p>





KPI		KPI-Werte	
1. KPI: <b>Produktionsleistung</b> 2. KPI: <b>Produktionskosten</b> 3. KPI: <b>Produktionszeit</b>			
<b>Produktionsleistung</b>			
1. KPI	$\frac{\text{Produktionsleistung}}{\text{Produktionszeit}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
2. KPI	$\frac{\text{Produktionsleistung}}{\text{Produktionskosten}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
3. KPI	$\frac{\text{Produktionsleistung}}{\text{Produktionszeit}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
4. KPI	$\frac{\text{Produktionsleistung}}{\text{Produktionskosten}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
<b>Produktionskosten</b>			
1. KPI	$\frac{\text{Produktionskosten}}{\text{Produktionsleistung}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
2. KPI	$\frac{\text{Produktionskosten}}{\text{Produktionsleistung}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
3. KPI	$\frac{\text{Produktionskosten}}{\text{Produktionsleistung}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$
4. KPI	$\frac{\text{Produktionskosten}}{\text{Produktionsleistung}}$	$\frac{1000}{1000}$	$1$

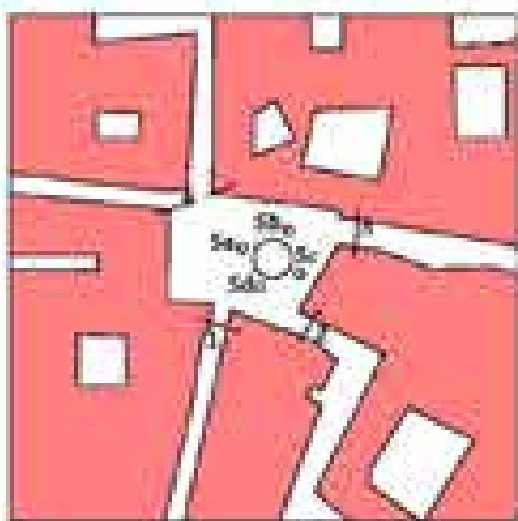
1. <b>QUESTION</b> 2. <b>ANSWER</b> 3. <b>EXPLANATION</b>		<b>ANSWER</b> 	
<b>QUESTION</b>		<b>ANSWER</b>	<b>EXPLANATION</b>
1. <b>QUESTION</b>			
2. <b>QUESTION</b>			
3. <b>QUESTION</b>			
4. <b>QUESTION</b>			
<b>ANSWERS TO QUESTIONS</b>			
1. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	<b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
1. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	1. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
2. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	2. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
3. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	3. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>
4. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>	4. <b>QUESTION</b>	<b>ANSWER</b>

Frage		Antwort	
<p>101. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?</p> <p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>		<p>Richtig</p> <p>1. R 2. F 3. R 4. R</p>	
Frage		Antwort	Erklärung
102. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	1. Richtig
103. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	1. Richtig
104. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	1. Richtig
Beispiel für die Lösung			
101. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	R
102. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	R
103. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	R
104. Welche der folgenden Aussagen sind richtig (R) oder falsch (F)?	<p>1. Ein Prozess kann mehrere Instanzen haben.</p> <p>2. Ein Thread ist eine Instanz eines Prozesses.</p> <p>3. Ein Prozess hat einen eigenen Adressraum.</p> <p>4. Ein Thread teilt sich den Adressraum mit anderen Threads desselben Prozesses.</p>	R	R





SETORE H1 (area di piazza Matteotti)  
 DATA 19- 20-22/06/2014  
 PERIODE DI AUTOCOMUNICAZIONE









Aufgabe 1: ...		Diagramm	
<p>1.1.1. ...</p> <p>1.1.2. ...</p> <p>1.1.3. ...</p> <p>1.1.4. ...</p>			
Aufgabe 2: ...		Ergebnis	Formel
2.1.1.	...	...	$\frac{...}{...}$
2.1.2.	...	...	$\frac{...}{...}$
2.1.3.	...	...	$\frac{...}{...}$
2.1.4.	...	...	$\frac{...}{...}$
Aufgabe 3: ...		Ergebnis	Formel
3.1.1.	...	...	...
3.1.2.	...	...	...
3.1.3.	...	...	...
3.1.4.	...	...	...

1. <b>Identify the factor sets in the following graph or tree.</b> (Use the following notation.)		2. <b>Draw</b>
<b>None</b>		
<b>3. <i>Write</i></b>		<b>4. <i>Write</i></b>
<b>5.</b>		
<b>6.</b>		
<b>7.</b>		
<b>8.</b>		
<b>9. <i>Write</i></b>		<b>10. <i>Write</i></b>
<b>11.</b>		
<b>12.</b>		
<b>13.</b>		
<b>14.</b>		
<b>15.</b>		
<b>16.</b>		
<b>17.</b>		
<b>18.</b>		
<b>19.</b>		
<b>20.</b>		

1. Schritt: ...		2. Schritt: ...	
<p>...                      ...</p>			
3. Schritt	<p>...                      ...</p>	4. Schritt	<p>...                      ...</p>
5. Schritt	<p>...                      ...</p>	6. Schritt	<p>...                      ...</p>
7. Schritt	<p>...                      ...</p>	8. Schritt	<p>...                      ...</p>
9. Schritt	<p>...                      ...</p>	10. Schritt	<p>...                      ...</p>
11. Schritt	<p>...                      ...</p>	12. Schritt	<p>...                      ...</p>
13. Schritt	<p>...                      ...</p>	14. Schritt	<p>...                      ...</p>
15. Schritt	<p>...                      ...</p>	16. Schritt	<p>...                      ...</p>
17. Schritt	<p>...                      ...</p>	18. Schritt	<p>...                      ...</p>
19. Schritt	<p>...                      ...</p>	20. Schritt	<p>...                      ...</p>
21. Schritt	<p>...                      ...</p>	22. Schritt	<p>...                      ...</p>
23. Schritt	<p>...                      ...</p>	24. Schritt	<p>...                      ...</p>
25. Schritt	<p>...                      ...</p>	26. Schritt	<p>...                      ...</p>
27. Schritt	<p>...                      ...</p>	28. Schritt	<p>...                      ...</p>
29. Schritt	<p>...                      ...</p>	30. Schritt	<p>...                      ...</p>
31. Schritt	<p>...                      ...</p>	32. Schritt	<p>...                      ...</p>
33. Schritt	<p>...                      ...</p>	34. Schritt	<p>...                      ...</p>
35. Schritt	<p>...                      ...</p>	36. Schritt	<p>...                      ...</p>
37. Schritt	<p>...                      ...</p>	38. Schritt	<p>...                      ...</p>
39. Schritt	<p>...                      ...</p>	40. Schritt	<p>...                      ...</p>
41. Schritt	<p>...                      ...</p>	42. Schritt	<p>...                      ...</p>
43. Schritt	<p>...                      ...</p>	44. Schritt	<p>...                      ...</p>
45. Schritt	<p>...                      ...</p>	46. Schritt	<p>...                      ...</p>
47. Schritt	<p>...                      ...</p>	48. Schritt	<p>...                      ...</p>
49. Schritt	<p>...                      ...</p>	50. Schritt	<p>...                      ...</p>
51. Schritt	<p>...                      ...</p>	52. Schritt	<p>...                      ...</p>
53. Schritt	<p>...                      ...</p>	54. Schritt	<p>...                      ...</p>
55. Schritt	<p>...                      ...</p>	56. Schritt	<p>...                      ...</p>
57. Schritt	<p>...                      ...</p>	58. Schritt	<p>...                      ...</p>
59. Schritt	<p>...                      ...</p>	60. Schritt	<p>...                      ...</p>
61. Schritt	<p>...                      ...</p>	62. Schritt	<p>...                      ...</p>
63. Schritt	<p>...                      ...</p>	64. Schritt	<p>...                      ...</p>
65. Schritt	<p>...                      ...</p>	66. Schritt	<p>...                      ...</p>
67. Schritt	<p>...                      ...</p>	68. Schritt	<p>...                      ...</p>
69. Schritt	<p>...                      ...</p>	70. Schritt	<p>...                      ...</p>
71. Schritt	<p>...                      ...</p>	72. Schritt	<p>...                      ...</p>
73. Schritt	<p>...                      ...</p>	74. Schritt	<p>...                      ...</p>
75. Schritt	<p>...                      ...</p>	76. Schritt	<p>...                      ...</p>
77. Schritt	<p>...                      ...</p>	78. Schritt	<p>...                      ...</p>
79. Schritt	<p>...                      ...</p>	80. Schritt	<p>...                      ...</p>
81. Schritt	<p>...                      ...</p>	82. Schritt	<p>...                      ...</p>
83. Schritt	<p>...                      ...</p>	84. Schritt	<p>...                      ...</p>
85. Schritt	<p>...                      ...</p>	86. Schritt	<p>...                      ...</p>
87. Schritt	<p>...                      ...</p>	88. Schritt	<p>...                      ...</p>
89. Schritt	<p>...                      ...</p>	90. Schritt	<p>...                      ...</p>
91. Schritt	<p>...                      ...</p>	92. Schritt	<p>...                      ...</p>
93. Schritt	<p>...                      ...</p>	94. Schritt	<p>...                      ...</p>
95. Schritt	<p>...                      ...</p>	96. Schritt	<p>...                      ...</p>
97. Schritt	<p>...                      ...</p>	98. Schritt	<p>...                      ...</p>
99. Schritt	<p>...                      ...</p>	100. Schritt	<p>...                      ...</p>



<b>1.1</b>	<b>BYD e Energy Storage</b> DATA INTERVENTO: _____ CONDIZIONE QUANTITATIVA: _____	<b>ARMANDO DI MONTAGNA</b> DATA: 2024	<b>1.1.1</b>	
<b>MISURAZIONE DEL NERVO</b>				
<b>1.1.2</b>	1.1.2.1 $V_{L1}$ (V) _____ 1.1.2.2 $V_{L2}$ (V) _____ 1.1.2.3 $V_{L3}$ (V) _____ 1.1.2.4 $V_{L4}$ (V) _____ 1.1.2.5 $V_{L5}$ (V) _____ 1.1.2.6 $V_{L6}$ (V) _____	1.1.2.7 $V_{L7}$ (V) _____ 1.1.2.8 $V_{L8}$ (V) _____ 1.1.2.9 $V_{L9}$ (V) _____ 1.1.2.10 $V_{L10}$ (V) _____ 1.1.2.11 $V_{L11}$ (V) _____ 1.1.2.12 $V_{L12}$ (V) _____	<b>1.1.3</b>	<b>STRUMENTAZIONE</b> (Inserire foto degli strumenti utilizzati)
<b>1.2</b>				
<b>1.2.1</b>				
<b>1.2.2</b>				
<b>1.2.3</b>				
<b>1.2.4</b>				
<b>1.2.5</b>				
<b>1.2.6</b>				
<b>1.2.7</b>				
<b>1.2.8</b>				
<b>1.2.9</b>				
<b>1.2.10</b>				
<b>1.2.11</b>				
<b>1.2.12</b>				
<b>1.2.13</b>				
<b>1.2.14</b>				
<b>1.2.15</b>				
<b>1.2.16</b>				
<b>1.2.17</b>				
<b>1.2.18</b>				
<b>1.2.19</b>				
<b>1.2.20</b>				
<b>1.2.21</b>				
<b>1.2.22</b>				
<b>1.2.23</b>				
<b>1.2.24</b>				
<b>1.2.25</b>				
<b>1.2.26</b>				
<b>1.2.27</b>				
<b>1.2.28</b>				
<b>1.2.29</b>				
<b>1.2.30</b>				
<b>1.2.31</b>				
<b>1.2.32</b>				
<b>1.2.33</b>				
<b>1.2.34</b>				
<b>1.2.35</b>				
<b>1.2.36</b>				
<b>1.2.37</b>				
<b>1.2.38</b>				
<b>1.2.39</b>				
<b>1.2.40</b>				
<b>1.2.41</b>				
<b>1.2.42</b>				
<b>1.2.43</b>				
<b>1.2.44</b>				
<b>1.2.45</b>				
<b>1.2.46</b>				
<b>1.2.47</b>				
<b>1.2.48</b>				
<b>1.2.49</b>				
<b>1.2.50</b>				
<b>1.2.51</b>				
<b>1.2.52</b>				
<b>1.2.53</b>				
<b>1.2.54</b>				
<b>1.2.55</b>				
<b>1.2.56</b>				
<b>1.2.57</b>				
<b>1.2.58</b>				
<b>1.2.59</b>				
<b>1.2.60</b>				
<b>1.2.61</b>				
<b>1.2.62</b>				
<b>1.2.63</b>				
<b>1.2.64</b>				
<b>1.2.65</b>				
<b>1.2.66</b>				
<b>1.2.67</b>				
<b>1.2.68</b>				
<b>1.2.69</b>				
<b>1.2.70</b>				
<b>1.2.71</b>				
<b>1.2.72</b>				
<b>1.2.73</b>				
<b>1.2.74</b>				
<b>1.2.75</b>				
<b>1.2.76</b>				
<b>1.2.77</b>				
<b>1.2.78</b>				
<b>1.2.79</b>				
<b>1.2.80</b>				
<b>1.2.81</b>				
<b>1.2.82</b>				
<b>1.2.83</b>				
<b>1.2.84</b>				
<b>1.2.85</b>				
<b>1.2.86</b>				
<b>1.2.87</b>				
<b>1.2.88</b>				
<b>1.2.89</b>				
<b>1.2.90</b>				
<b>1.2.91</b>				
<b>1.2.92</b>				
<b>1.2.93</b>				
<b>1.2.94</b>				
<b>1.2.95</b>				
<b>1.2.96</b>				
<b>1.2.97</b>				
<b>1.2.98</b>				
<b>1.2.99</b>				
<b>1.2.100</b>				
<b>1.2.101</b>				
<b>1.2.102</b>				
<b>1.2.103</b>				
<b>1.2.104</b>				
<b>1.2.105</b>				
<b>1.2.106</b>				
<b>1.2.107</b>				
<b>1.2.108</b>				
<b>1.2.109</b>				
<b>1.2.110</b>				
<b>1.2.111</b>				
<b>1.2.112</b>				
<b>1.2.113</b>				
<b>1.2.114</b>				
<b>1.2.115</b>				
<b>1.2.116</b>				
<b>1.2.117</b>				
<b>1.2.118</b>				
<b>1.2.119</b>				
<b>1.2.120</b>				
<b>1.2.121</b>				
<b>1.2.122</b>				
<b>1.2.123</b>				
<b>1.2.124</b>				
<b>1.2.125</b>				
<b>1.2.126</b>				
<b>1.2.127</b>				
<b>1.2.128</b>				
<b>1.2.129</b>				
<b>1.2.130</b>				
<b>1.2.131</b>				
<b>1.2.132</b>				
<b>1.2.133</b>				
<b>1.2.134</b>				
<b>1.2.135</b>				
<b>1.2.136</b>				
<b>1.2.137</b>				
<b>1.2.138</b>				
<b>1.2.139</b>				
<b>1.2.140</b>				
<b>1.2.141</b>				
<b>1.2.142</b>				
<b>1.2.143</b>				
<b>1.2.144</b>				
<b>1.2.145</b>				
<b>1.2.146</b>				
<b>1.2.147</b>				
<b>1.2.148</b>				
<b>1.2.149</b>				
<b>1.2.150</b>				
<b>1.2.151</b>				
<b>1.2.152</b>				
<b>1.2.153</b>				
<b>1.2.154</b>				
<b>1.2.155</b>				
<b>1.2.156</b>				
<b>1.2.157</b>				
<b>1.2.158</b>				
<b>1.2.159</b>				
<b>1.2.160</b>				
<b>1.2.161</b>				
<b>1.2.162</b>				
<b>1.2.163</b>				
<b>1.2.164</b>				
<b>1.2.165</b>				
<b>1.2.166</b>				
<b>1.2.167</b>				
<b>1.2.168</b>				
<b>1.2.169</b>				
<b>1.2.170</b>				
<b>1.2.171</b>				
<b>1.2.172</b>				
<b>1.2.173</b>				
<b>1.2.174</b>				
<b>1.2.175</b>				
<b>1.2.176</b>				
<b>1.2.177</b>				
<b>1.2.178</b>				
<b>1.2.179</b>				
<b>1.2.180</b>				
<b>1.2.181</b>				
<b>1.2.182</b>				
<b>1.2.183</b>				
<b>1.2.184</b>				
<b>1.2.185</b>				
<b>1.2.186</b>				
<b>1.2.187</b>				
<b>1.2.188</b>				
<b>1.2.189</b>				
<b>1.2.190</b>				
<b>1.2.191</b>				
<b>1.2.192</b>				
<b>1.2.193</b>				
<b>1.2.194</b>				
<b>1.2.195</b>				
<b>1.2.196</b>				
<b>1.2.197</b>				
<b>1.2.198</b>				
<b>1.2.199</b>				
<b>1.2.200</b>				
<b>1.2.201</b>				
<b>1.2.202</b>				
<b>1.2.203</b>				
<b>1.2.204</b>				
<b>1.2.205</b>				
<b>1.2.206</b>				
<b>1.2.207</b>				
<b>1.2.208</b>				
<b>1.2.209</b>				
<b>1.2.210</b>				
<b>1.2.211</b>				
<b>1.2.212</b>				
<b>1.2.213</b>				
<b>1.2.214</b>				
<b>1.2.215</b>				
<b>1.2.216</b>				
<b>1.2.217</b>				
<b>1.2.218</b>				
<b>1.2.219</b>				
<b>1.2.220</b>				
<b>1.2.221</b>				
<b>1.2.222</b>				
<b>1.2.223</b>				
<b>1.2.224</b>				
<b>1.2.225</b>				
<b>1.2.226</b>				
<b>1.2.227</b>				
<b>1.2.228</b>				
<b>1.2.229</b>				
<b>1.2.230</b>				
<b>1.2.231</b>				
<b>1.2.232</b>				
<b>1.2.233</b>				
<b>1.2.234</b>				
<b>1.2.235</b>				
<b>1.2.236</b>				
<b>1.2.237</b>				
<b>1.2.238</b>				
<b>1.2.239</b>				
<b>1.2.240</b>				
<b>1.2.241</b>				
<b>1.2.242</b>				
<b>1.2.243</b>				
<b>1.2.244</b>				
<b>1.2.245</b>				
<b>1.2.246</b>				
<b>1.2.247</b>				
<b>1.2.248</b>				
<b>1.2.249</b>				
<b>1.2.250</b>				
<b>1.2.251</b>				
<b>1.2.252</b>				
<b>1.2.253</b>				
<b>1.2.254</b>				
<b>1.2.255</b>				
<b>1.2.256</b>				
<b>1.2.257</b>				
<b>1.2.258</b>				
<b>1.2.259</b>				
<b>1.2.260</b>				
<b>1.2.261</b>				
<b>1.2.262</b>				
<b>1.2.263</b>				
<b>1.2.264</b>				
<b>1.2.265</b>				
<b>1.2.266</b>				
<b>1.2.267</b>				
<b>1.2.268</b>				
<b>1.2.269</b>				
<b>1.2.270</b>				
<b>1.2.271</b>				
<b>1.2.272</b>				
<b>1.2.273</b>				
<b>1.2.274</b>				
<b>1.2.275</b>				
<b>1.2.276</b>				
<b>1.2.277</b>				
<b>1.2.278</b>				
<b>1.2.279</b>				
<b>1.2.280</b>				
<b>1.2.281</b>				
<b>1.2.282</b>				
<b>1.2.283</b>				
<b>1.2.284</b>				
<b>1.2.285</b>				
<b>1.2.286</b>				
<b>1.2.287</b>				
<b>1.2.288</b>				
<b>1.2.289</b>				
<b>1.2.290</b>				
<b>1.2.291</b>				
<b>1.2.292</b>				
<b>1.2.293</b>				
<b>1.2.294</b>				
<b>1.2.295</b>				
<b>1.2.296</b>				
<b>1.2.297</b>				
<b>1.2.298</b>				
<b>1.2.299</b>				
<b>1.2.300</b>				
<b>1.2.301</b>				
<b>1.2.302</b>				
<b>1.2.303</b>				
<b>1.2.304</b>				
<b>1.2.305</b>				
<b>1.2.306</b>				
<b>1.2.307</b>				
<b>1.2.308</b>				
<b>1.2.309</b>				
<b>1.2.310</b>				
<b>1.2.311</b>				
<b>1.2.312</b>				
<b>1.2.313</b>				
<b>1.2.314</b>				
<b>1.2.315</b>				
<b>1.2.316</b>				
<b>1.2.317</b>				
<b>1.2.318</b>				
<b>1.2.319</b>				
<b>1.2.320</b>				
<b>1.2.321</b>				
<b>1.2.322</b>				
<b>1.2.323</b>				
<b>1.2.324</b>				
<b>1.2.325</b>				
<b>1.2.326</b>				
<b>1.2.327</b>				
<b>1.2.328</b>				
<b>1.2.329</b>				
<b>1.2.330</b>				
<b>1.2.331</b>				
<b>1.2.332</b>				
<b>1.2.333</b>				
<b>1.2.334</b>				
<b>1.2.335</b>				
<b>1.2.336</b>				
<b>1.2.337</b>				
<b>1.2.338</b>				
<b>1.2.339</b>				
<b>1.2.340</b>				
<b>1.2.341</b>				
<b>1.2.342</b>				
<b>1.2.343</b>				
<b>1.2.344</b>				
<b>1.2.345</b>				
<b>1.2.346</b>				
<b>1.2.347</b>				
<b>1.2.348</b>				
<b>1.2.349</b>				
<b>1.2.350</b>				
<b>1.2.351</b>				
<b>1.2.352</b>				
<b>1.2.353</b>				
<b>1.2.354</b>				
<b>1.2.355</b>				
<b>1.2.356</b>				
<b>1.2.357</b>				
<b>1.2.358</b>				
<b>1.2.359</b>				
<b>1.2.360</b>				
<b>1.2.361</b>				
<b>1.2.362</b>				
<b>1.2.363</b>				
<b>1.2.364</b>				
<b>1.2.365</b>				
<b>1.2.366</b>				
<b>1.2.367</b>				
<b>1.2.368</b>				
<b>1.2.369</b>				
<b>1.2.370</b>				
<b>1.2.371</b>				
<b>1.2.372</b>				
<b>1.2.373</b>				
<b>1.2.374</b>				
<b>1.2.375</b>				
<b>1.2.376</b>				
<b>1.2.377</b>				
<b>1.2.378</b>				
<b>1.2.379</b>				
<b>1.2.380</b>				
<b>1.2.381</b>				
<b>1.2.382</b>				
<b>1.2.383</b>				
<b>1.2.384</b>				
<b>1.2.385</b>				
<b>1.2.386</b>				
<b>1.2.387</b>				
<b>1.2.388</b>				
<b>1.2.389</b>				
<b>1.2.390</b>				
<b>1.2.391</b>				
<b>1.2.392</b>				
<b>1.2.393</b>				
<b>1.2.394</b>				
<b>1.2.395</b>				
<b>1.2.396</b>				
<b>1.2.397</b>				
<b>1.2.398</b>				
<b>1.2.399</b>				
<b>1.2.400</b>				

SITO DI INTERESSE		CONTINUA (vedi 10-100 in		SITUAZIONE
DATA (10-10)		SAMPAGGI		
CONDIZIONI CLIMATICHE				
<b>VIBRAZIONI DEL VENTO</b>				
1) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	1) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
2) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	2) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
3) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	3) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
4) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	4) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
5) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	5) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
6) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	6) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
7) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	7) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
8) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	8) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
9) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	9) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
10) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	10) $\sigma_{10}^2$ (mm/s)	0,12 mm/s	
<b>TURBULENZA</b>				
1) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	1) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
2) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	2) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
3) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	3) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
4) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	4) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
5) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	5) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
6) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	6) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
7) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	7) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
8) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	8) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
9) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	9) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
10) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	10) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
<b>TURBULENZA</b>				
1) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	1) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
2) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	2) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
3) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	3) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
4) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	4) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
5) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	5) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
6) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	6) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
7) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	7) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
8) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	8) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
9) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	9) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	
10) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	10) $\sigma_{10}^2$	0,12 mm/s	







1. <b>Identify the unit factors that will cancel to give the desired unit.</b>			
<b>Unit</b>		<b>Cancel</b>	<b>Result</b>
100	$\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}}$	$\frac{1000}{1}$	$\frac{1}{1000}$
100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}} \times \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{60}{1}$
100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}} \times \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{60}{1}$
100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}} \times \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{60}{1}$
<b>Conversion factors:</b>			
$\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}$ 1000 m 1 km	100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}}$ 1 h 60 min	100
$\frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}}$ 1 km 1000 m	100	$\frac{60\text{ min}}{1\text{ h}}$ 60 min 1 h	100
$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}}$ 1 h 60 min	100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}}$ 1 h 60 min	100
$\frac{60\text{ min}}{1\text{ h}}$ 60 min 1 h	100	$\frac{1\text{ h}}{60\text{ min}}$ 1 h 60 min	100





Aufgabe 1: Die folgenden Aufgaben sind zu lösen. Die Aufgaben sind in 4 Gruppen unterteilt. Die Aufgaben sind in 4 Gruppen unterteilt.					Punkte	
<p><b>Aufgabe 1:</b> Die folgenden Aufgaben sind zu lösen. Die Aufgaben sind in 4 Gruppen unterteilt. Die Aufgaben sind in 4 Gruppen unterteilt.</p>					<p><b>Punkte:</b></p>	
<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>
1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.1.6	1.1.7
1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5	1.2.6	1.2.7
1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5	1.3.6	1.3.7
1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6	1.4.7
1.5.1	1.5.2	1.5.3	1.5.4	1.5.5	1.5.6	1.5.7
1.6.1	1.6.2	1.6.3	1.6.4	1.6.5	1.6.6	1.6.7
1.7.1	1.7.2	1.7.3	1.7.4	1.7.5	1.7.6	1.7.7
1.8.1	1.8.2	1.8.3	1.8.4	1.8.5	1.8.6	1.8.7
1.9.1	1.9.2	1.9.3	1.9.4	1.9.5	1.9.6	1.9.7
1.10.1	1.10.2	1.10.3	1.10.4	1.10.5	1.10.6	1.10.7
1.11.1	1.11.2	1.11.3	1.11.4	1.11.5	1.11.6	1.11.7
1.12.1	1.12.2	1.12.3	1.12.4	1.12.5	1.12.6	1.12.7
1.13.1	1.13.2	1.13.3	1.13.4	1.13.5	1.13.6	1.13.7
1.14.1	1.14.2	1.14.3	1.14.4	1.14.5	1.14.6	1.14.7
1.15.1	1.15.2	1.15.3	1.15.4	1.15.5	1.15.6	1.15.7
1.16.1	1.16.2	1.16.3	1.16.4	1.16.5	1.16.6	1.16.7
1.17.1	1.17.2	1.17.3	1.17.4	1.17.5	1.17.6	1.17.7
1.18.1	1.18.2	1.18.3	1.18.4	1.18.5	1.18.6	1.18.7
1.19.1	1.19.2	1.19.3	1.19.4	1.19.5	1.19.6	1.19.7
1.20.1	1.20.2	1.20.3	1.20.4	1.20.5	1.20.6	1.20.7
1.21.1	1.21.2	1.21.3	1.21.4	1.21.5	1.21.6	1.21.7
1.22.1	1.22.2	1.22.3	1.22.4	1.22.5	1.22.6	1.22.7
1.23.1	1.23.2	1.23.3	1.23.4	1.23.5	1.23.6	1.23.7
1.24.1	1.24.2	1.24.3	1.24.4	1.24.5	1.24.6	1.24.7
1.25.1	1.25.2	1.25.3	1.25.4	1.25.5	1.25.6	1.25.7
1.26.1	1.26.2	1.26.3	1.26.4	1.26.5	1.26.6	1.26.7
1.27.1	1.27.2	1.27.3	1.27.4	1.27.5	1.27.6	1.27.7
1.28.1	1.28.2	1.28.3	1.28.4	1.28.5	1.28.6	1.28.7
1.29.1	1.29.2	1.29.3	1.29.4	1.29.5	1.29.6	1.29.7
1.30.1	1.30.2	1.30.3	1.30.4	1.30.5	1.30.6	1.30.7
1.31.1	1.31.2	1.31.3	1.31.4	1.31.5	1.31.6	1.31.7
1.32.1	1.32.2	1.32.3	1.32.4	1.32.5	1.32.6	1.32.7
1.33.1	1.33.2	1.33.3	1.33.4	1.33.5	1.33.6	1.33.7
1.34.1	1.34.2	1.34.3	1.34.4	1.34.5	1.34.6	1.34.7
1.35.1	1.35.2	1.35.3	1.35.4	1.35.5	1.35.6	1.35.7
1.36.1	1.36.2	1.36.3	1.36.4	1.36.5	1.36.6	1.36.7
1.37.1	1.37.2	1.37.3	1.37.4	1.37.5	1.37.6	1.37.7
1.38.1	1.38.2	1.38.3	1.38.4	1.38.5	1.38.6	1.38.7
1.39.1	1.39.2	1.39.3	1.39.4	1.39.5	1.39.6	1.39.7
1.40.1	1.40.2	1.40.3	1.40.4	1.40.5	1.40.6	1.40.7
1.41.1	1.41.2	1.41.3	1.41.4	1.41.5	1.41.6	1.41.7
1.42.1	1.42.2	1.42.3	1.42.4	1.42.5	1.42.6	1.42.7
1.43.1	1.43.2	1.43.3	1.43.4	1.43.5	1.43.6	1.43.7
1.44.1	1.44.2	1.44.3	1.44.4	1.44.5	1.44.6	1.44.7
1.45.1	1.45.2	1.45.3	1.45.4	1.45.5	1.45.6	1.45.7
1.46.1	1.46.2	1.46.3	1.46.4	1.46.5	1.46.6	1.46.7
1.47.1	1.47.2	1.47.3	1.47.4	1.47.5	1.47.6	1.47.7
1.48.1	1.48.2	1.48.3	1.48.4	1.48.5	1.48.6	1.48.7
1.49.1	1.49.2	1.49.3	1.49.4	1.49.5	1.49.6	1.49.7
1.50.1	1.50.2	1.50.3	1.50.4	1.50.5	1.50.6	1.50.7
1.51.1	1.51.2	1.51.3	1.51.4	1.51.5	1.51.6	1.51.7
1.52.1	1.52.2	1.52.3	1.52.4	1.52.5	1.52.6	1.52.7
1.53.1	1.53.2	1.53.3	1.53.4	1.53.5	1.53.6	1.53.7
1.54.1	1.54.2	1.54.3	1.54.4	1.54.5	1.54.6	1.54.7
1.55.1	1.55.2	1.55.3	1.55.4	1.55.5	1.55.6	1.55.7
1.56.1	1.56.2	1.56.3	1.56.4	1.56.5	1.56.6	1.56.7
1.57.1	1.57.2	1.57.3	1.57.4	1.57.5	1.57.6	1.57.7
1.58.1	1.58.2	1.58.3	1.58.4	1.58.5	1.58.6	1.58.7
1.59.1	1.59.2	1.59.3	1.59.4	1.59.5	1.59.6	1.59.7
1.60.1	1.60.2	1.60.3	1.60.4	1.60.5	1.60.6	1.60.7
1.61.1	1.61.2	1.61.3	1.61.4	1.61.5	1.61.6	1.61.7
1.62.1	1.62.2	1.62.3	1.62.4	1.62.5	1.62.6	1.62.7
1.63.1	1.63.2	1.63.3	1.63.4	1.63.5	1.63.6	1.63.7
1.64.1	1.64.2	1.64.3	1.64.4	1.64.5	1.64.6	1.64.7
1.65.1	1.65.2	1.65.3	1.65.4	1.65.5	1.65.6	1.65.7
1.66.1	1.66.2	1.66.3	1.66.4	1.66.5	1.66.6	1.66.7
1.67.1	1.67.2	1.67.3	1.67.4	1.67.5	1.67.6	1.67.7
1.68.1	1.68.2	1.68.3	1.68.4	1.68.5	1.68.6	1.68.7
1.69.1	1.69.2	1.69.3	1.69.4	1.69.5	1.69.6	1.69.7
1.70.1	1.70.2	1.70.3	1.70.4	1.70.5	1.70.6	1.70.7
1.71.1	1.71.2	1.71.3	1.71.4	1.71.5	1.71.6	1.71.7
1.72.1	1.72.2	1.72.3	1.72.4	1.72.5	1.72.6	1.72.7
1.73.1	1.73.2	1.73.3	1.73.4	1.73.5	1.73.6	1.73.7
1.74.1	1.74.2	1.74.3	1.74.4	1.74.5	1.74.6	1.74.7
1.75.1	1.75.2	1.75.3	1.75.4	1.75.5	1.75.6	1.75.7
1.76.1	1.76.2	1.76.3	1.76.4	1.76.5	1.76.6	1.76.7
1.77.1	1.77.2	1.77.3	1.77.4	1.77.5	1.77.6	1.77.7
1.78.1	1.78.2	1.78.3	1.78.4	1.78.5	1.78.6	1.78.7
1.79.1	1.79.2	1.79.3	1.79.4	1.79.5	1.79.6	1.79.7
1.80.1	1.80.2	1.80.3	1.80.4	1.80.5	1.80.6	1.80.7
1.81.1	1.81.2	1.81.3	1.81.4	1.81.5	1.81.6	1.81.7
1.82.1	1.82.2	1.82.3	1.82.4	1.82.5	1.82.6	1.82.7
1.83.1	1.83.2	1.83.3	1.83.4	1.83.5	1.83.6	1.83.7
1.84.1	1.84.2	1.84.3	1.84.4	1.84.5	1.84.6	1.84.7
1.85.1	1.85.2	1.85.3	1.85.4	1.85.5	1.85.6	1.85.7
1.86.1	1.86.2	1.86.3	1.86.4	1.86.5	1.86.6	1.86.7
1.87.1	1.87.2	1.87.3	1.87.4	1.87.5	1.87.6	1.87.7
1.88.1	1.88.2	1.88.3	1.88.4	1.88.5	1.88.6	1.88.7
1.89.1	1.89.2	1.89.3	1.89.4	1.89.5	1.89.6	1.89.7
1.90.1	1.90.2	1.90.3	1.90.4	1.90.5	1.90.6	1.90.7
1.91.1	1.91.2	1.91.3	1.91.4	1.91.5	1.91.6	1.91.7
1.92.1	1.92.2	1.92.3	1.92.4	1.92.5	1.92.6	1.92.7
1.93.1	1.93.2	1.93.3	1.93.4	1.93.5	1.93.6	1.93.7
1.94.1	1.94.2	1.94.3	1.94.4	1.94.5	1.94.6	1.94.7
1.95.1	1.95.2	1.95.3	1.95.4	1.95.5	1.95.6	1.95.7
1.96.1	1.96.2	1.96.3	1.96.4	1.96.5	1.96.6	1.96.7
1.97.1	1.97.2	1.97.3	1.97.4	1.97.5	1.97.6	1.97.7
1.98.1	1.98.2	1.98.3	1.98.4	1.98.5	1.98.6	1.98.7
1.99.1	1.99.2	1.99.3	1.99.4	1.99.5	1.99.6	1.99.7
2.00.1	2.00.2	2.00.3	2.00.4	2.00.5	2.00.6	2.00.7

<p>1. <b>2012-2013 and 2013-2014</b> <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>		<p>2. <b>2012-2013 and 2013-2014</b> <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	
<p>3. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>4. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>5. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>6. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>7. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>8. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>9. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>10. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>11. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>12. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>13. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>14. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>15. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>16. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>17. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>18. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>19. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>20. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>21. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>22. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>23. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>24. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>25. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>26. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>27. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>28. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>29. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>30. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>31. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>32. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>33. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>34. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>35. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>36. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>37. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>38. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>39. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>40. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>41. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>42. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>43. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>44. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>45. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>46. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>47. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>48. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>49. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>50. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>51. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>52. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>53. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>54. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>55. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>56. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>57. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>58. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>59. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>60. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>61. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>62. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>63. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>64. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>65. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>66. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>67. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>68. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>69. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>70. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>71. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>72. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>73. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>74. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>75. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>76. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>77. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>78. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>79. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>80. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>81. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>82. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>83. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>84. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>85. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>86. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>87. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>88. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>89. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>90. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>91. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>92. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>93. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>94. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>95. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>96. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>97. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>98. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>
<p>99. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>100. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>101. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>	<p>102. <b>2012-2013</b> <b>2013-2014</b></p>

WTD p. qual. smetto DATA: 10/10/10 Condizioni di ambiente:	PORTATA (litri/secondo) VARIABILE (litri)	RASO
MISURAZIONE (litri/secondo)		
100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri) 500 (litri) 600 (litri) 700 (litri)	100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri) 500 (litri) 600 (litri) 700 (litri)	21/10/2010
T. AMBIENTE		
100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri)	100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri)	T. RASO 100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri) 500 (litri) 600 (litri) 700 (litri)
100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri)	100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri)	T. RASO 100 (litri) 200 (litri) 300 (litri) 400 (litri) 500 (litri) 600 (litri) 700 (litri)









5. SOTTO AL QUADRATO 3

5.1. SOTTO AL QUADRATO 3		5.2. SOTTO AL QUADRATO 3	
<p>5.1.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.1.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.1.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.1.4. SOTTO AL QUADRATO 3</p>			
5.1.1.	$\begin{matrix} \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \\   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   \\ \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \end{matrix}$	5.1.1.	$\frac{4 \times 16}{12}$
5.1.2.	$\begin{matrix} \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \\   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   \\ \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \end{matrix}$	5.1.2.	$\frac{4 \times 16}{12}$
5.1.3.	$\begin{matrix} \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \\   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   \\ \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \end{matrix}$	5.1.3.	$\frac{4 \times 16}{12}$
5.1.4.	$\begin{matrix} \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \\   & &   & &   & &   \\ \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\   & &   & &   & &   \\ \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \end{matrix}$	5.1.4.	$\frac{4 \times 16}{12}$
5.2. SOTTO AL QUADRATO 3		5.2. SOTTO AL QUADRATO 3	
5.2.1.	<p>5.2.1.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.1.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.1.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>	5.2.1.	<p>5.2.1.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.1.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.1.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>
5.2.2.	<p>5.2.2.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.2.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.2.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>	5.2.2.	<p>5.2.2.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.2.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.2.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>
5.2.3.	<p>5.2.3.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.3.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.3.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>	5.2.3.	<p>5.2.3.1. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.3.2. SOTTO AL QUADRATO 3</p> <p>5.2.3.3. SOTTO AL QUADRATO 3</p>



$\mathbb{Z}/(n)$ (als $\mathbb{Z}$ -Modul) und $\mathbb{Z}/(n)$ (als $\mathbb{Z}/(n)$ -Modul) (S. 478)		$\mathbb{Z}/(n)$ (als $\mathbb{Z}$ -Modul)	
(S. 478)		(S. 478)	
$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$
$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$
$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$
$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$
(S. 478)		(S. 478)	
$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$	$\mathbb{Z}/(2)$
$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$	$\mathbb{Z}/(3)$
$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$	$\mathbb{Z}/(4)$
$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$	$\mathbb{Z}/(5)$

a. <b>2008 Year-End Balance Sheet of Transcontinental Energy</b> (Amounts in millions)					Note 	
Note (Amounts in millions)					Income Statement	Cash Flows Statement
<b>2008</b> Cash and cash equivalents Accounts receivable Prepaid expenses Property, plant, and equipment Intangible assets Other assets	12,000 1,000 500 10,000 2,000 1,500	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	12,000	12,000
<b>2007</b> Cash and cash equivalents Accounts receivable Prepaid expenses Property, plant, and equipment Intangible assets Other assets	10,000 1,000 500 10,000 2,000 1,500	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	10,000	10,000
<b>2006</b> Cash and cash equivalents Accounts receivable Prepaid expenses Property, plant, and equipment Intangible assets Other assets	8,000 1,000 500 10,000 2,000 1,500	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	8,000	8,000
<b>2005</b> Cash and cash equivalents Accounts receivable Prepaid expenses Property, plant, and equipment Intangible assets Other assets	6,000 1,000 500 10,000 2,000 1,500	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	6,000	6,000
<b>Income Statement</b>					<b>Income Statement</b>	
Total revenue Total operating expenses Total non-operating expenses Total expenses	12,000 10,000 1,000 13,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	12,000	12,000
Total revenue Total operating expenses Total non-operating expenses Total expenses	10,000 8,000 1,000 11,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	10,000	10,000
Total revenue Total operating expenses Total non-operating expenses Total expenses	8,000 6,000 1,000 9,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	8,000	8,000
Total revenue Total operating expenses Total non-operating expenses Total expenses	6,000 4,000 1,000 7,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	6,000	6,000
<b>Cash Flows Statement</b>					<b>Cash Flows Statement</b>	
Total cash flows from operations Total cash flows from investing Total cash flows from financing Total cash flows	12,000 1,000 1,000 14,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	12,000	12,000
Total cash flows from operations Total cash flows from investing Total cash flows from financing Total cash flows	10,000 1,000 1,000 12,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	10,000	10,000
Total cash flows from operations Total cash flows from investing Total cash flows from financing Total cash flows	8,000 1,000 1,000 10,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	8,000	8,000
Total cash flows from operations Total cash flows from investing Total cash flows from financing Total cash flows	6,000 1,000 1,000 8,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000 1,000	6,000	6,000

Aufgabe 1: ...		Aufgabe 2: ...	
<p>...                  ...</p>			
... (1)	... (2)	... (3)	... (4)
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
... (5)	... (6)	... (7)	... (8)
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>
<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>	<p>...                  ...</p>







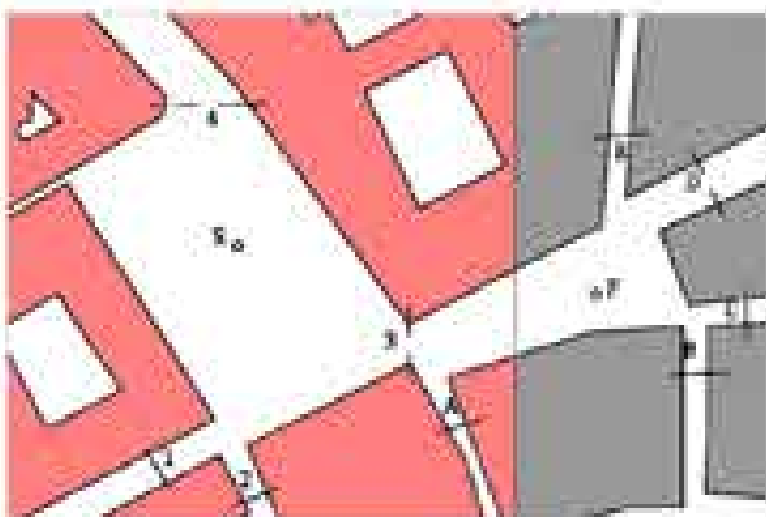




SCHEDA DI ANALISI DEI DATI RACCOLTI IN SITU  
(CONDIZIONE ESTIVA)

SITO A | area di Piazza Fontanelle Borghese - Basse Campi Marzio -  
DATE 01-02-03/07/2016  
piani di movimento

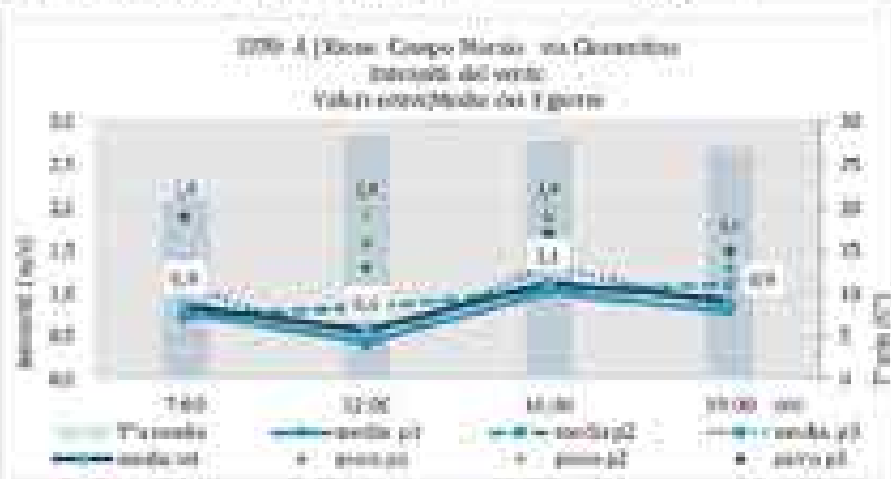
---



Periodo di osservazione: estivo  
 Giorni 1-3-3 luglio 2014  
 Condizioni meteo: prevalentemente sereno



Intensità prevalente e temperatura dell'aria



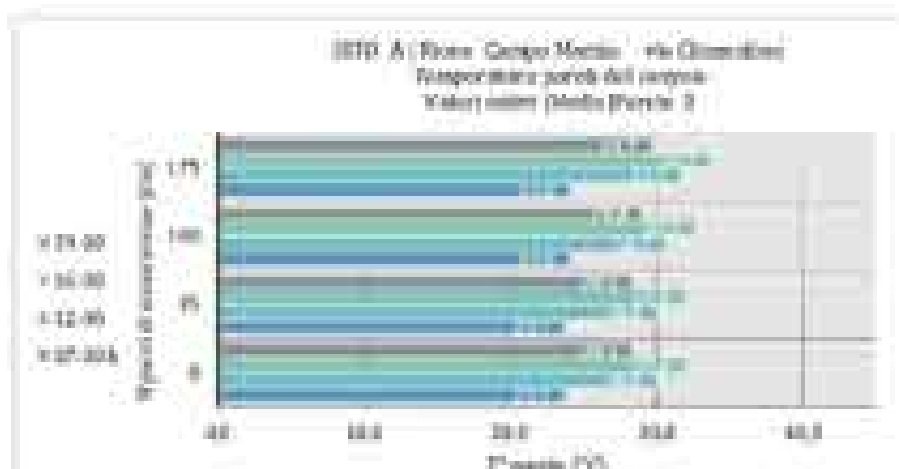
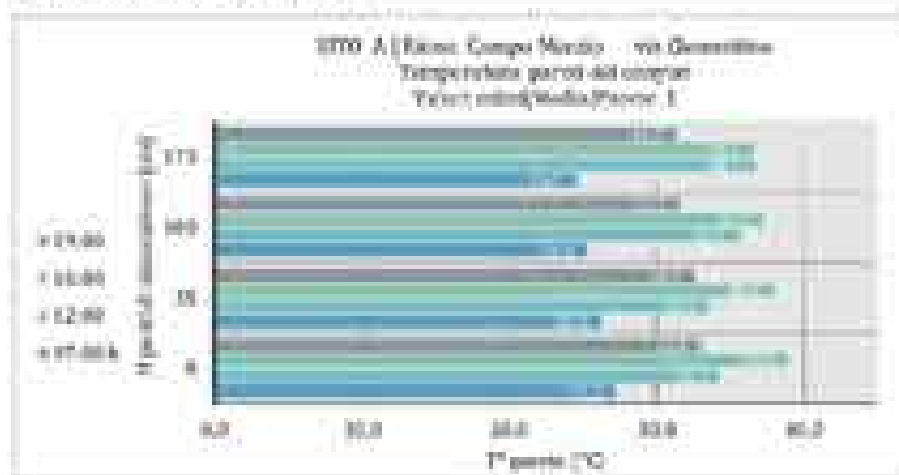
Direzione prevalente



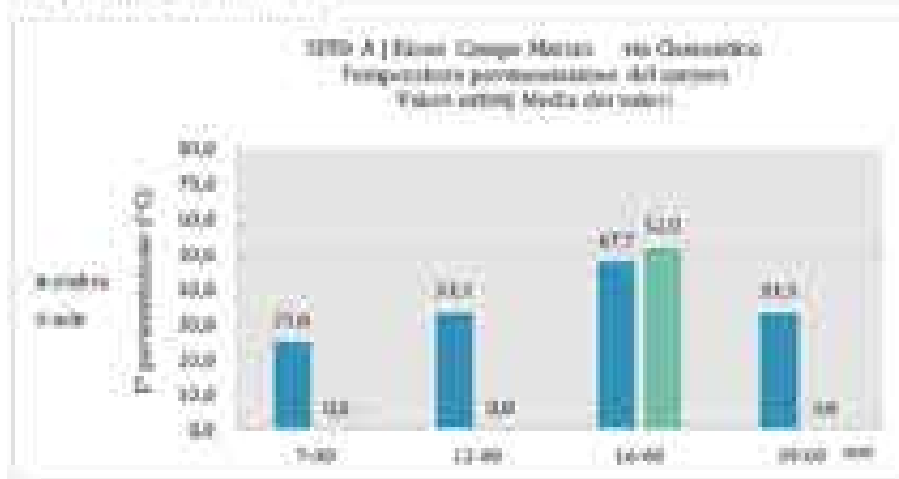
Umidità relativa



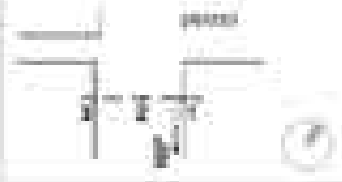
Temperatura specifici verticali



Temperatura preinvestazione

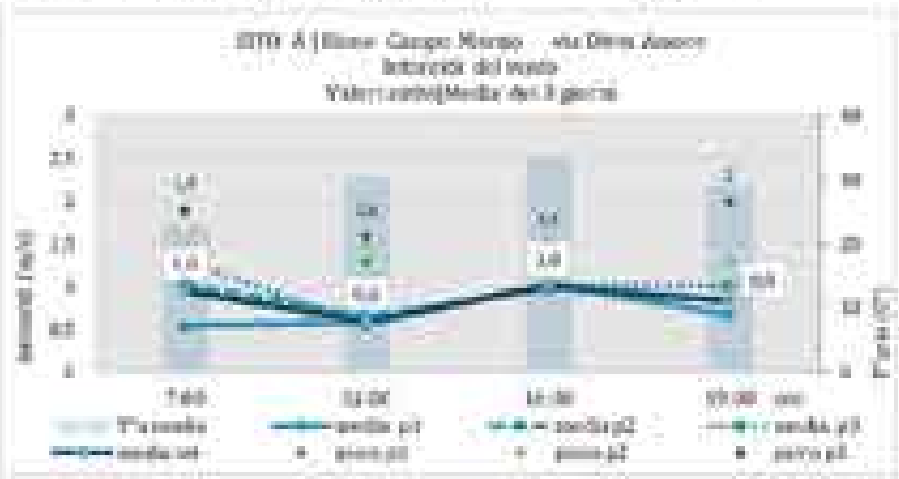


PUNTO N° 1

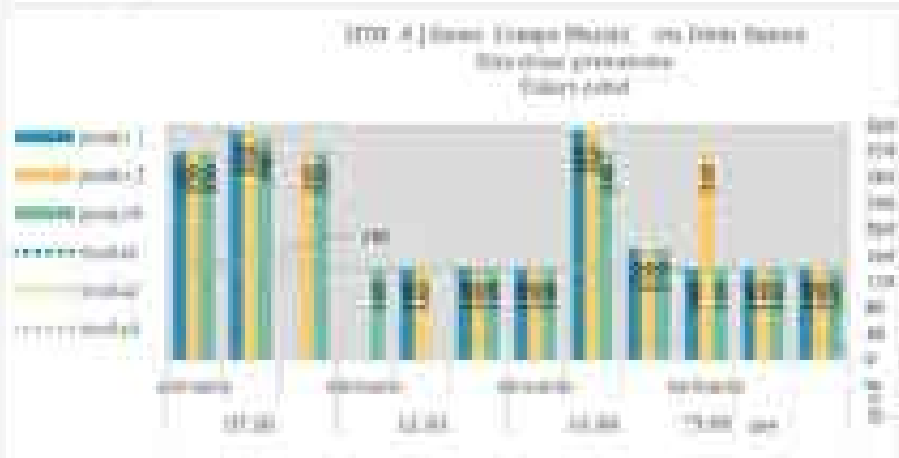


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmp



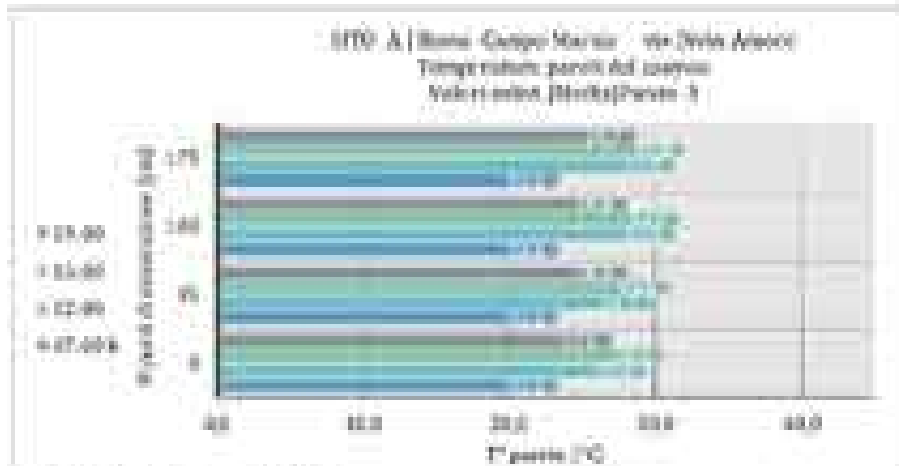
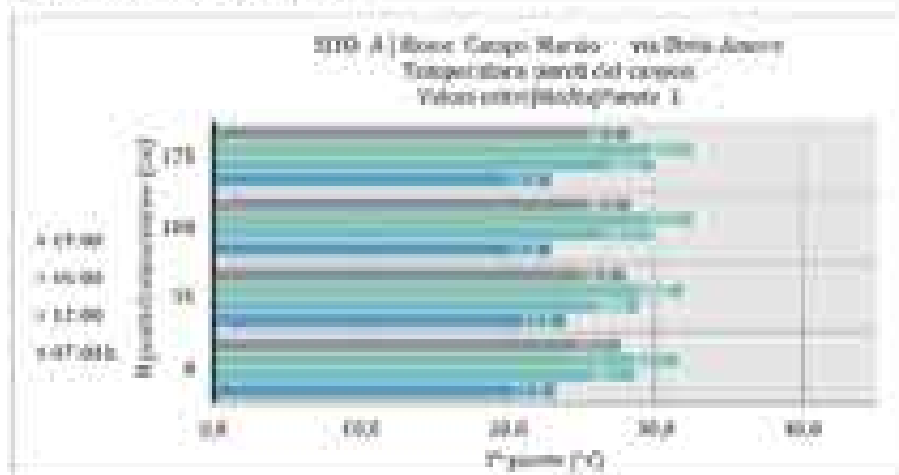
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura perimetrale

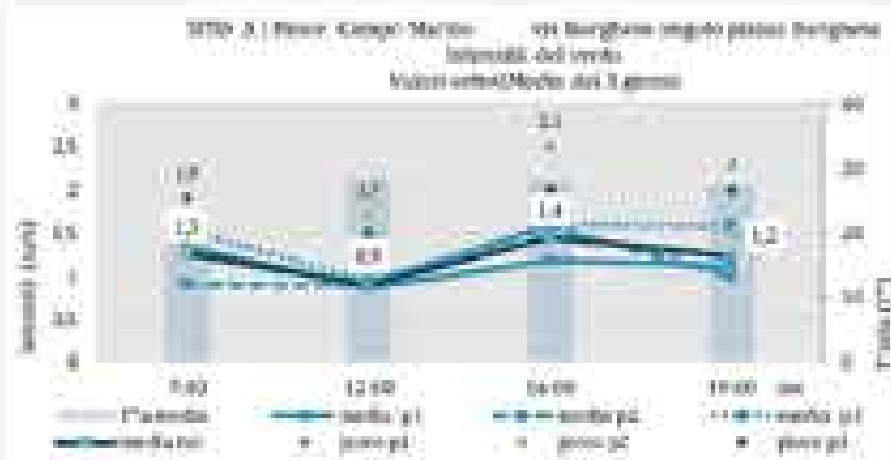




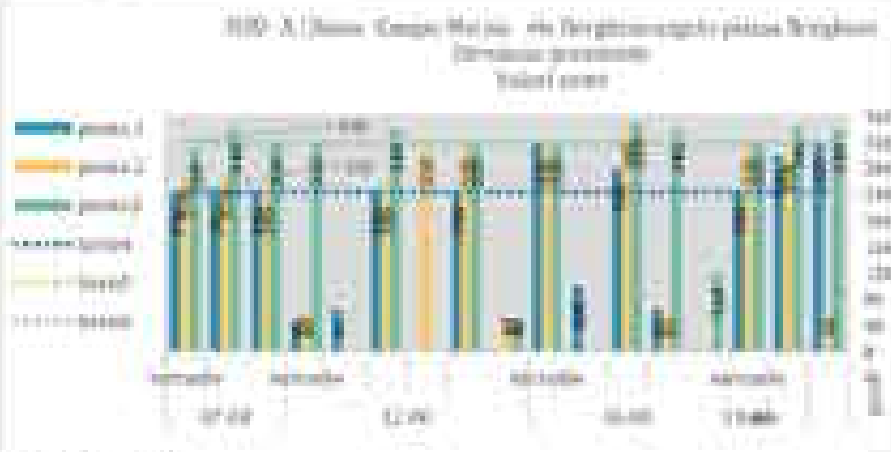


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esposizione



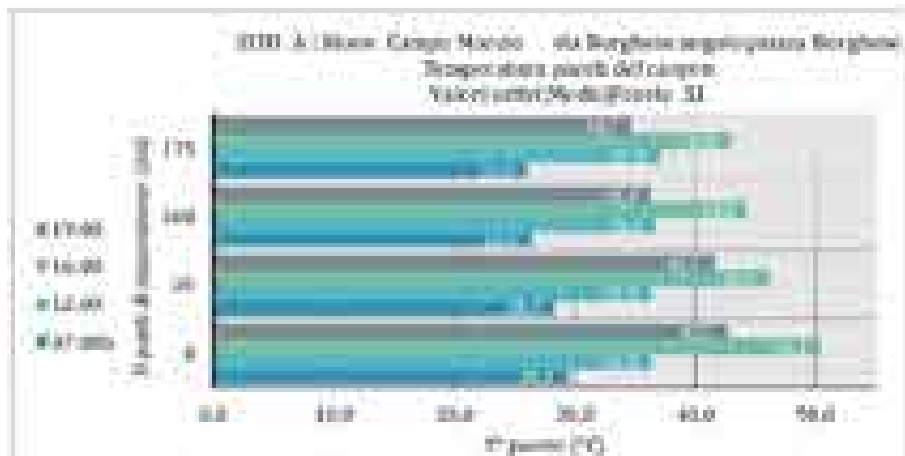
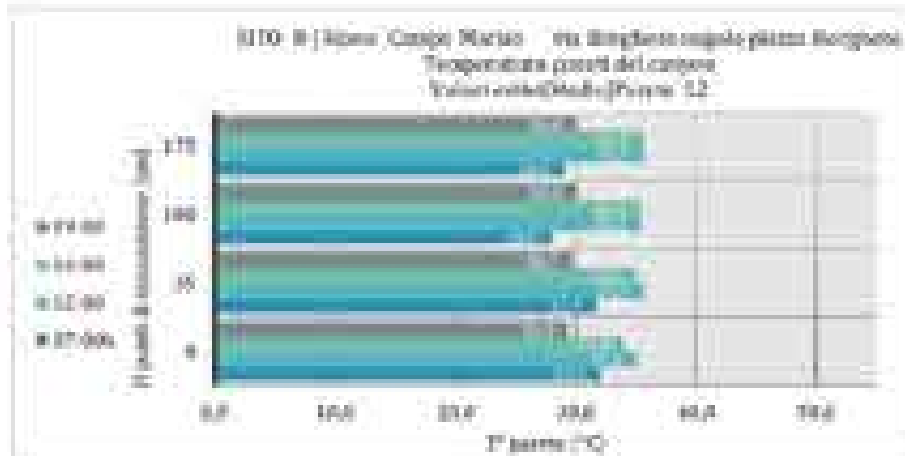
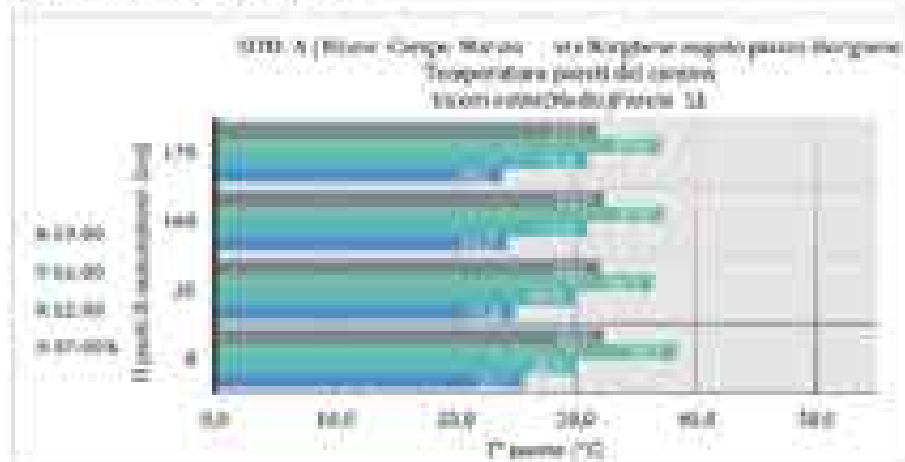
Direzione prevalente



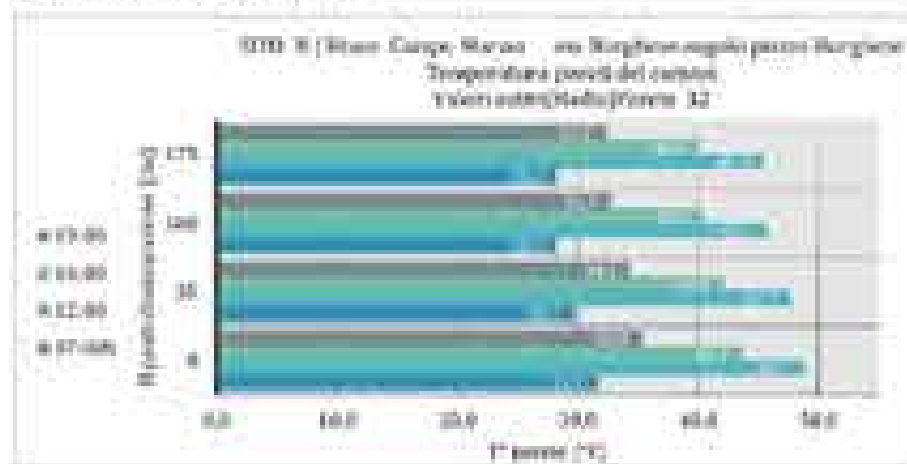
Umidità relativa



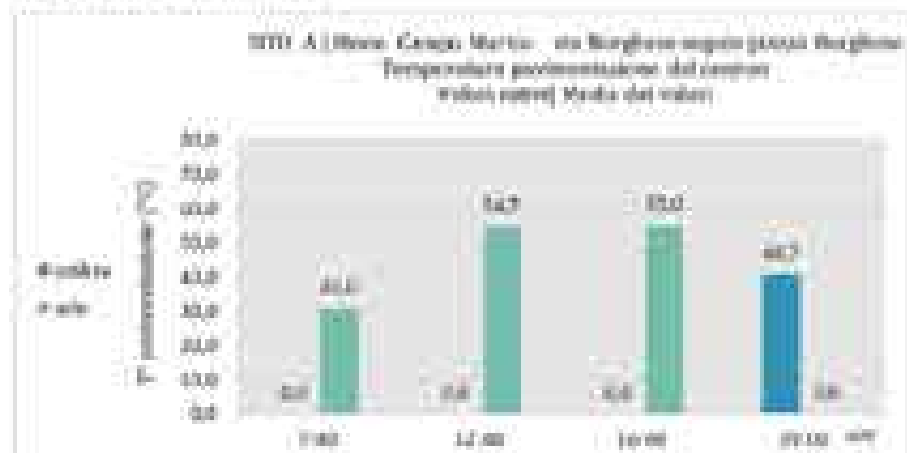
Temperatura specifici verticali



Temperatura specifici verticali



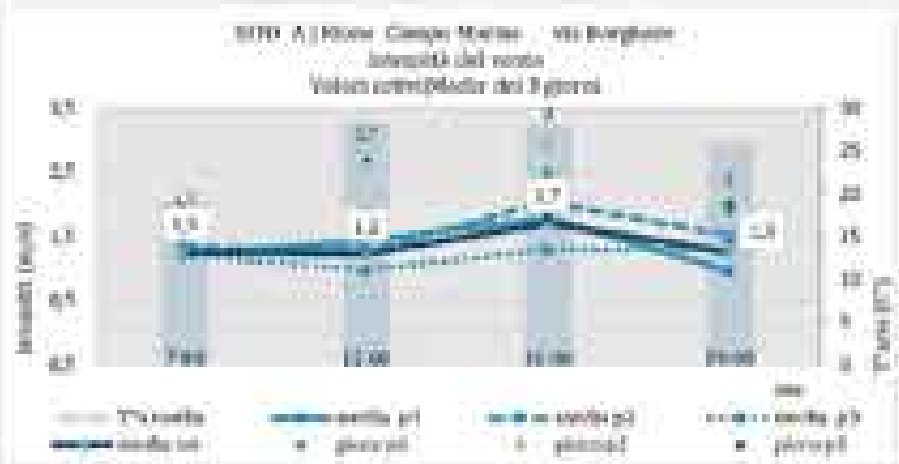
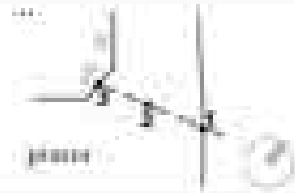
Temperatura alimentazione



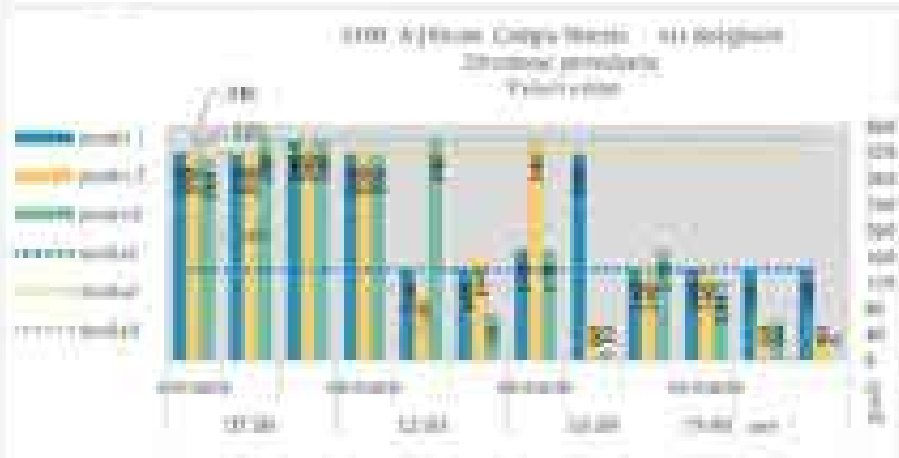


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

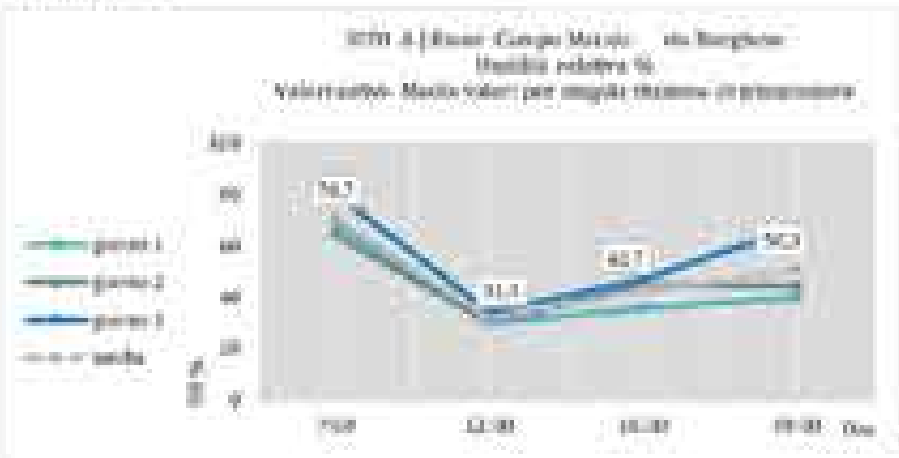
Esposizione



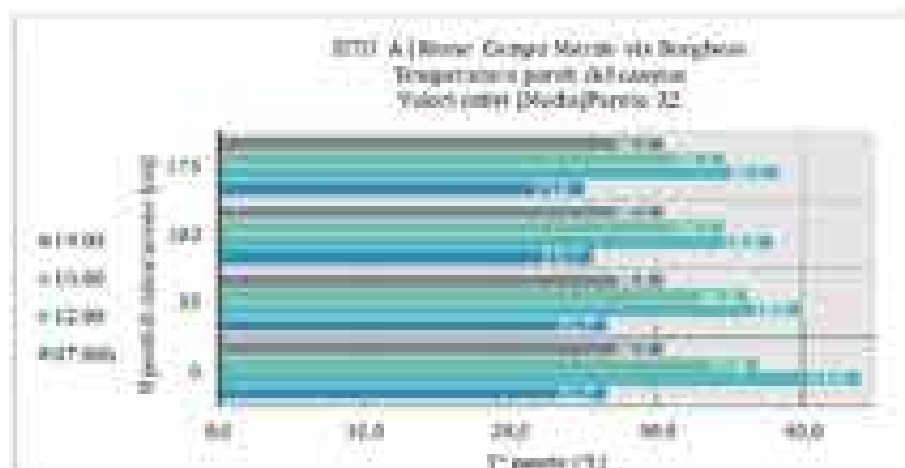
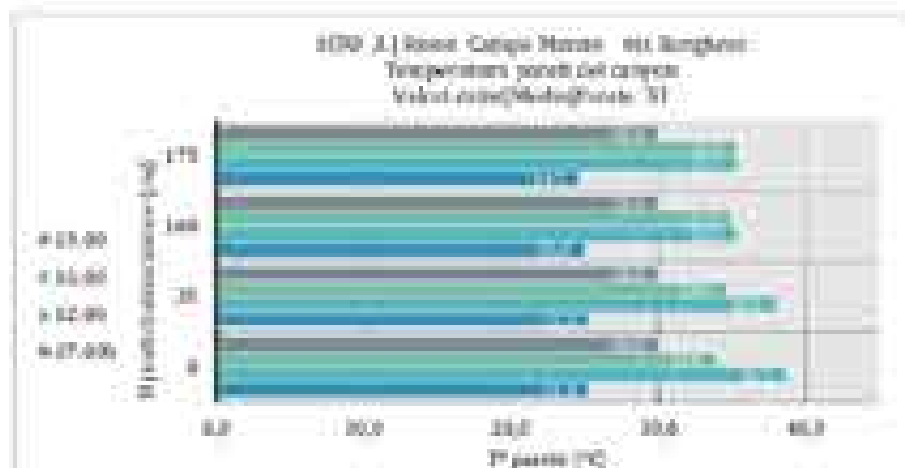
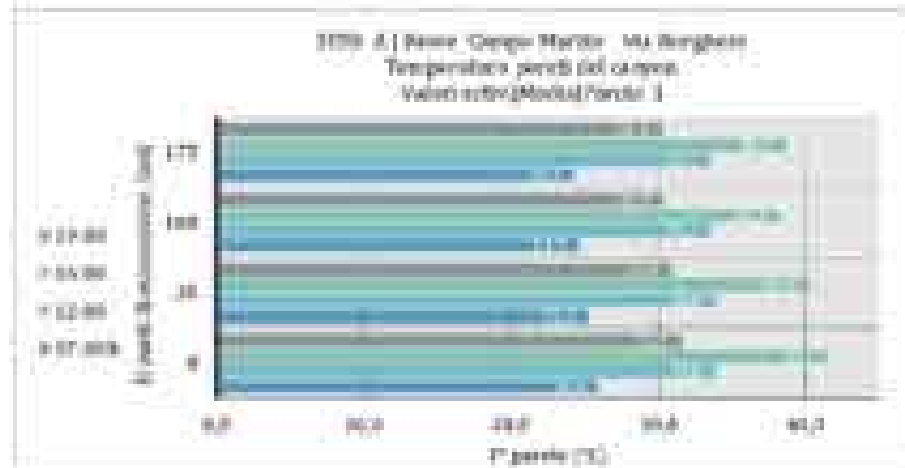
Direzione prevalente



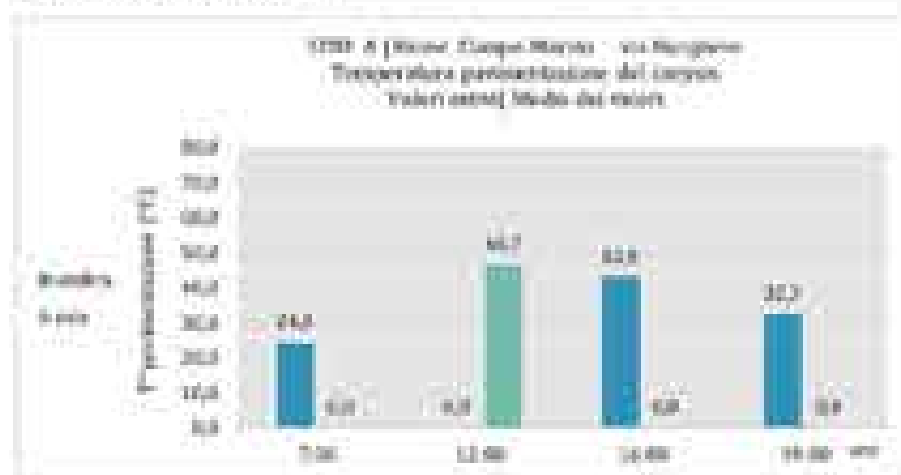
Umidità relativa



Temperatura specific vertical



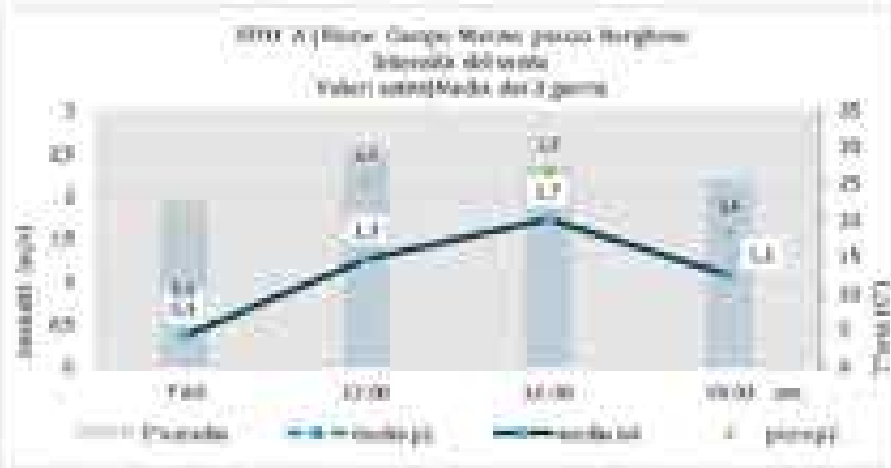
Temperatura percentuale





Intensità prevalente e temperatura dell'aria

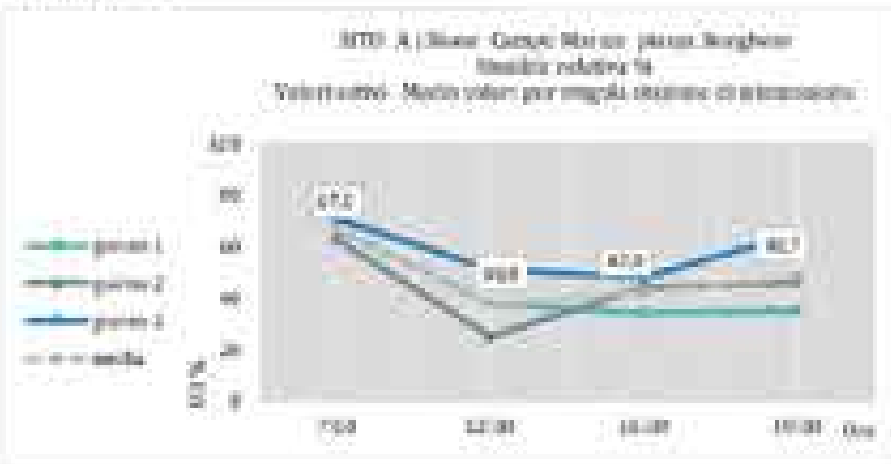
Esmp



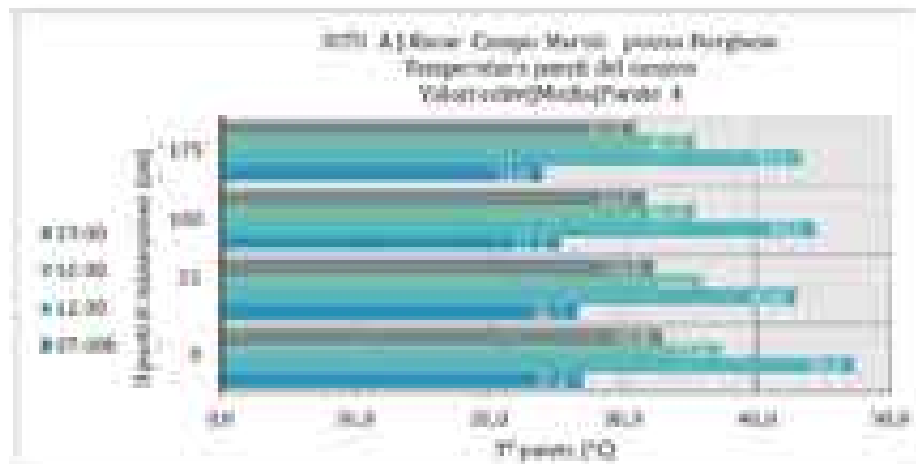
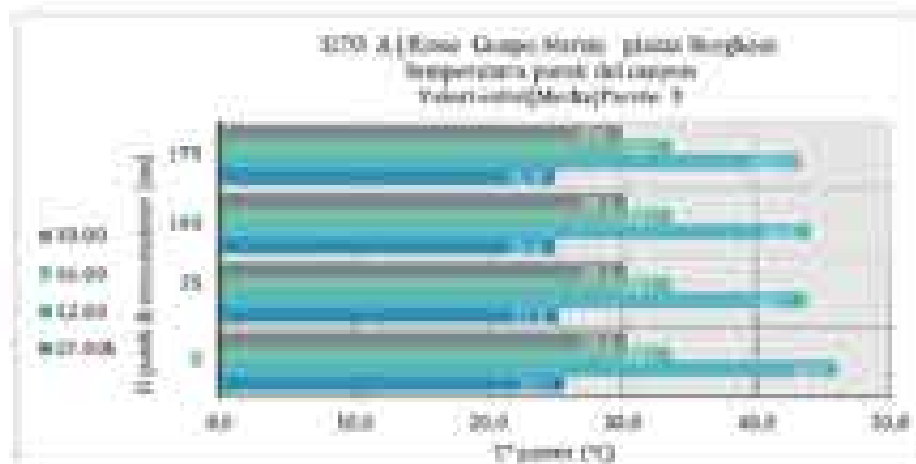
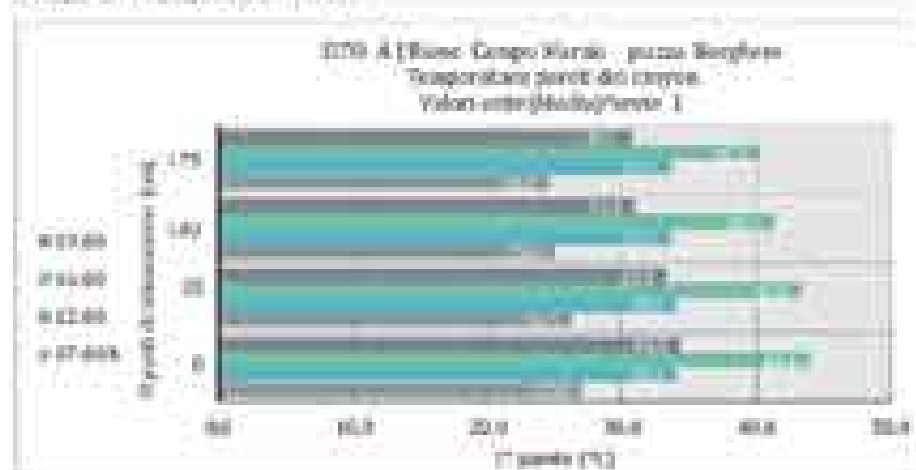
Direzione prevalente



Umidità relativa

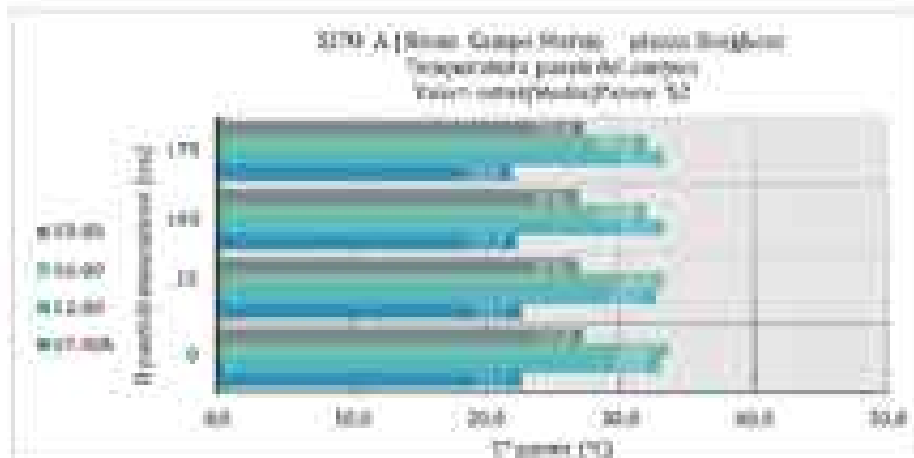
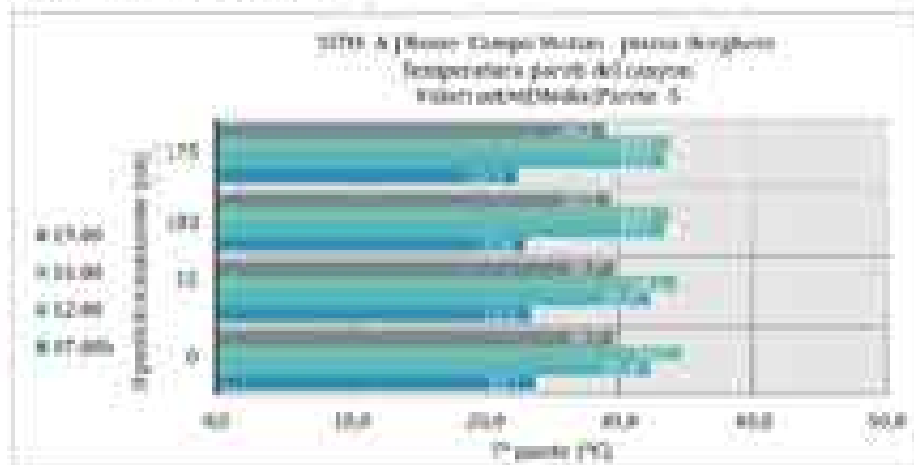


Temperatura specific vertical

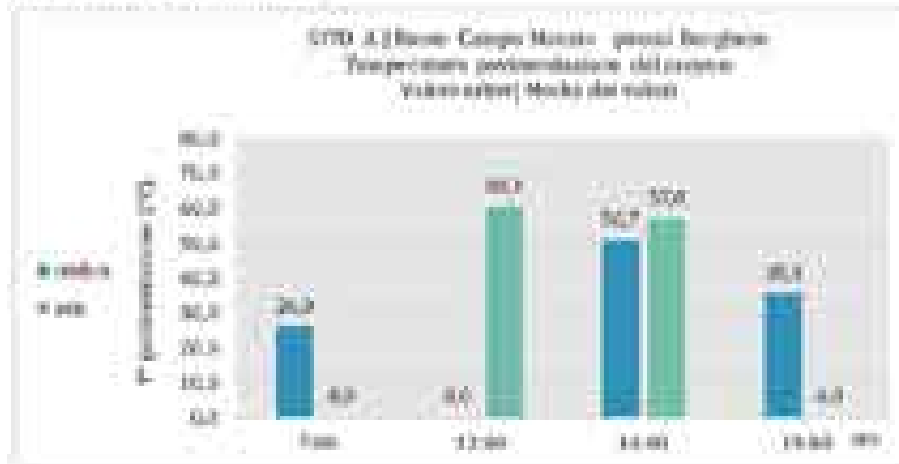


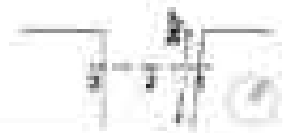


Temperatura specific vertical



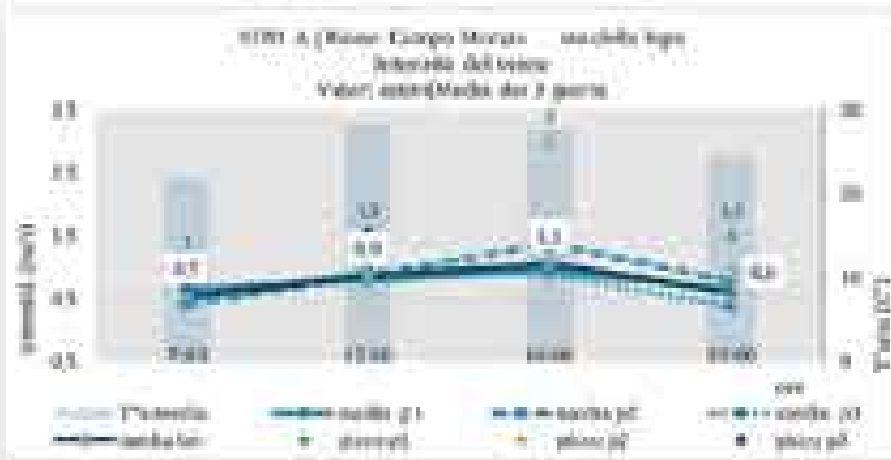
Temperatura generalizzazione



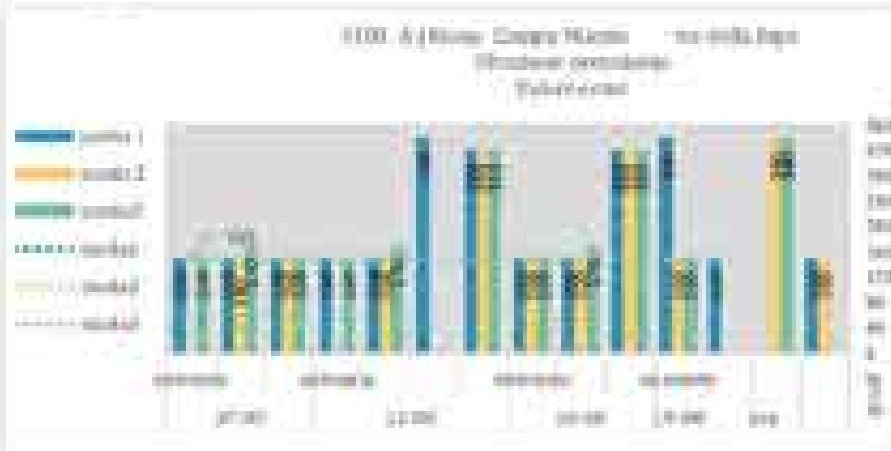


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmp



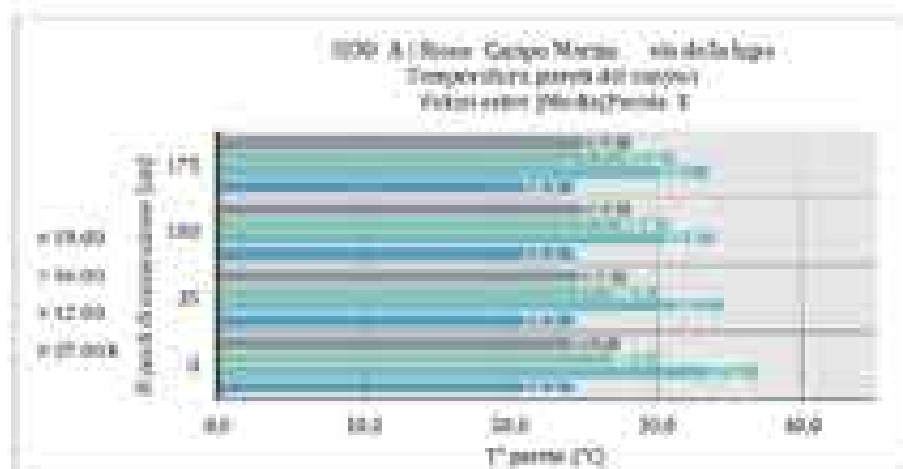
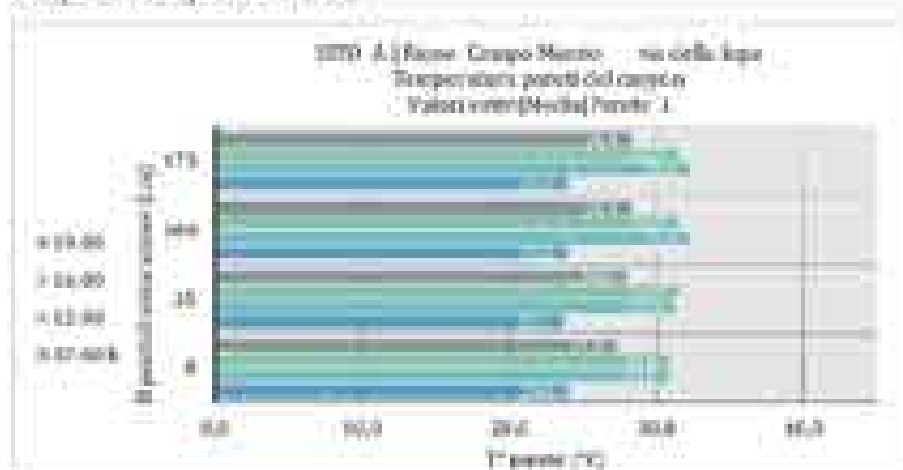
Direzione prevalente



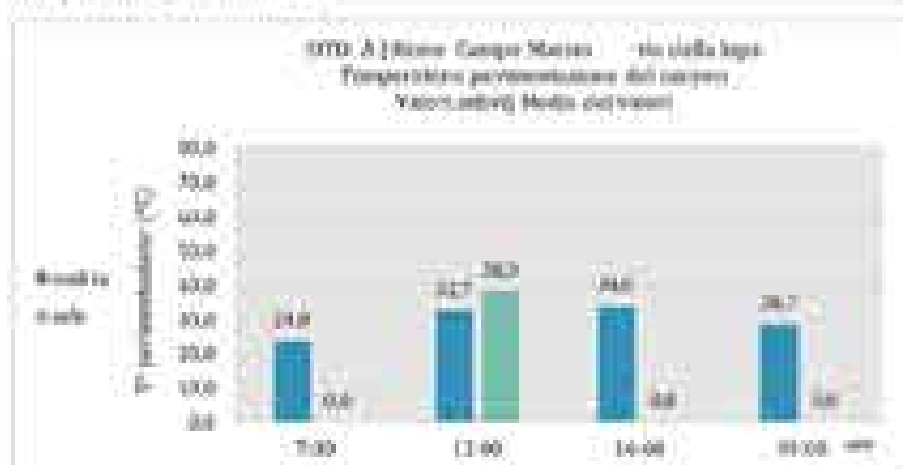
Umidità relativa

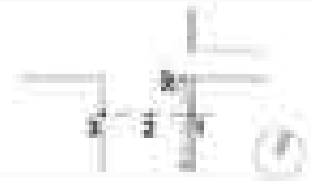


Temperatura rispetto verticali



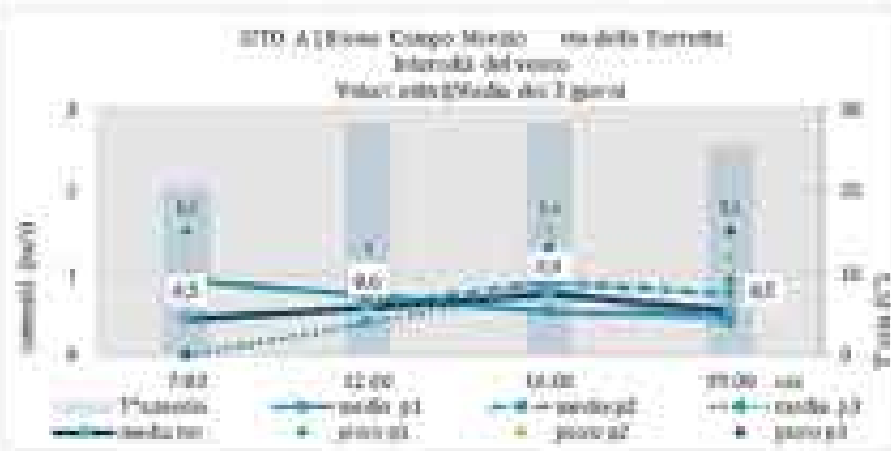
Temperatura perimetrazione



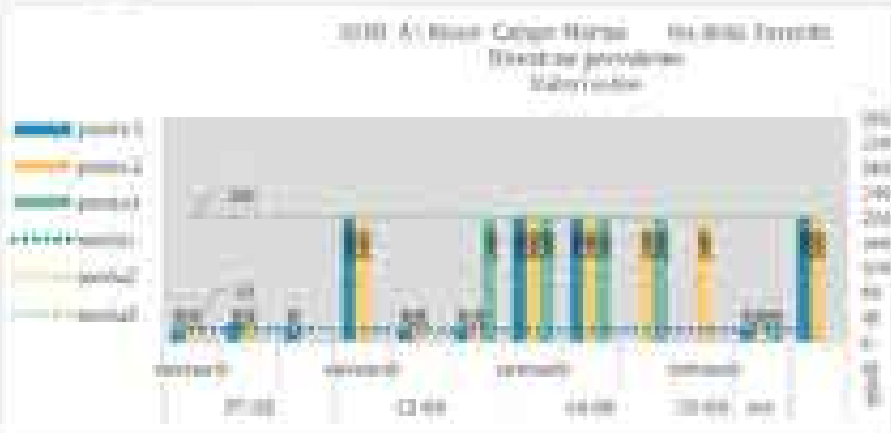


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

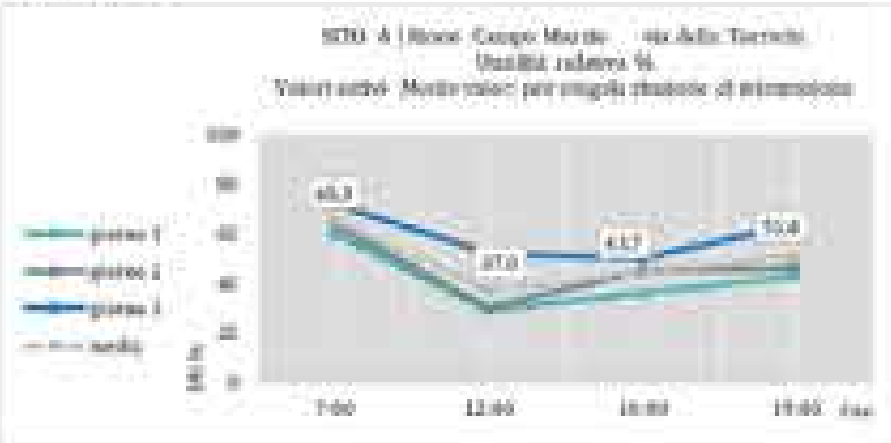
Esmp



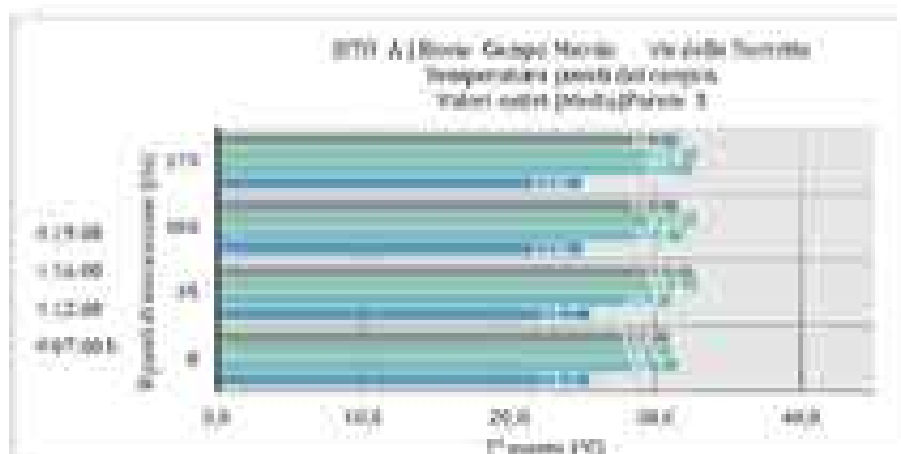
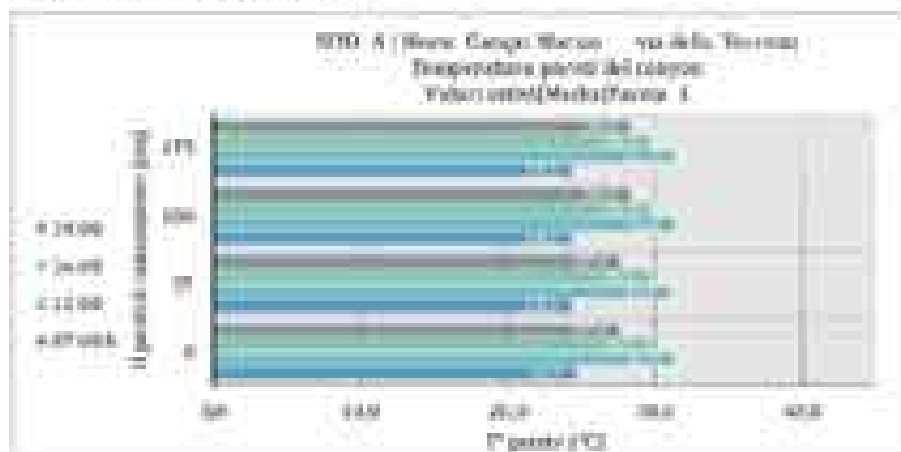
Direzione prevalente



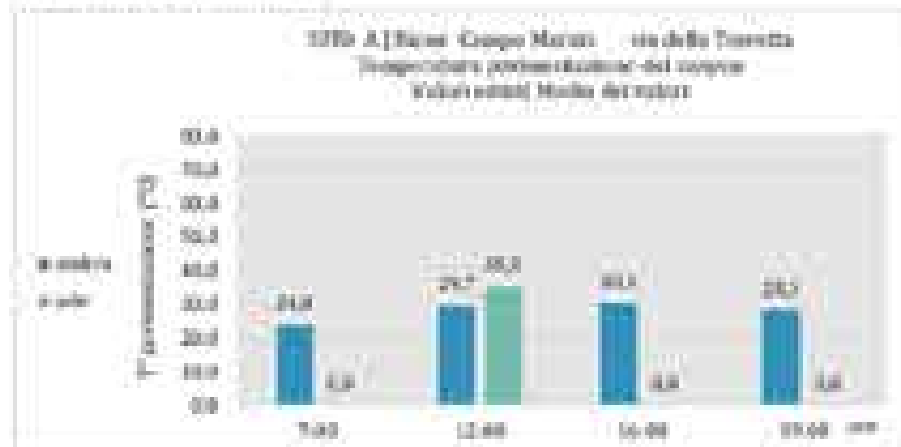
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



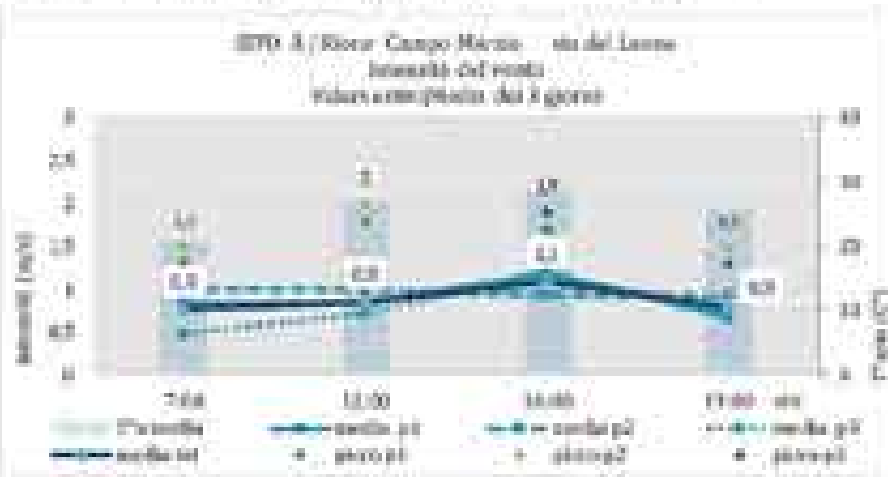
Temperatura paravento/linea



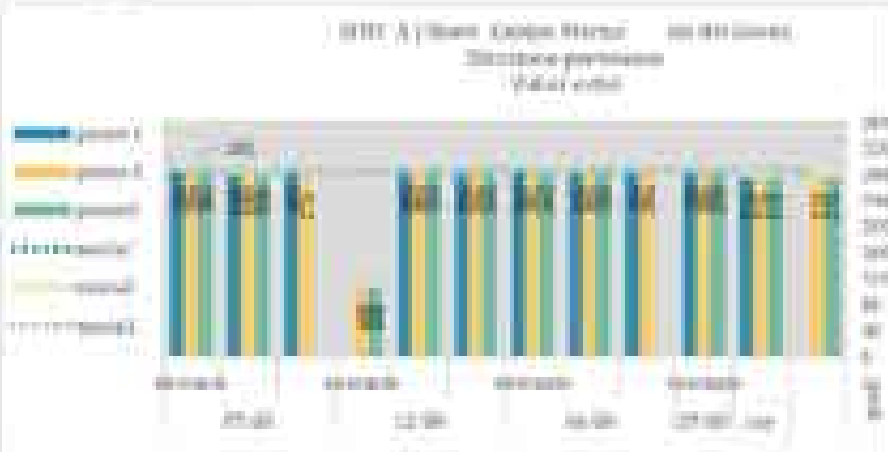


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

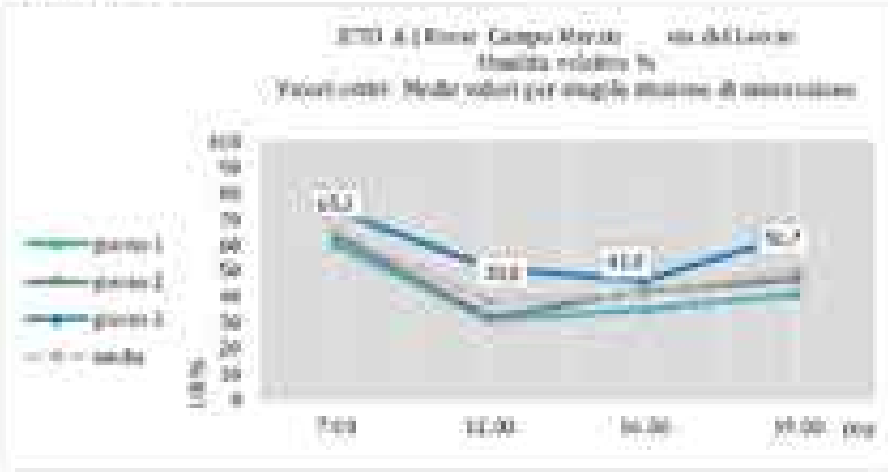
Esmp



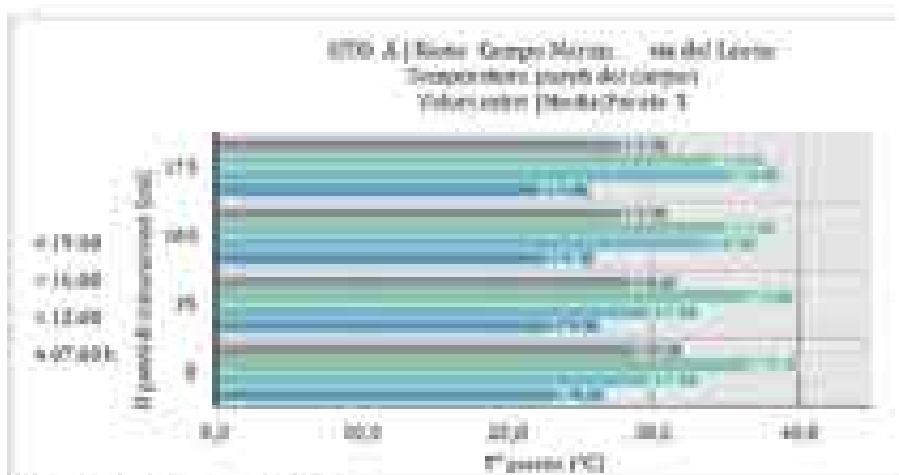
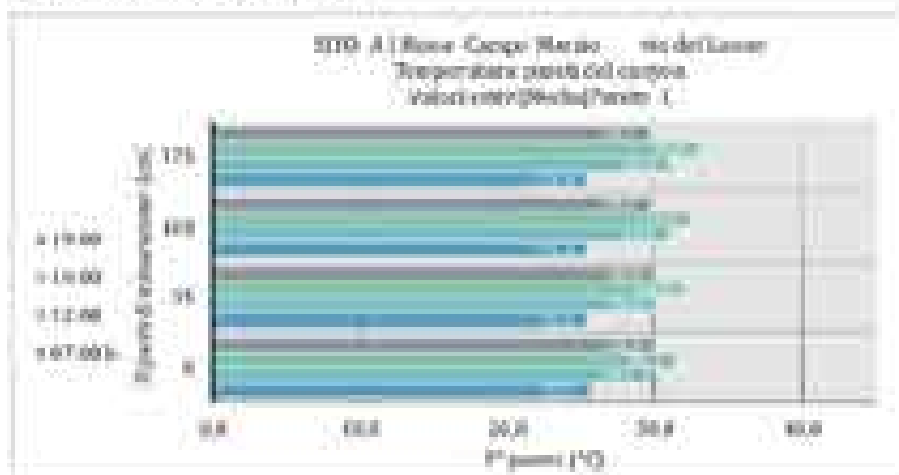
Direzione prevalente



Umidità relativa

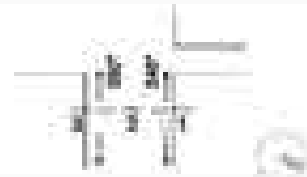


Temperatura specifici verticali



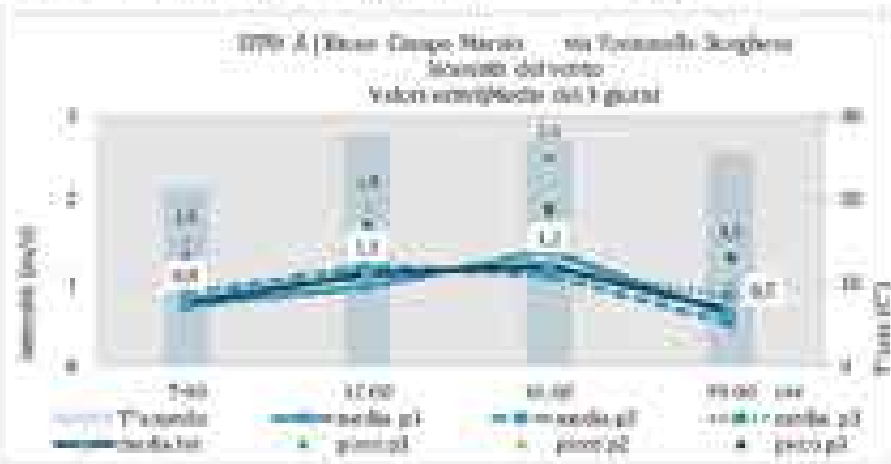
Temperatura pervenimento



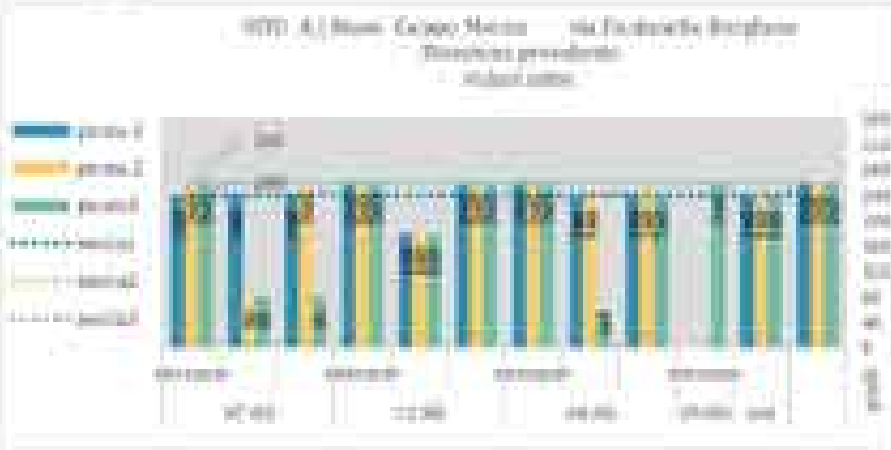


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

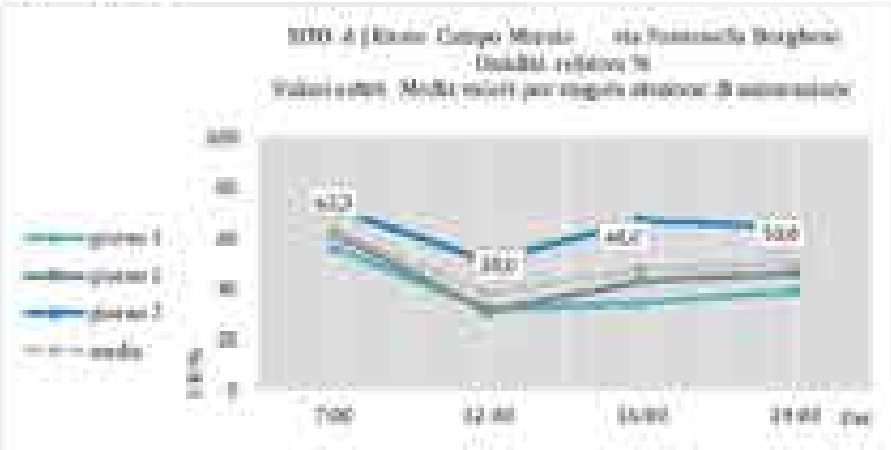
Comap



Direzione prevalente

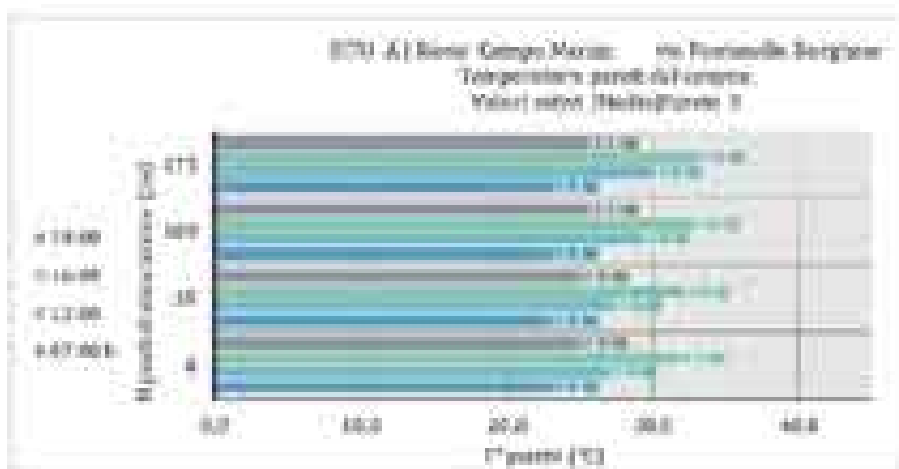
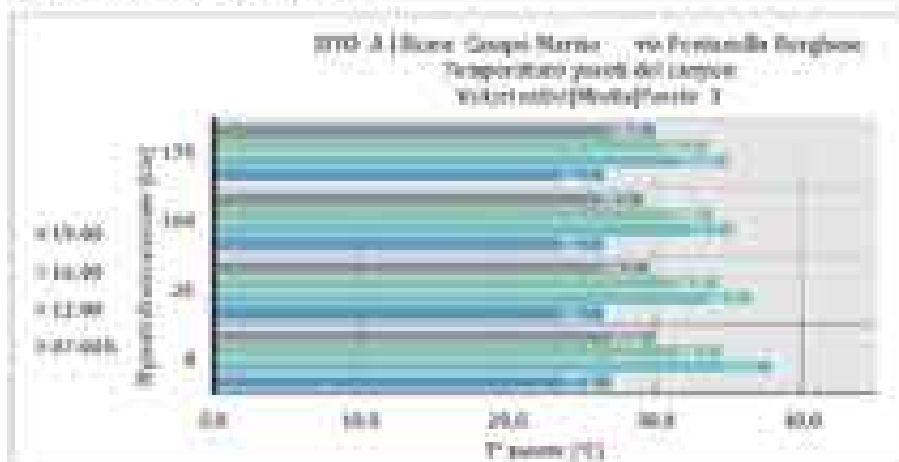


Umidità relativa

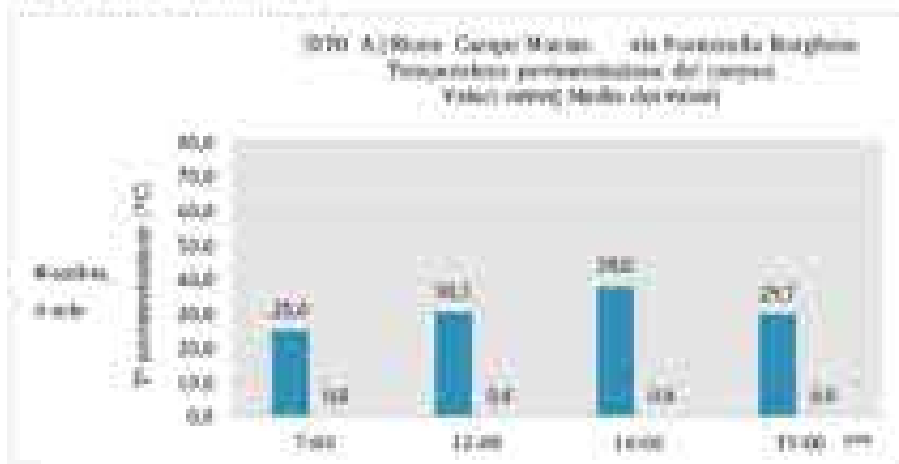




Temperatura rispetto verticali



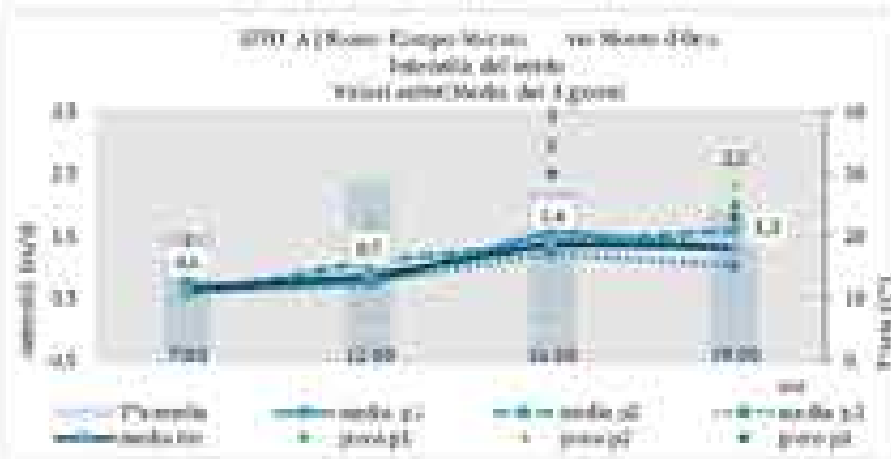
Temperatura pervenienza



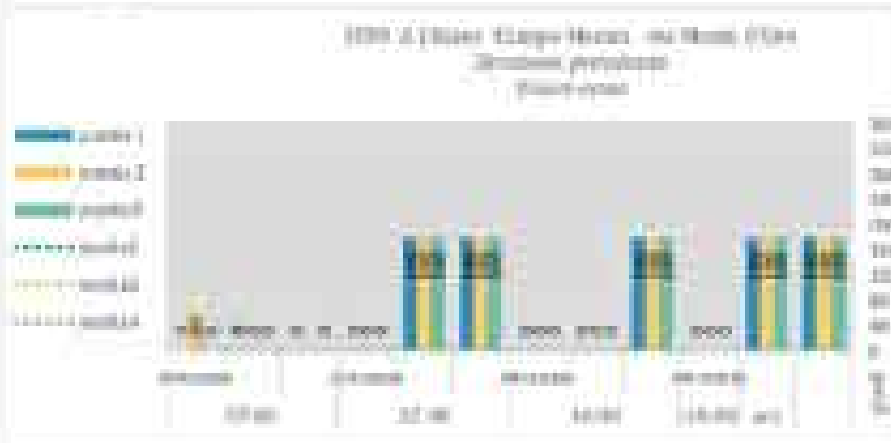


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

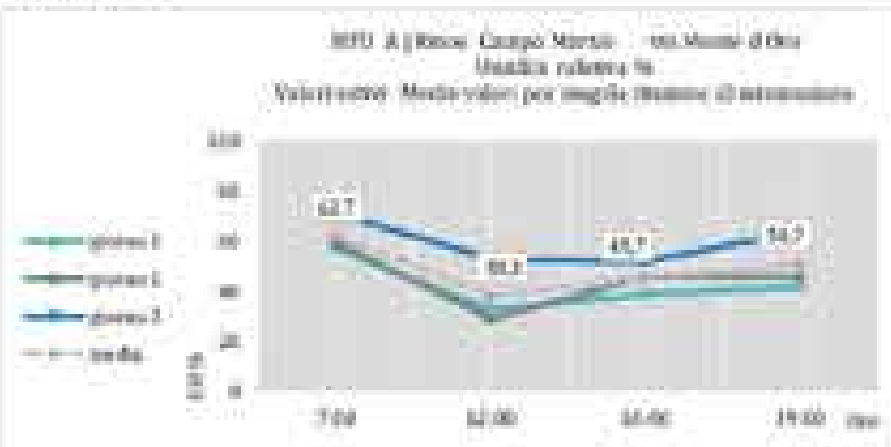
Esmp



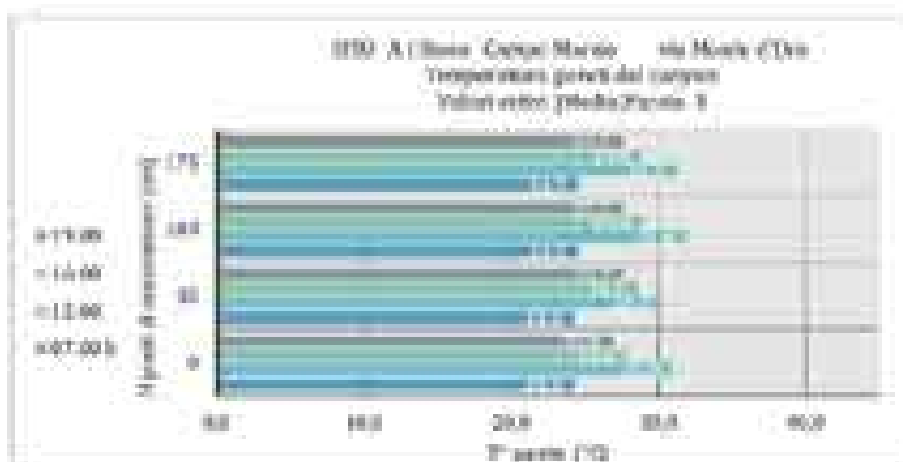
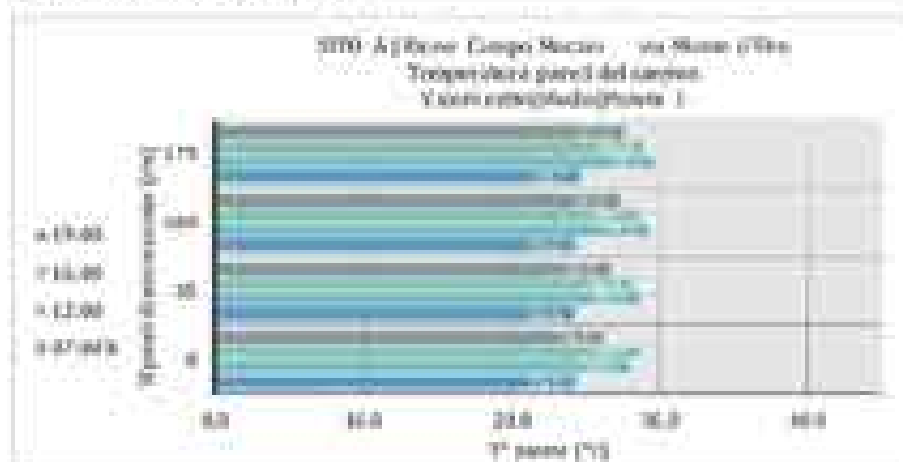
**Direzione prevalente**



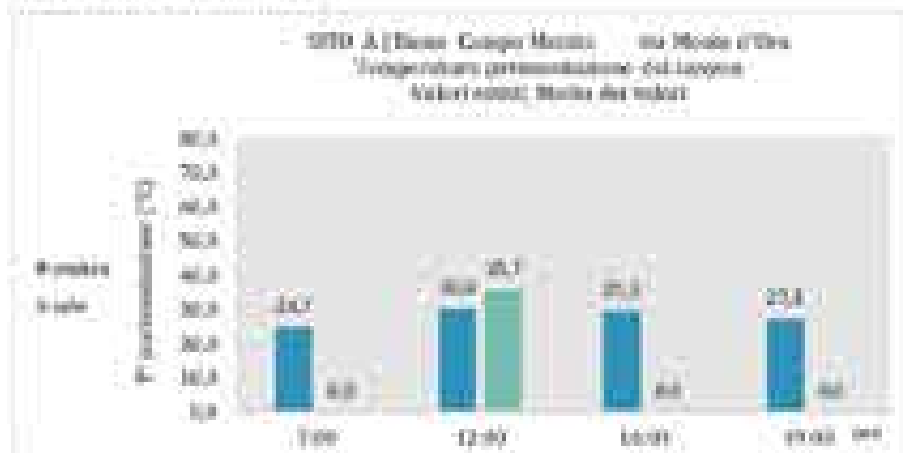
**Umidità relativa**



Temperatura specific vertical



Temperatura generalizzazione



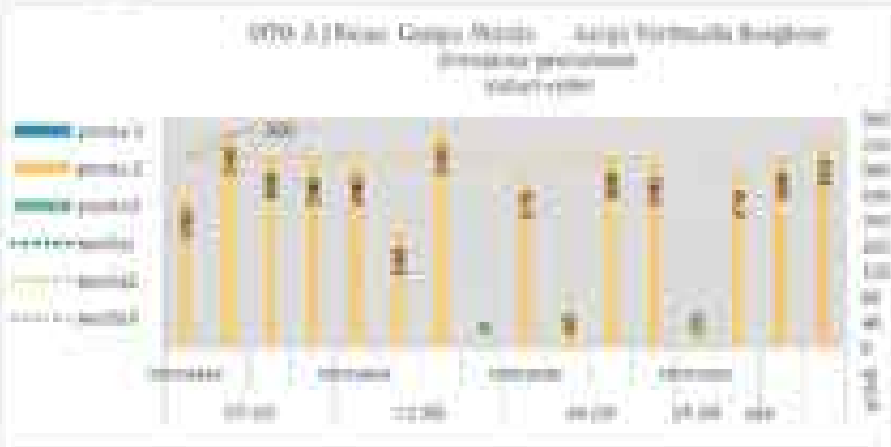


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

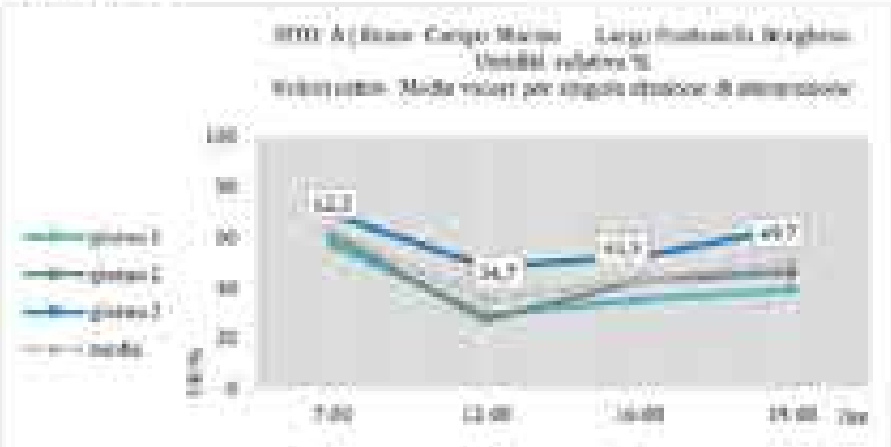
Esmp



Direzione prevalente

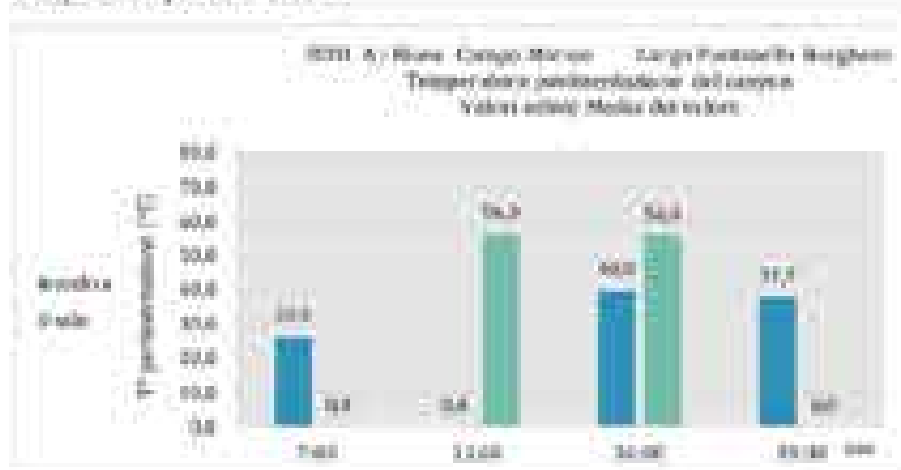


Umidità relativa





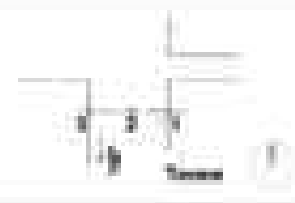
Temperatura post-esterilización



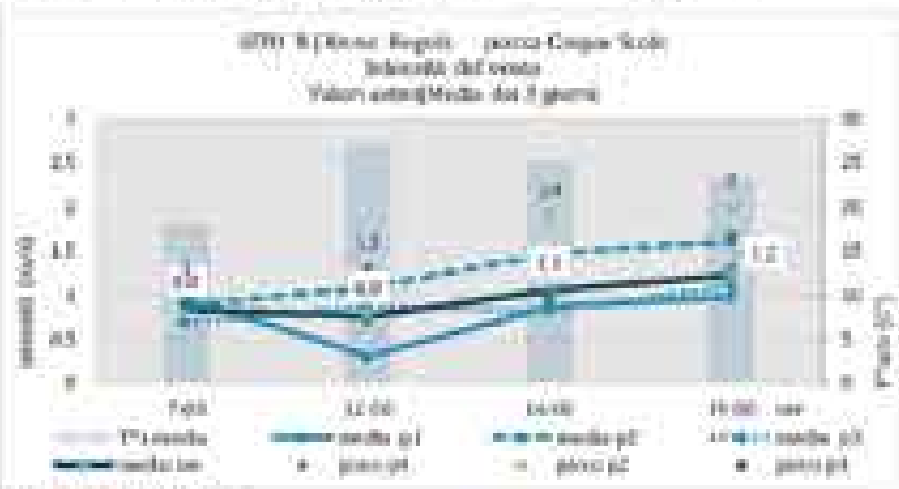
3110 B | area di Piazza delle Cinque Scuole - Firenze Argola/Sant'Angelo  
 DATE 00-00-25/07/2016  
 per il microambiente



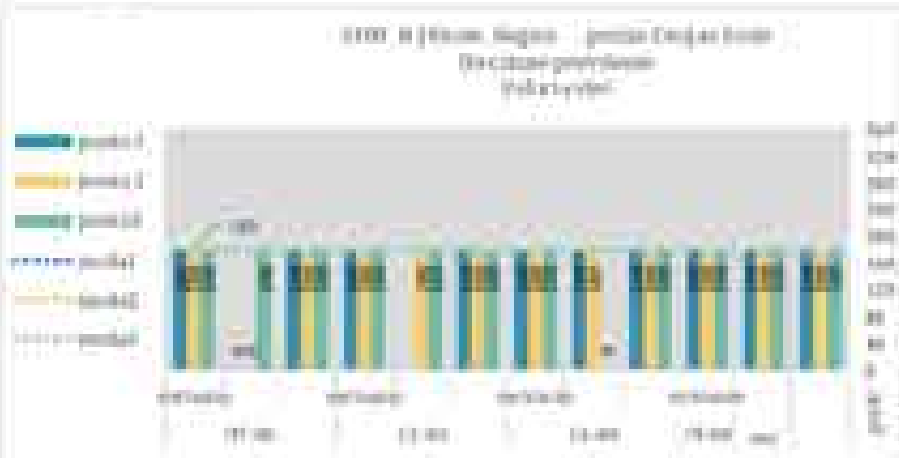
Periodo di osservazione: estivo  
 Cielo: 00-04-25 luglio 2016  
 Condizioni meteo: prevalentemente sereno



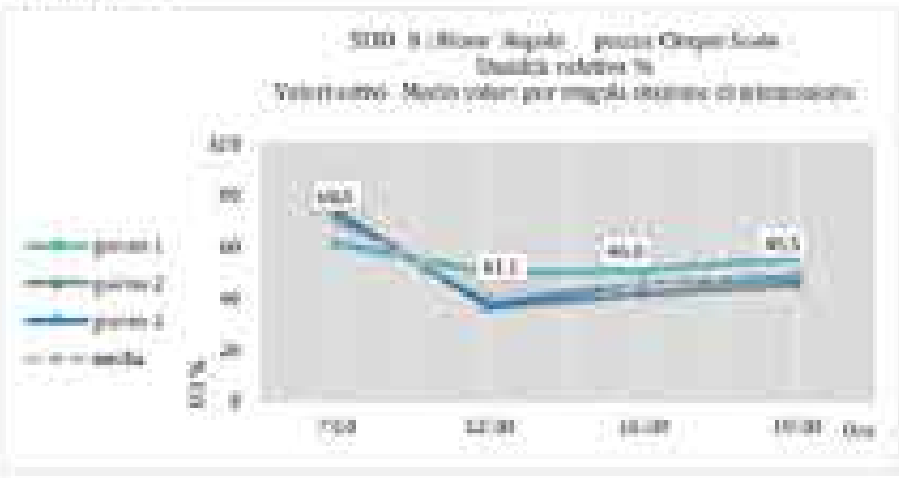
Intensità prevalente e temperatura dell'aria | Escurs



Direzione prevalente

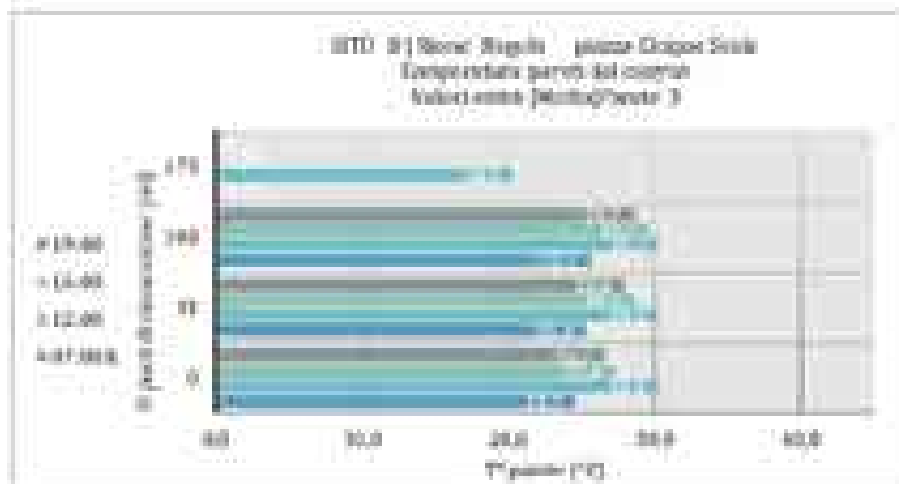
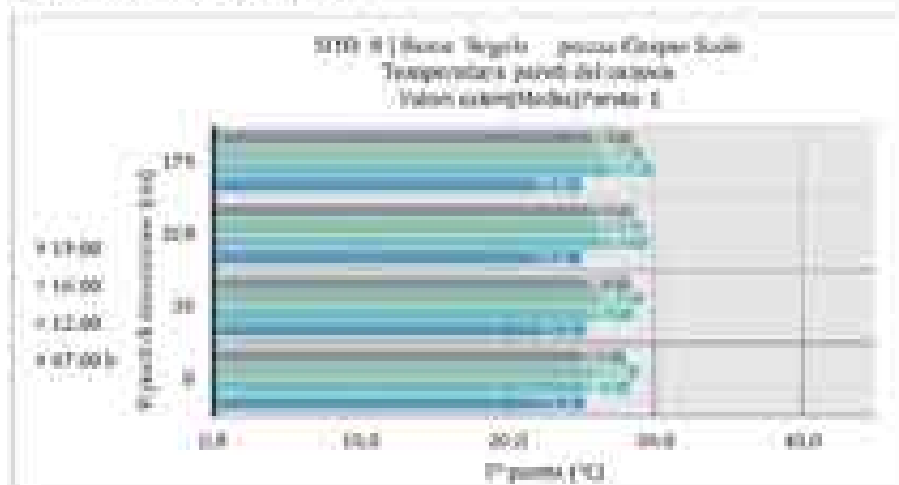


Umidità relativa





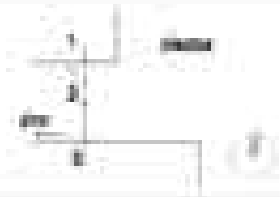
Temperatura rispetto verticali



Temperatura pervenimento

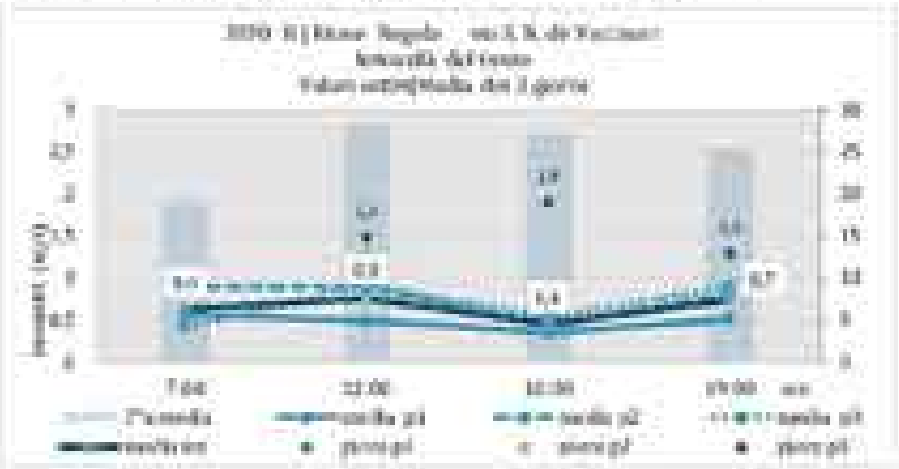


PUNTO N° 1

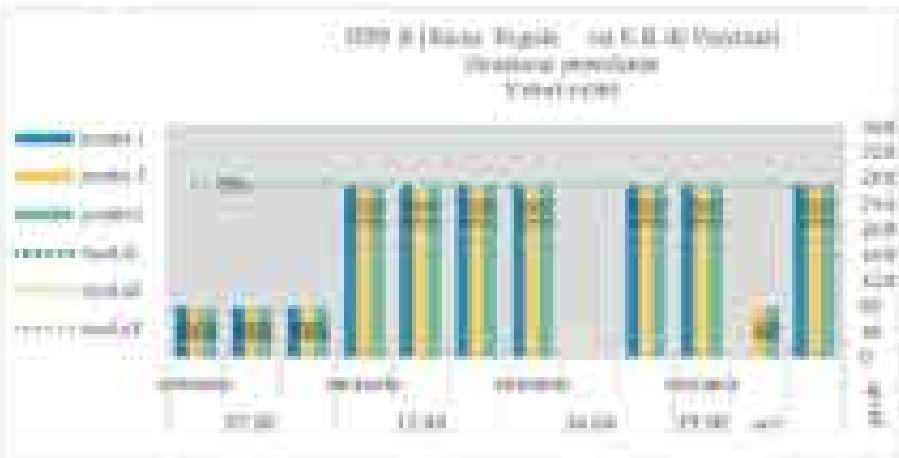


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmp



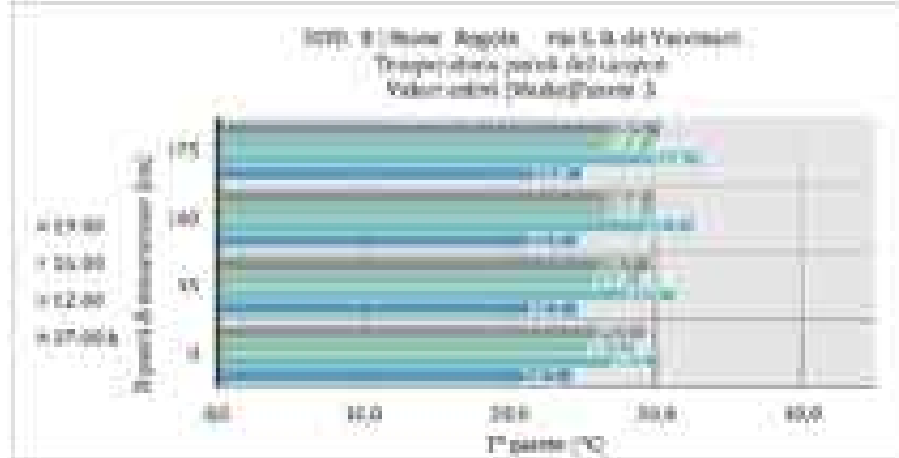
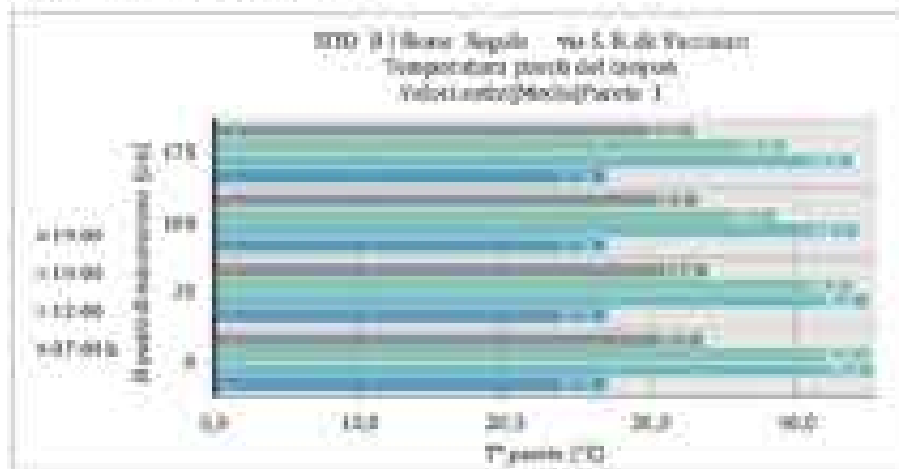
Direzione prevalente



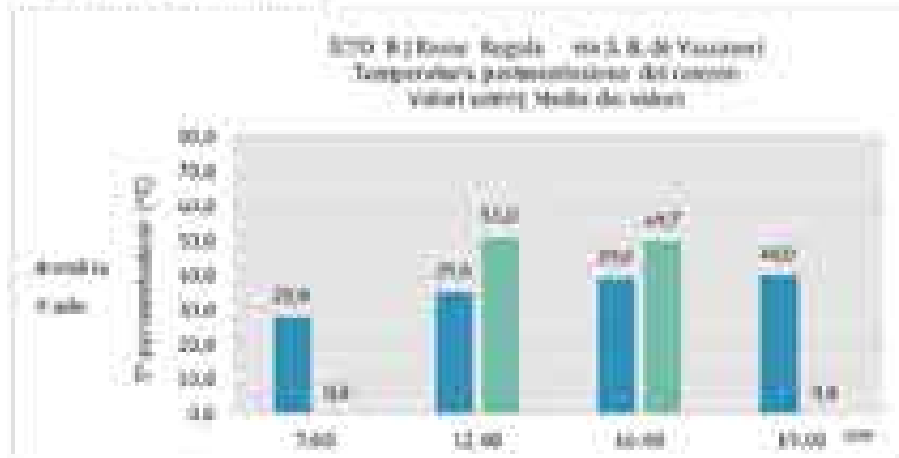
Umidità relativa



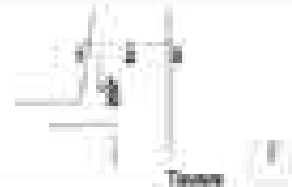
Temperatura specifici verticali



Temperatura paravento



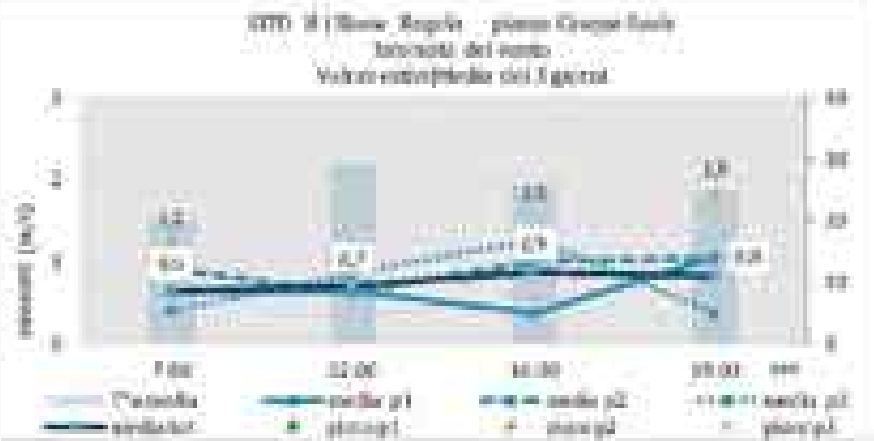
PUNTO N° 3-4



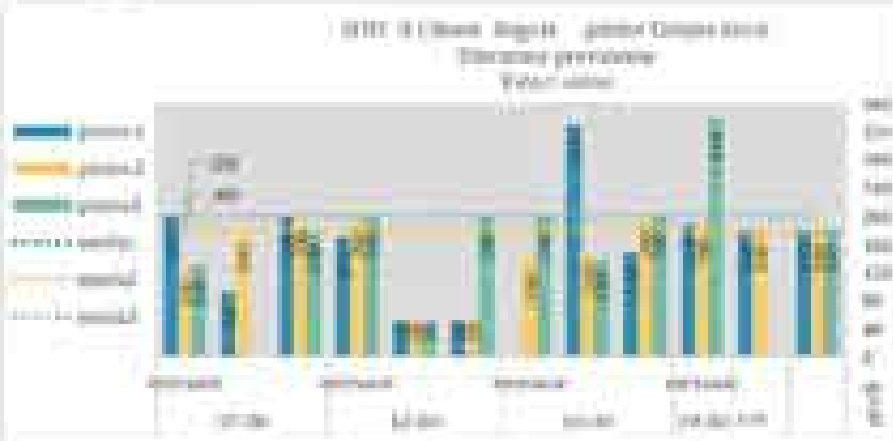
Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Compi

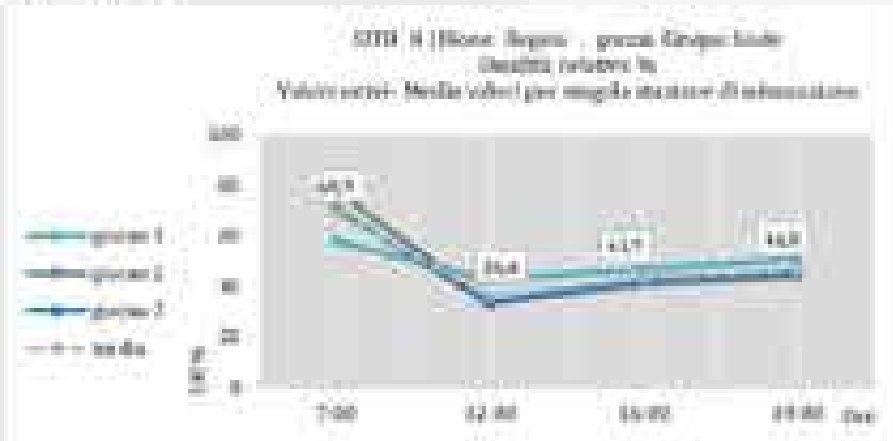
Tasso



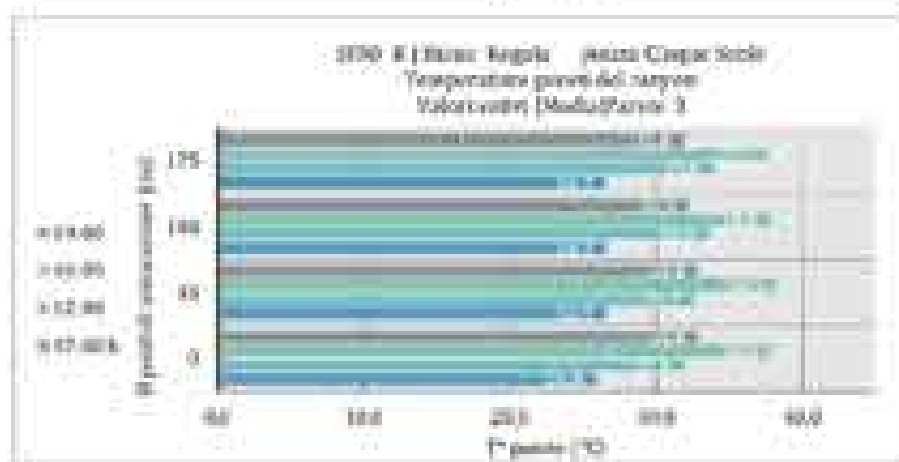
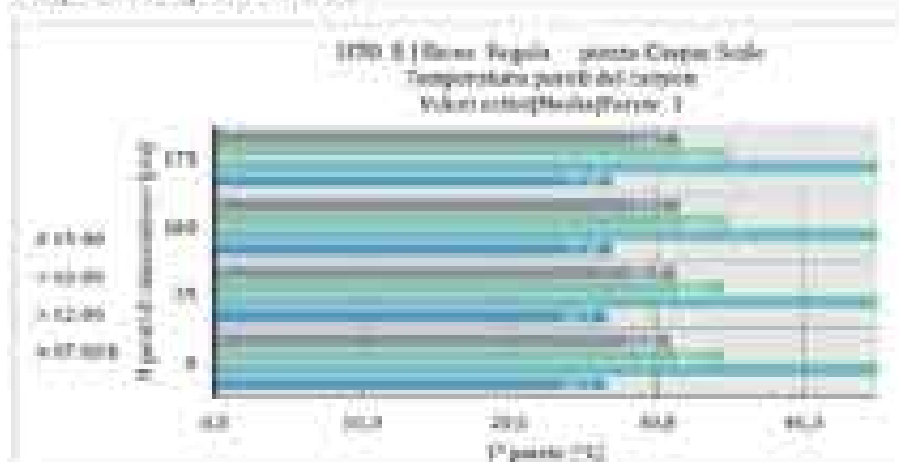
Direzione prevalente



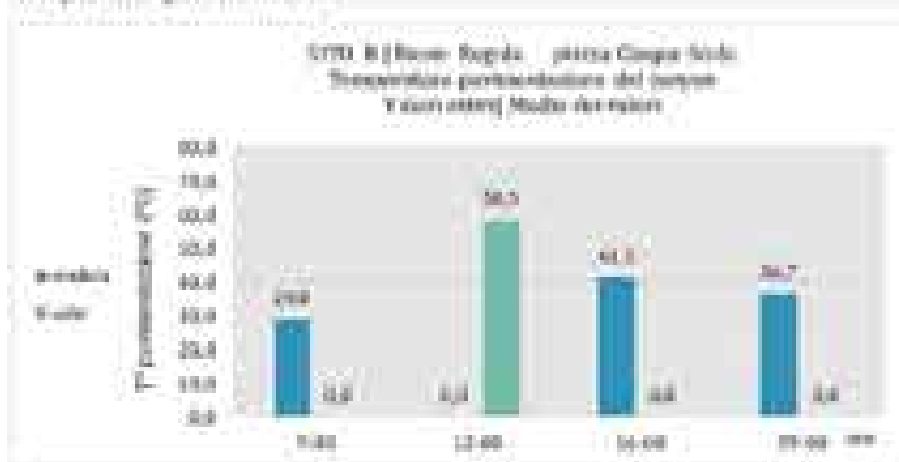
Umidità relativa

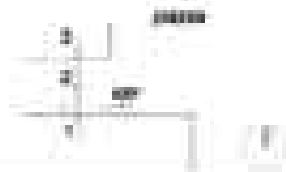


Temperatura específica vertical



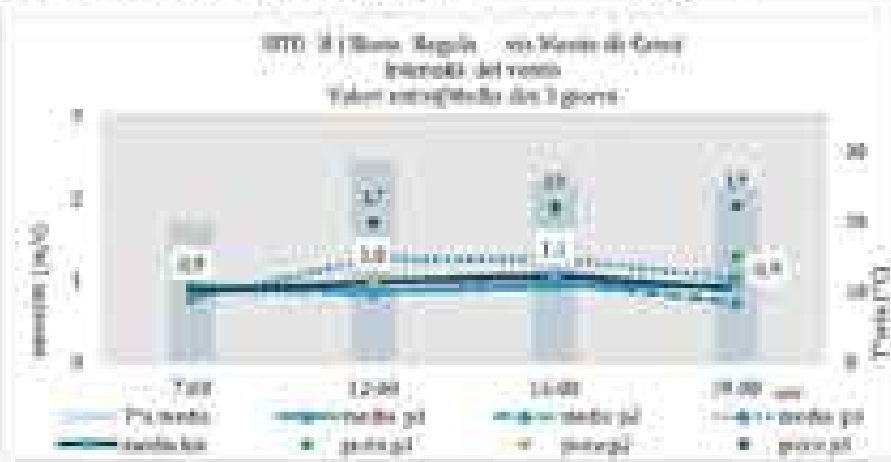
Temperatura por inundación



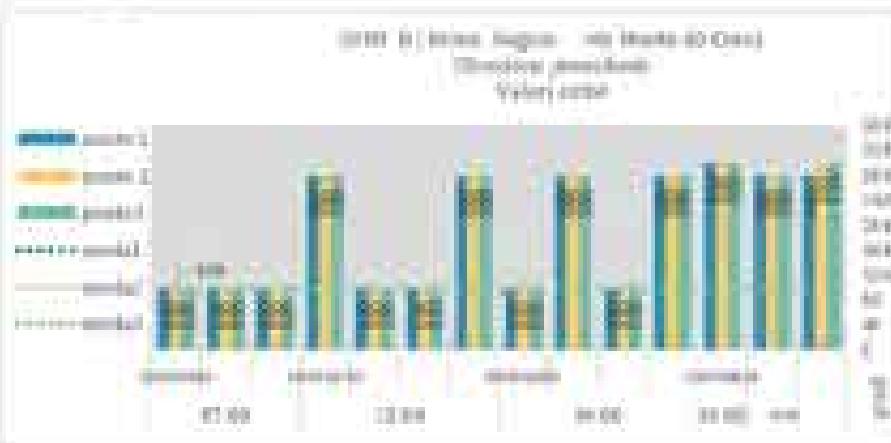


Pressione e temperatura dell'aria

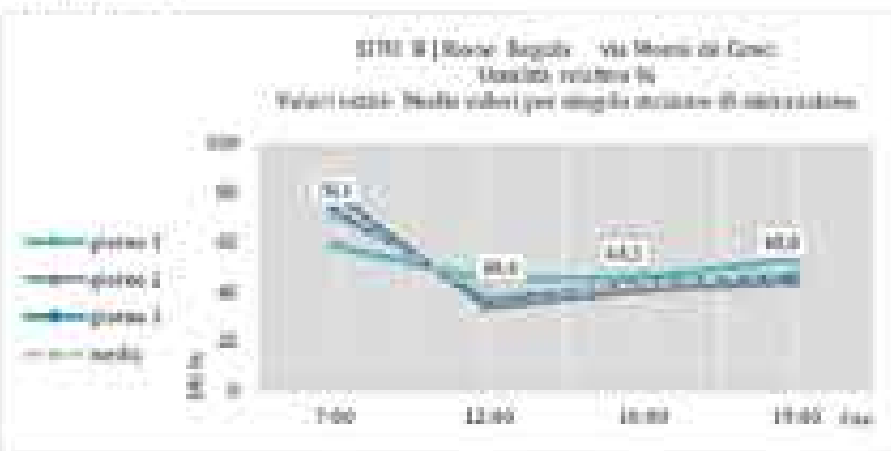
Esmp



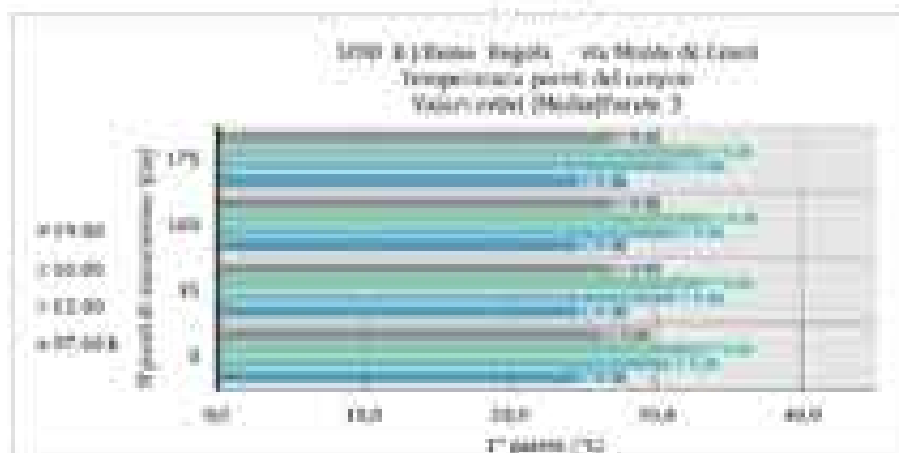
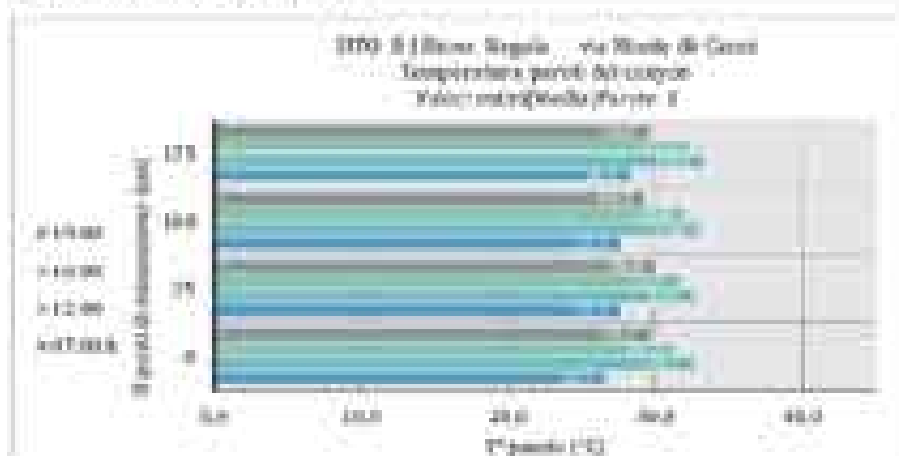
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura specific vertical



Temperatura personalizzazione



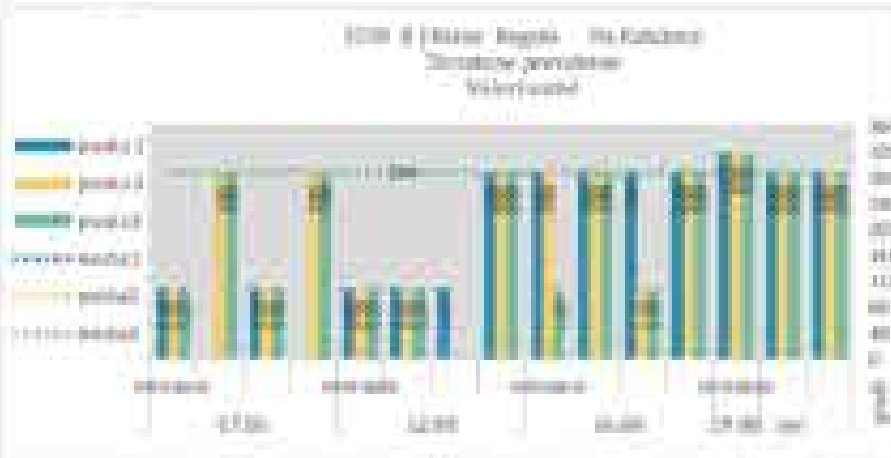


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

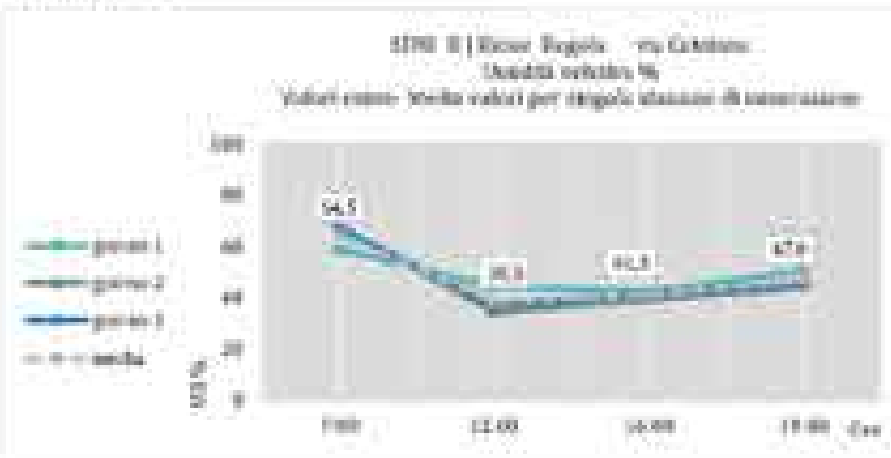
Esmap



Direzione prevalente

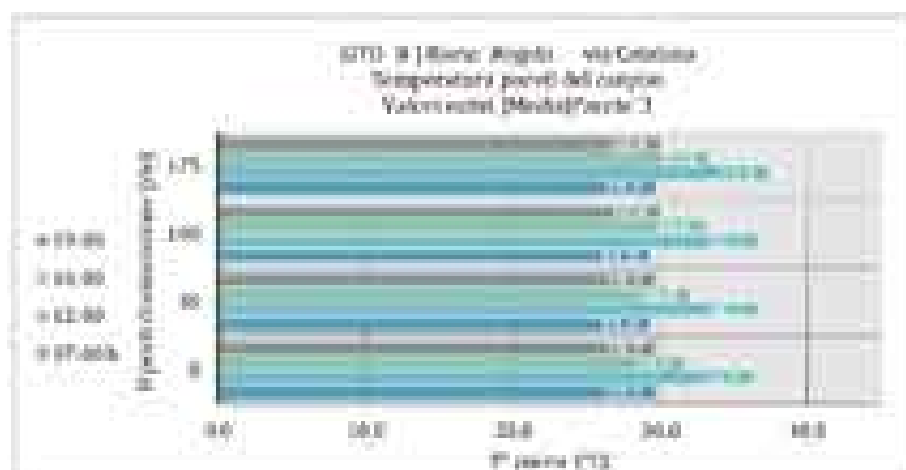
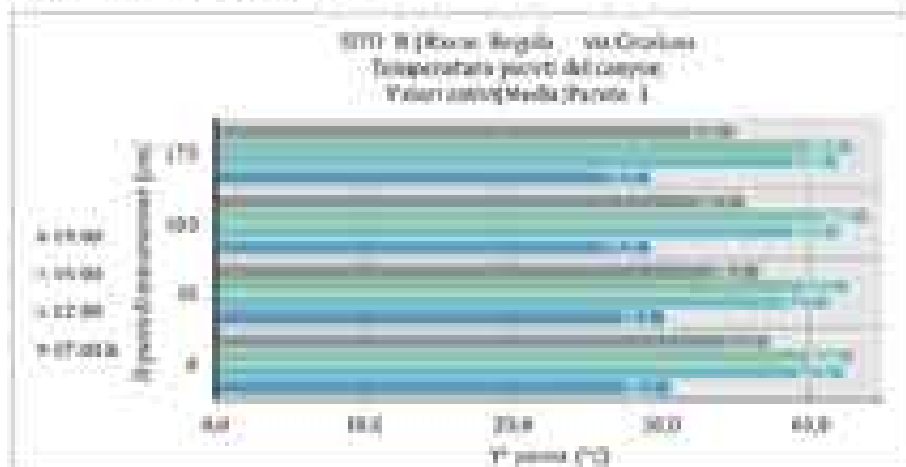


Umidità relativa

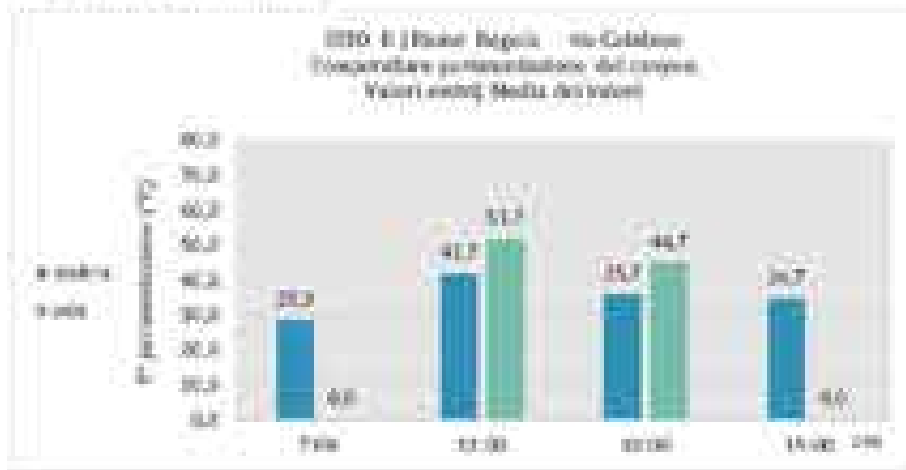




Temperatura specifici verticali



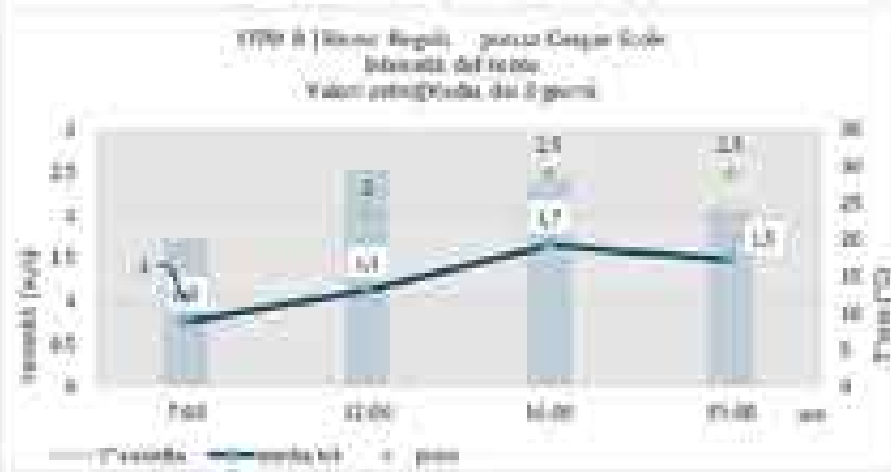
Temperatura paraventoazione



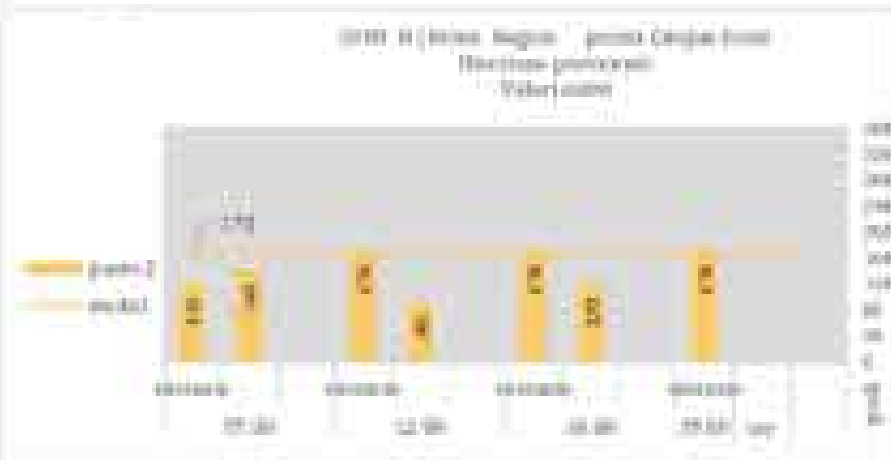


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

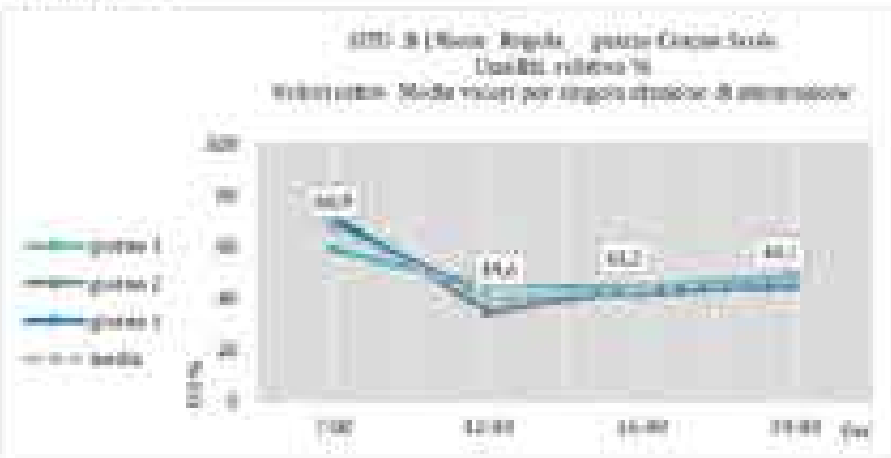
Esmp



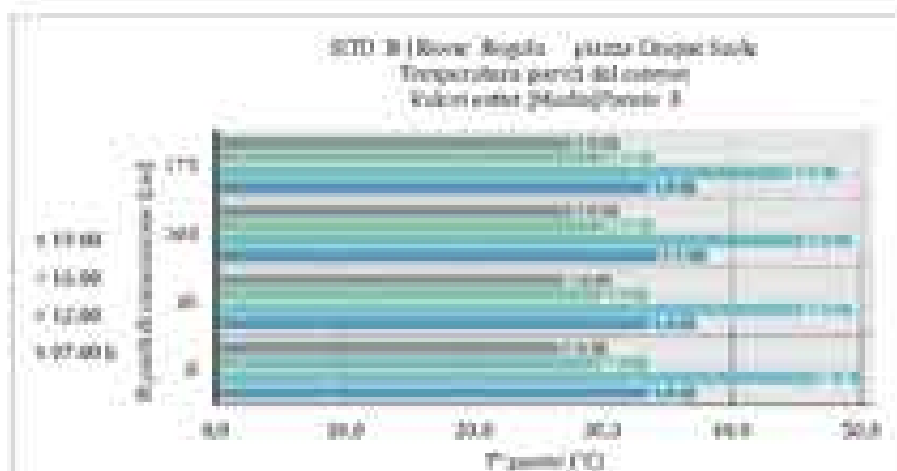
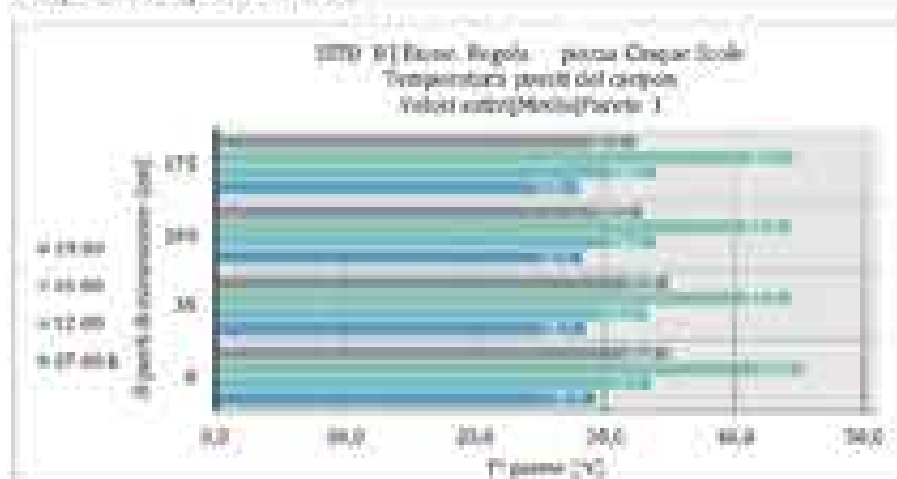
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura generalizzazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria

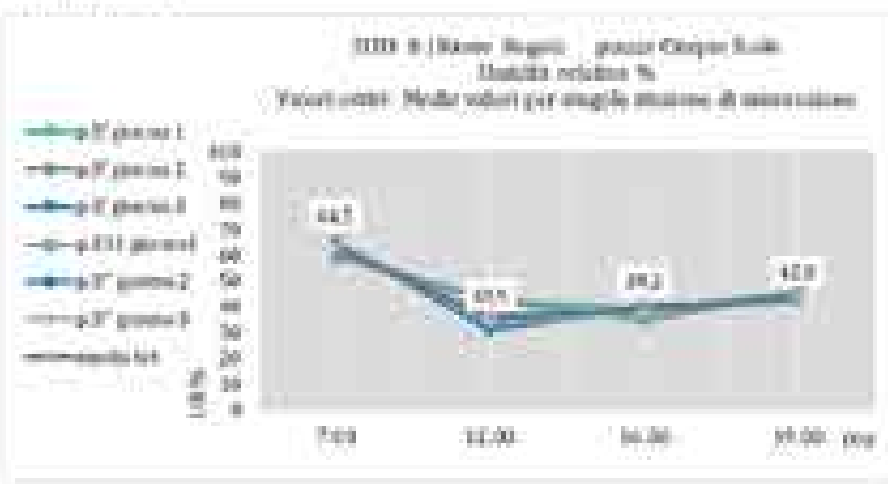
Esmp



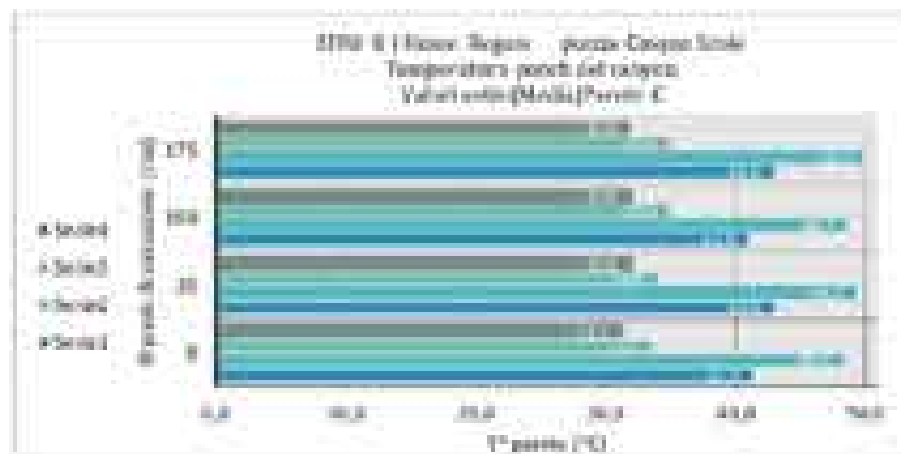
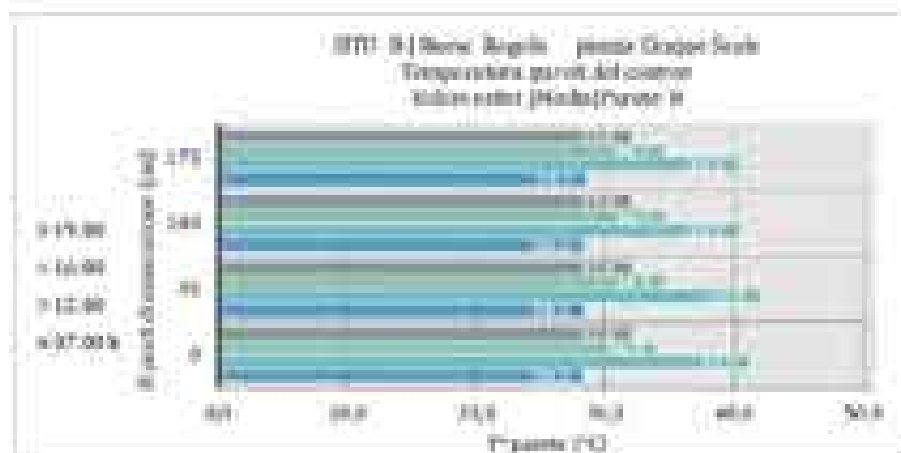
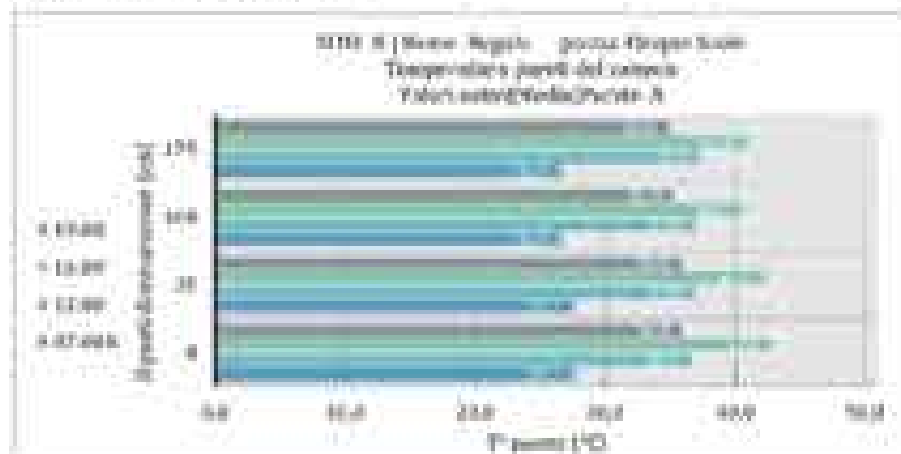
Direzione prevalente



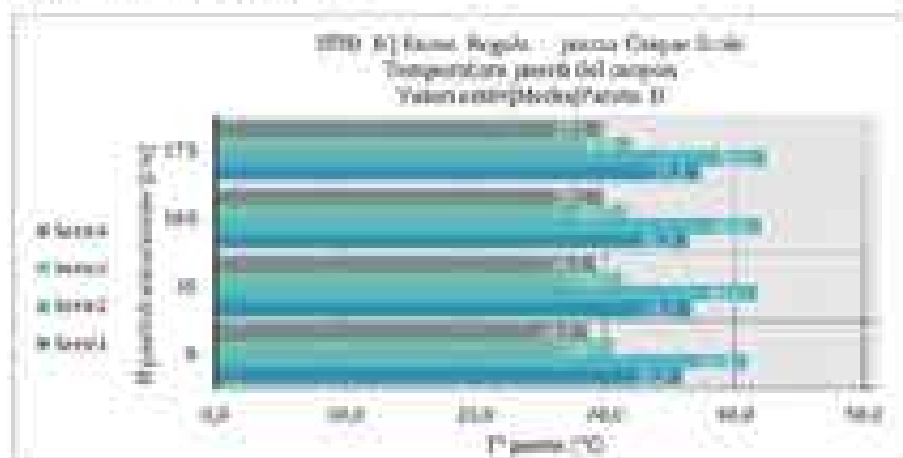
Umidità relativa



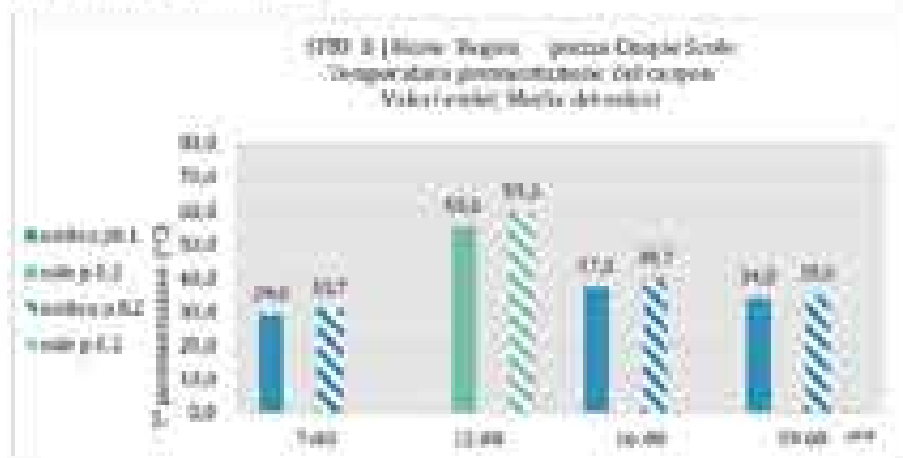
Temperatura específica vertical



Temperatura specific vertical



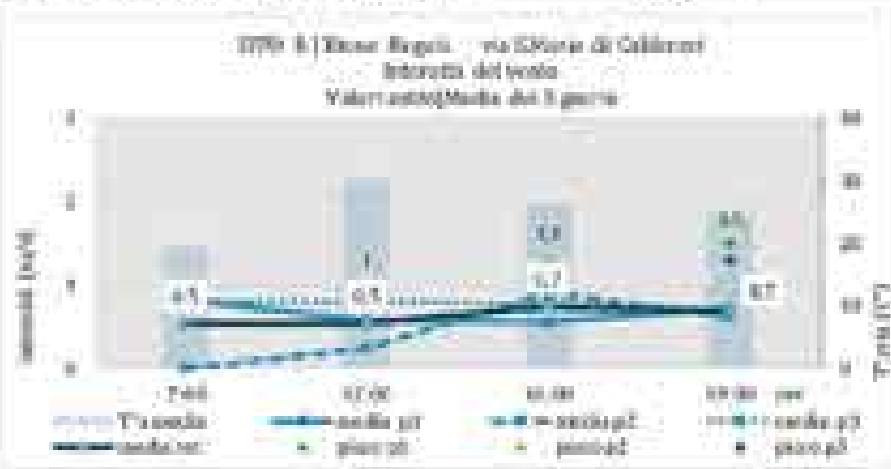
Temperatura paraventazione



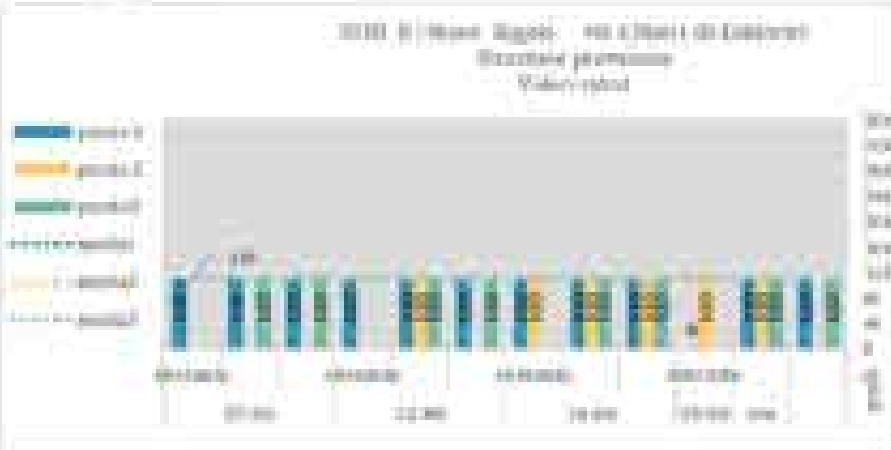


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

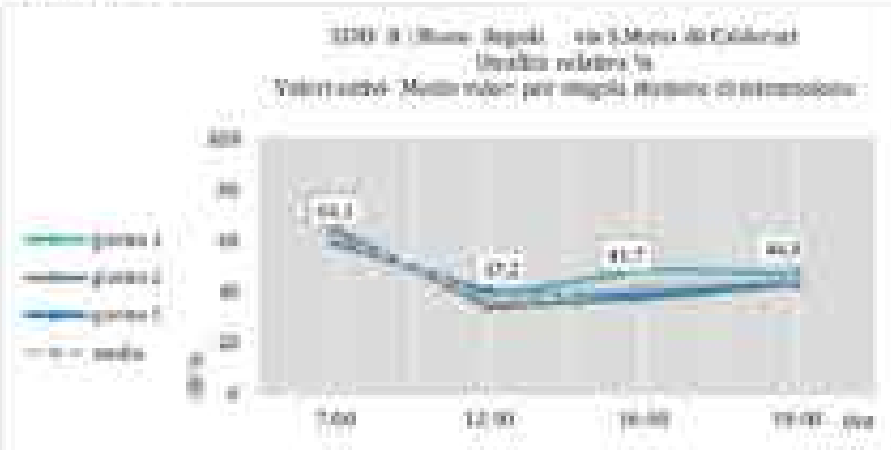
Esmp



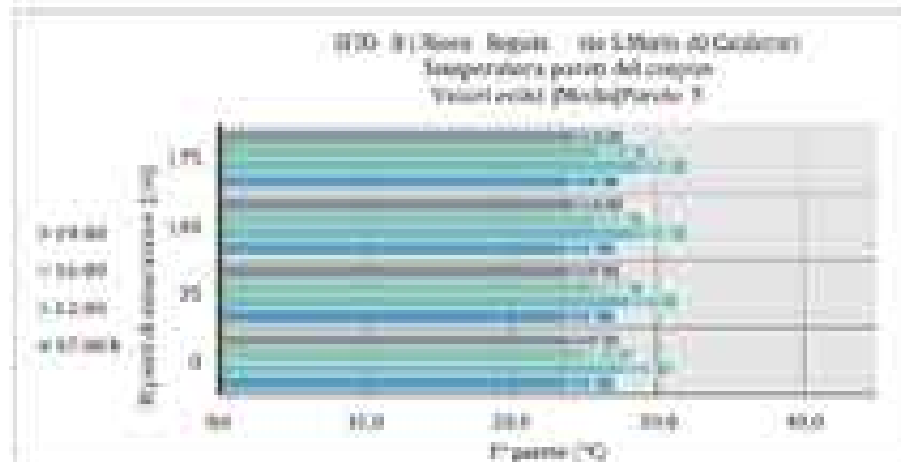
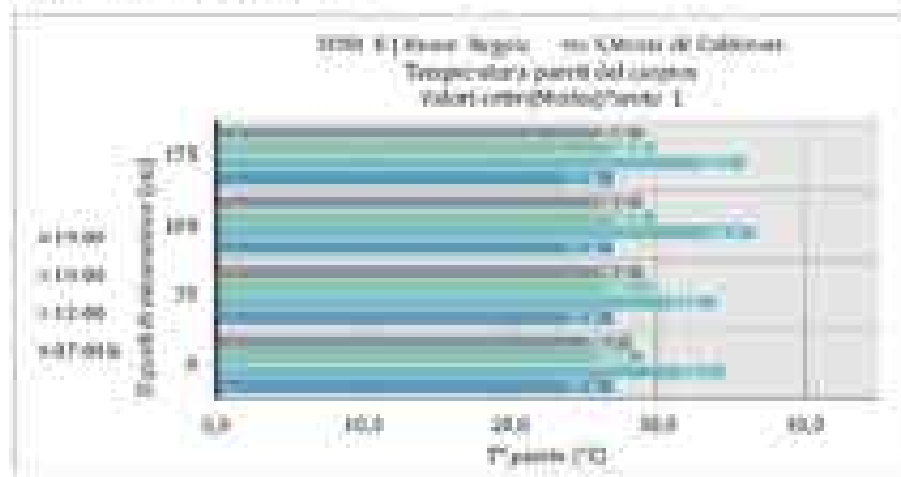
Direzione prevalente



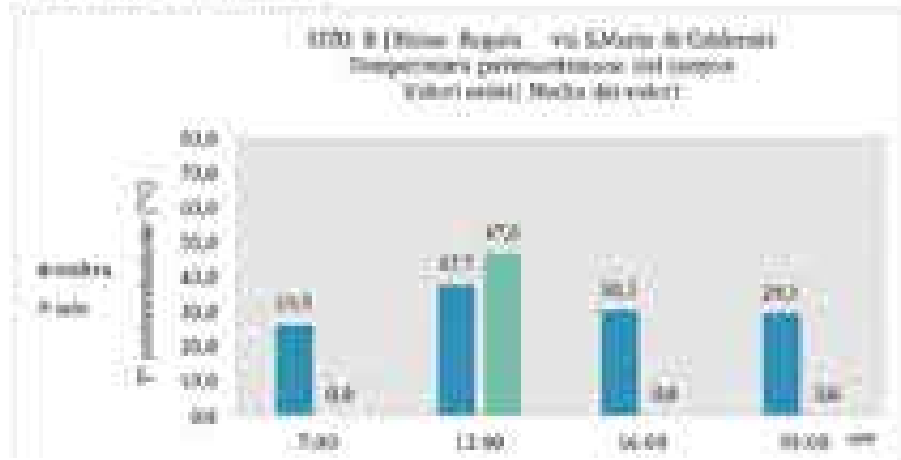
Umidità relativa



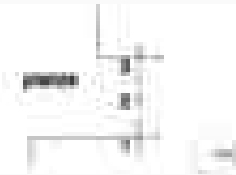
Temperatura specific verticali



Temperatura paravento/soffice

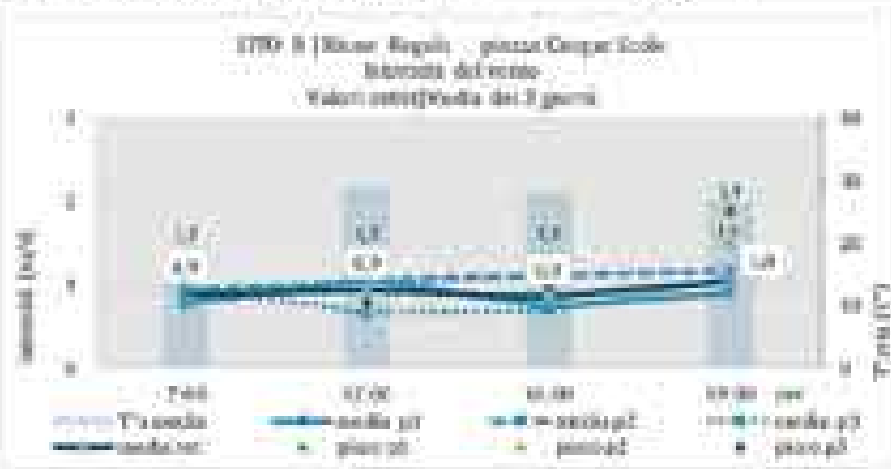




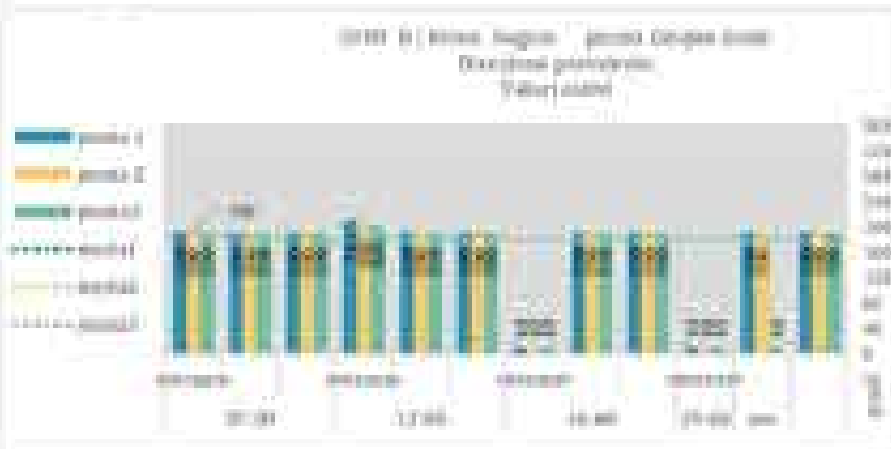


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

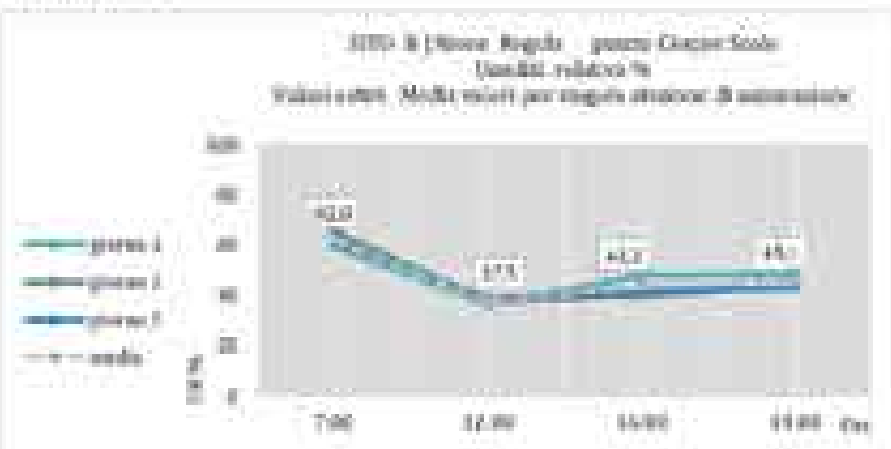
Esmp



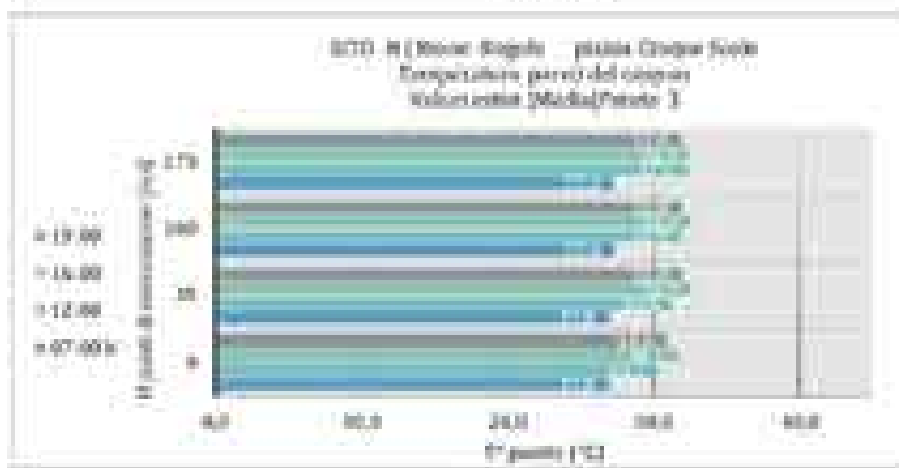
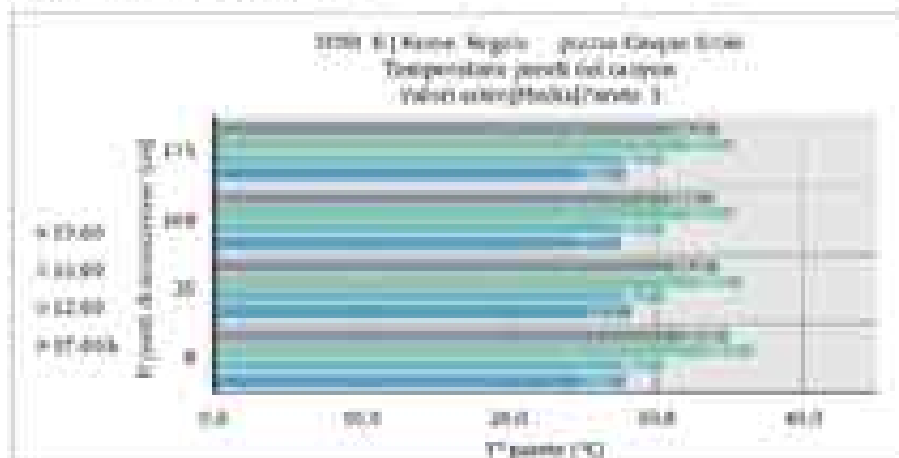
Direzione prevalente



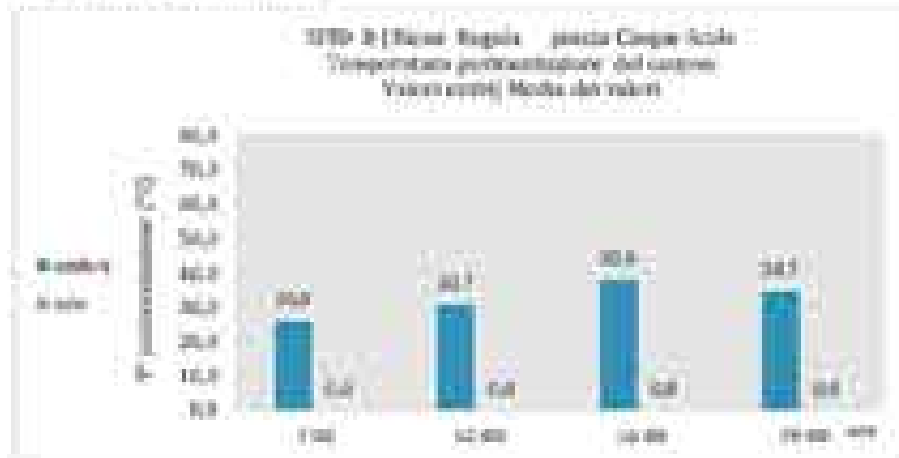
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali

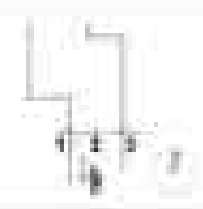


Temperatura preriscaldamento

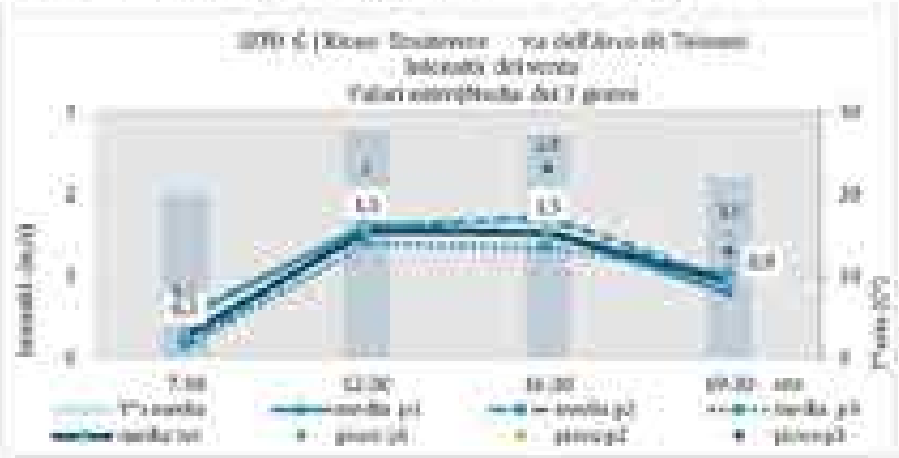




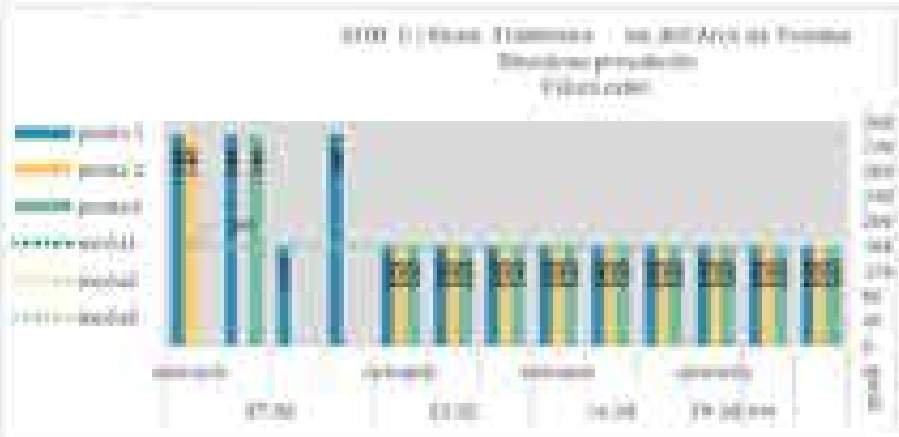
Periodo di osservazione: estivo  
 Cielo 00-04-25 luglio 2016  
 Condizioni meteo: prevalentemente sereno



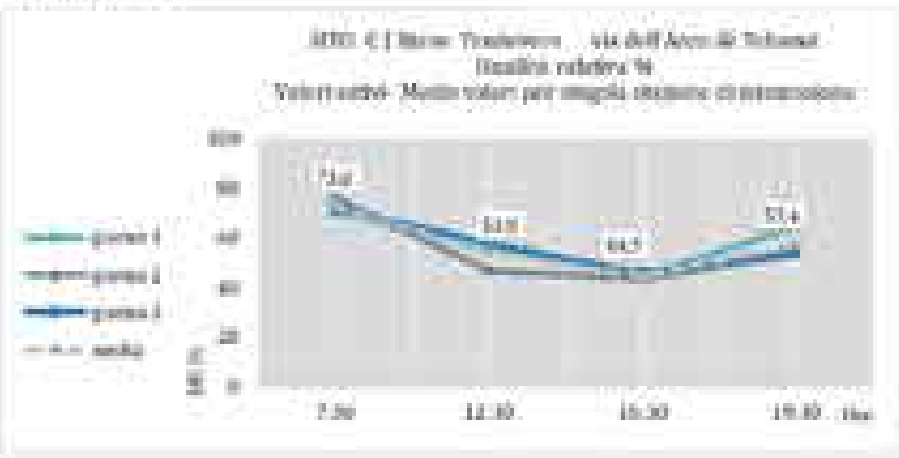
Intensità prevalente e temperatura dell'aria



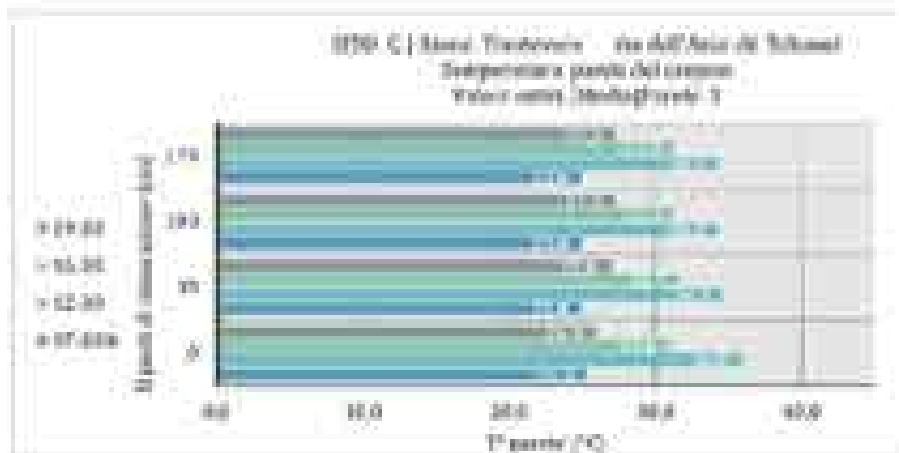
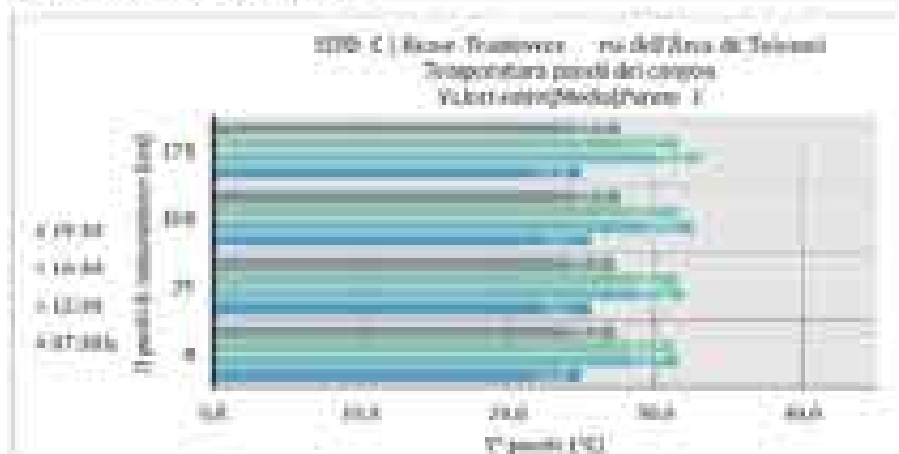
Direzione prevalente



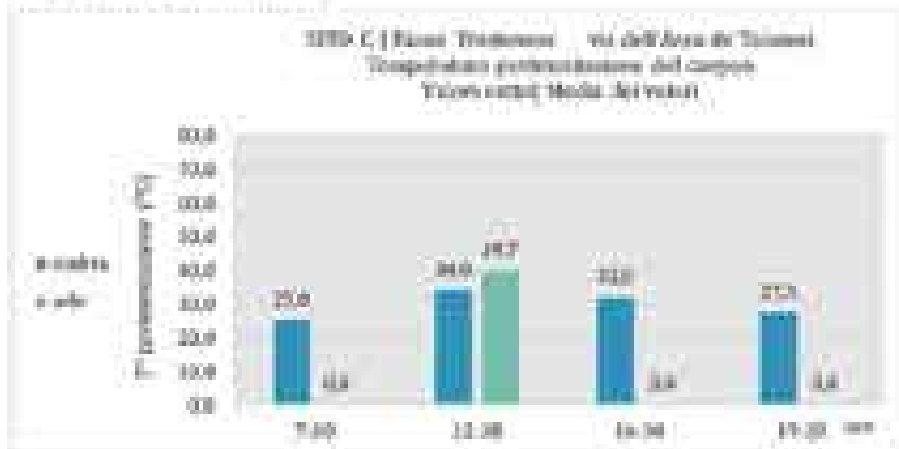
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



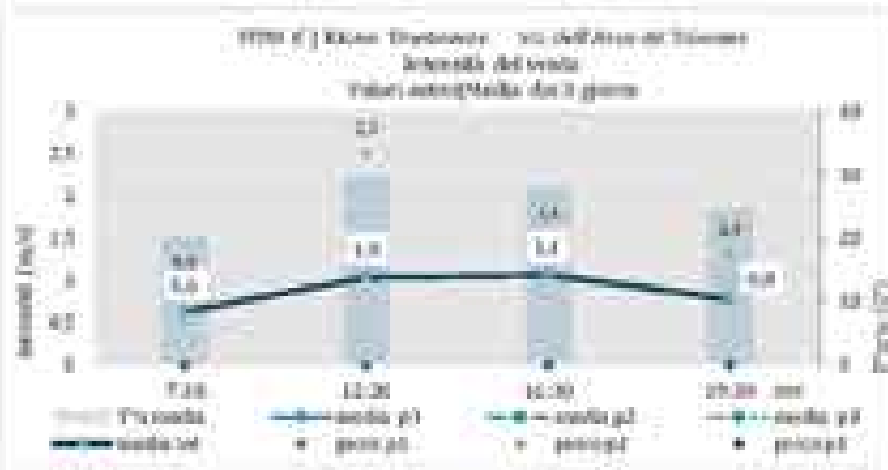
Temperatura generalizzazione



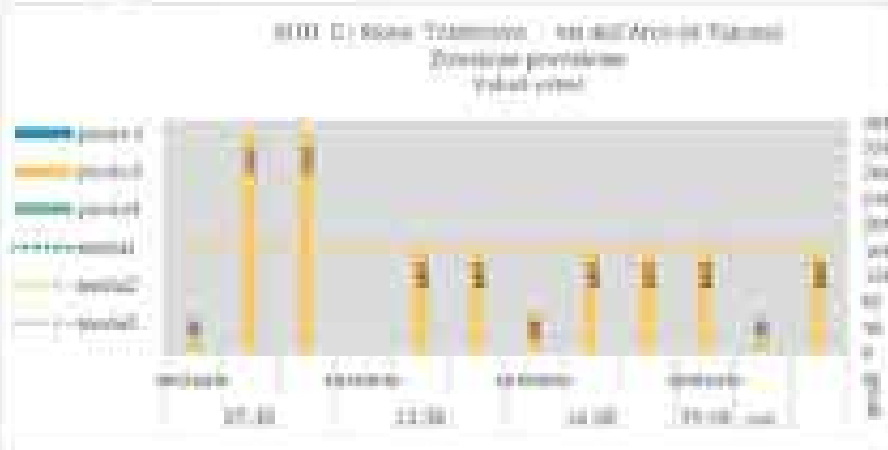


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

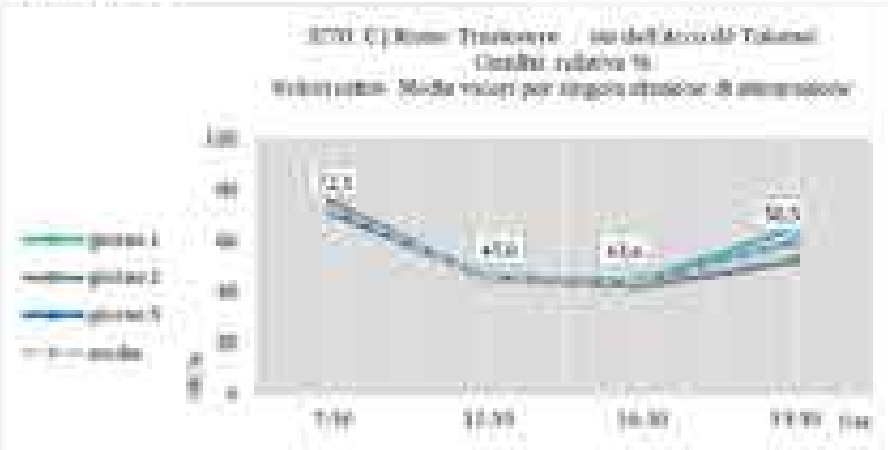
Esmp



Direzione prevalente

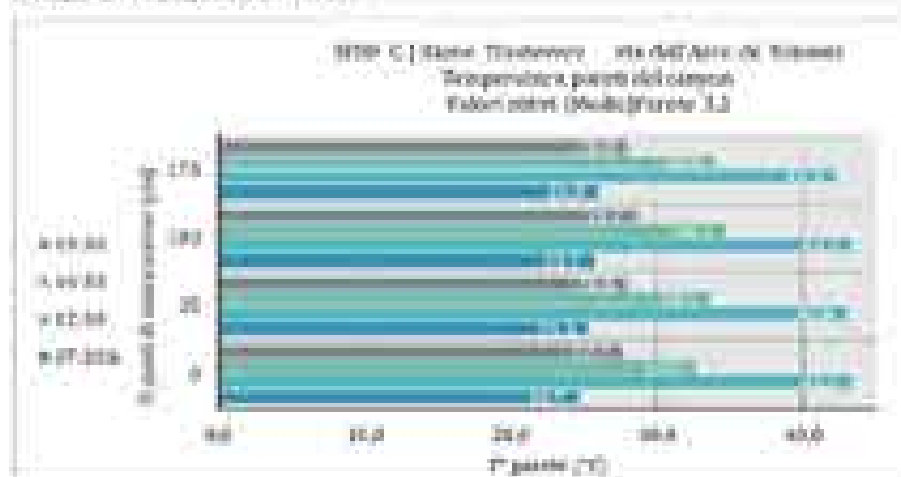


Umidità relativa

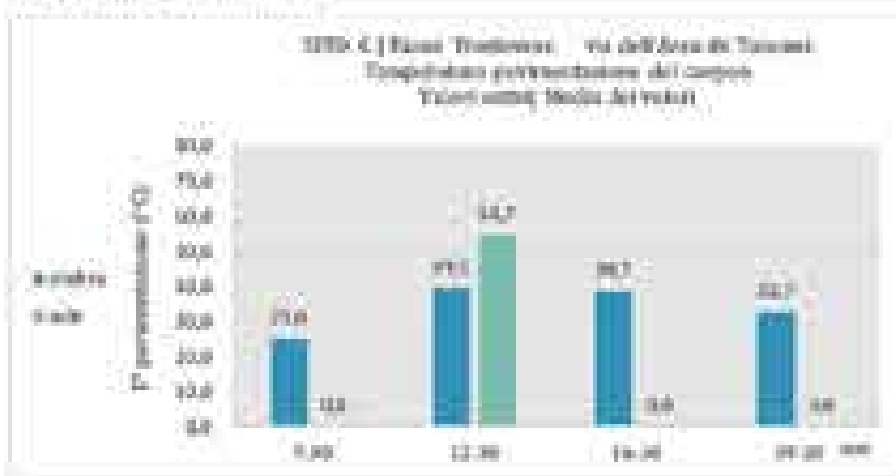




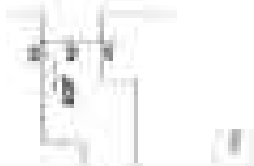
Temperatura specifici verticali



Temperatura paraventazione

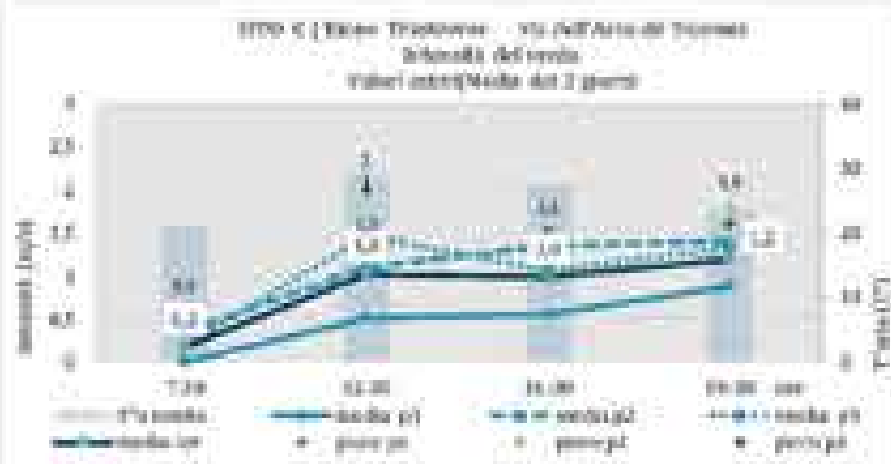




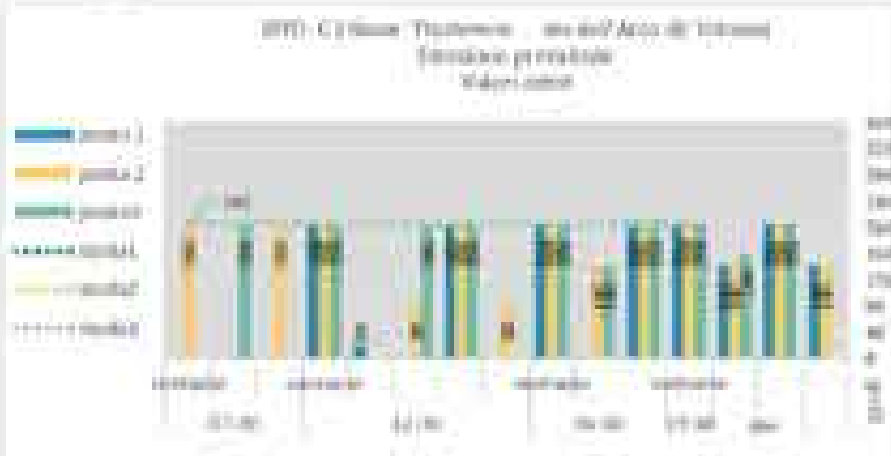


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

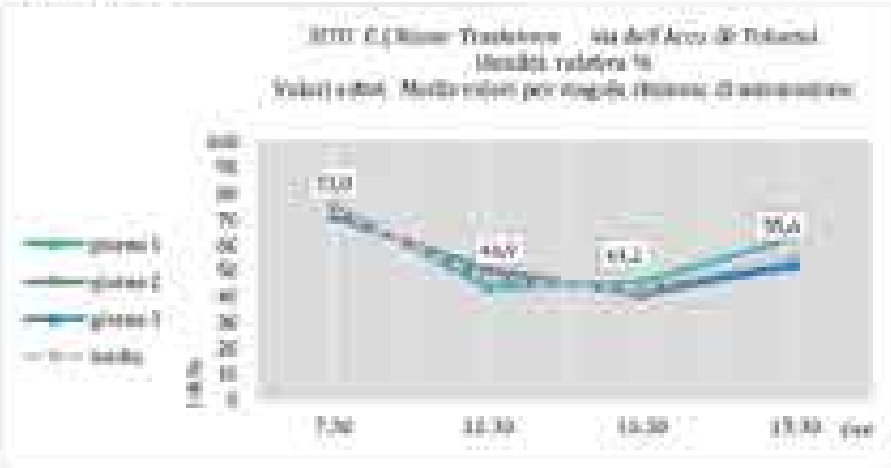
Esmap



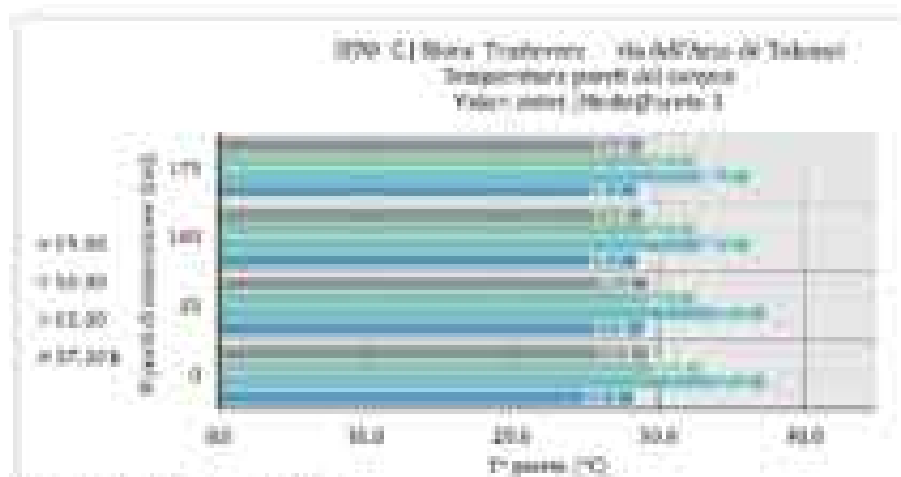
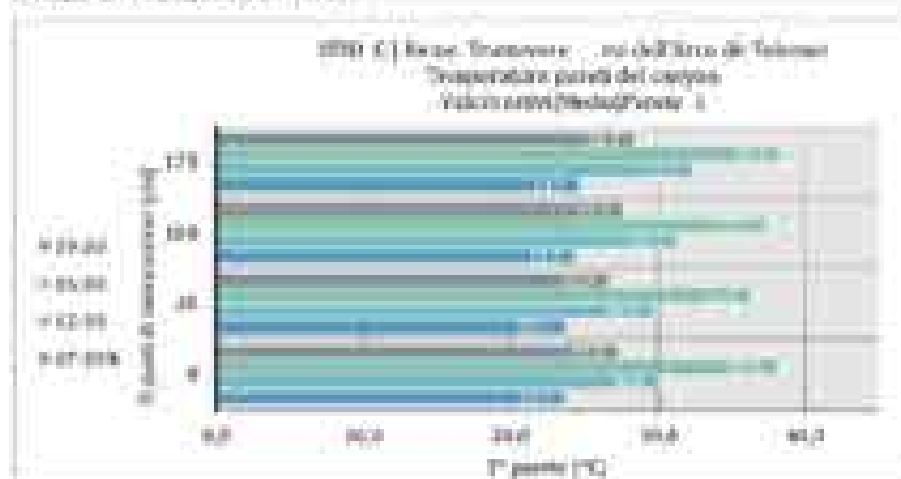
Direzione prevalente



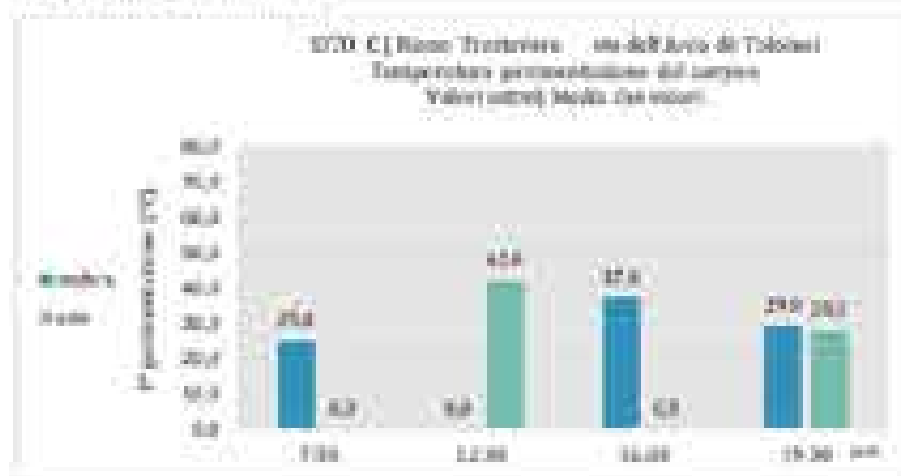
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



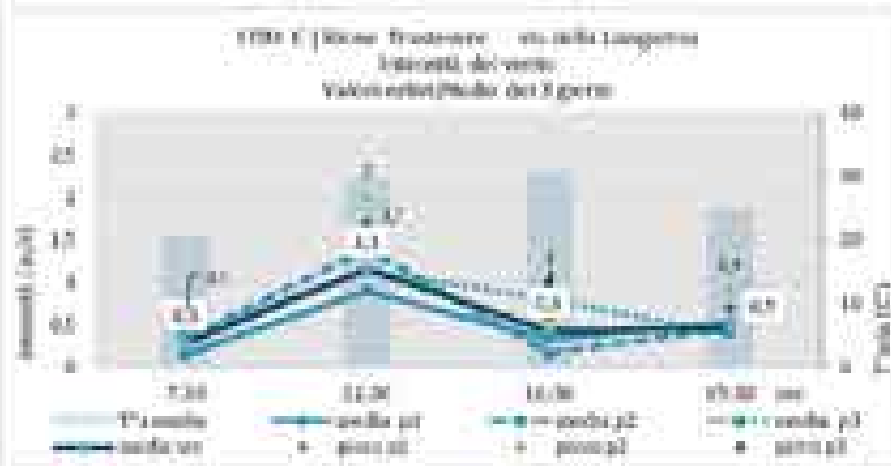
Temperatura generalizzazione



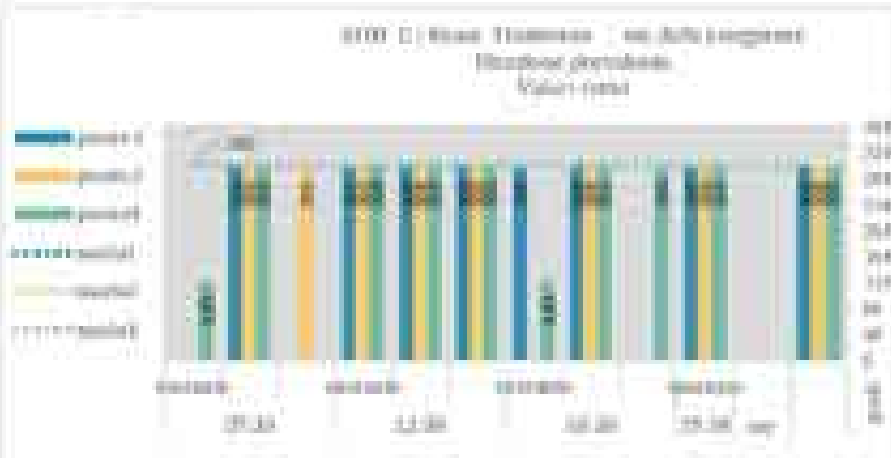


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

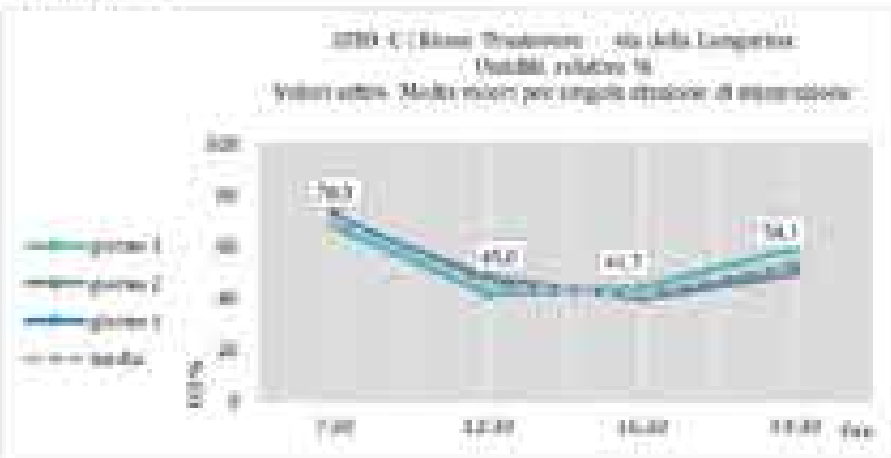
Esmp



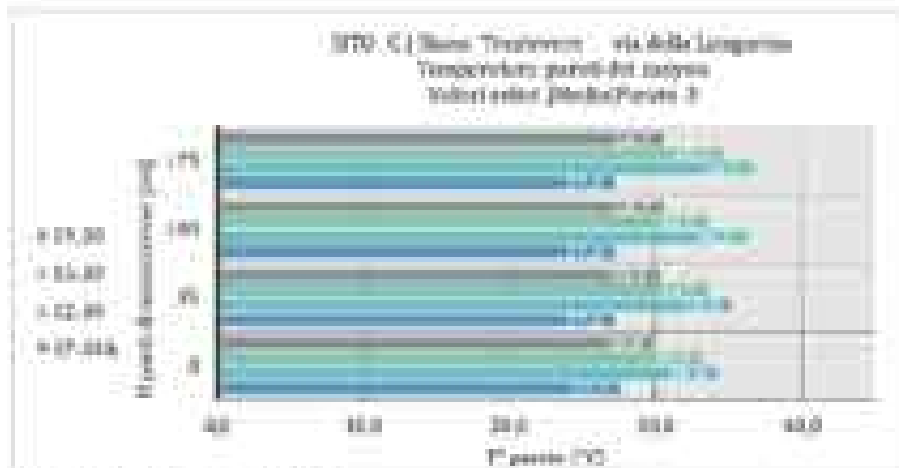
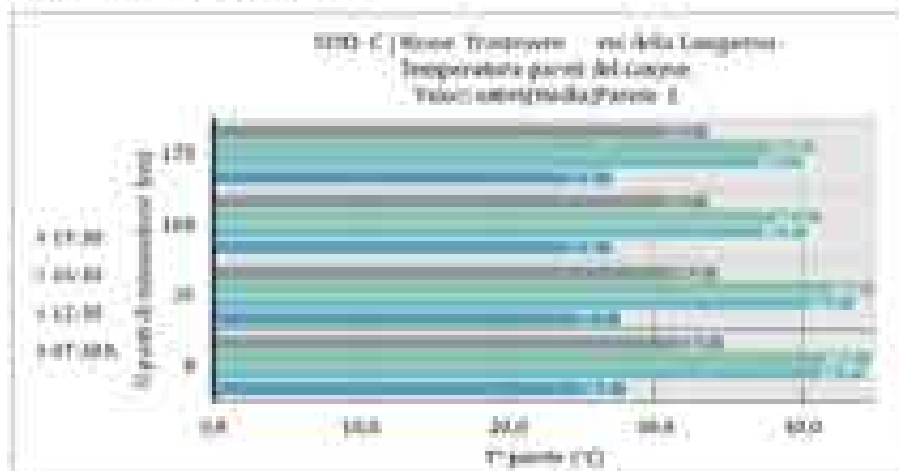
**Direzione prevalente**



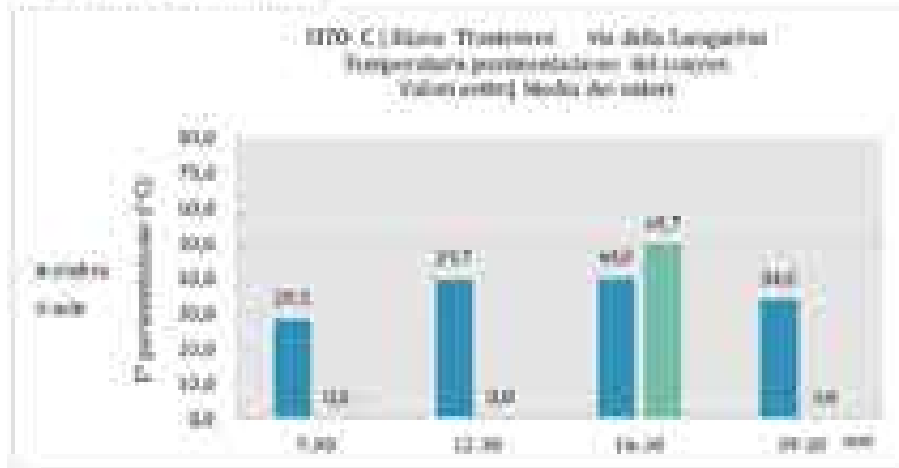
**Umidità relativa**



Temperatura specifici verticali



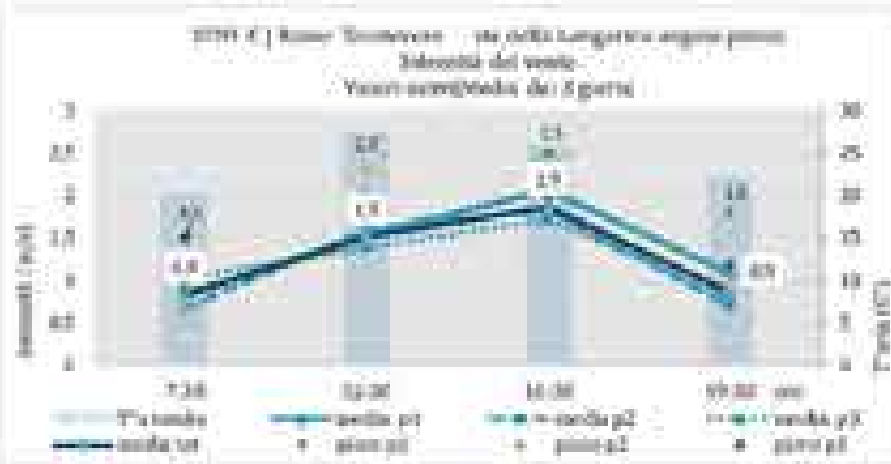
Temperatura parametrizzazione



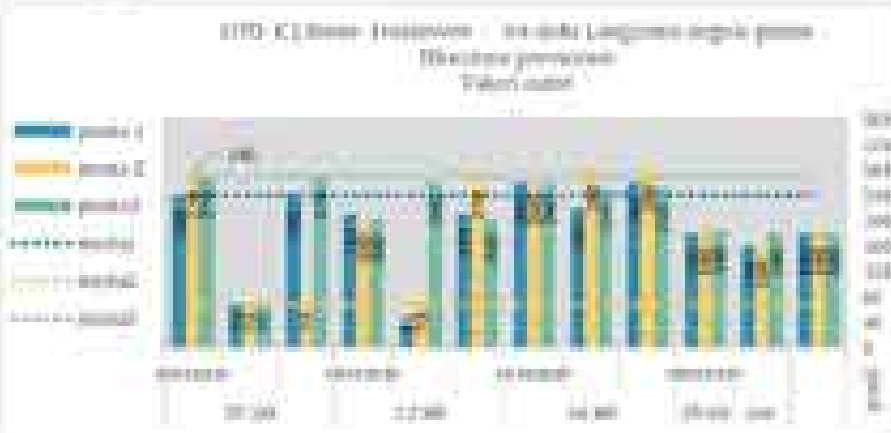


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

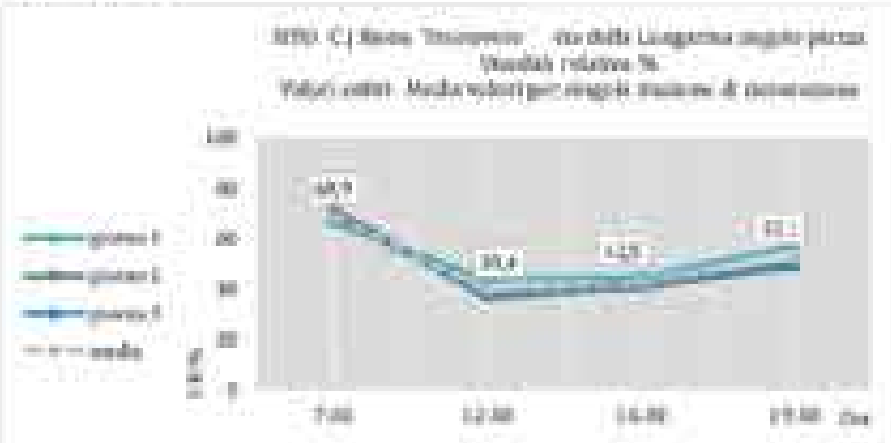
Esmap



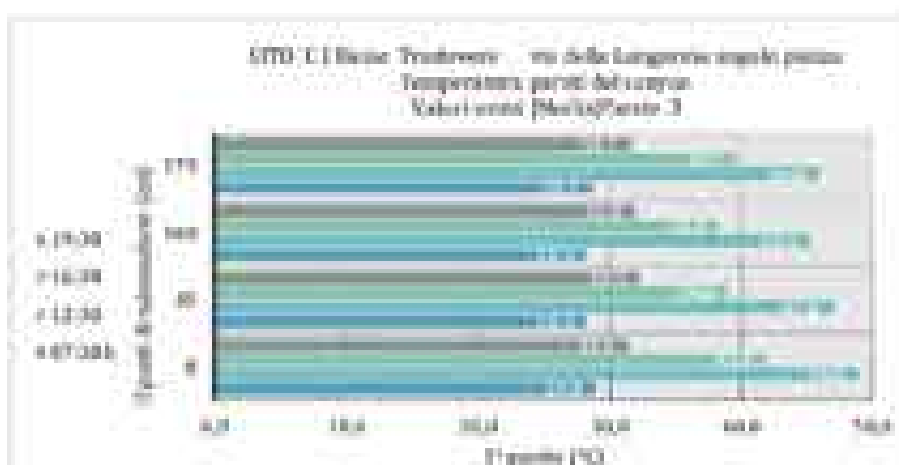
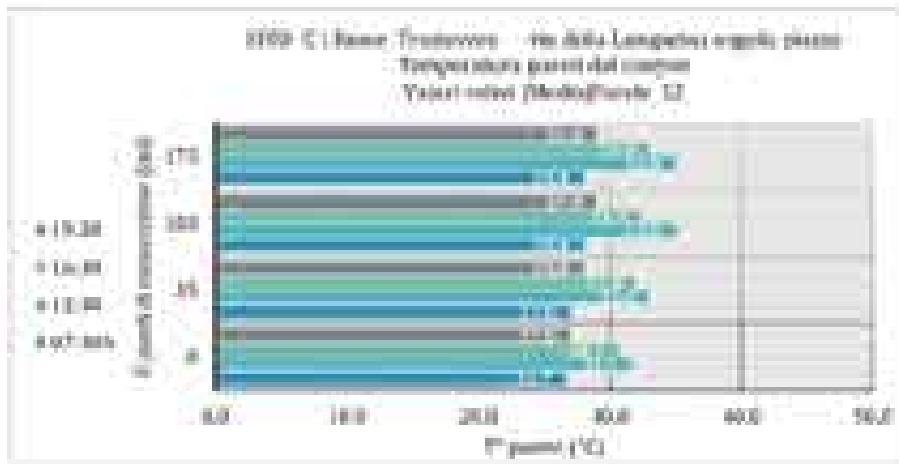
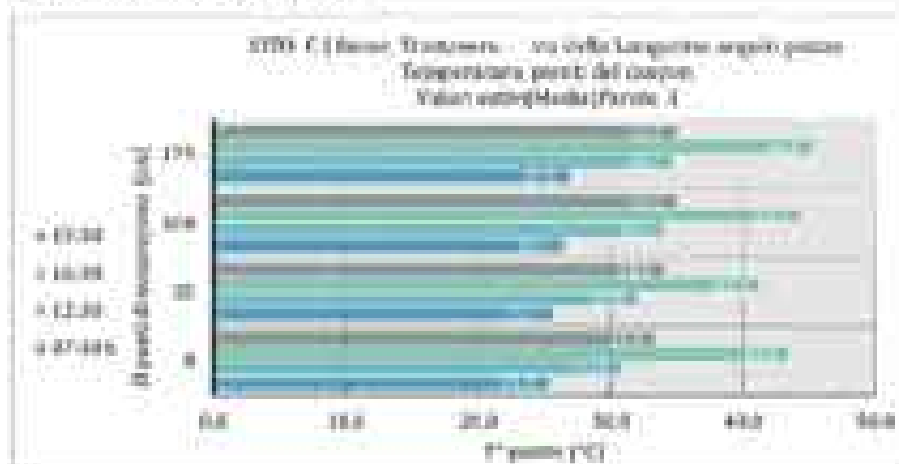
**Direzione prevalente**



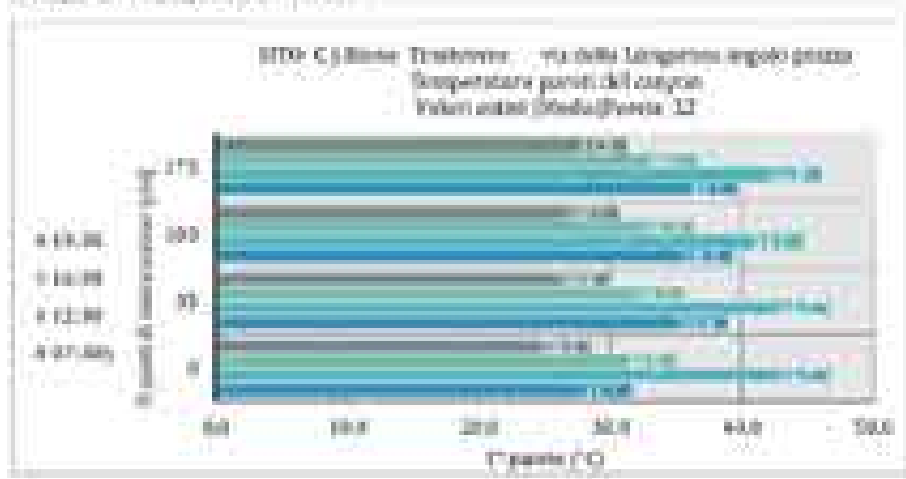
**Umidità relativa**



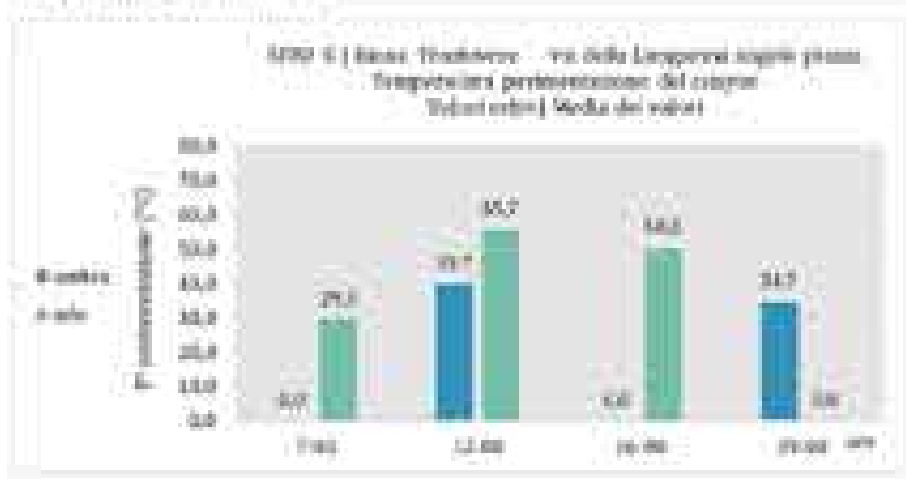
Temperatura specific vertical

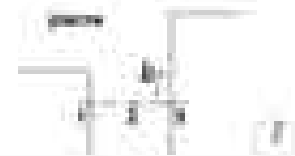


Temperatura specifici verticali



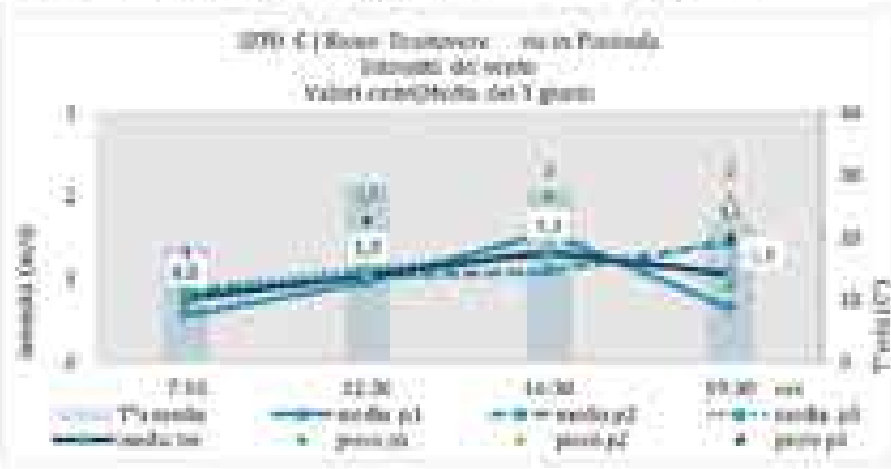
Temperatura preinvestazione





Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

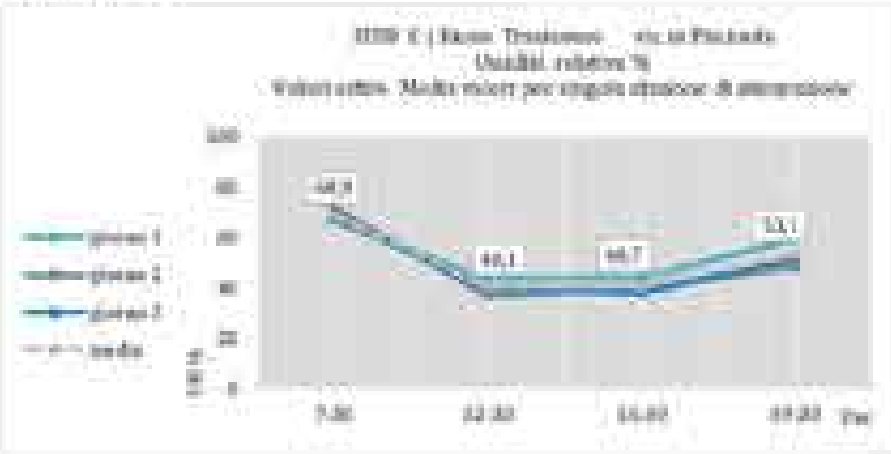
Esmp



Direzione prevalente

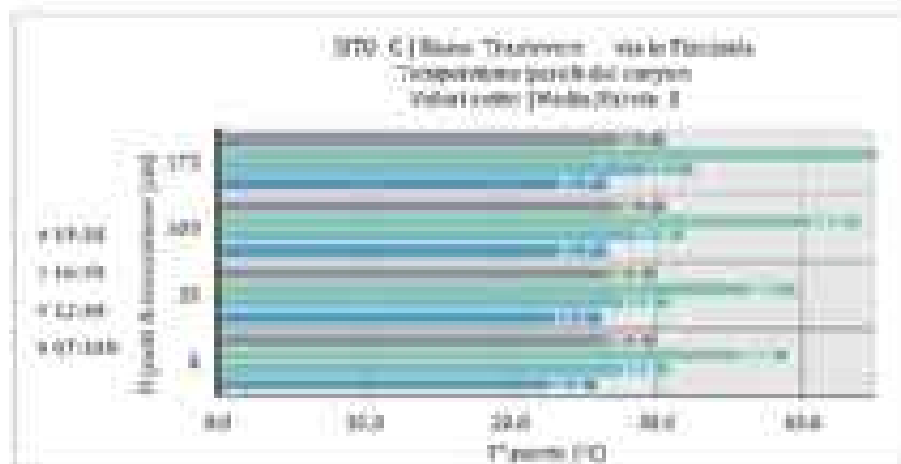
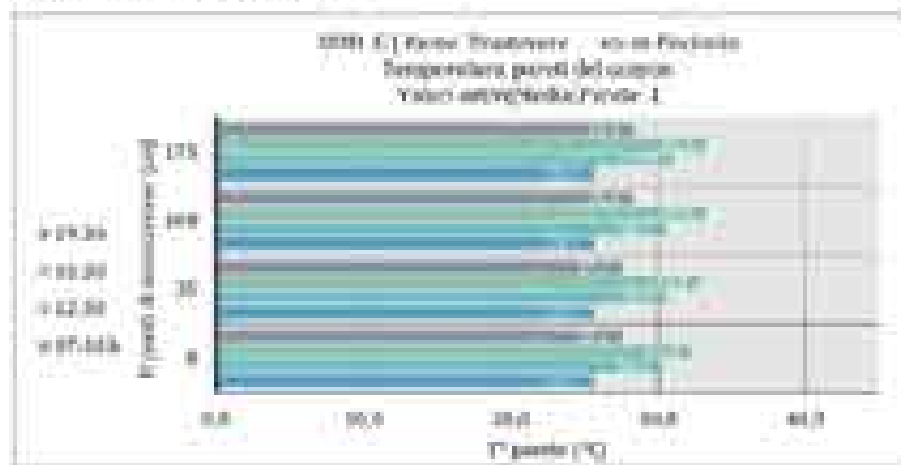


Umidità relativa





Temperatura specifici verticali



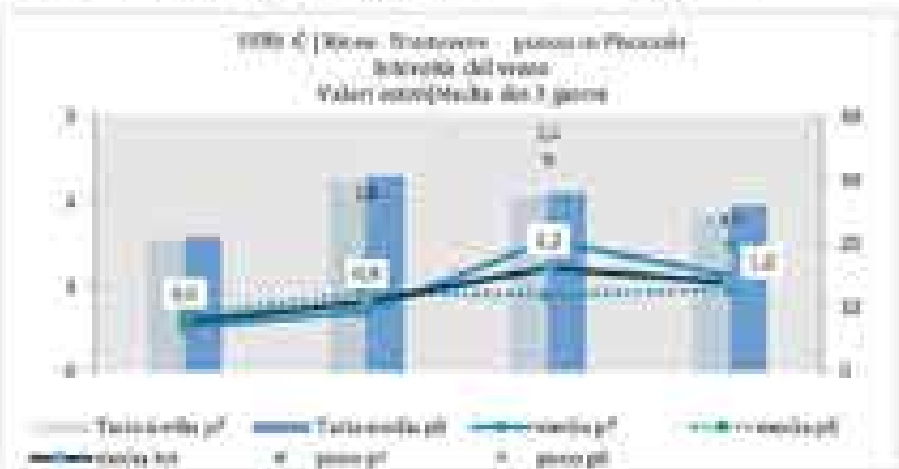
Temperatura pre-infiltrazione



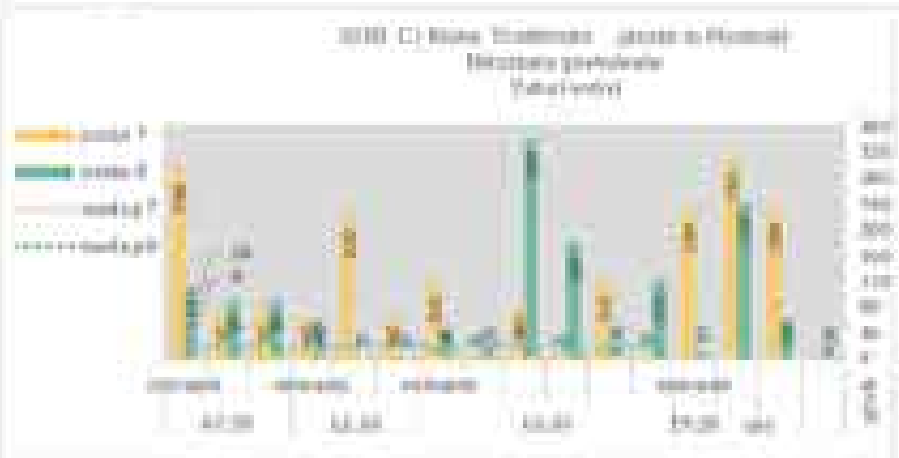


Inquinanti prevalenti e temperatura dell'aria

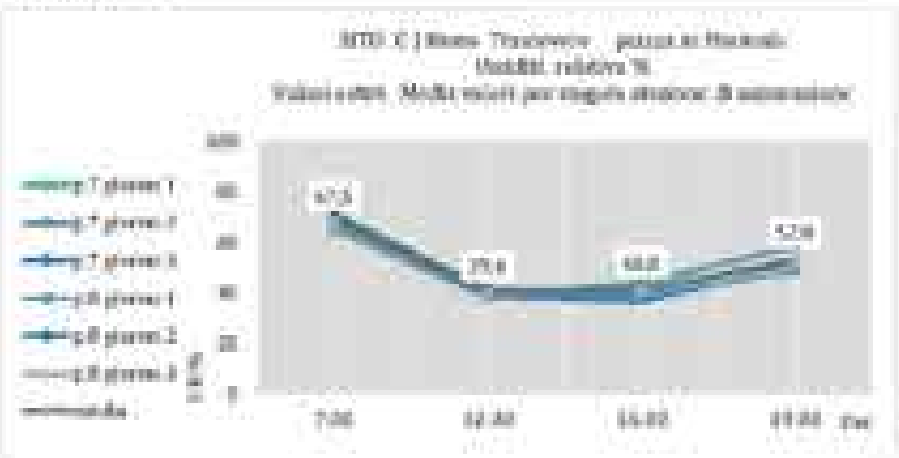
Esmp



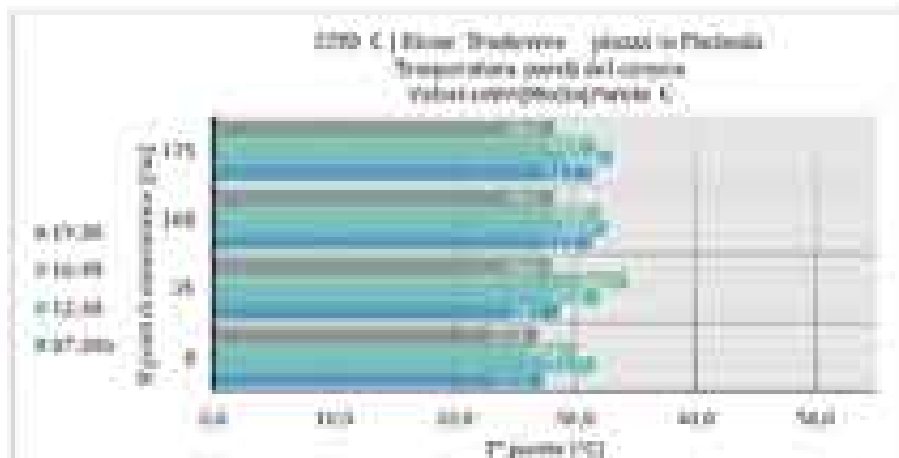
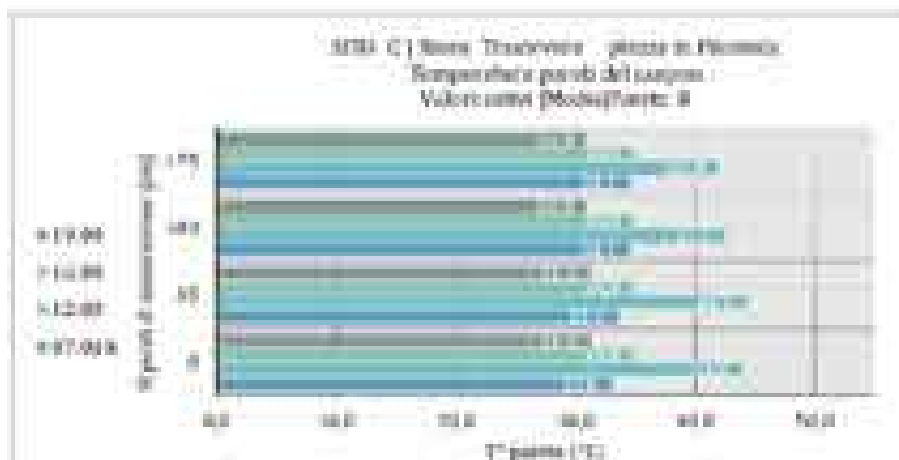
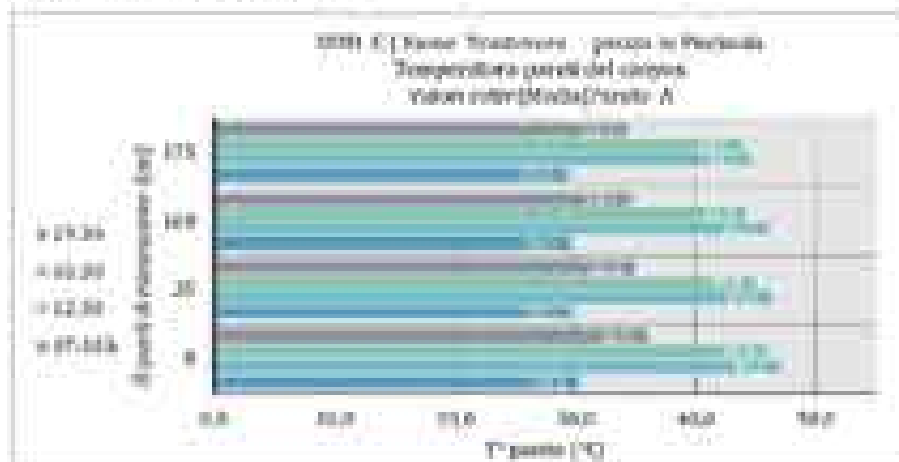
Direzione prevalente



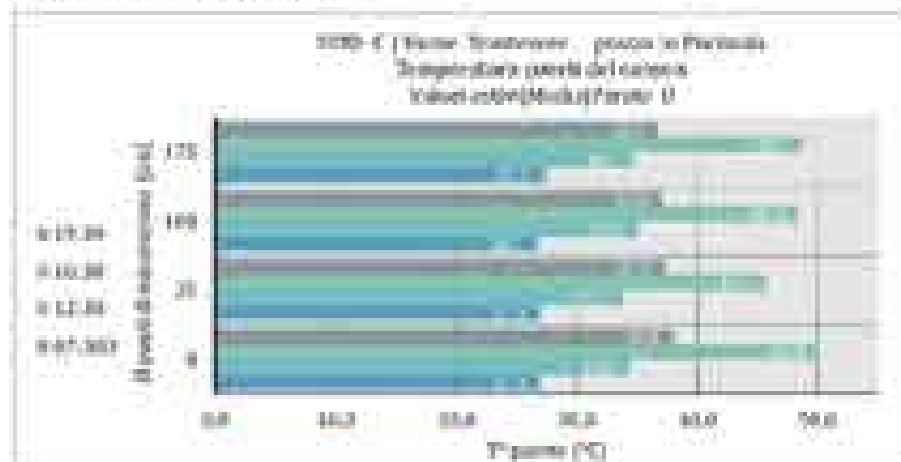
Umidità relativa



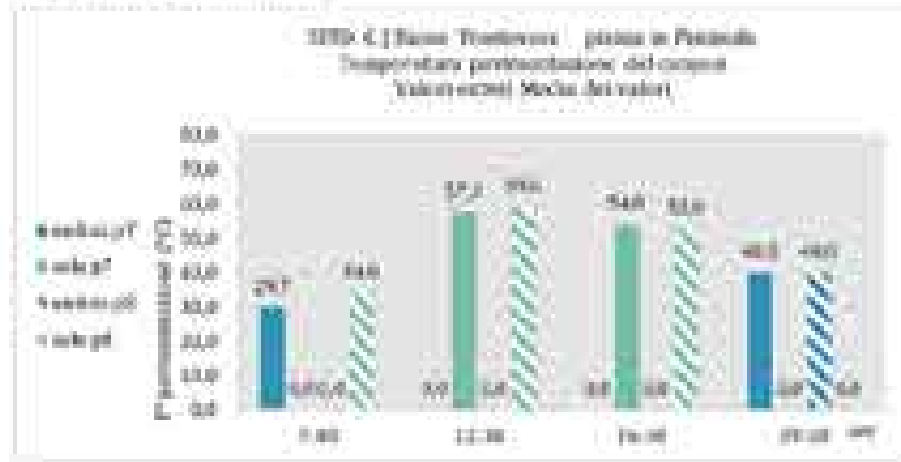
Temperatura specifici verticali



Temperatura specific vertical



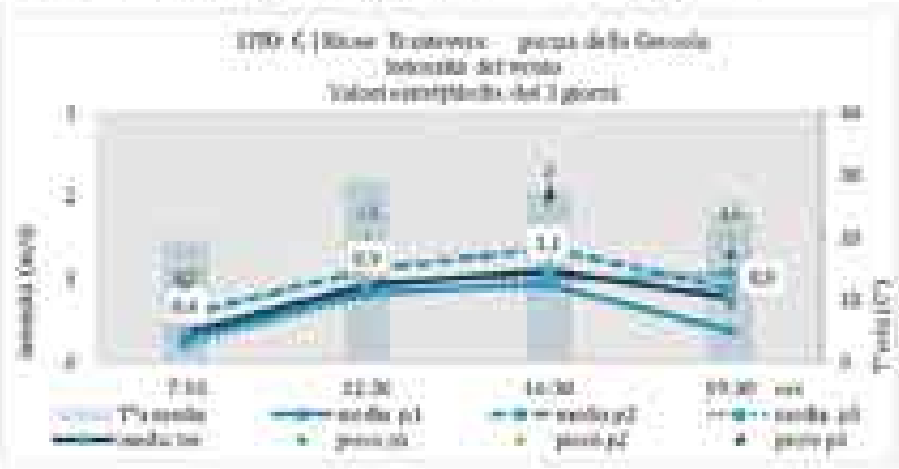
Temperatura per ventilazione



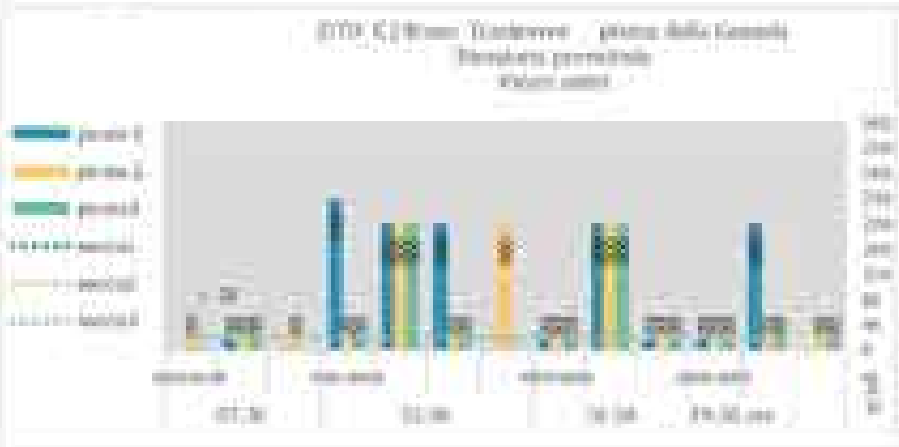


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

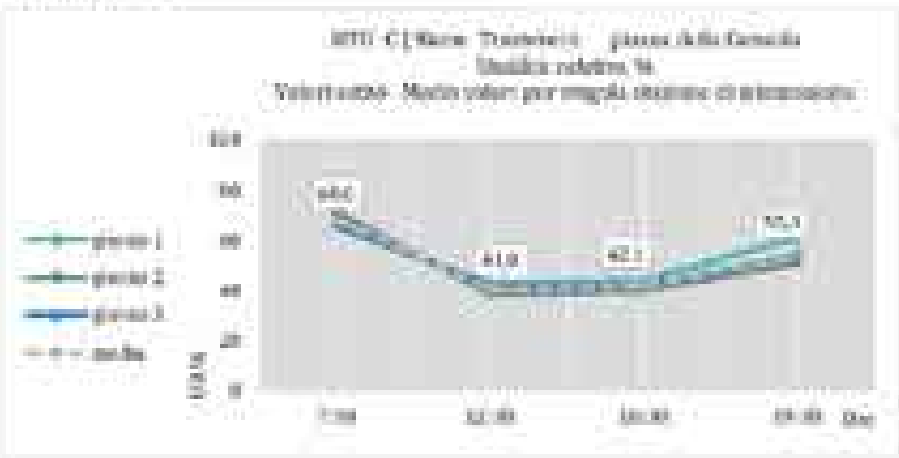
Esmp



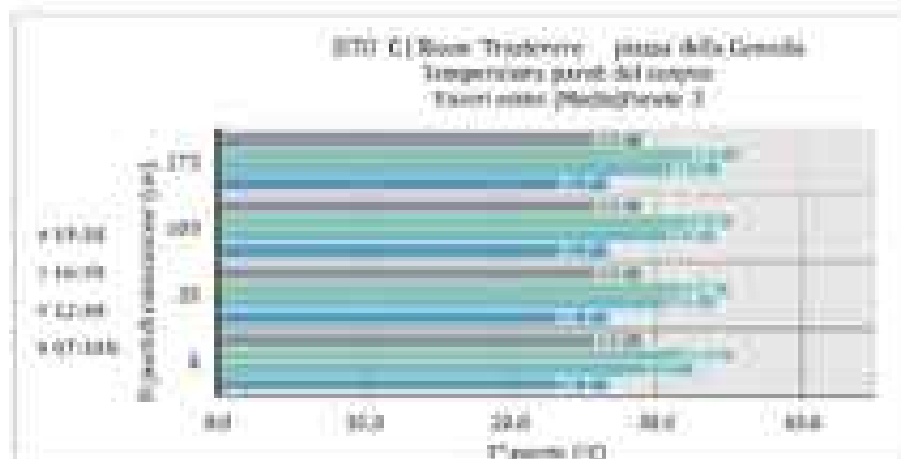
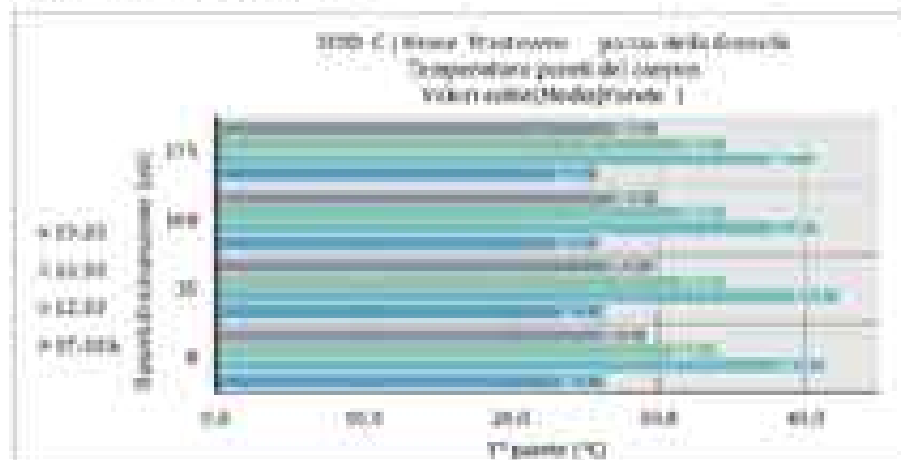
**Direzioni prevalenti**



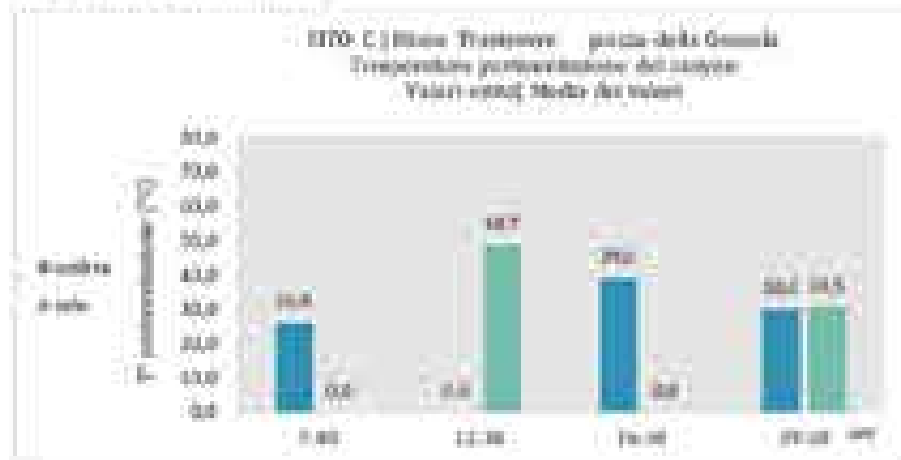
**Umidità relativa**



Temperatura specifici verticali



Temperatura parzialmente



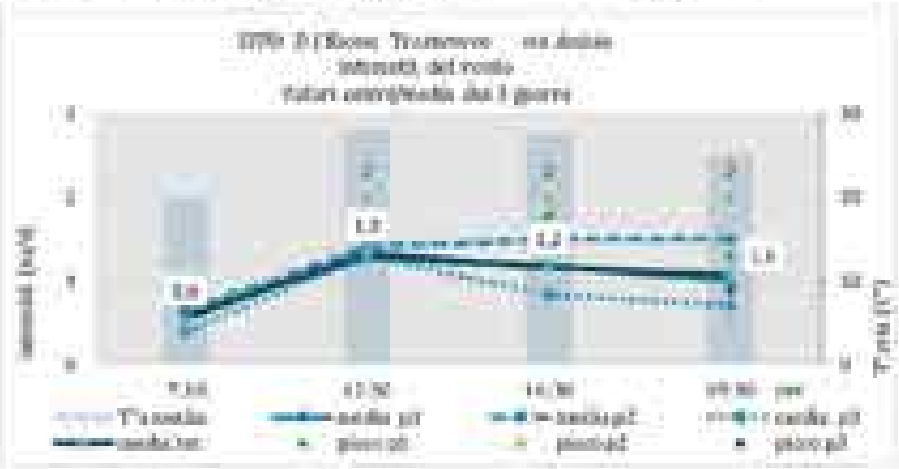
SITU. M | area di via Amica, via del Genovesi- Bione Tradivere  
DATE 00-00-25/07/2016  
per il microzonamento



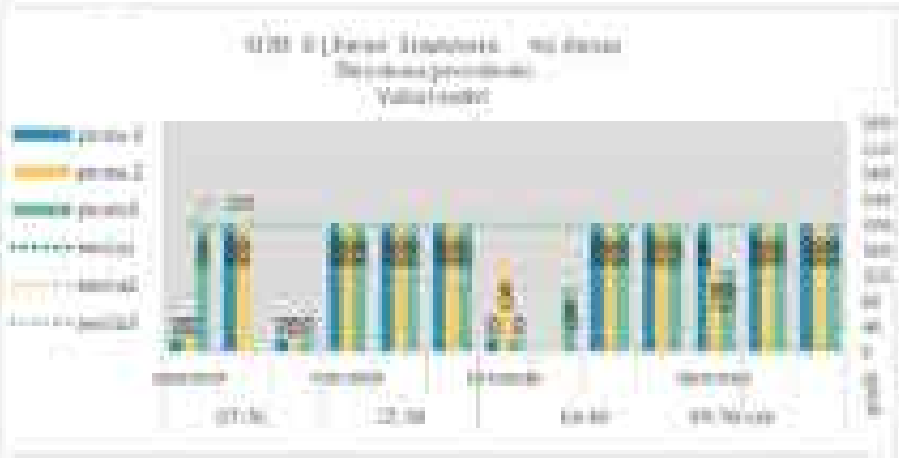
Periodo di osservazione: estivo  
 Cielo 00-04-25 luglio 2016  
 Condizioni meteo: prevalentemente sereno



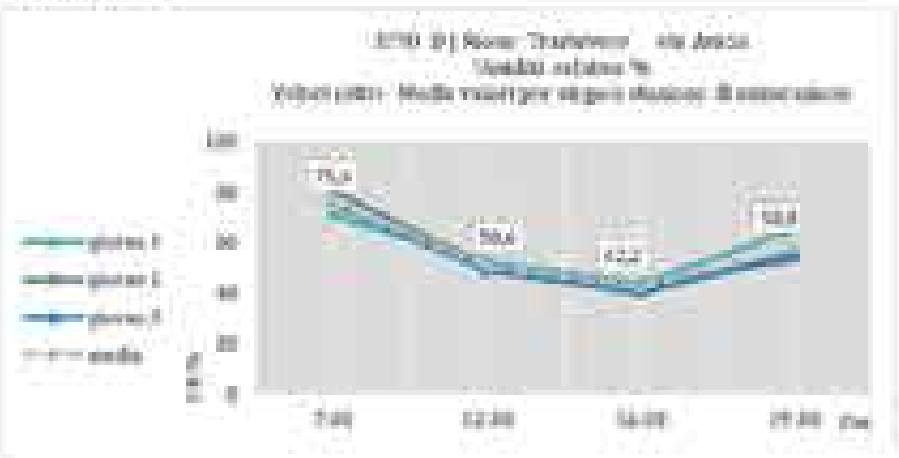
Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria



Direzione prevalente

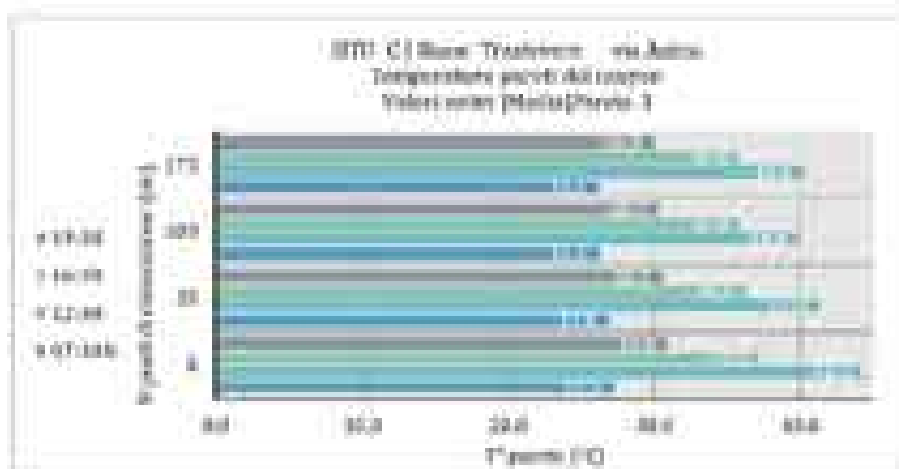
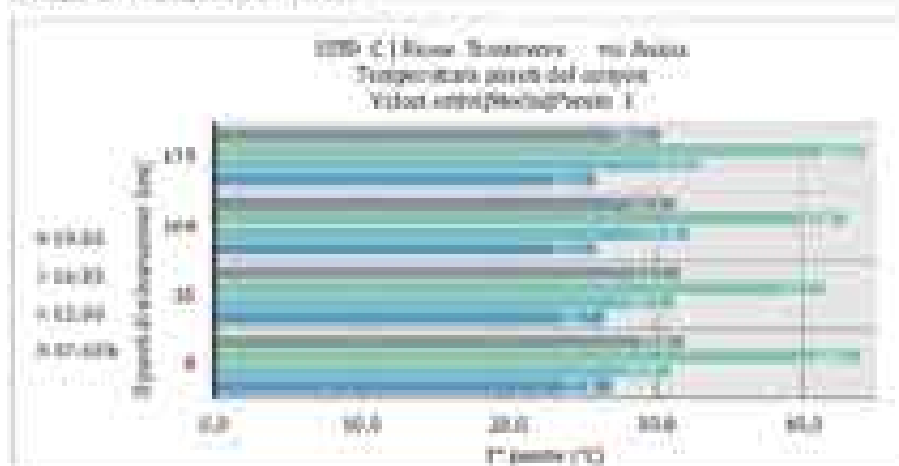


Umidità relativa

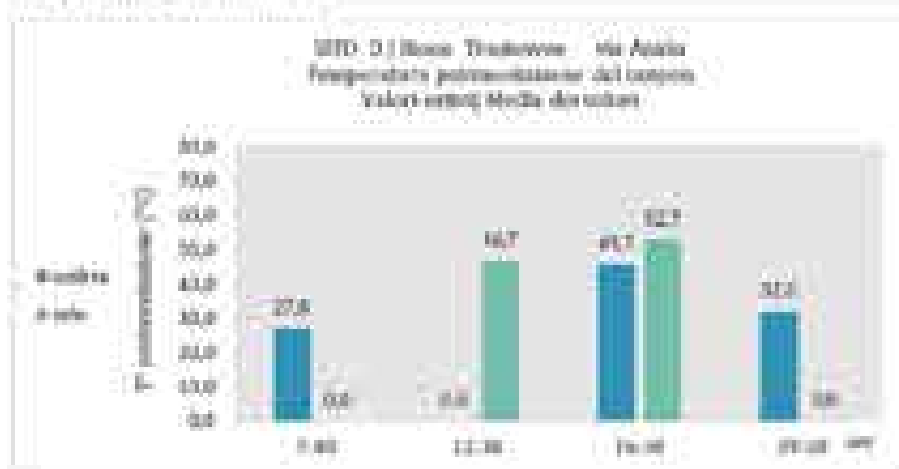




Temperatura rispetto verticali



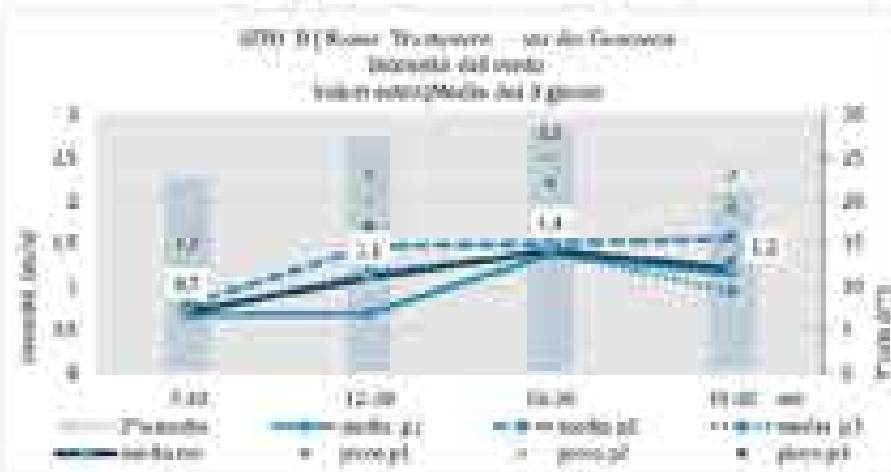
Temperatura paravento



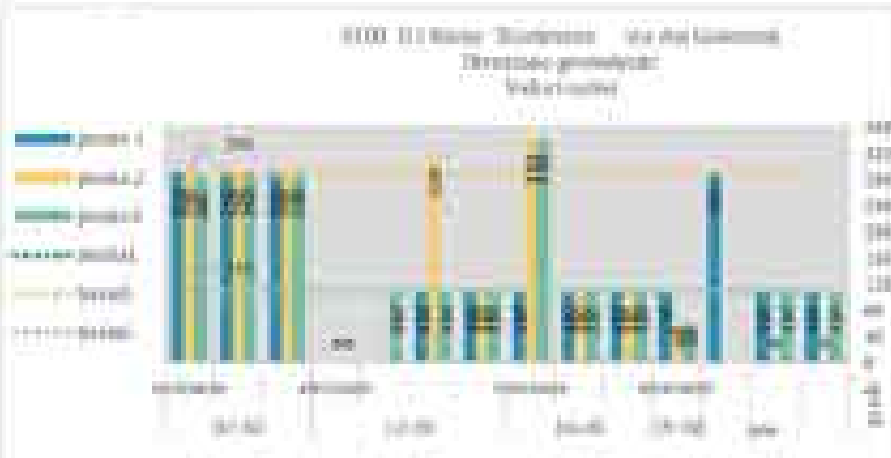


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

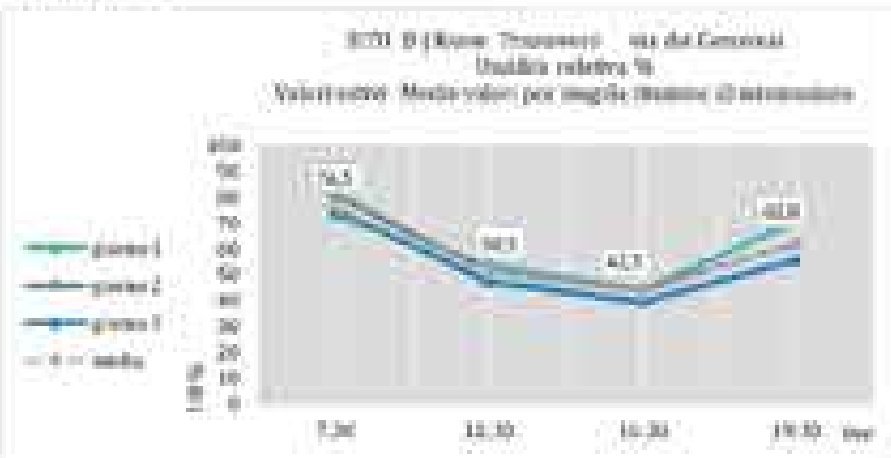
Esmp



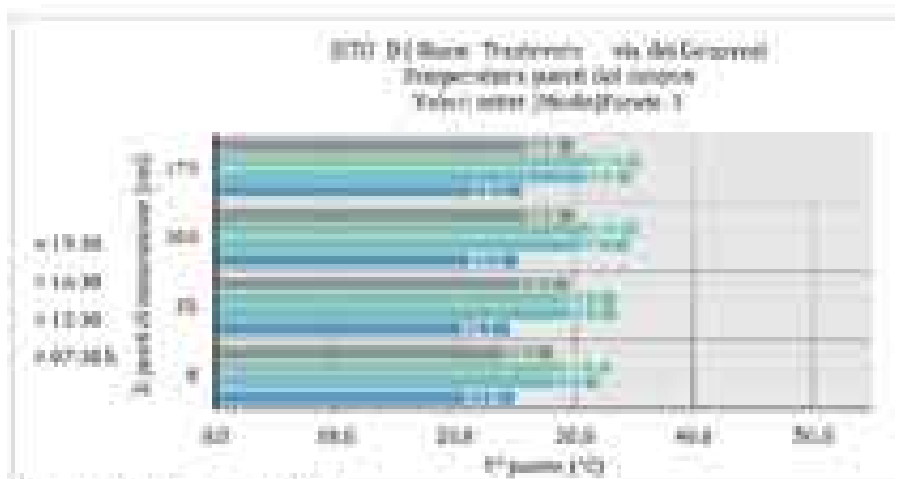
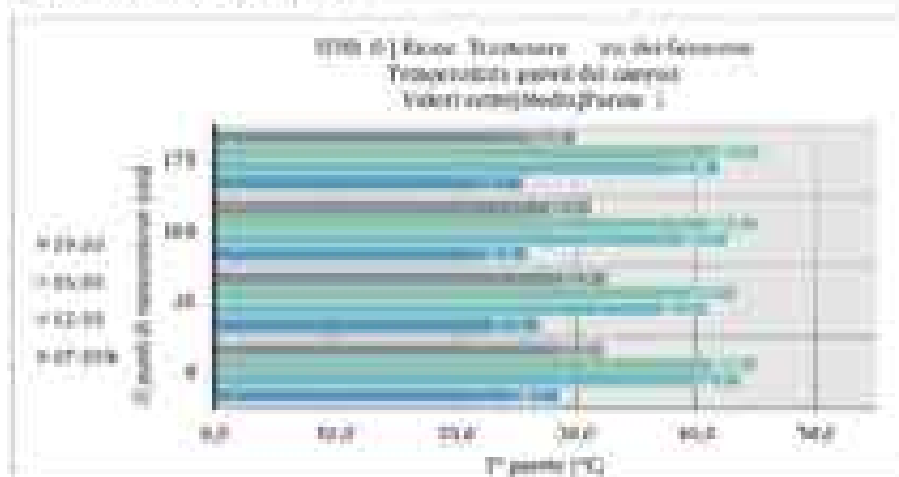
Direzioni prevalenti



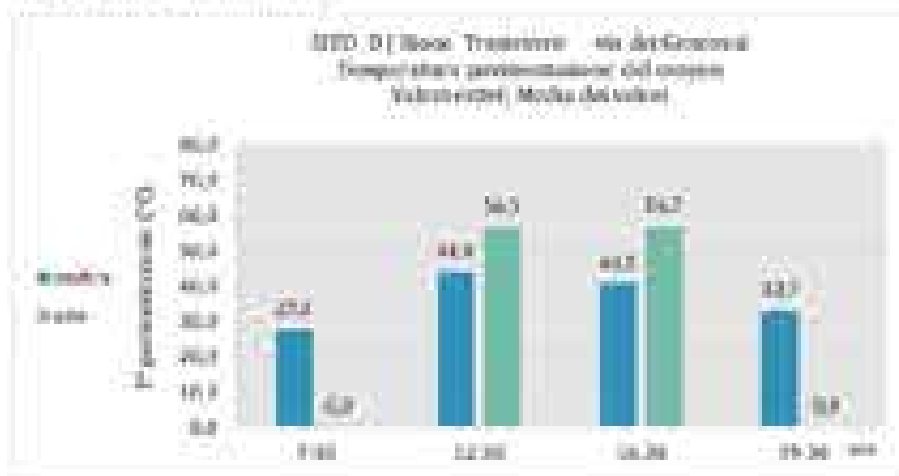
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



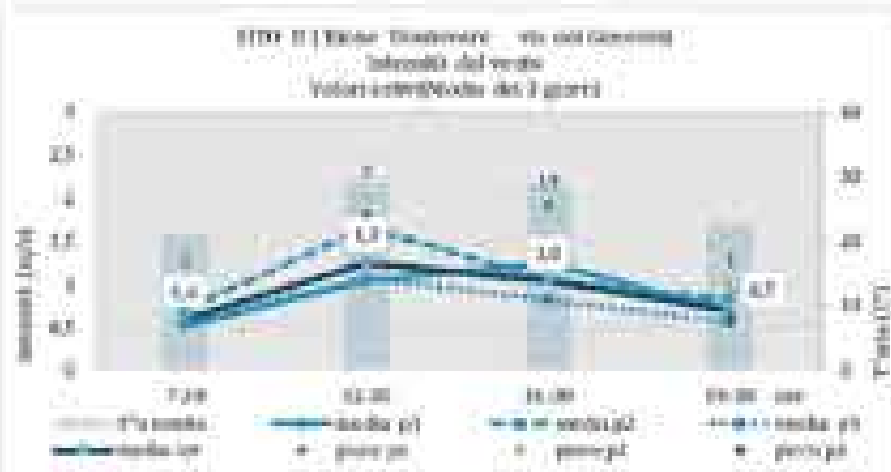
Temperatura paraventilazione



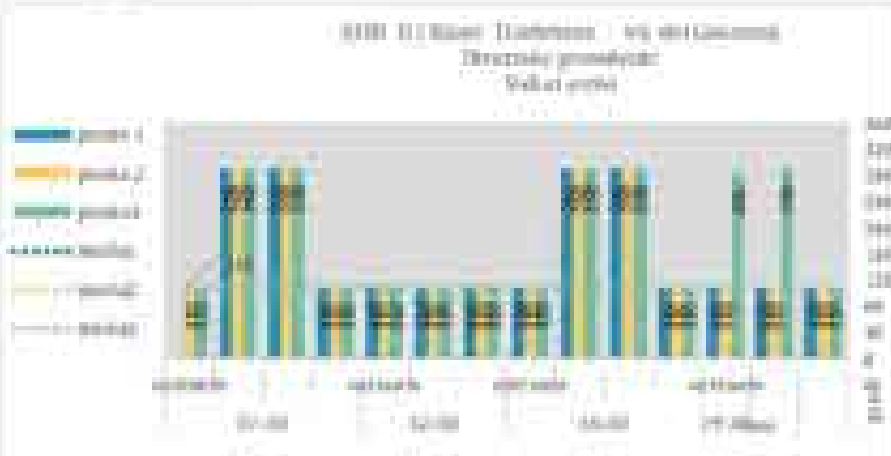


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

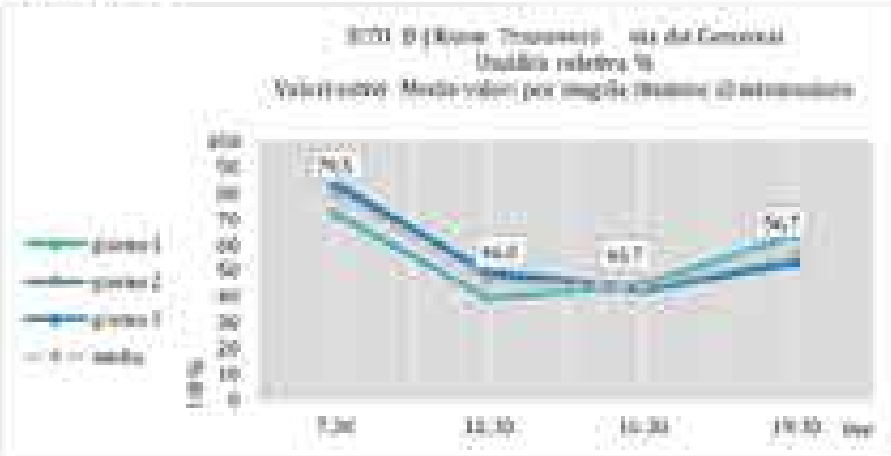
Esmp



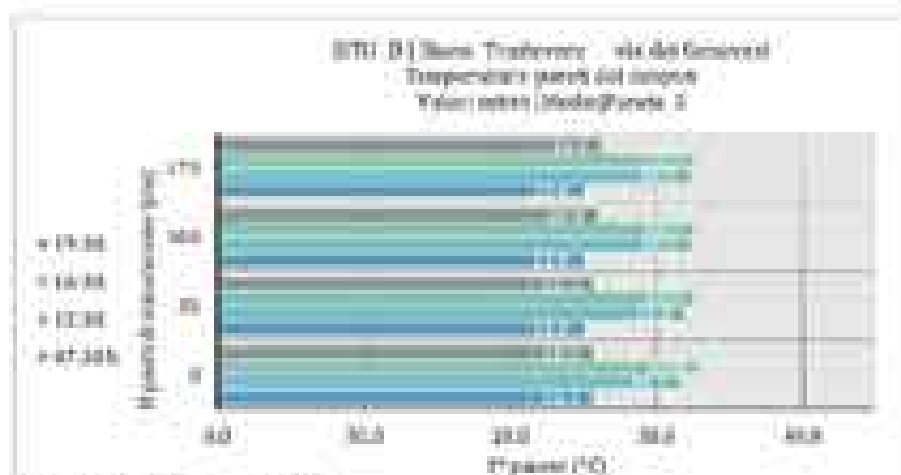
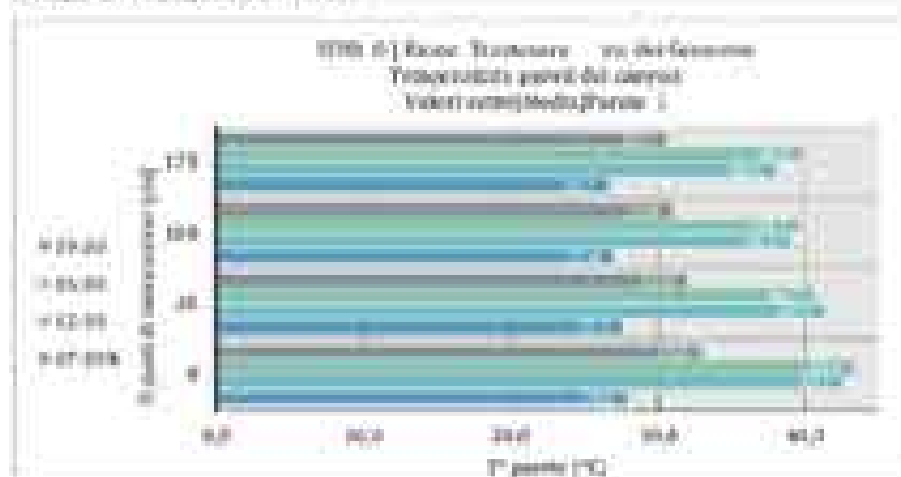
Direzione prevalente



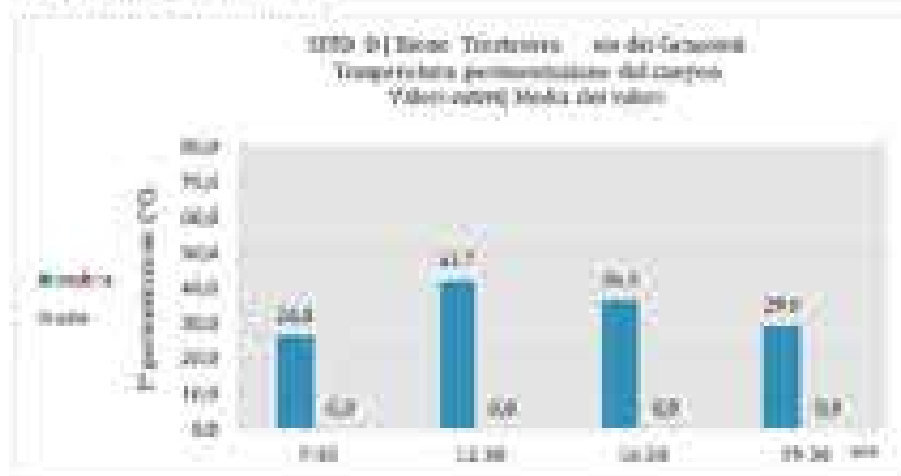
Umidità relativa

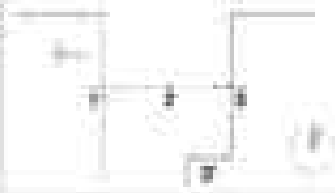


Temperatura specifici verticali



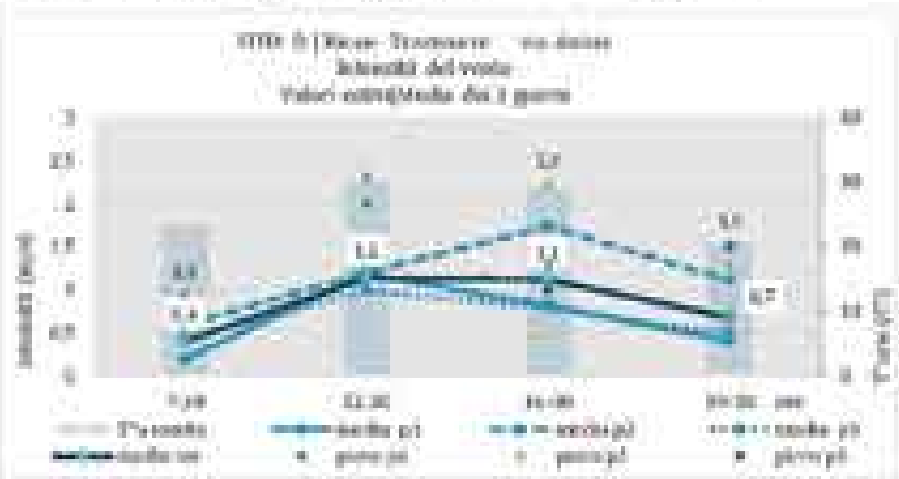
Temperatura perveniente



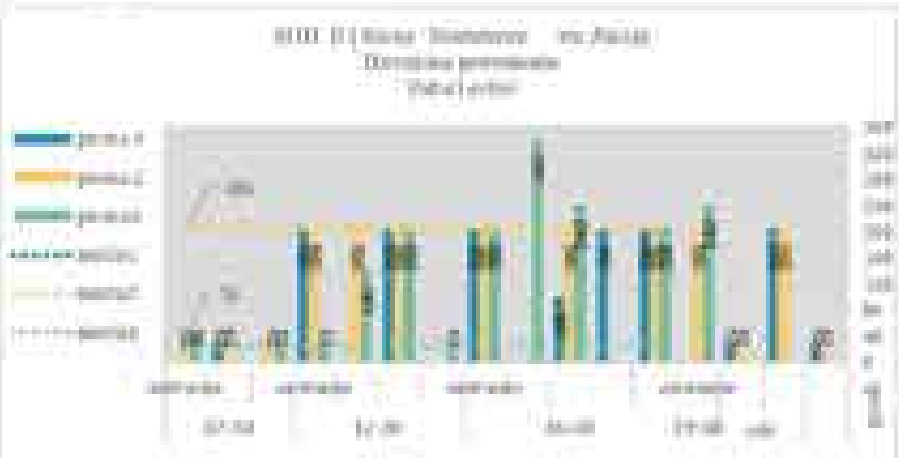


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

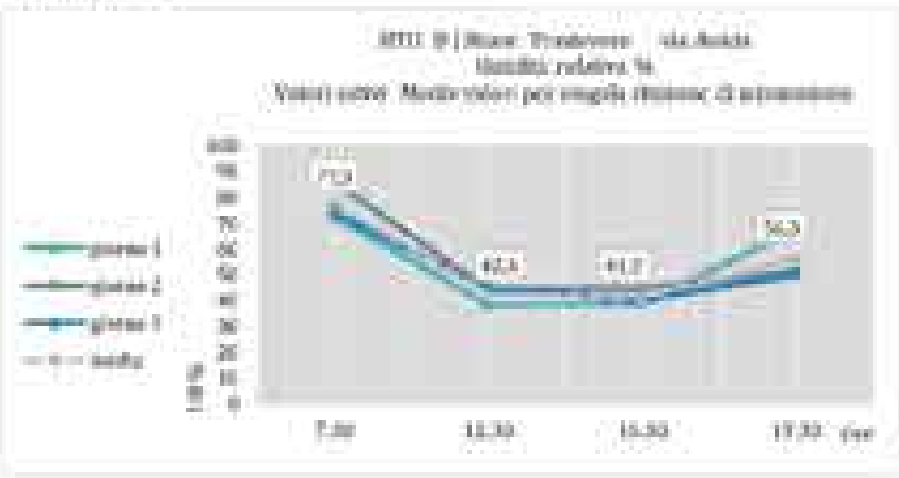
Esmp



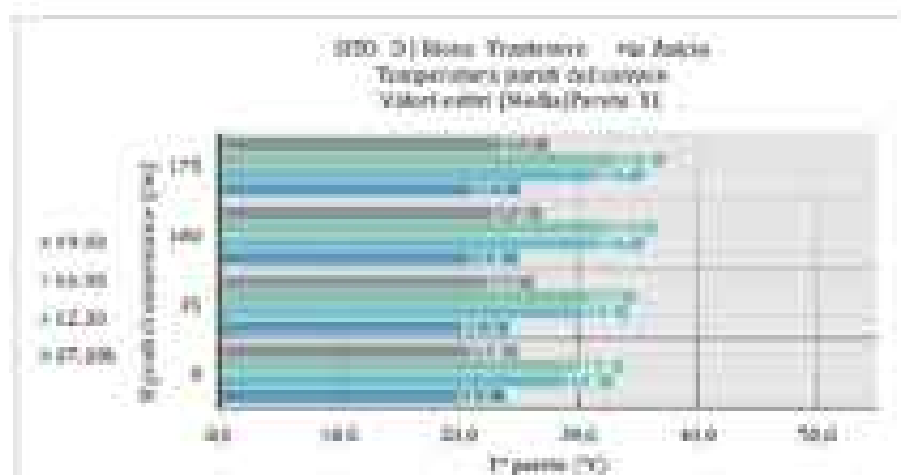
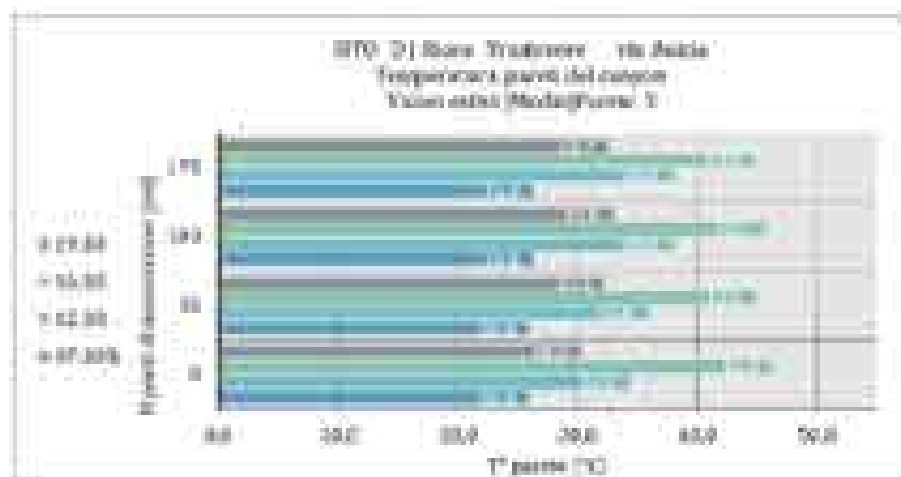
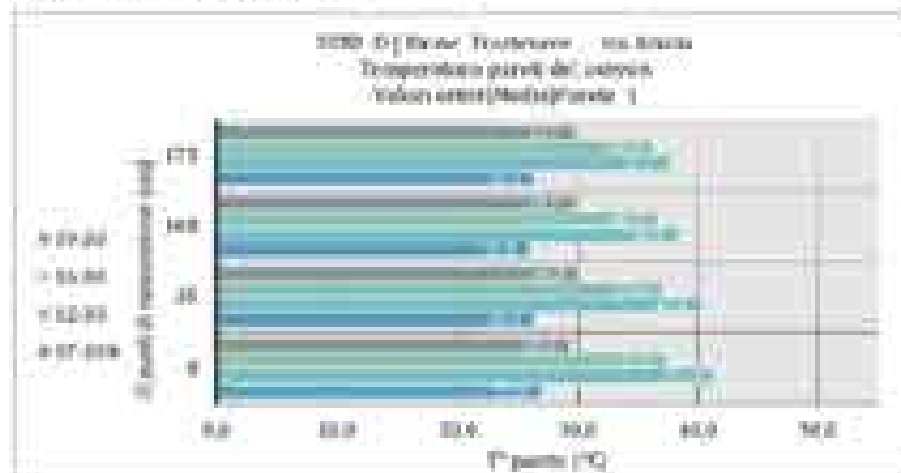
Direzione prevalente



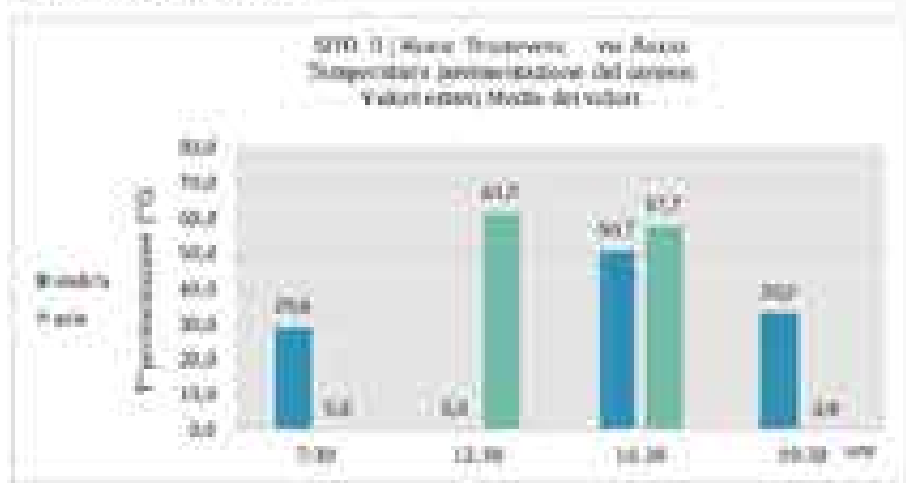
Umidità relativa



Temperatura specific vertical



Temperatura parassitologica

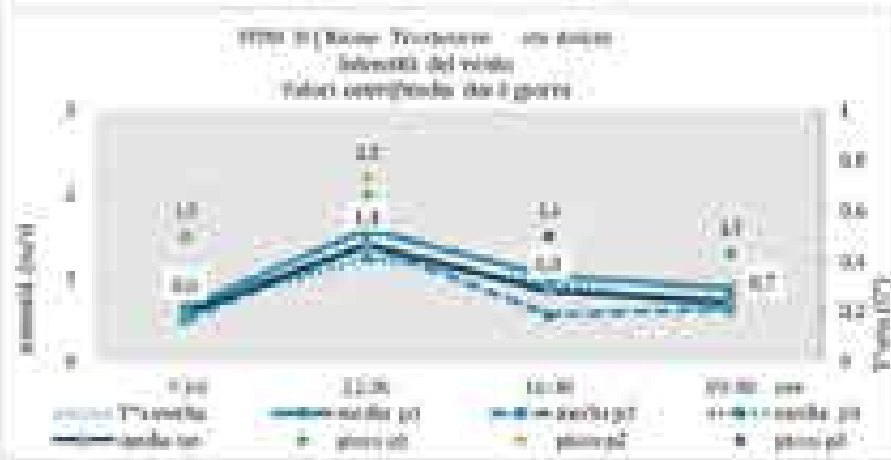




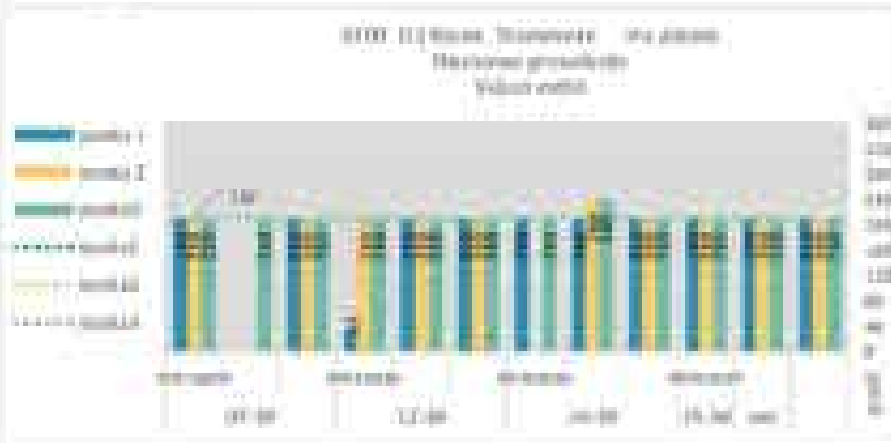


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

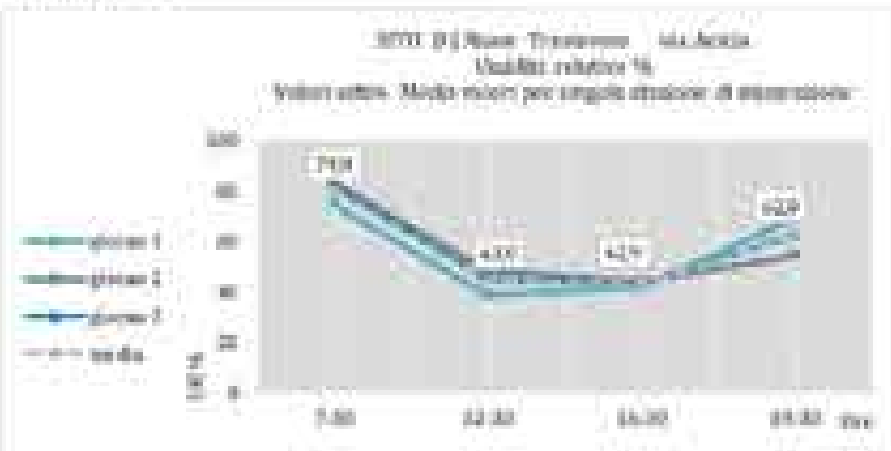
Esmp



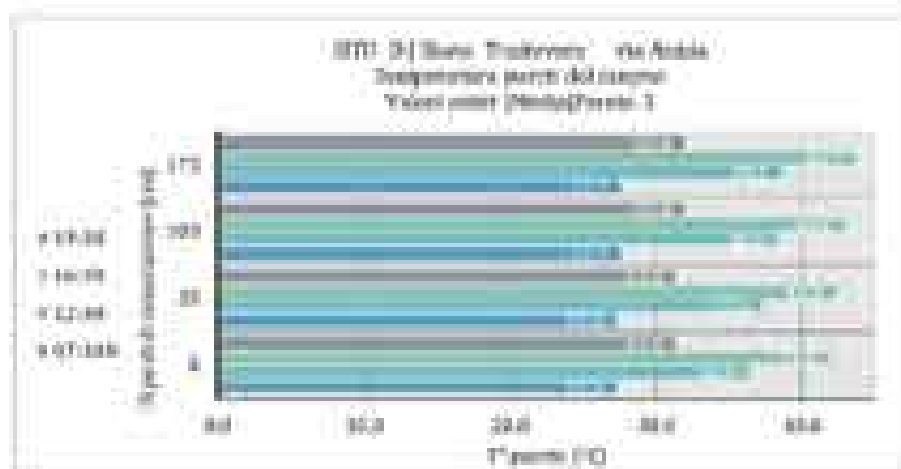
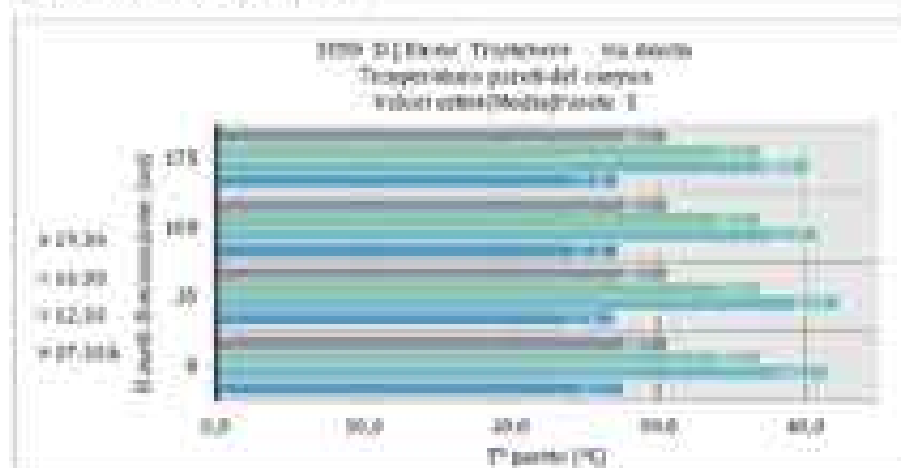
Direzione prevalente



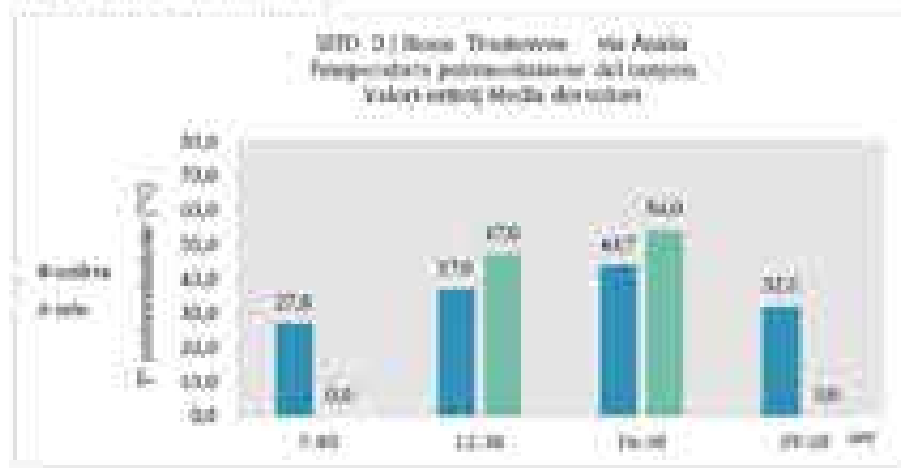
Umidità relativa



Temperatura specific vertical

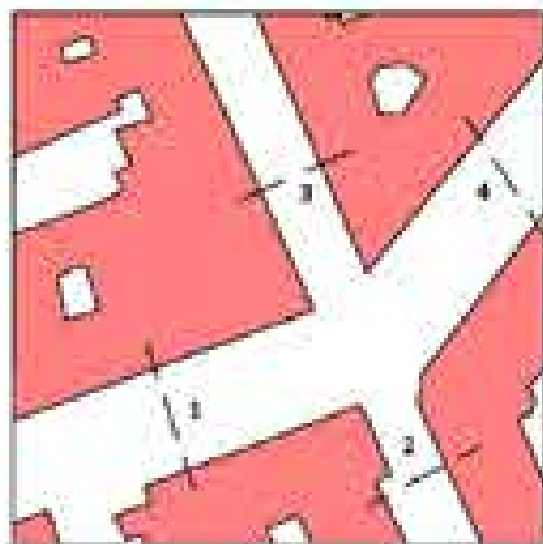


Temperatura paravento



STU E/area di via Doncompagni- Roma Loderini  
DATE 21-22-23/04/2016  
per il microcemento

---



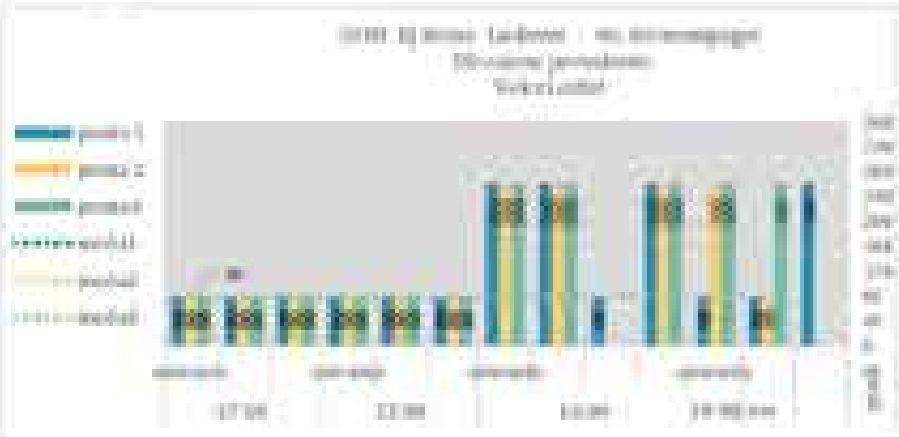
Periodo di osservazione, estivo  
 Giorni 21-23 giugno 2018  
 Condizioni meteo: prevalentemente sereno



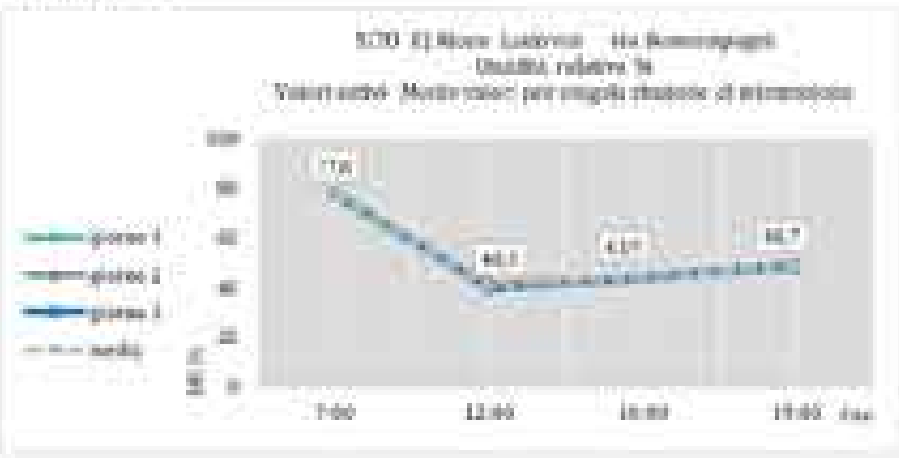
Intensità prevalente e temperatura dell'aria



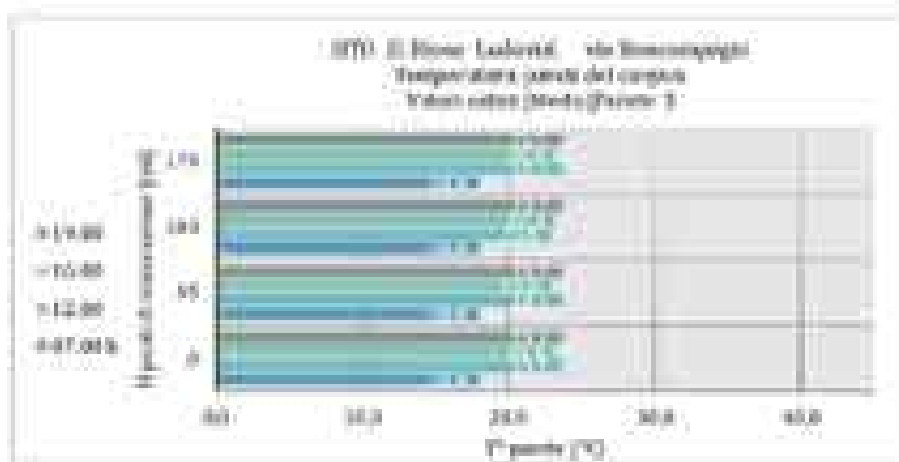
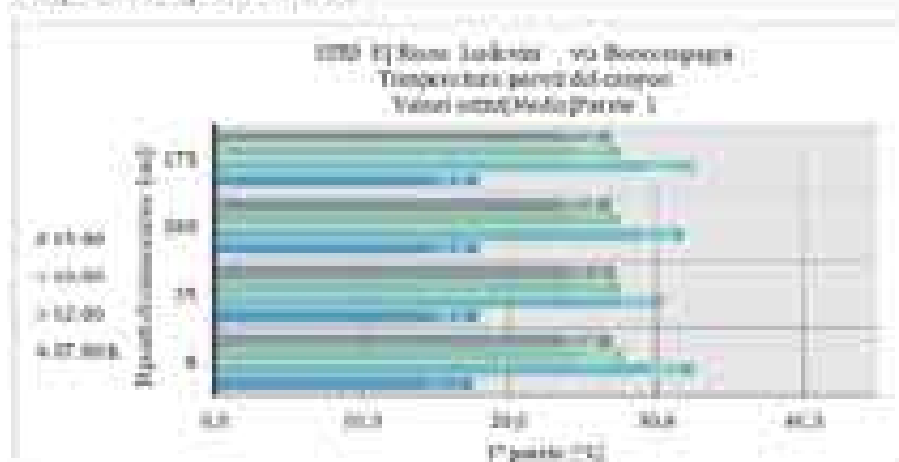
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



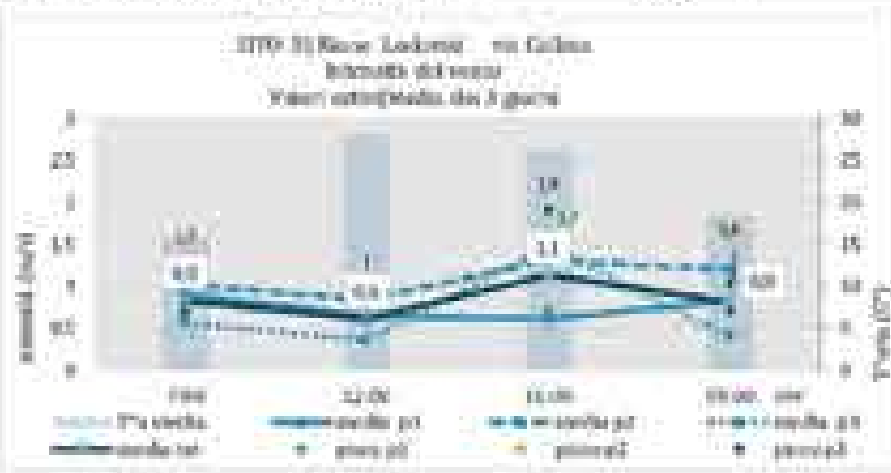
Temperatura paraventazione



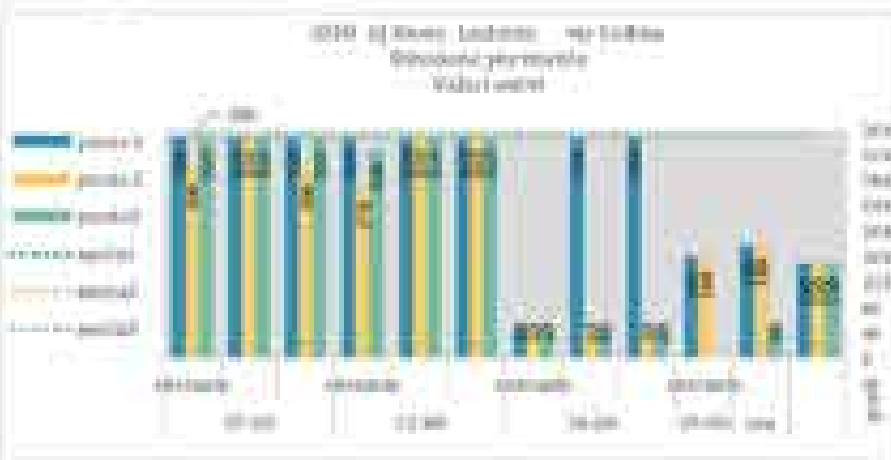


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

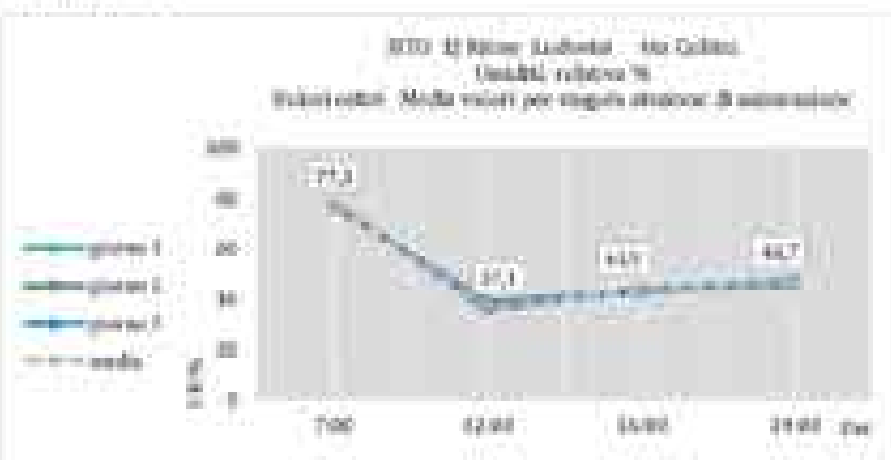
Esmp



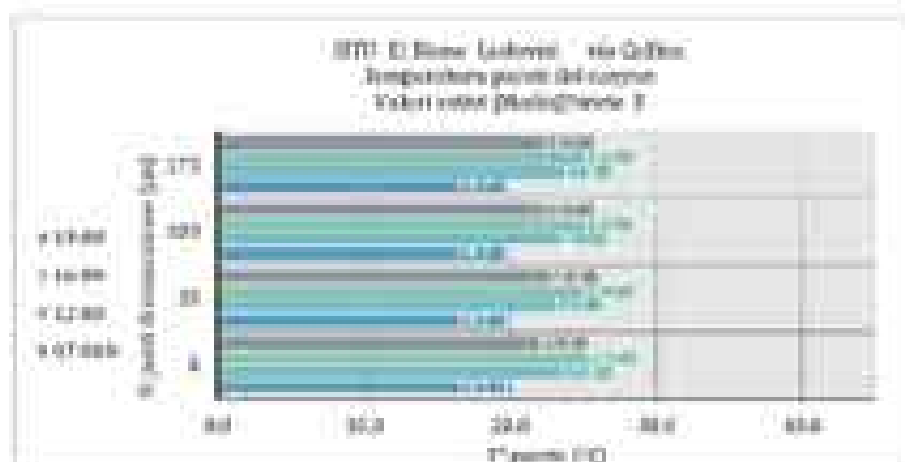
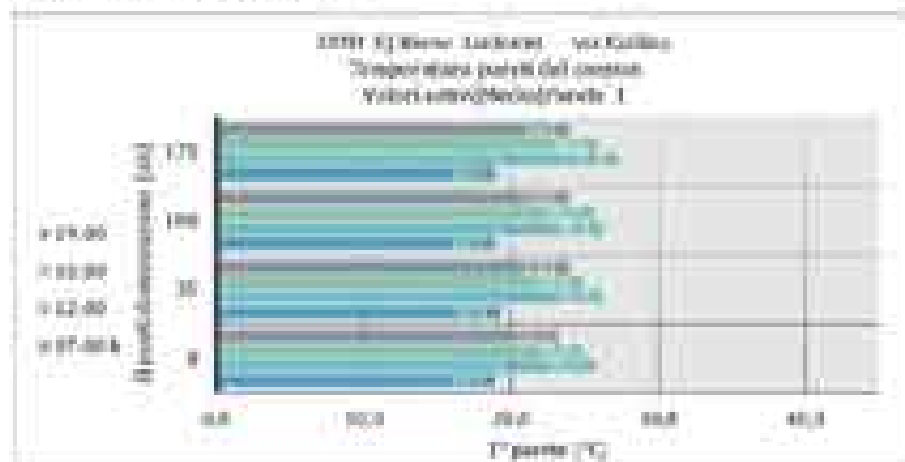
Direzione prevalente



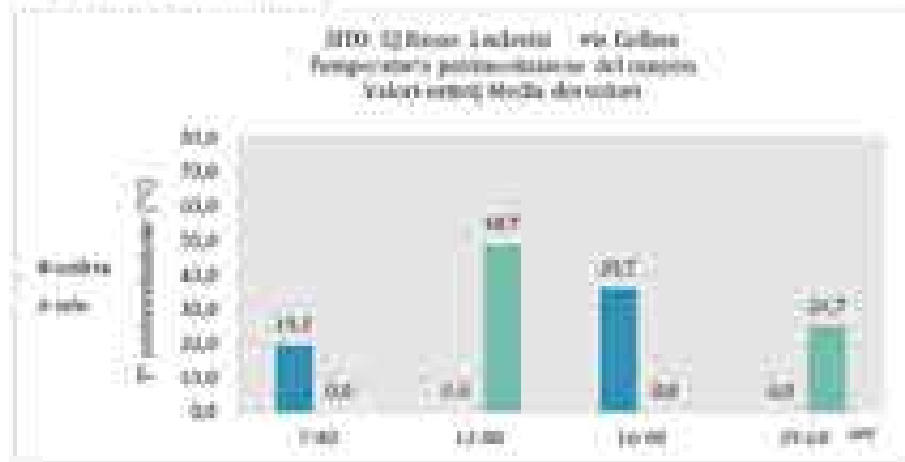
Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali



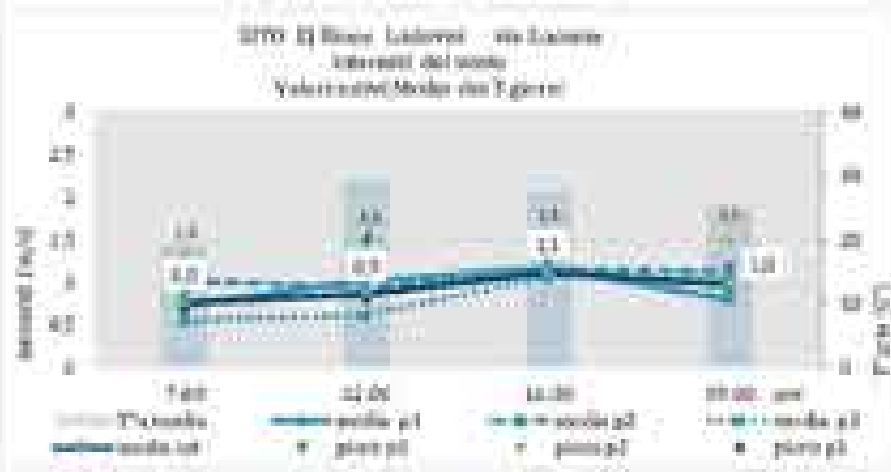
Temperatura parzialmente



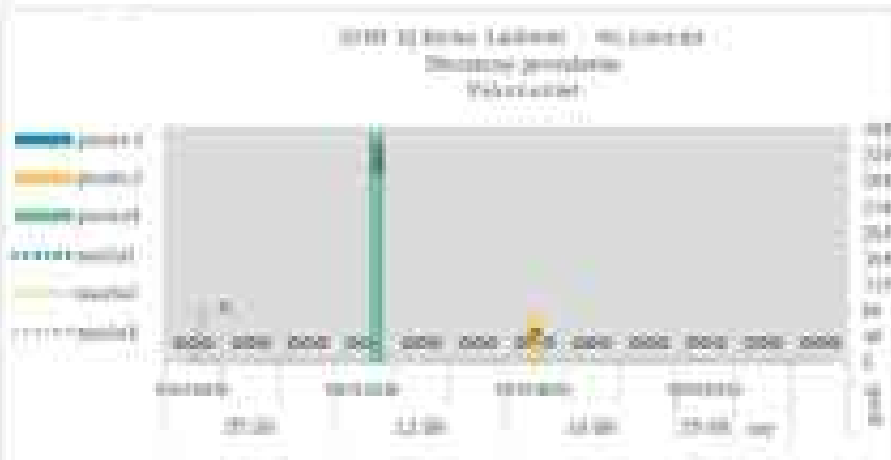


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

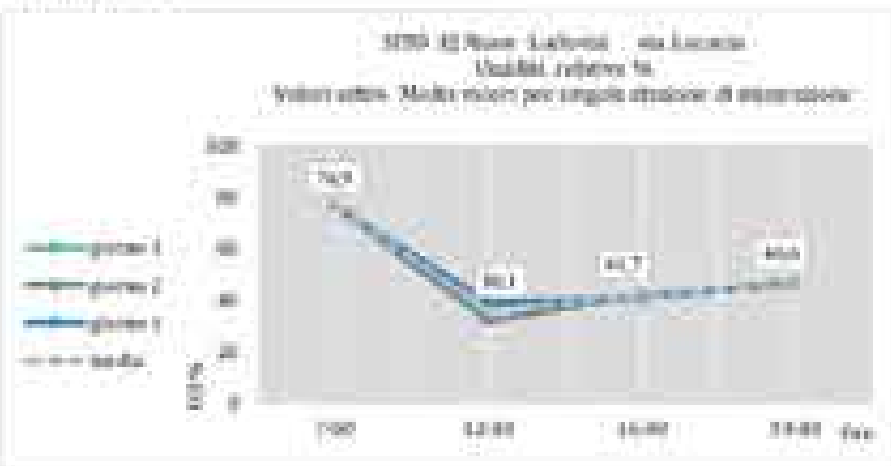
Esmp



Direzione prevalente

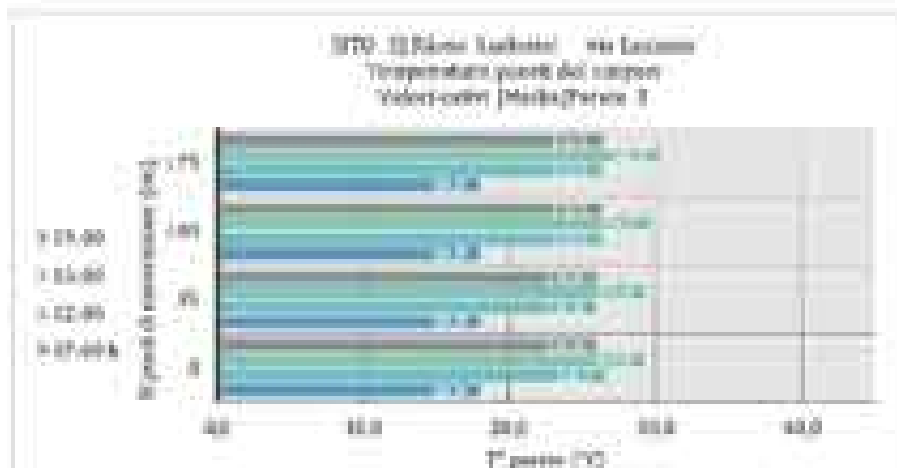
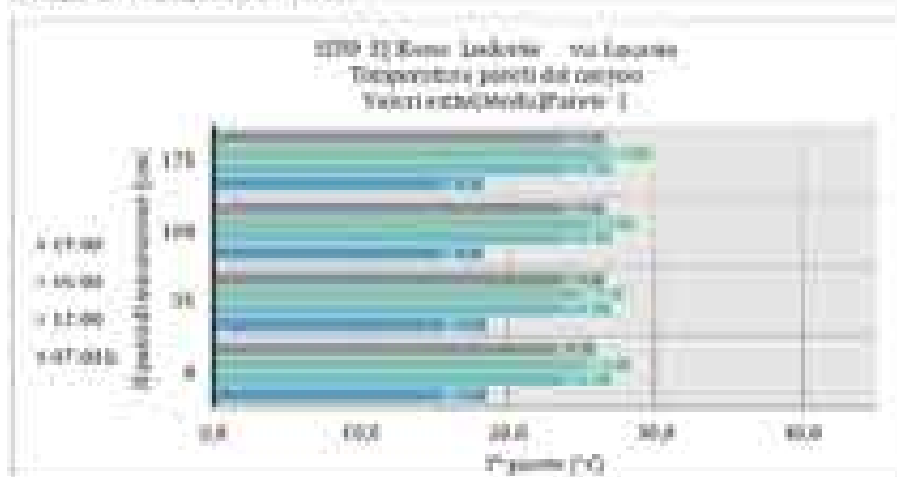


Umidità relativa

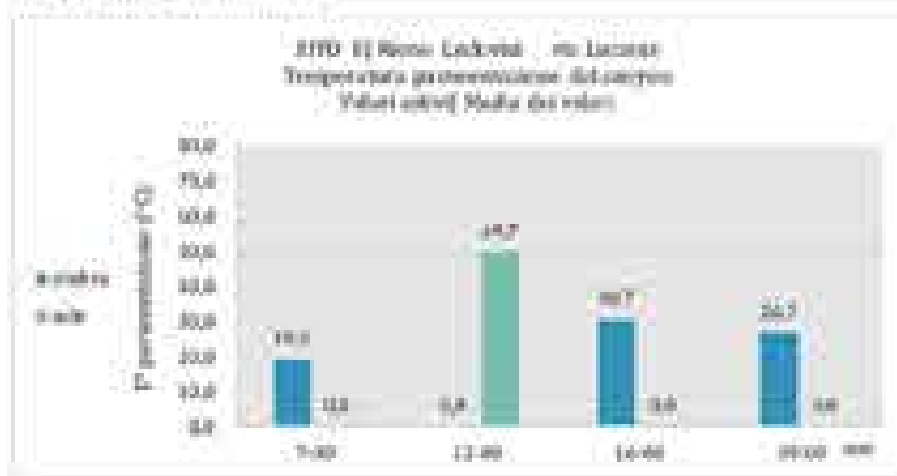




Temperatura specifici verticali



Temperatura generalizzazione



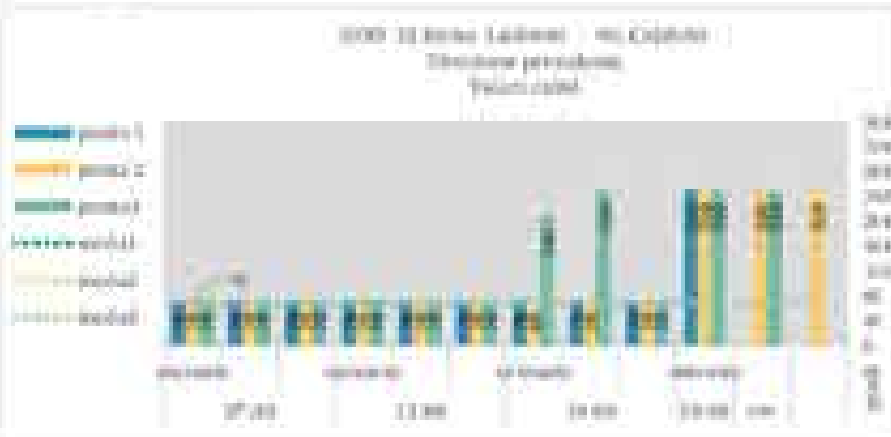


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

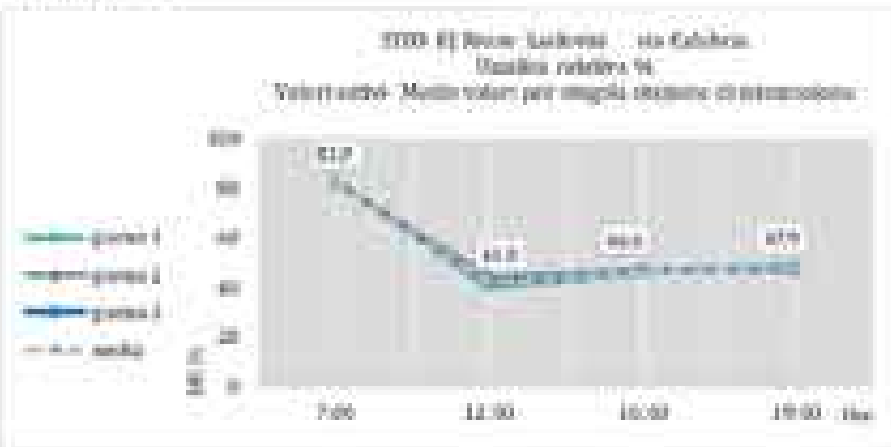
Esmp



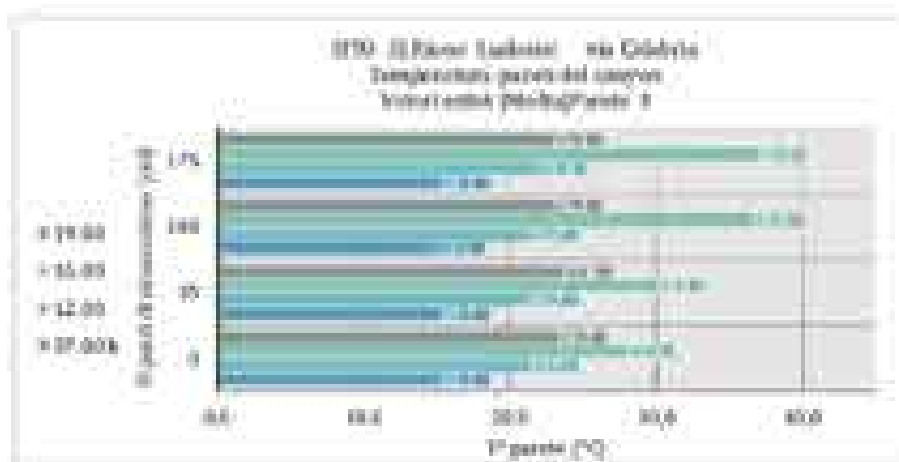
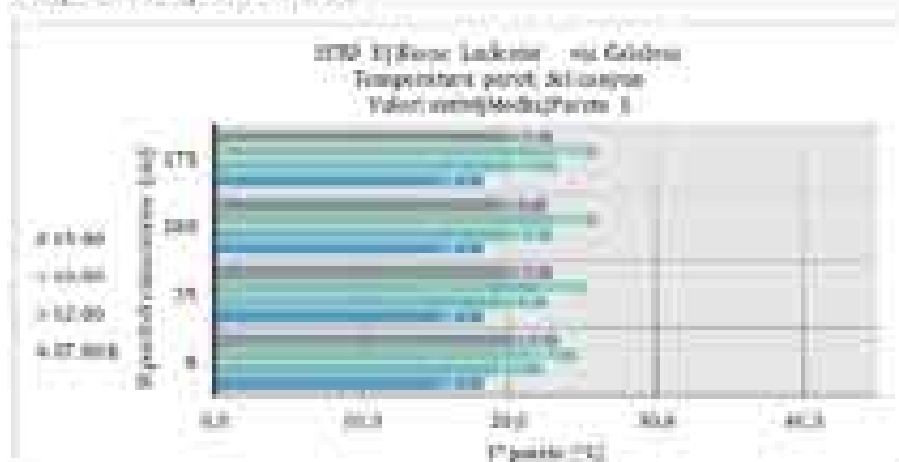
Direzioni prevalenti



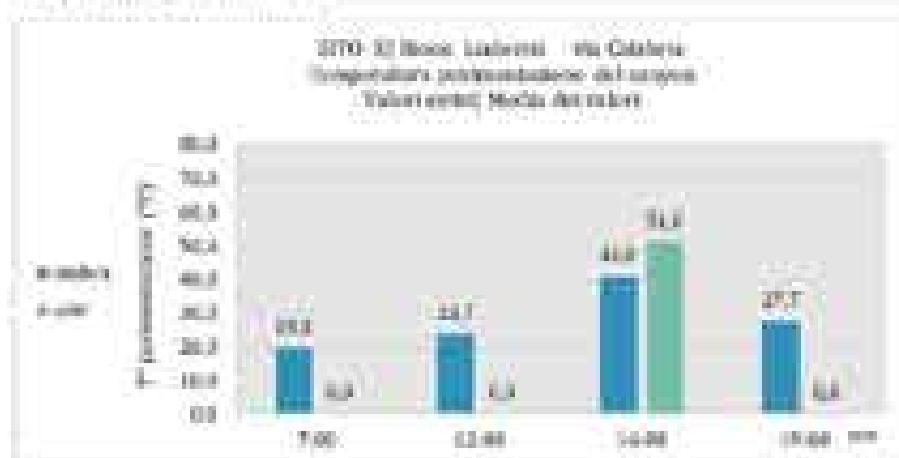
Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali

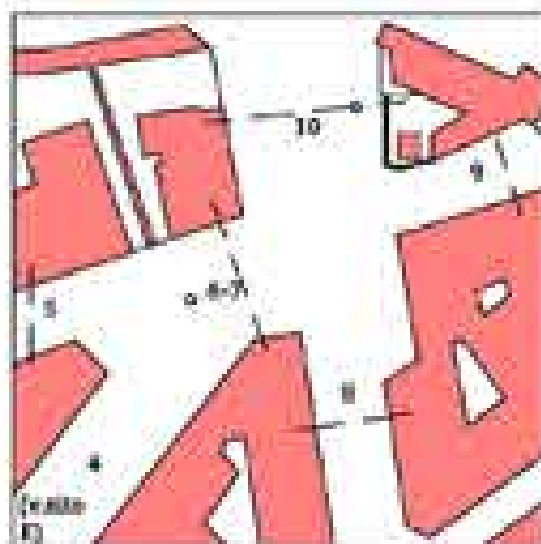


Temperatura pervasivazione



SITO F | zona di Via Firenze-Siria- Ettore Lucreti  
DATE 21-22-23/04/2016

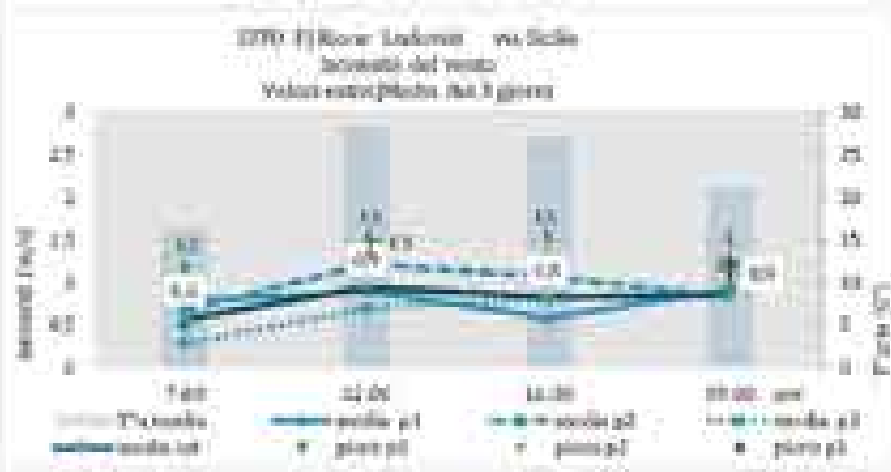
piani di smembramento



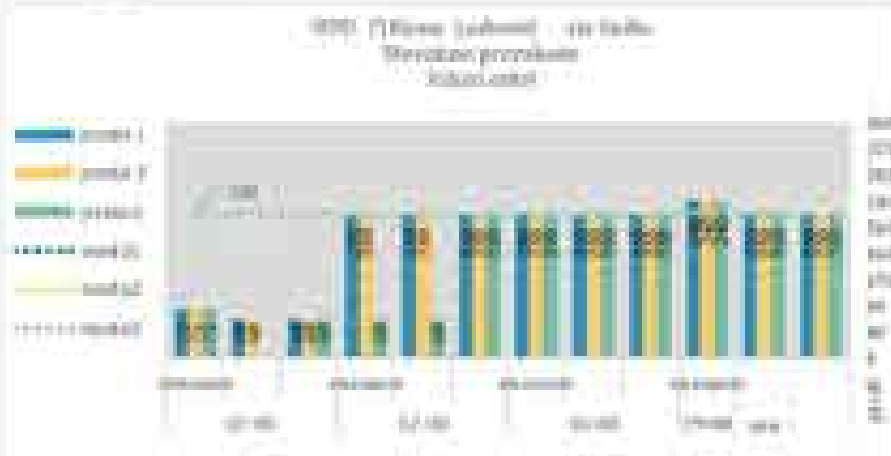


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

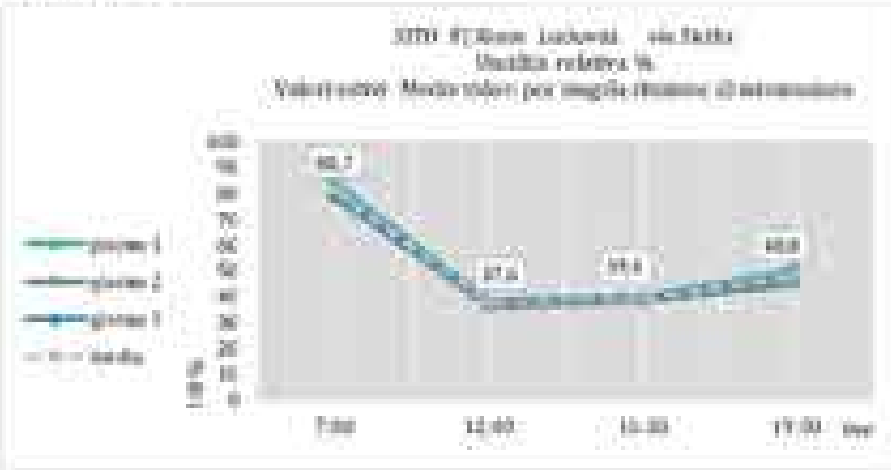
Esmp



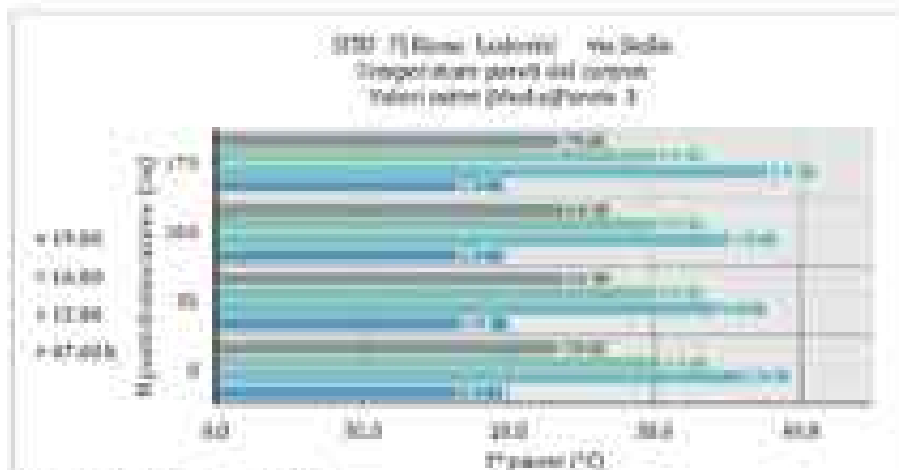
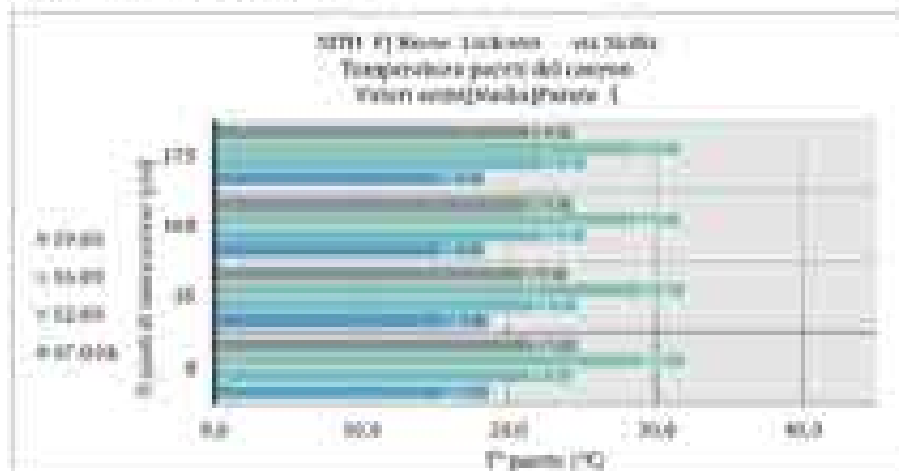
Direzione prevalente



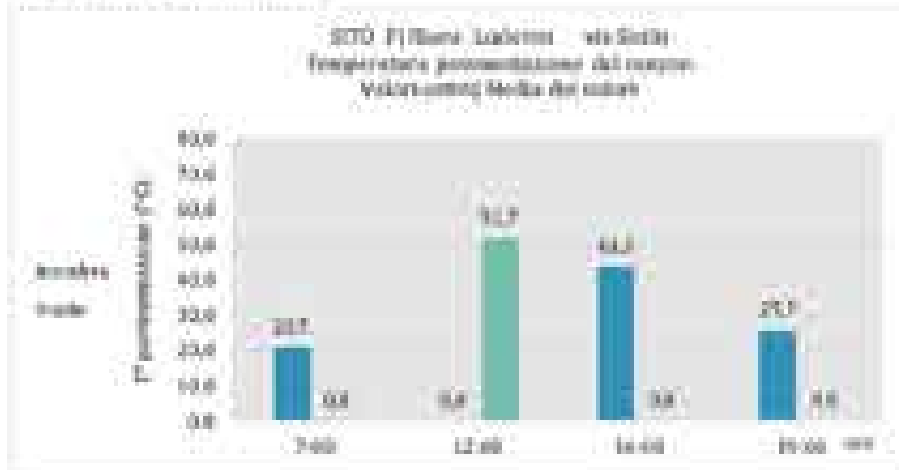
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



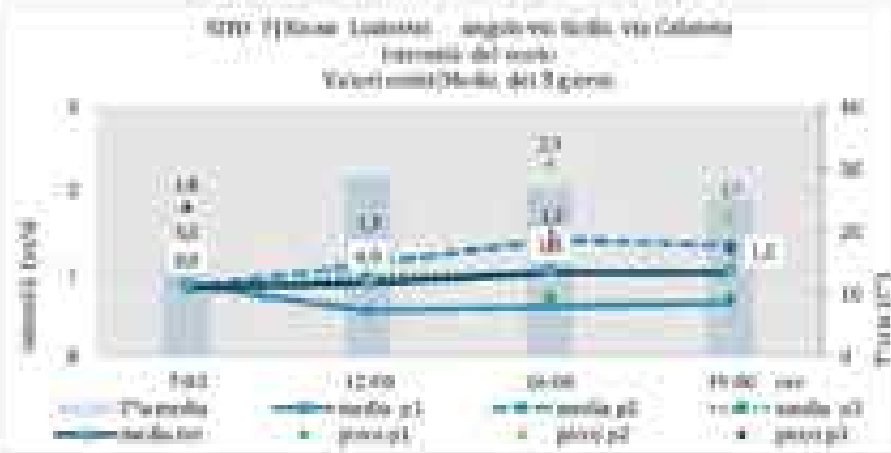
Temperatura preriscaldamento



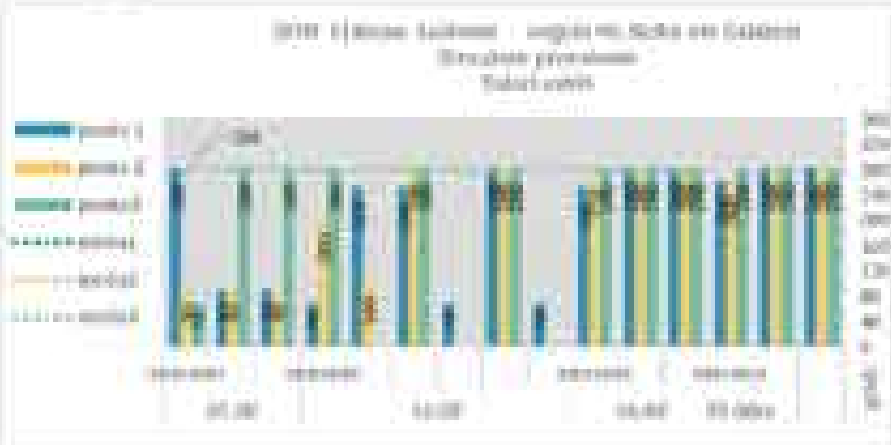


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

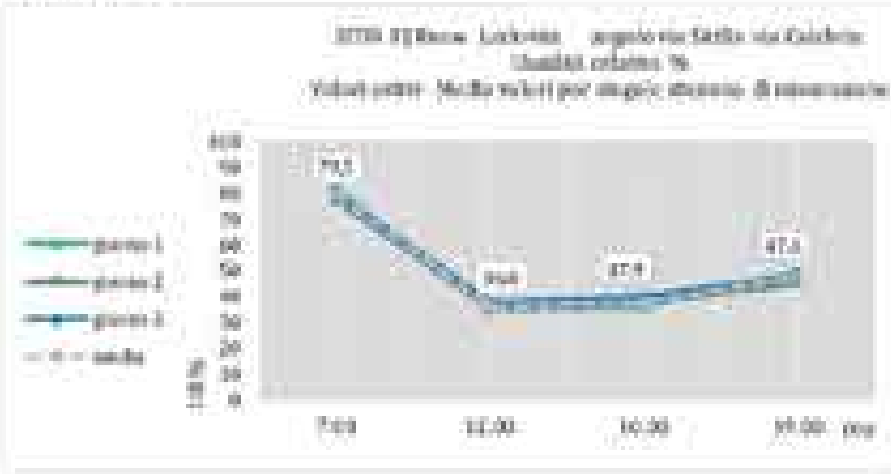
Esmap



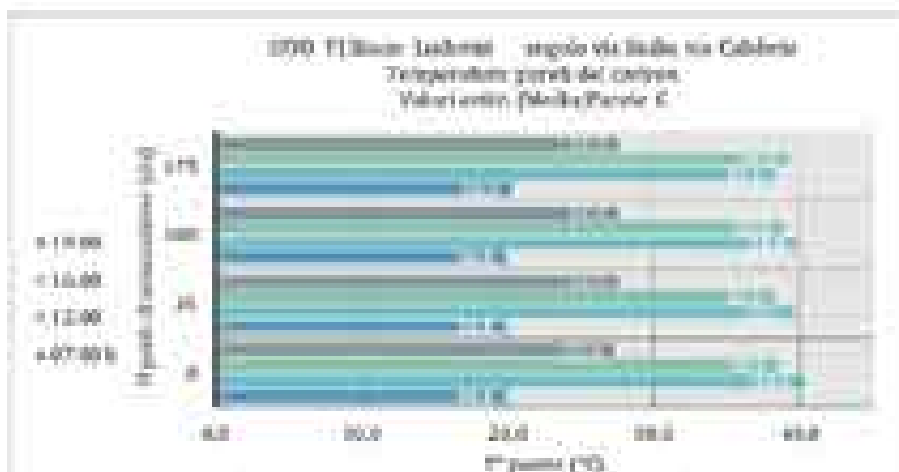
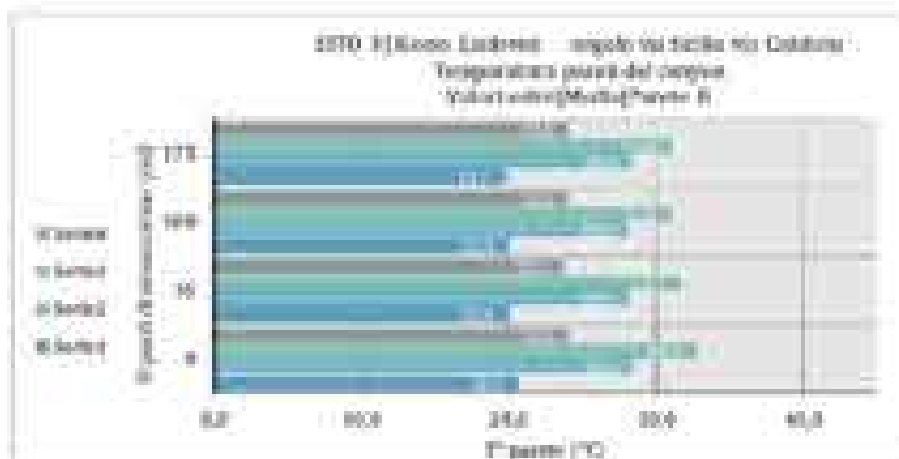
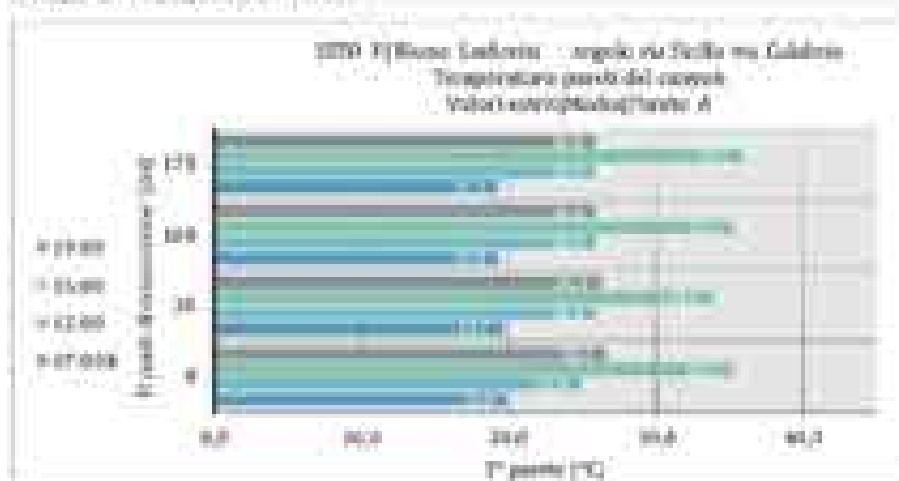
**Direzione prevalente**



**Umidità relativa**

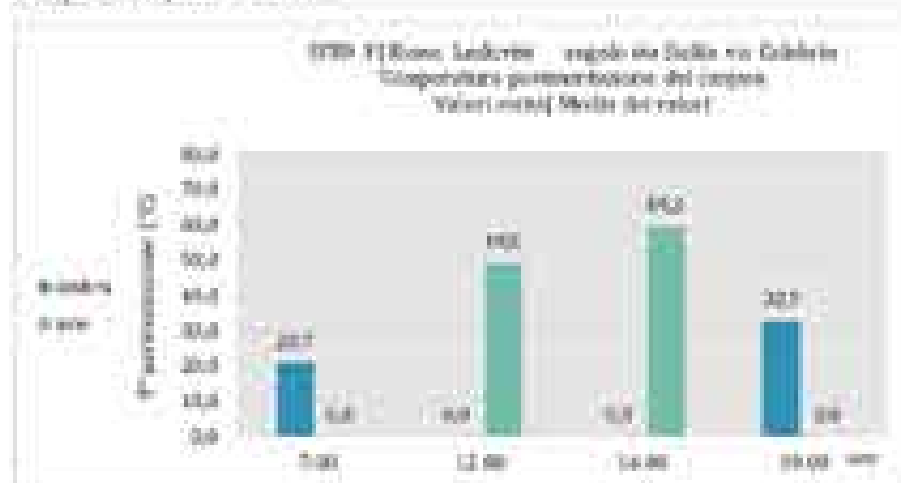


Temperatura specifici verticali





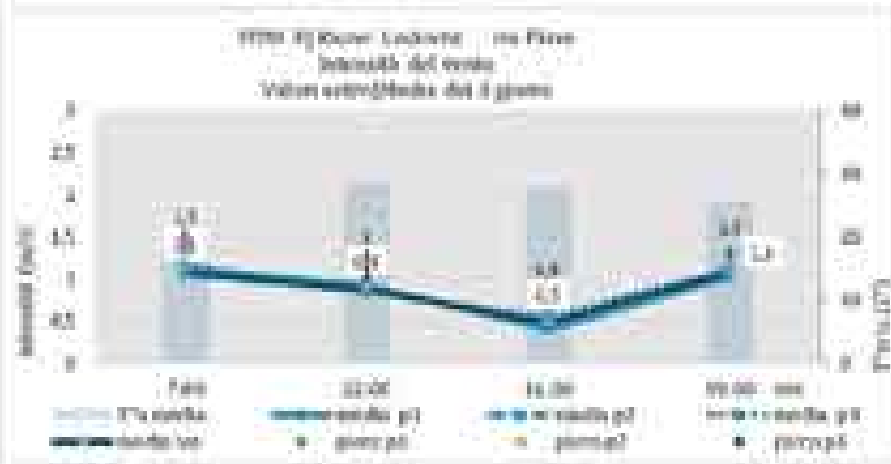
Temperatura preriscaldamento



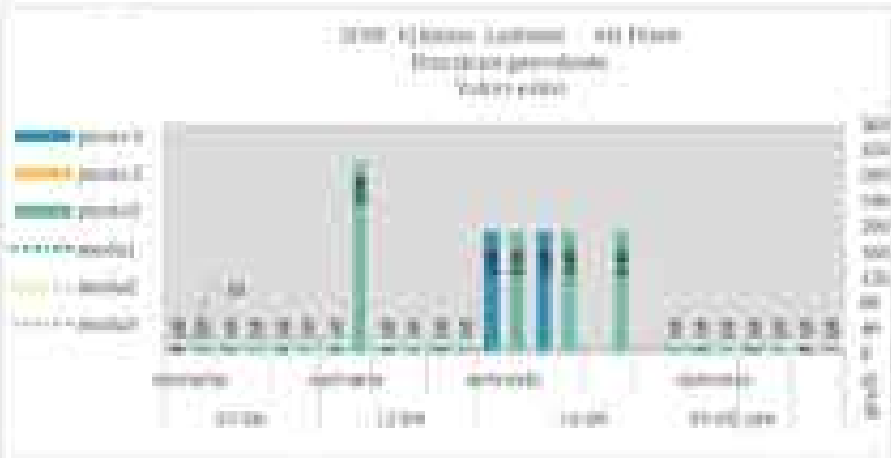


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

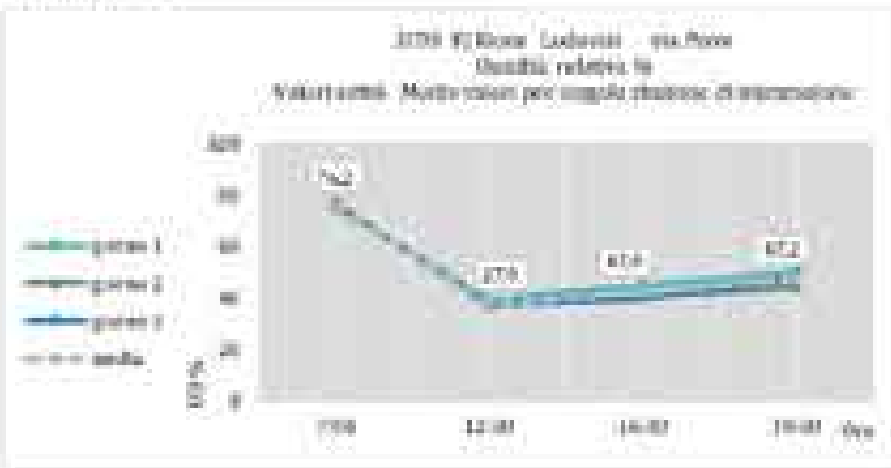
Esmp



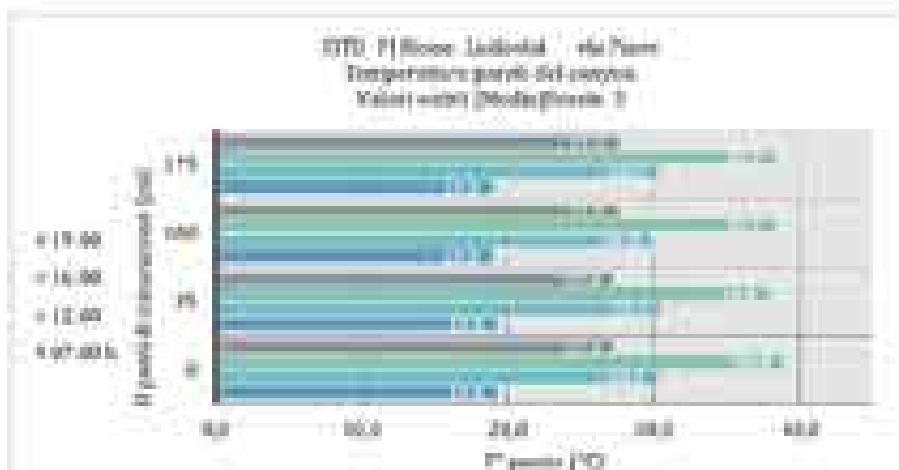
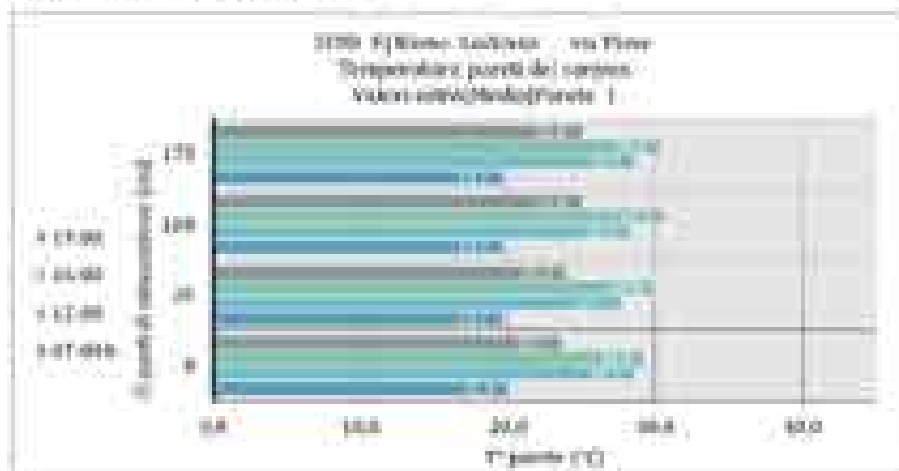
Direzione prevalente



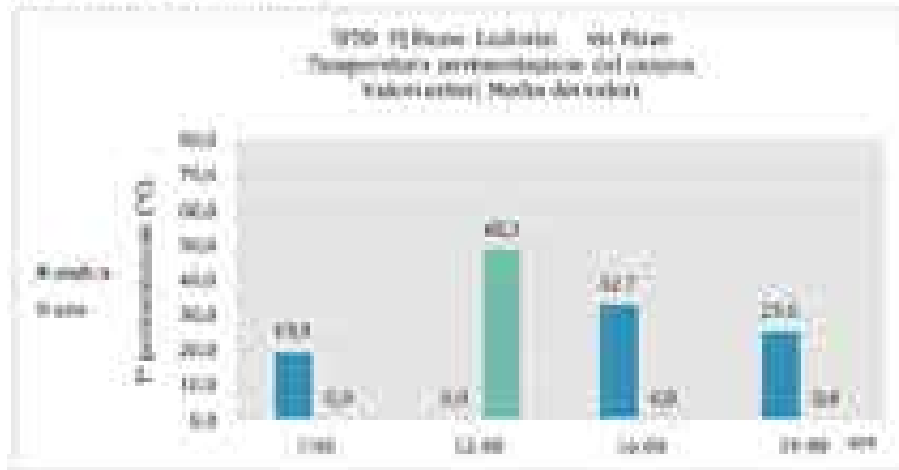
Umidità relativa



Temperatura specific vertical



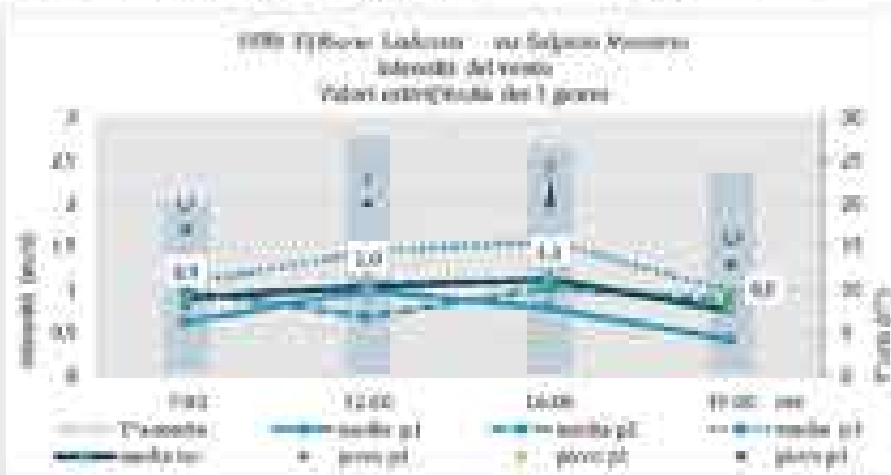
Temperatura promediantime



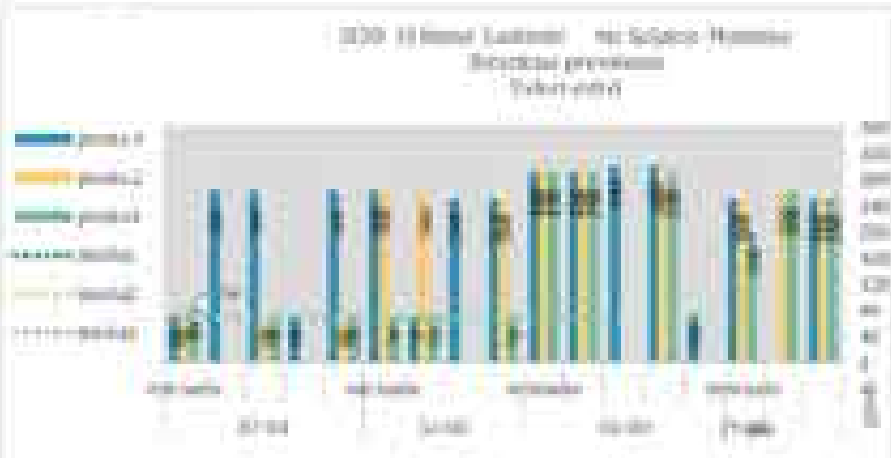


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmp



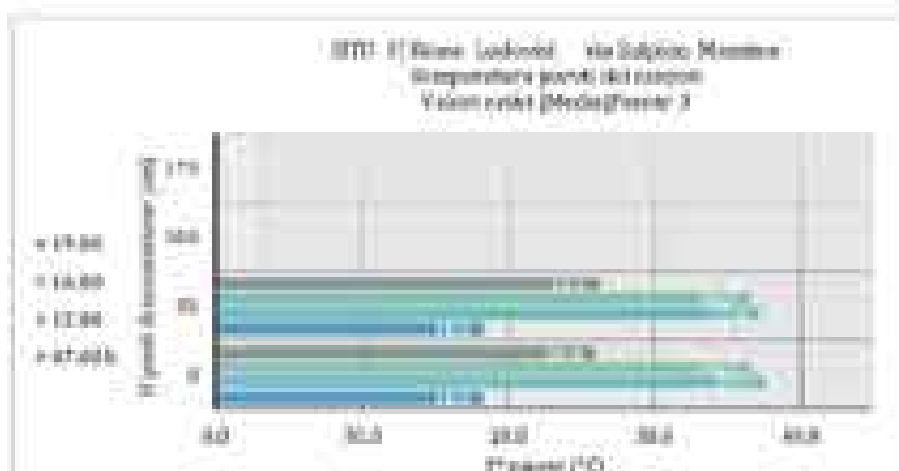
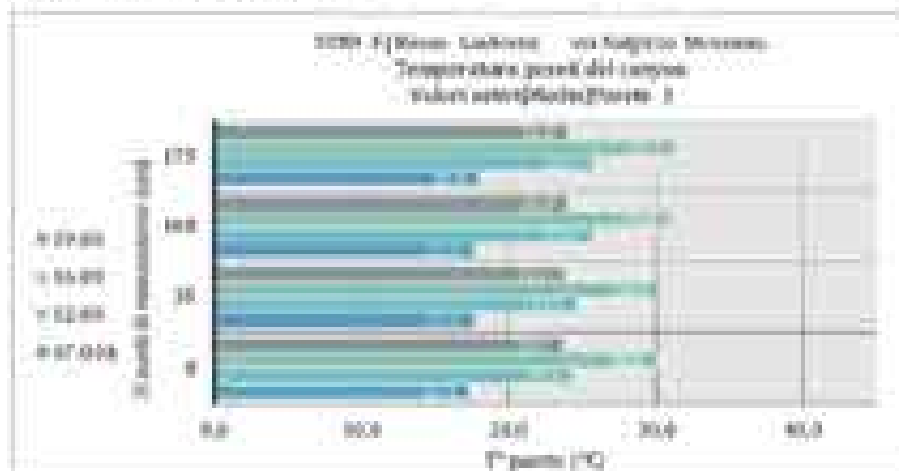
Direzione prevalente



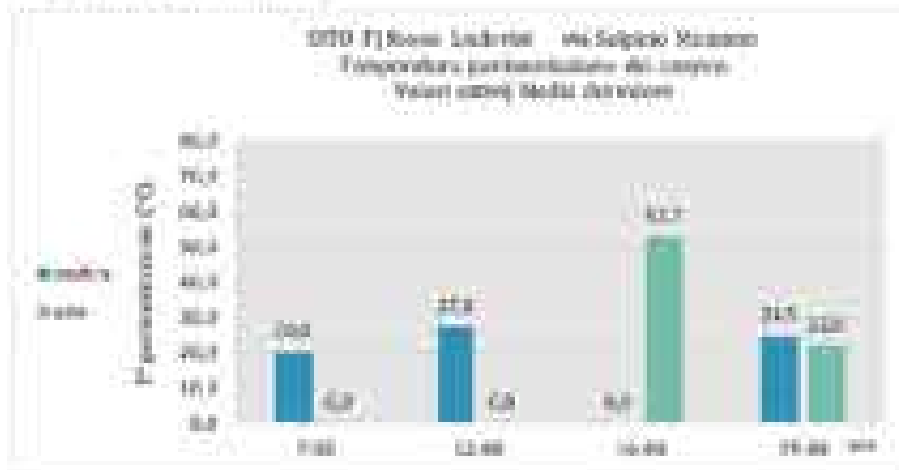
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



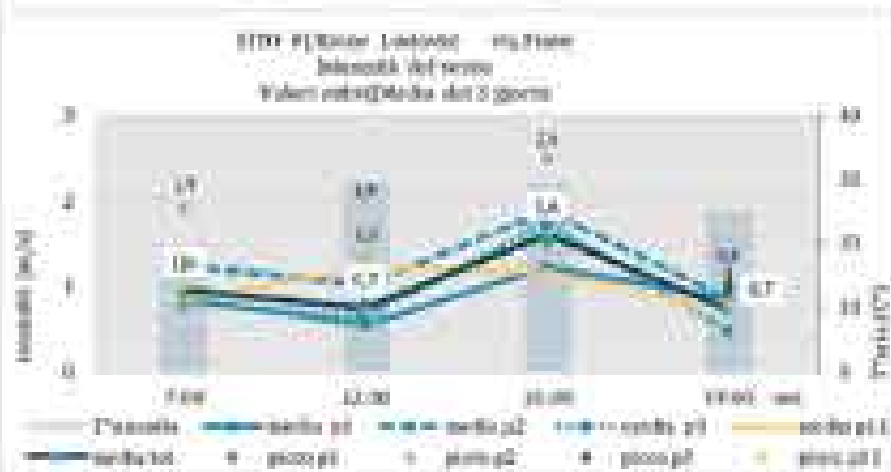
Temperatura perimetrale



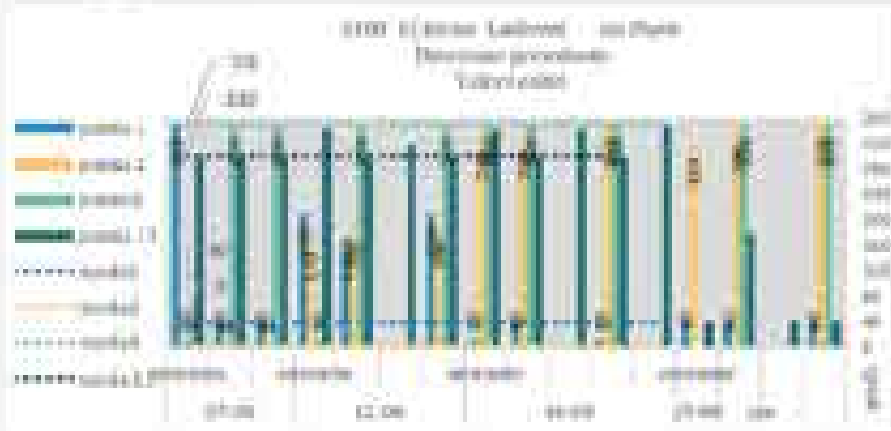


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

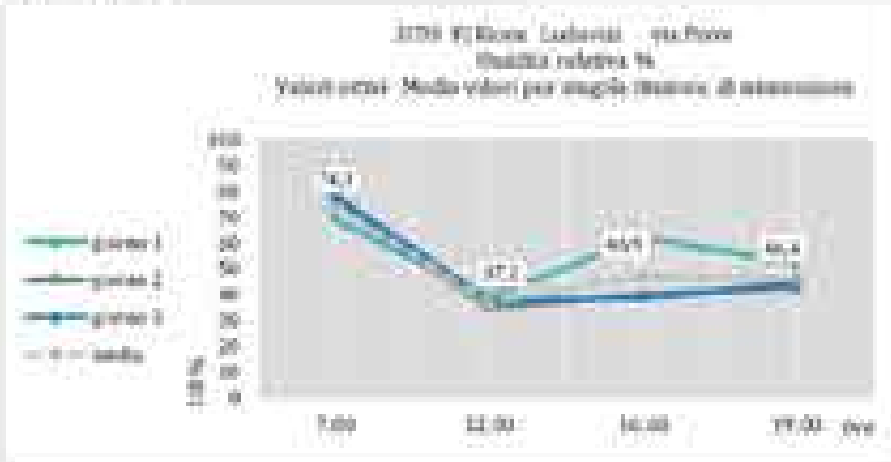
Esmp



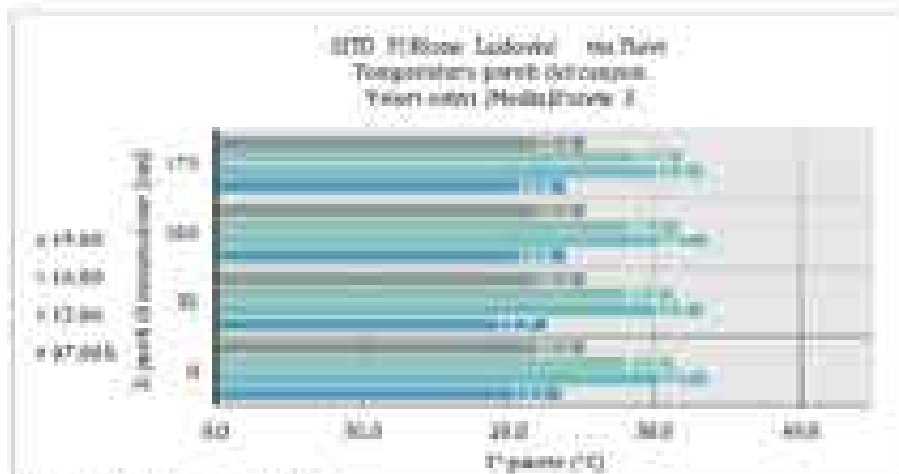
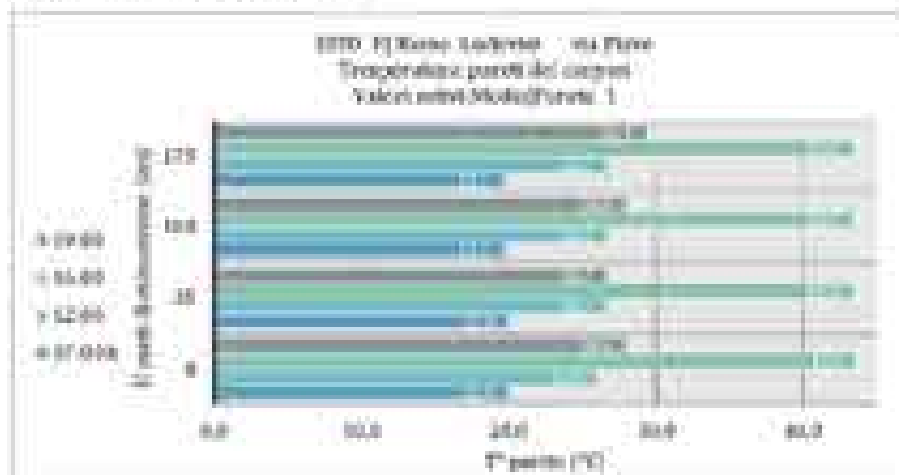
Direzioni prevalenti



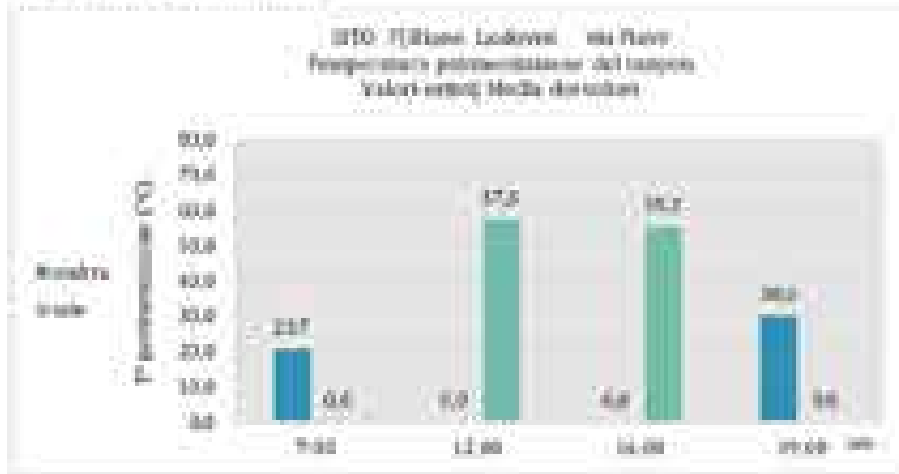
Umidità relativa



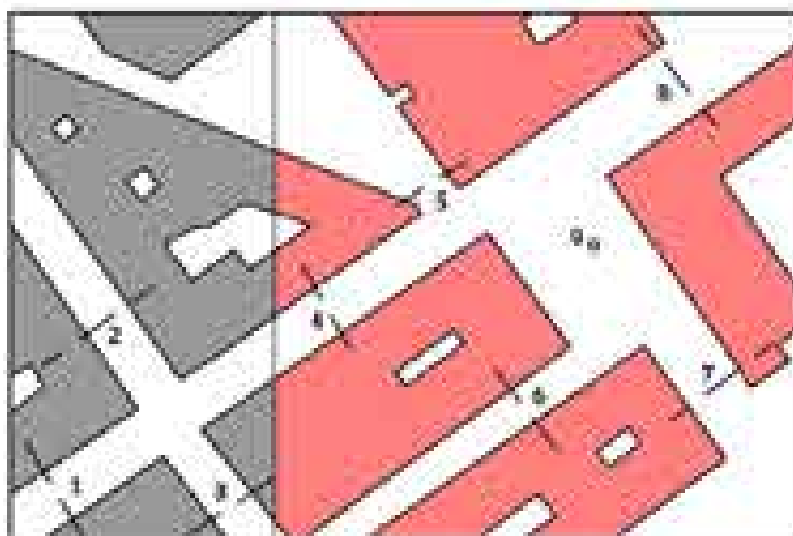
Temperatura specific vertical



Temperatura pavimentazione



MTM G) area di piazza dell'intercolata- Quartiere San Lorenzo  
 DATA 07-08-10/08/2016  
 per il microambiente





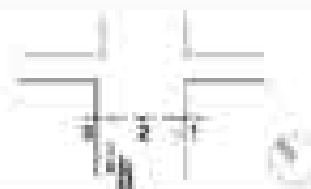
STED C | Quartiere San Lorenzo

PUNTO N° 1

Periodo di osservazione: estivo

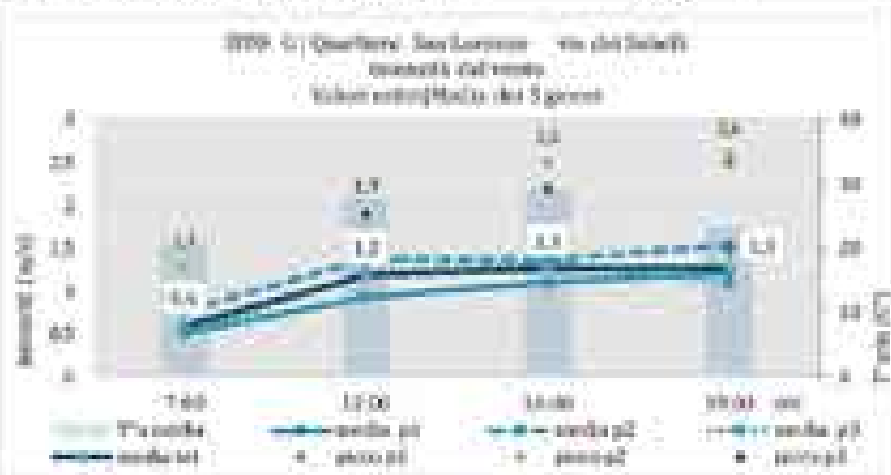
Casa 07-08-10 agosto 2018

Condizioni meteo: prevalentemente serene

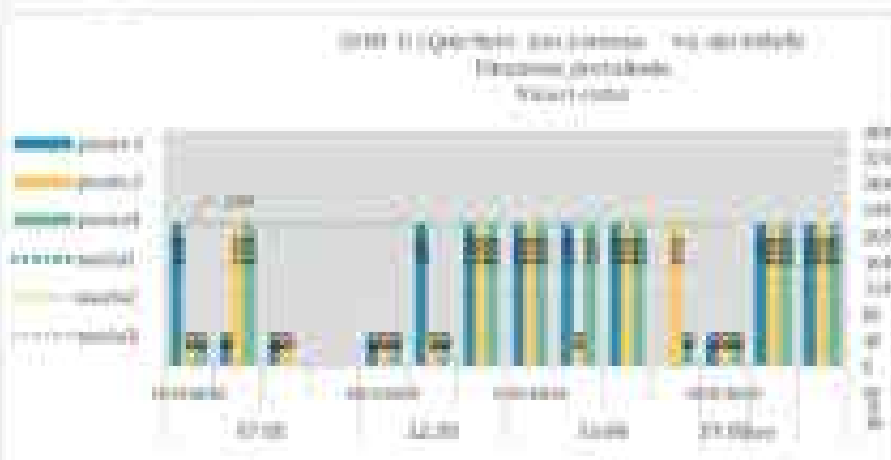


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

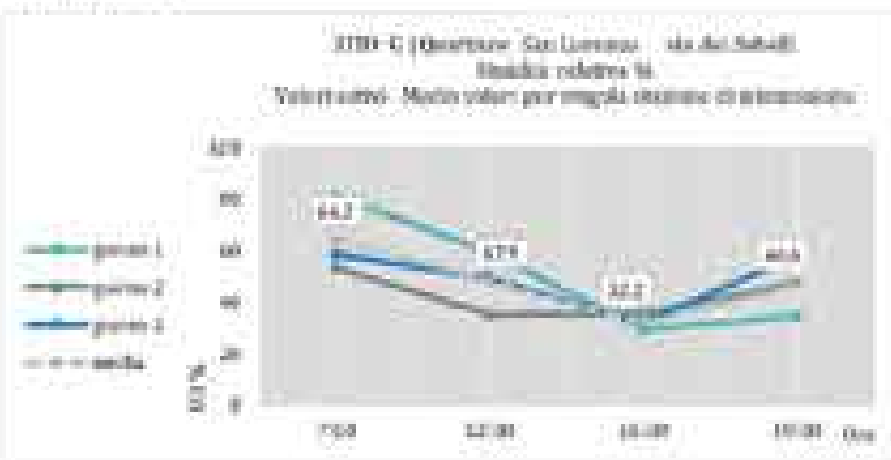
Esmp



Direzioni prevalenti

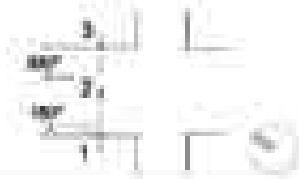


Umidità relativa





PUNTO N° 2

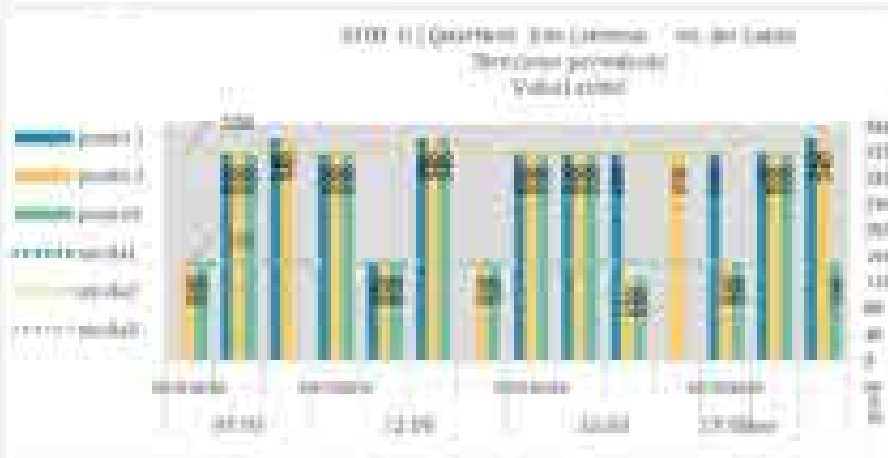


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmp



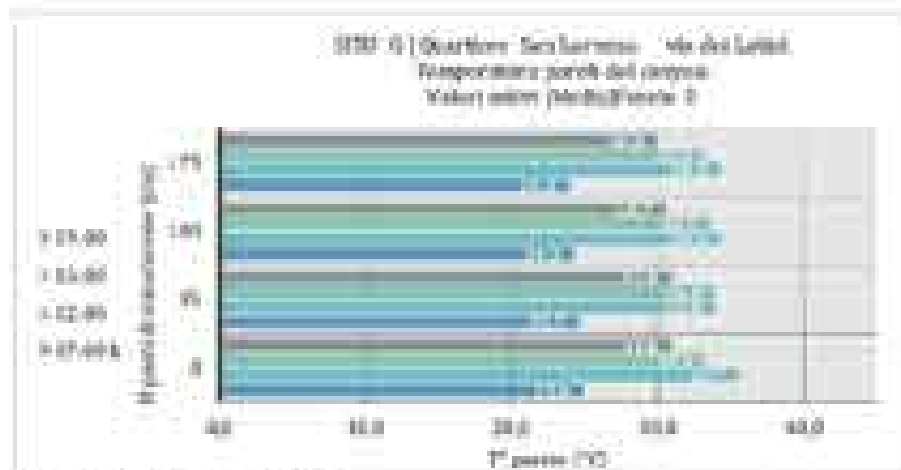
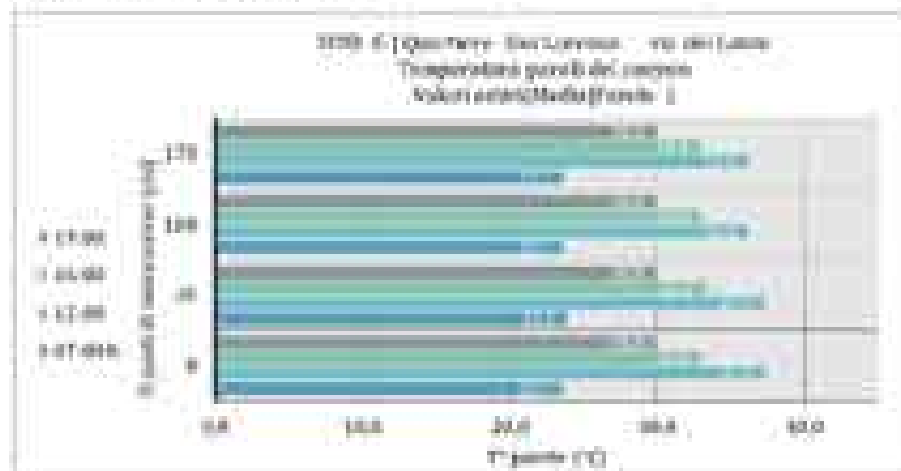
Direzione prevalente



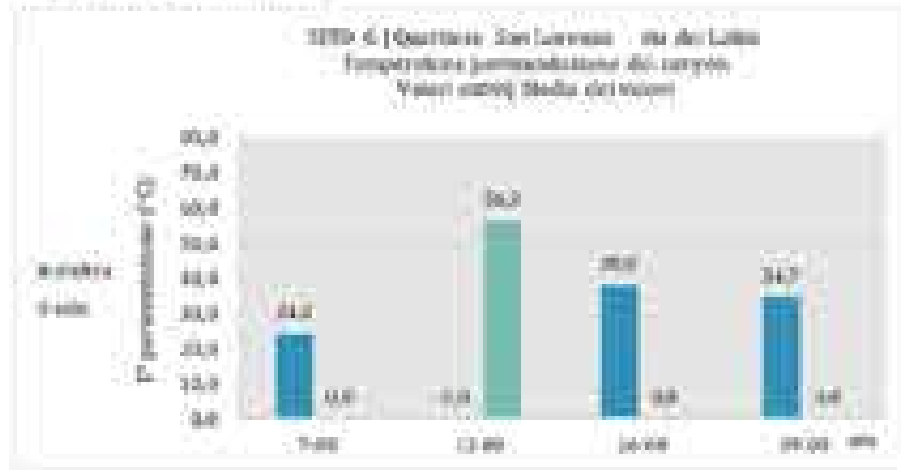
Umidità relativa



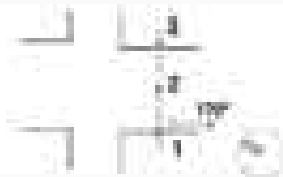
Temperatura specifici verticali



Temperatura preriscaldamento

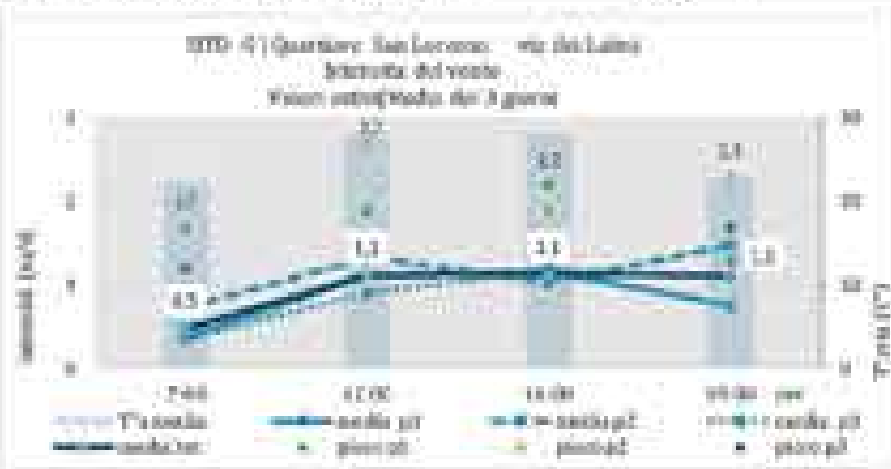


PUNTO N° 3

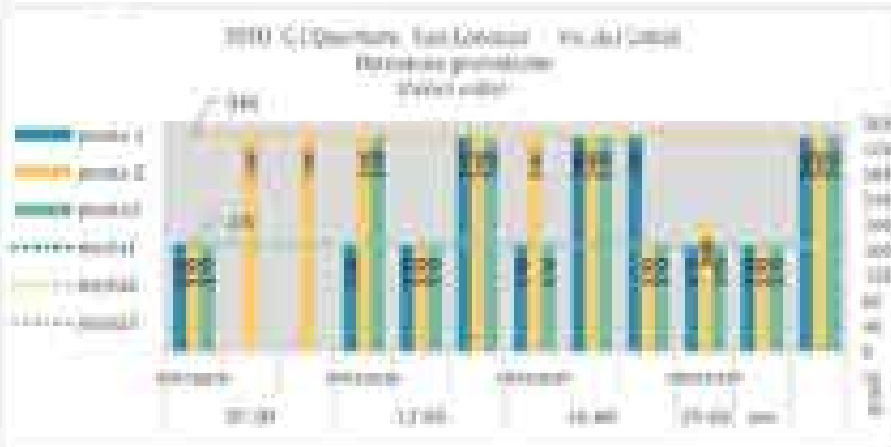


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

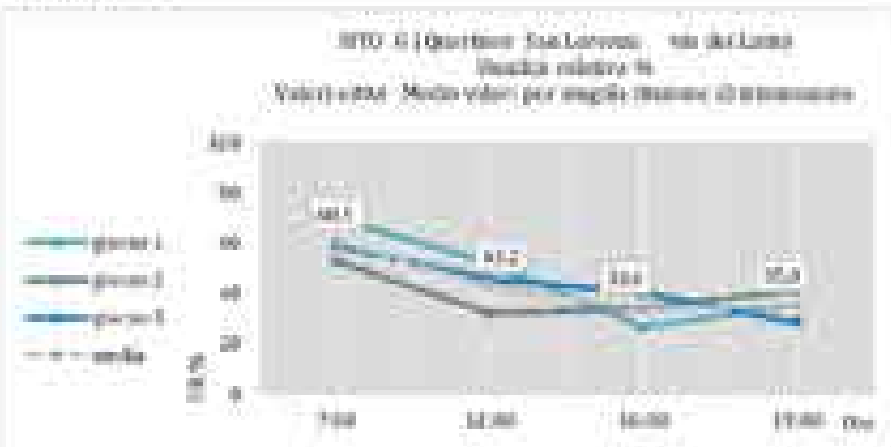
Esmp



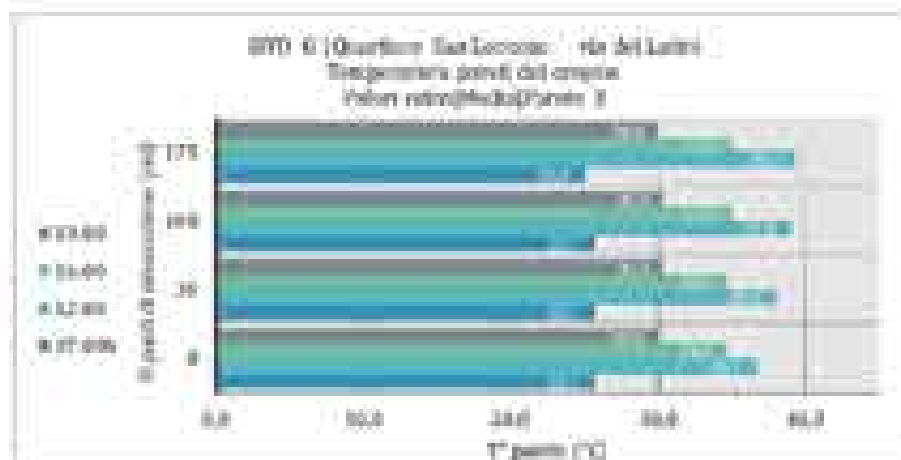
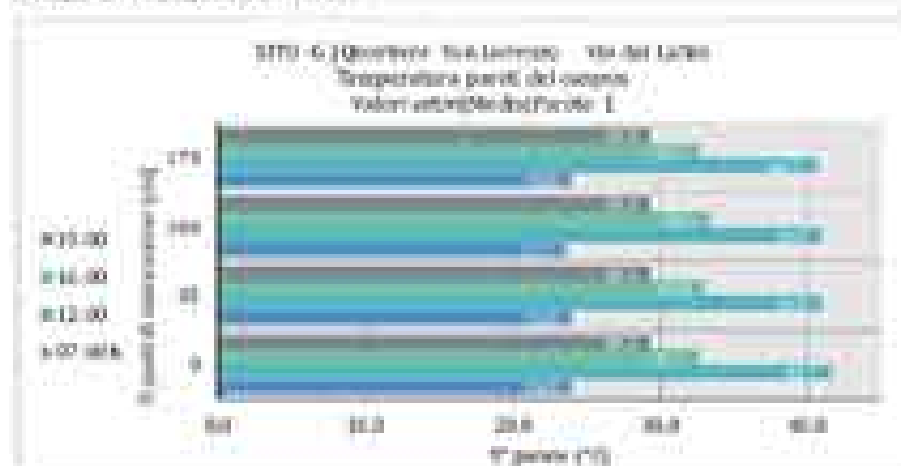
Direzione prevalente



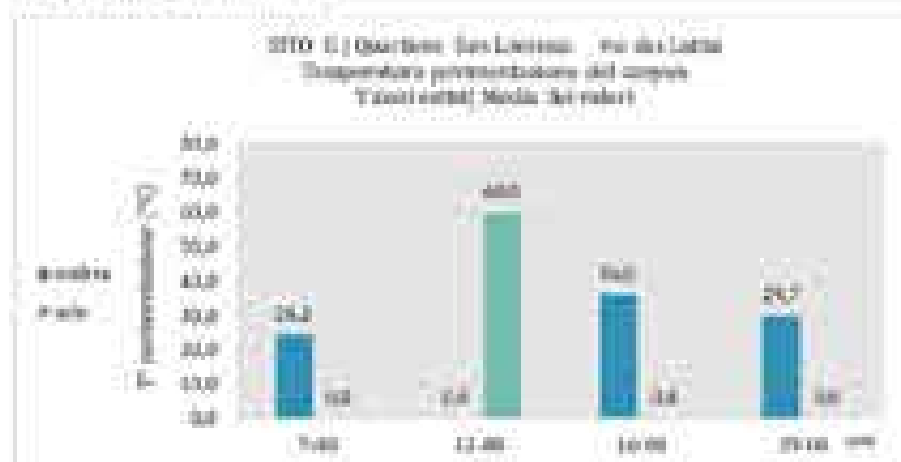
Umidità relativa



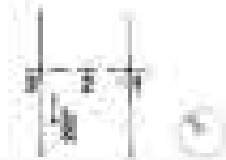
Temperatura specifici verticali



Temperatura preriscaldamento

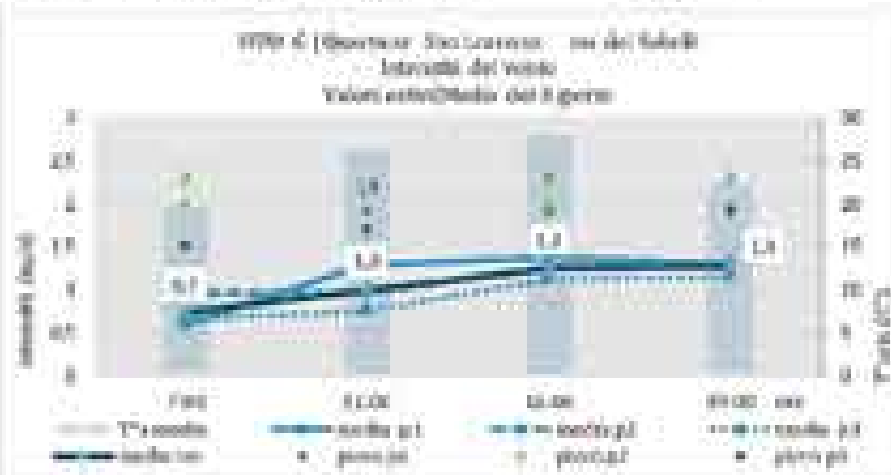


PUNTO N° 4

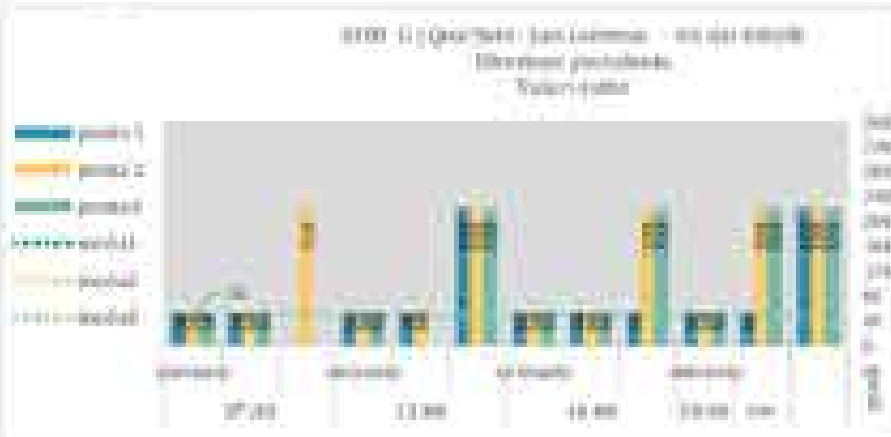


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

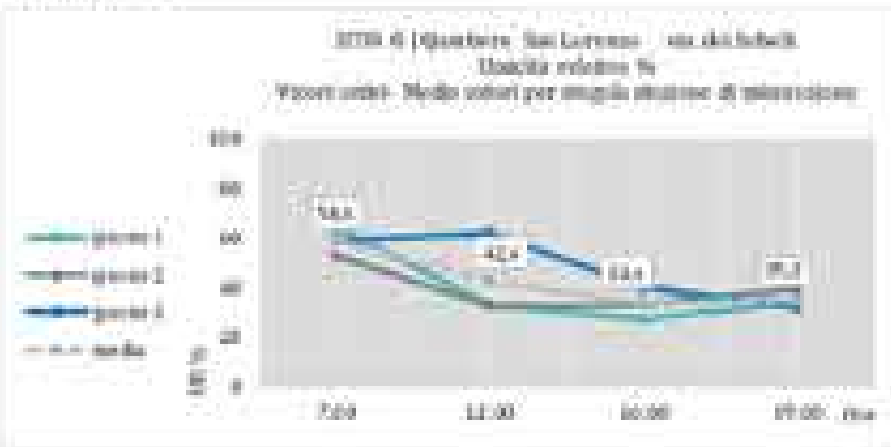
Esmp



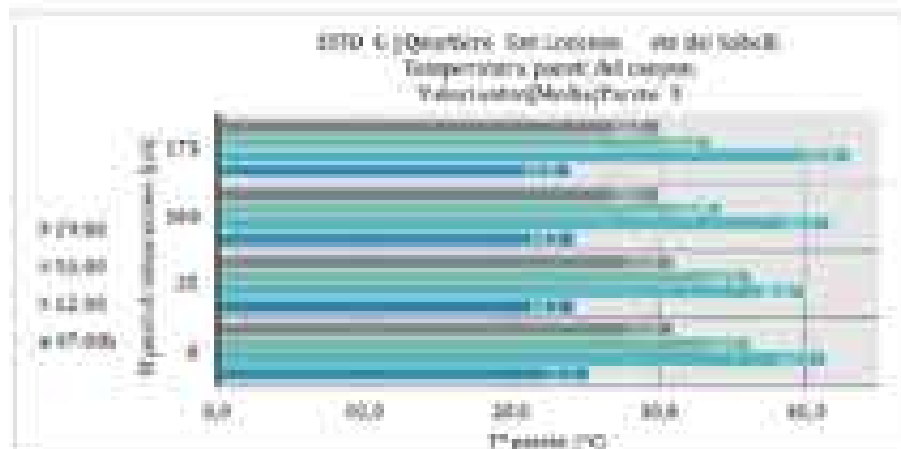
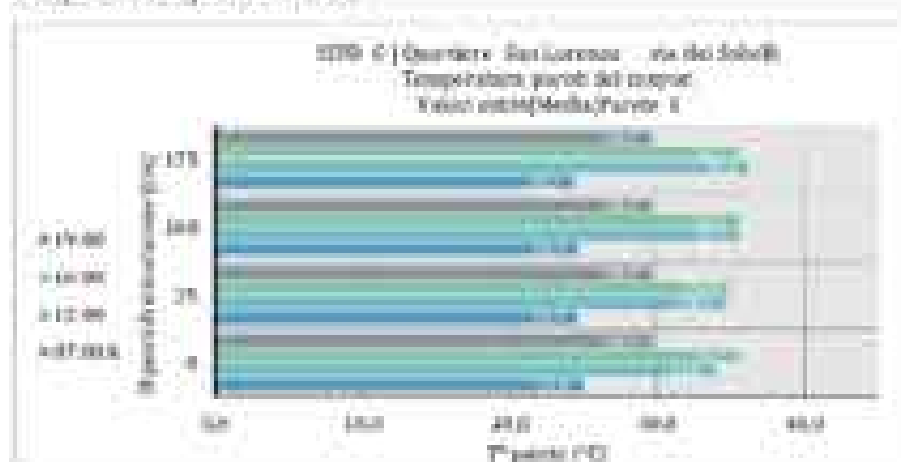
Direzioni prevalenti



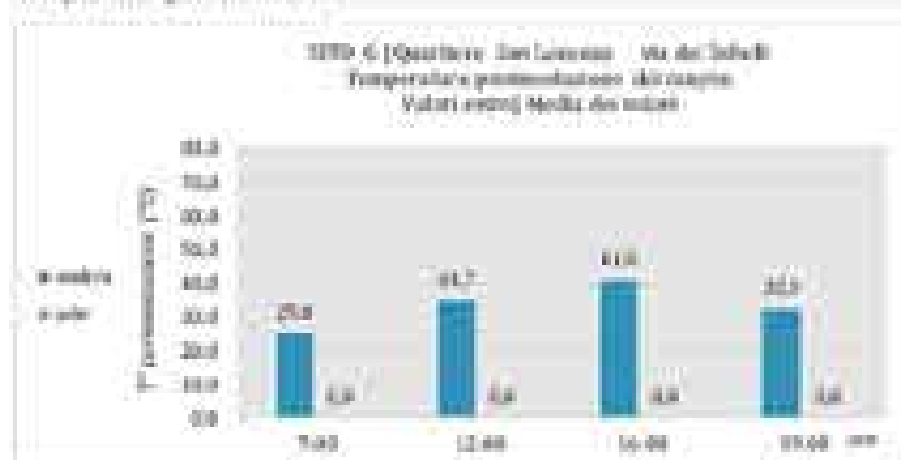
Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali



Temperatura paraventilazione



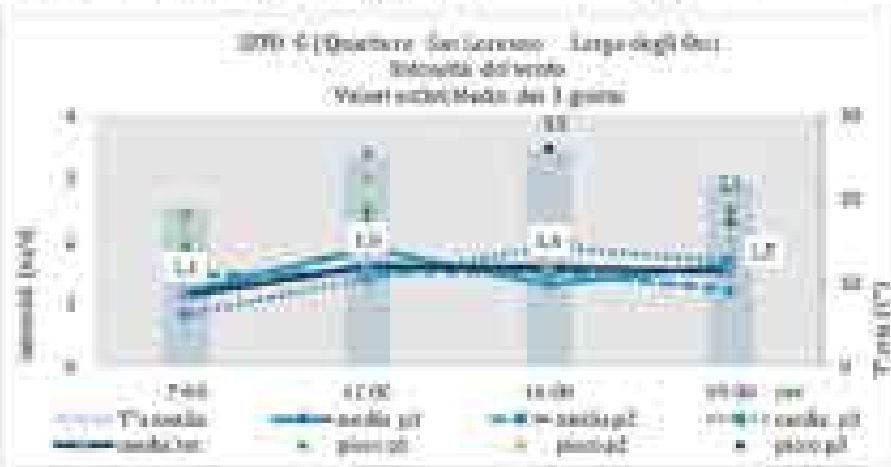


PUNTO N° 5

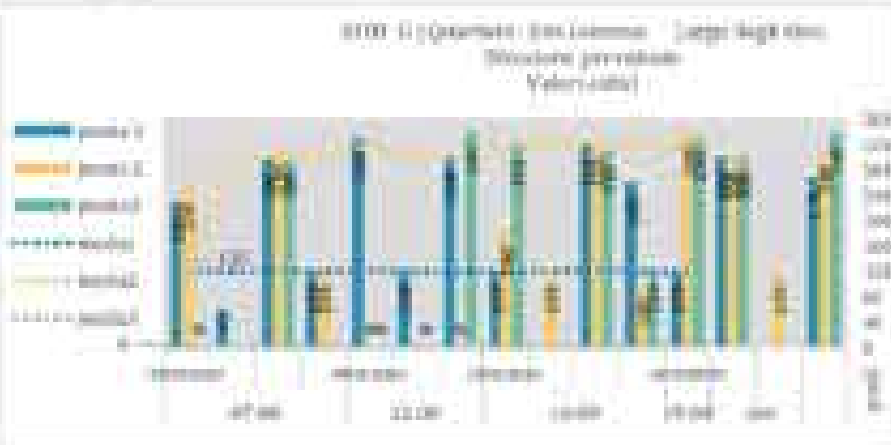


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

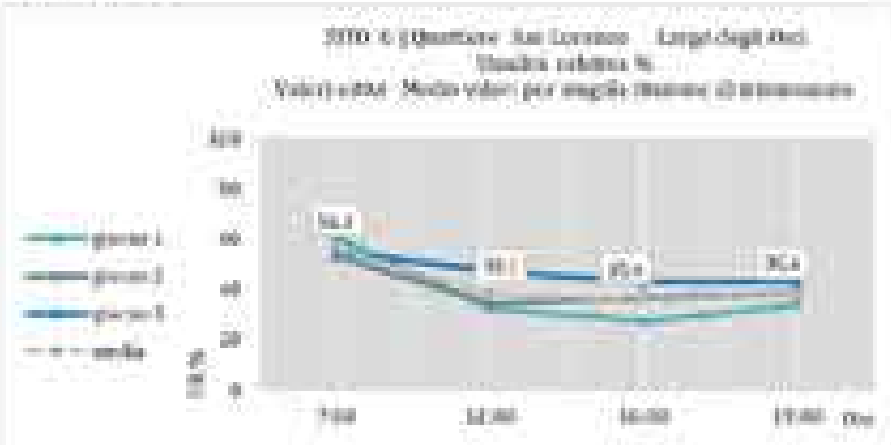
Esmp



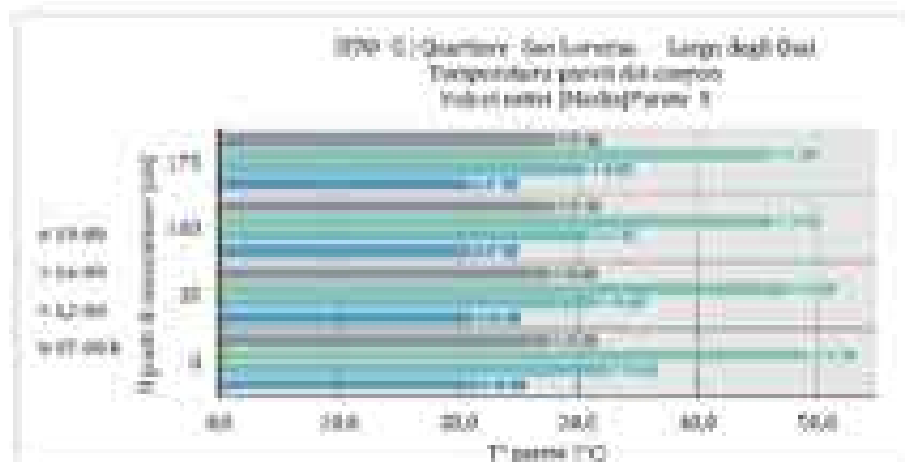
Direzione prevalente



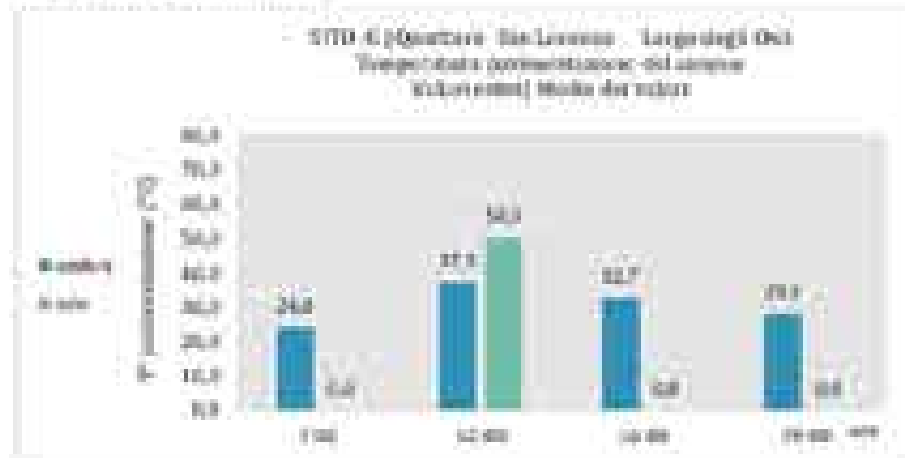
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura generalizzazione

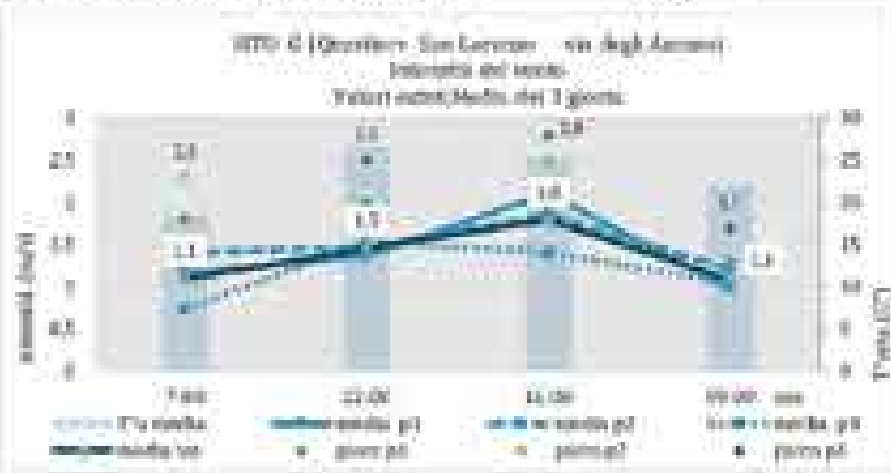


PUNTO N° 8

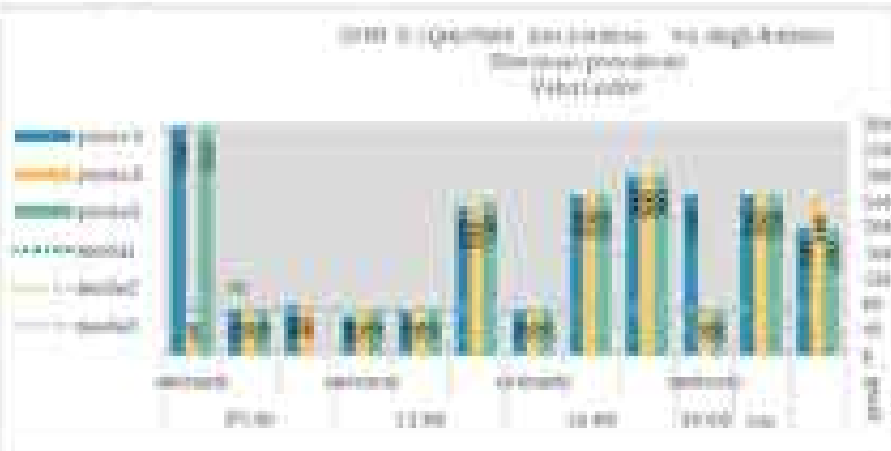


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

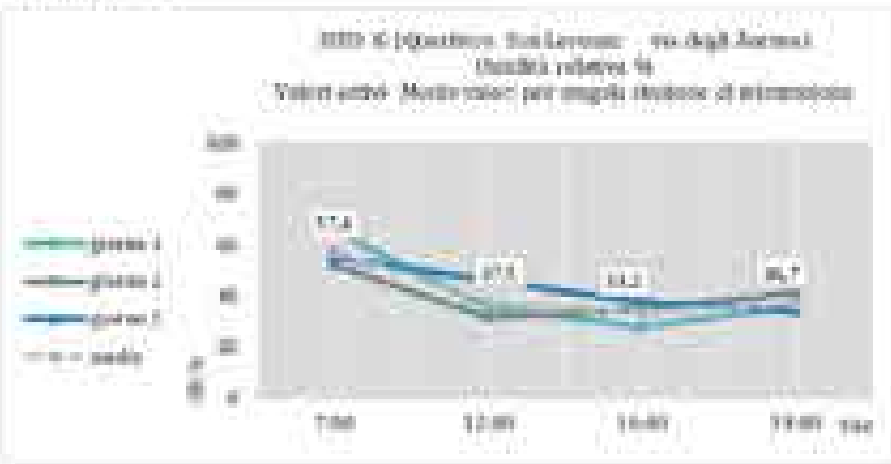
Esmap



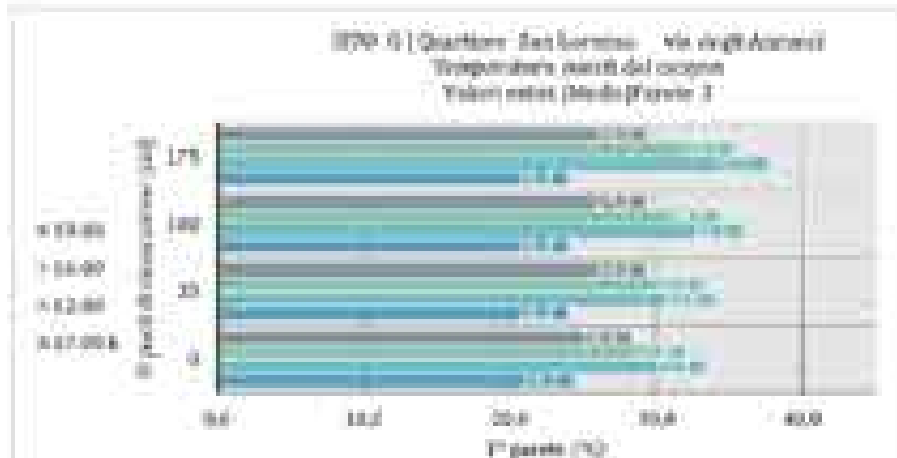
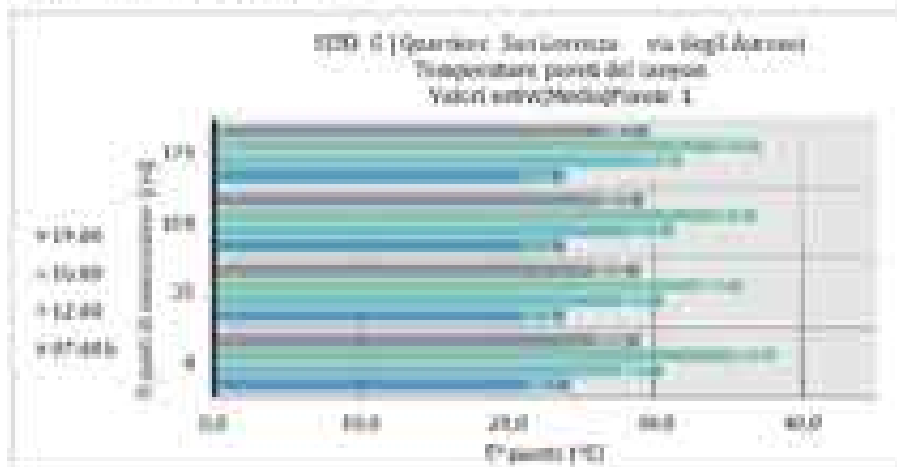
Direzione prevalente



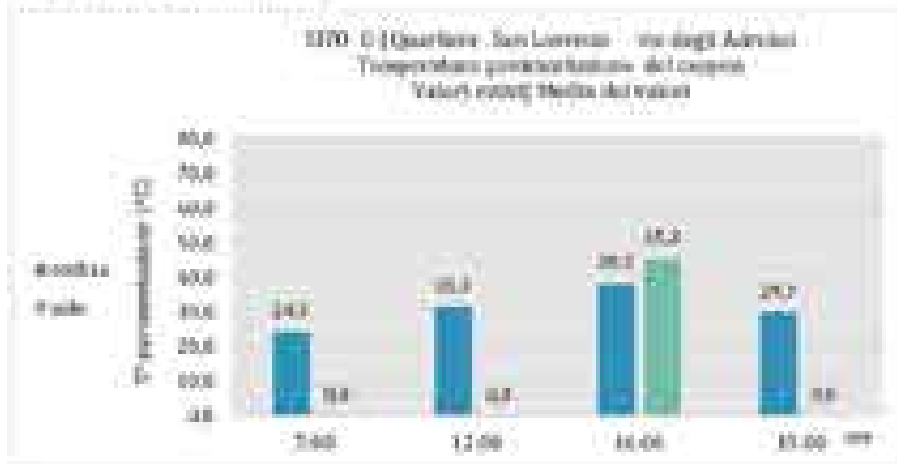
Umidità relativa



Temperatura specific vertical



Temperatura generalizzazione

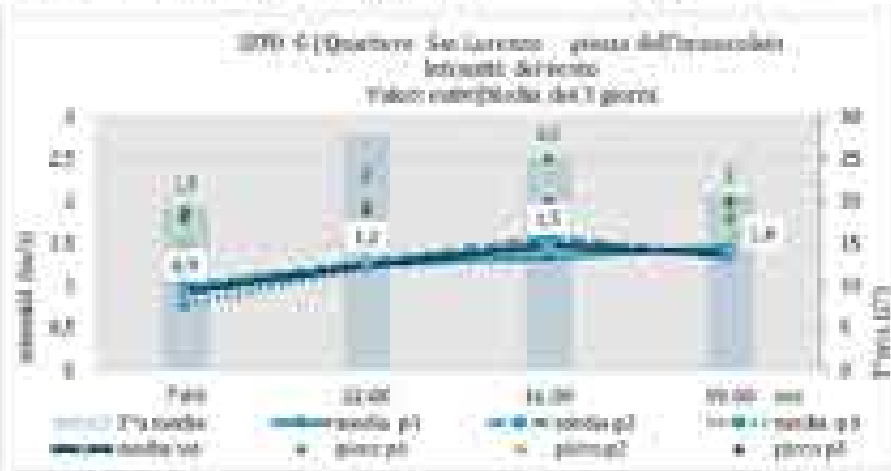


PUNTO N° 7

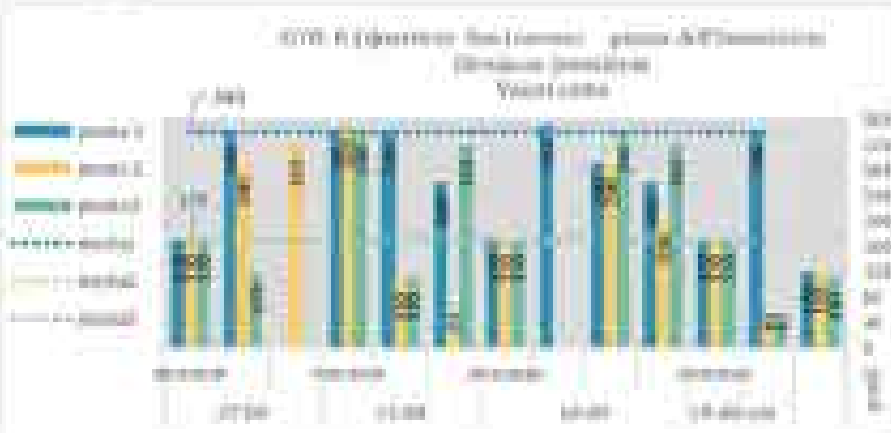


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

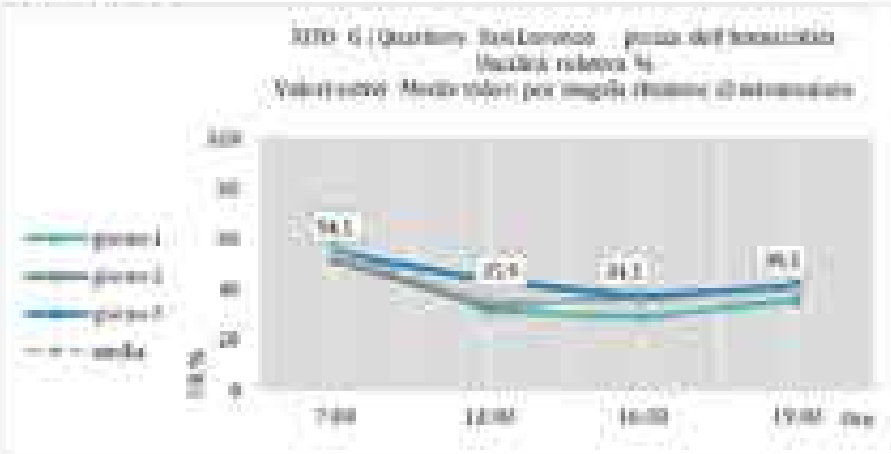
Esmp



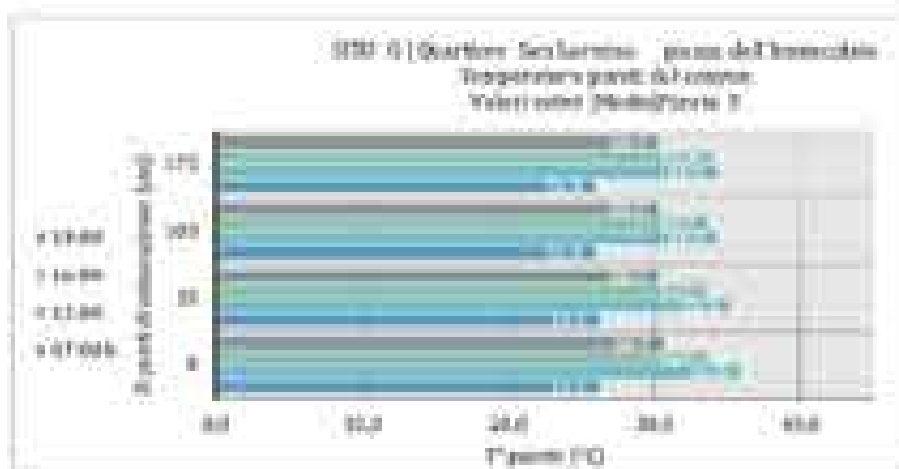
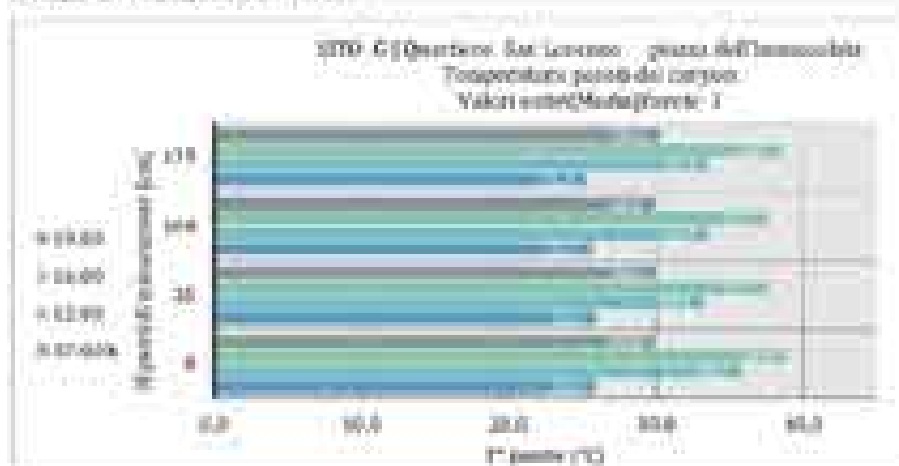
Direzione prevalente



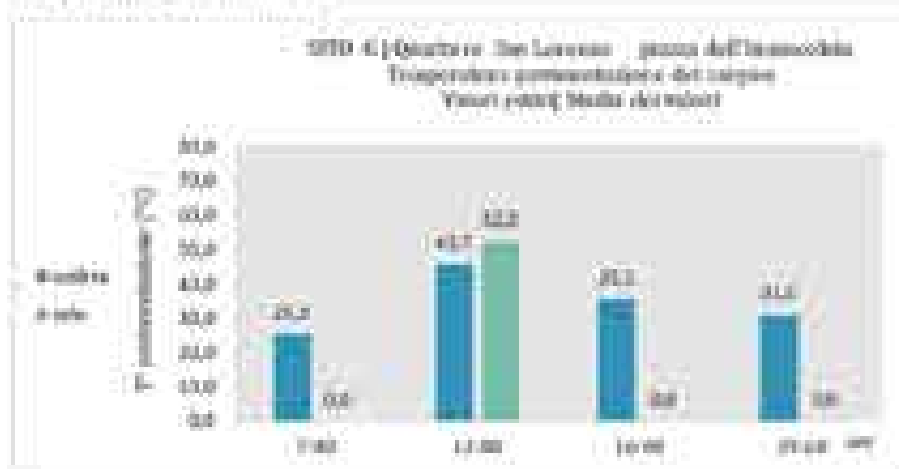
Umidità relativa



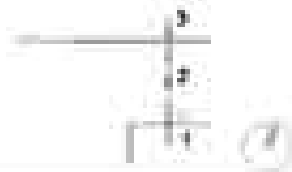
Temperatura specifici verticali



Temperatura parati orizzontali

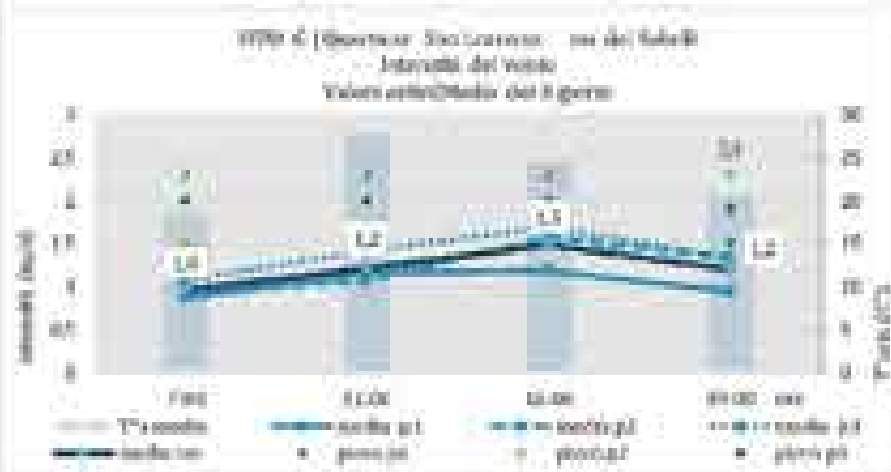


PUNTO N° 8

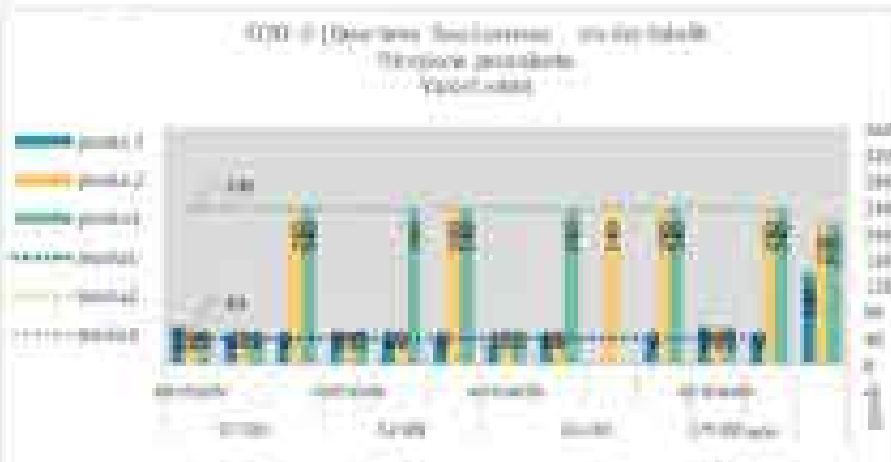


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

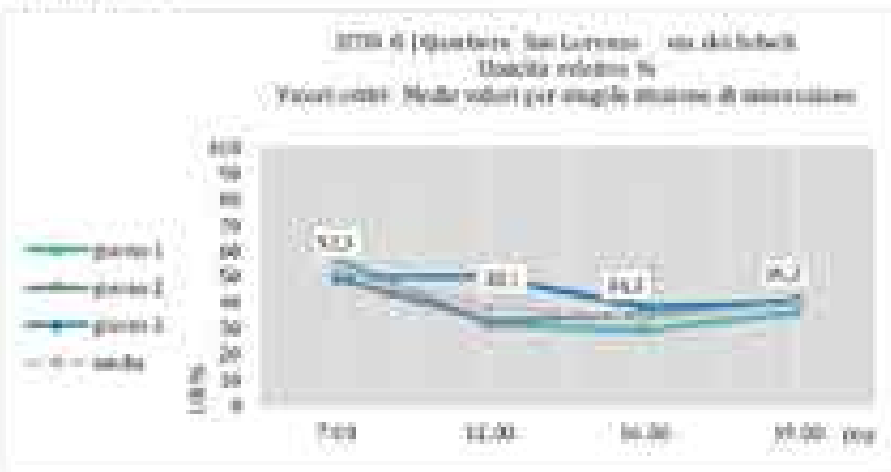
Esmp



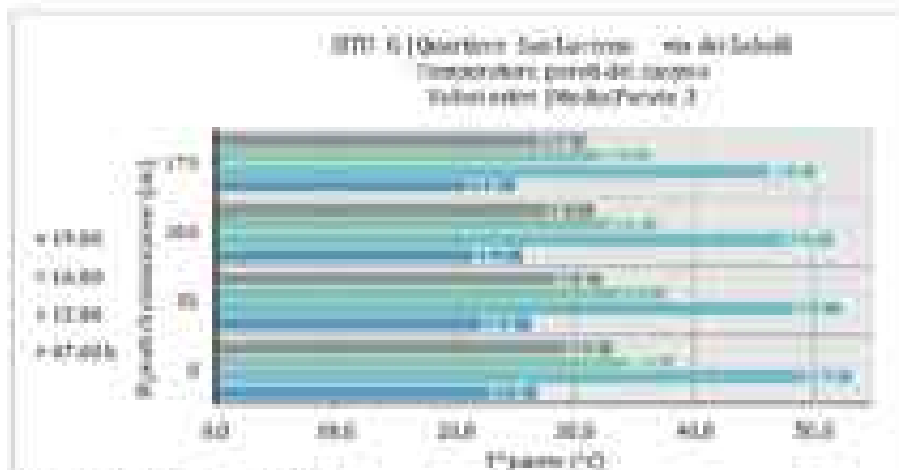
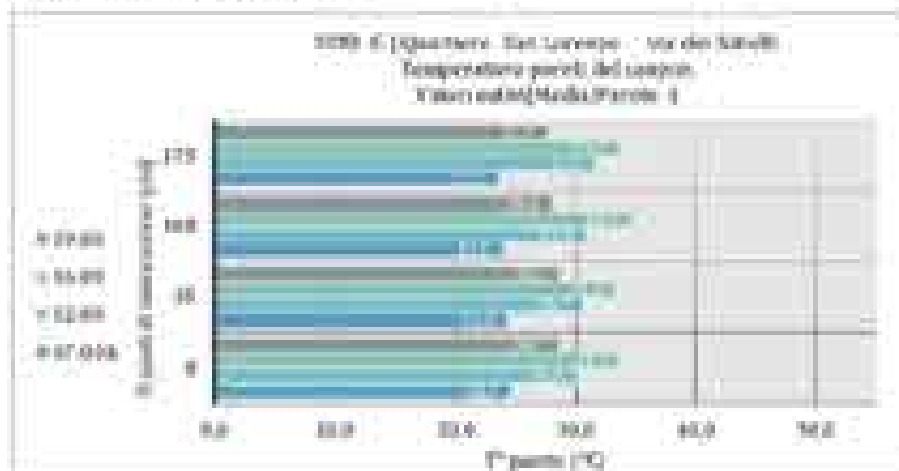
Direzione prevalente



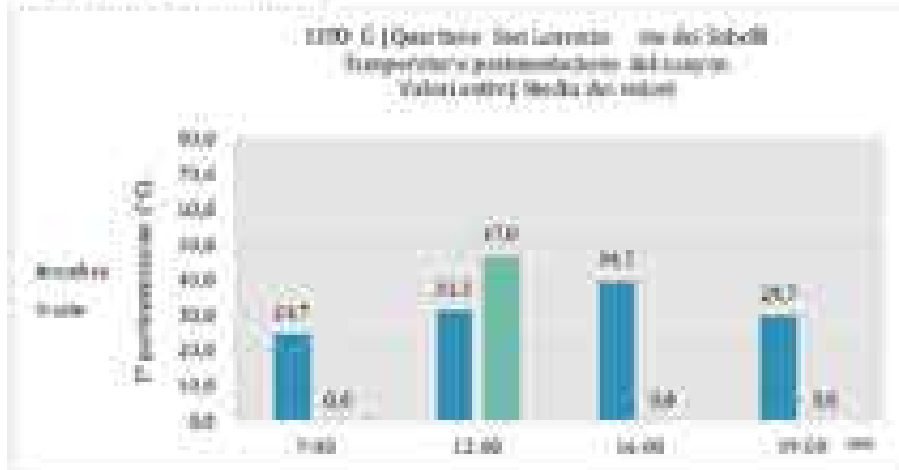
Umidità relativa



Temperatura specific vertical

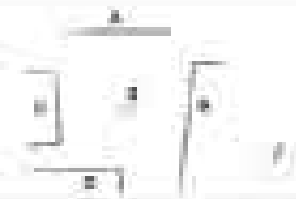


Temperatura post-infiltrazione



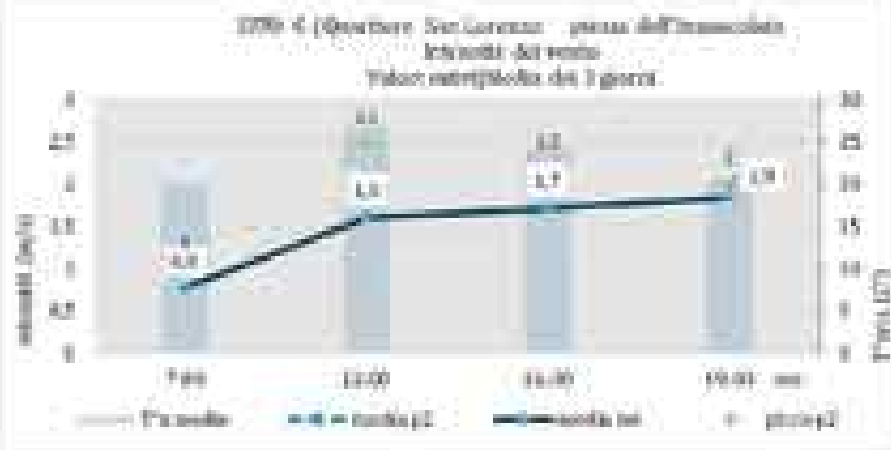


PUNTO N° 9

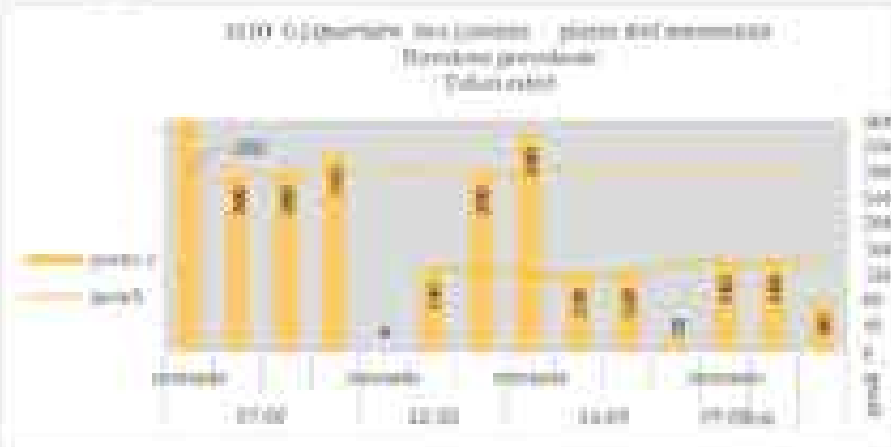


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

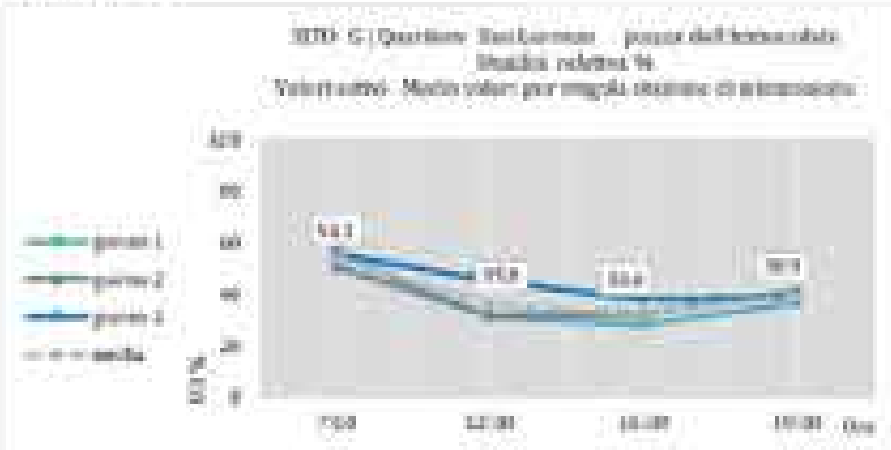
Esmp



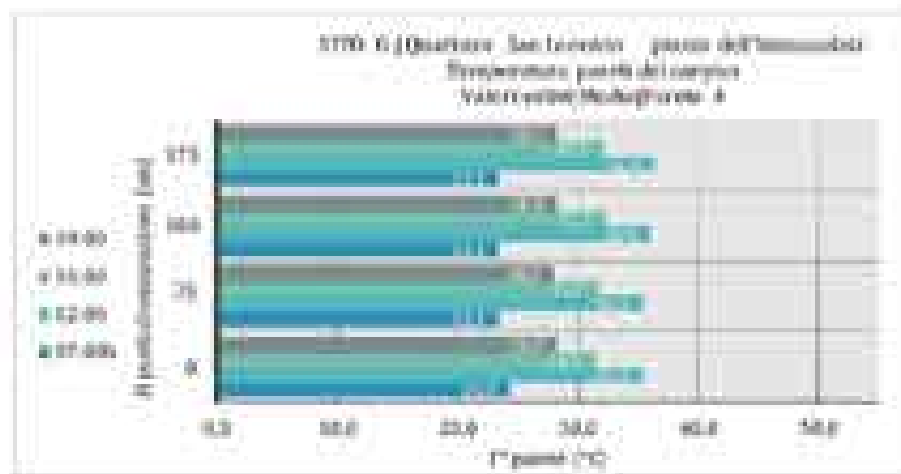
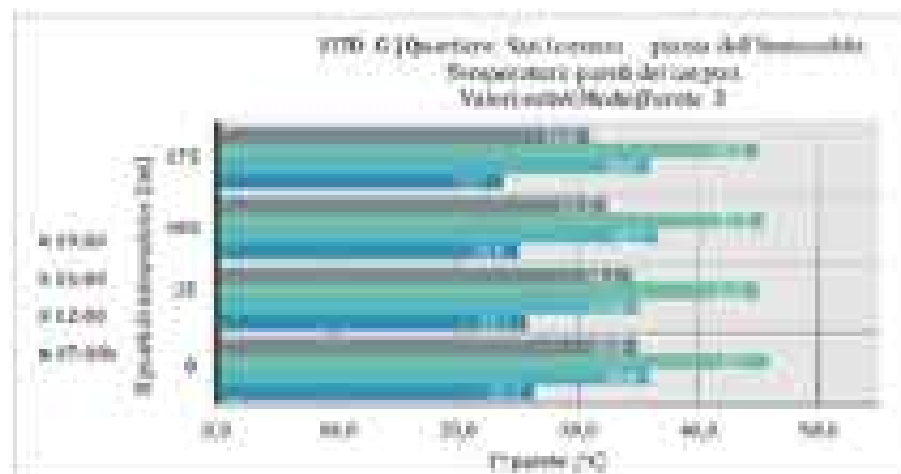
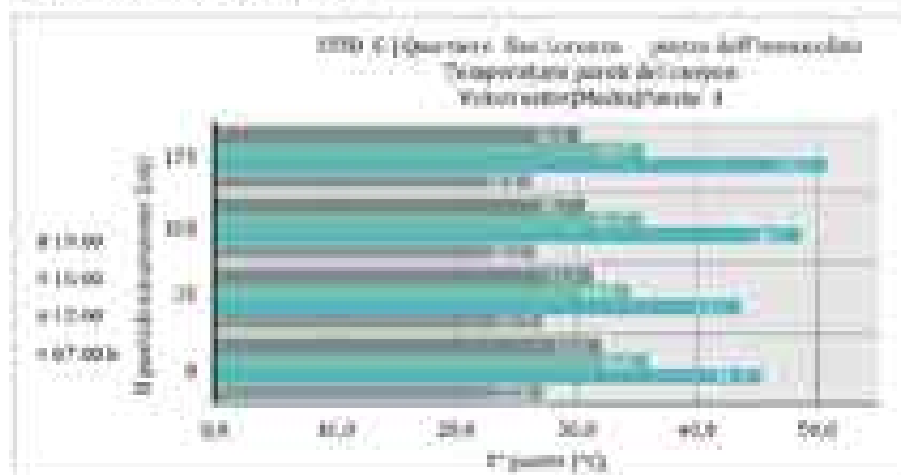
Direzione prevalente



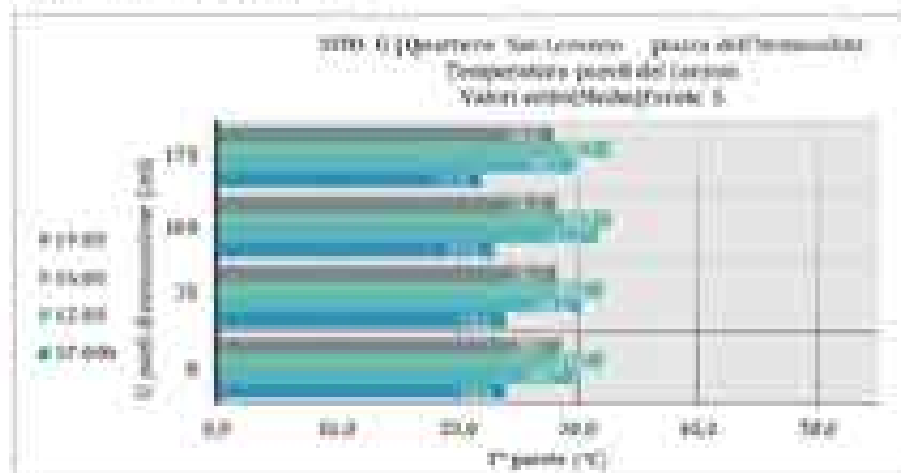
Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali



Temperatura specifici verticali

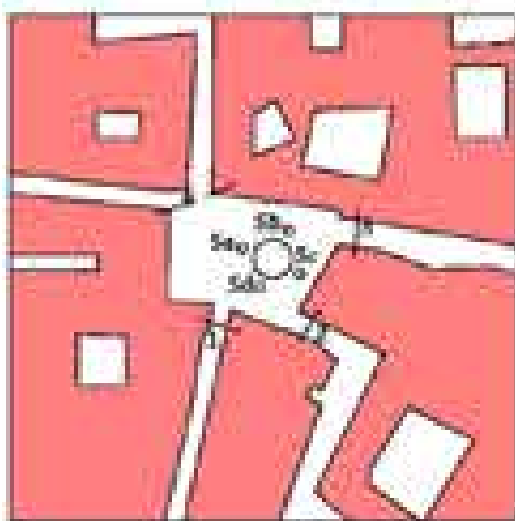


Temperatura personalizzazione



STU 01 (area di piazza Mattei - Rione Sant'Angelo)  
DATE 19- 20-22/06/2014  
per il microambiente

---



STO II | Roma San'Angelo

FUNTO N° 1

passo

Periodo di osservazione, attivo

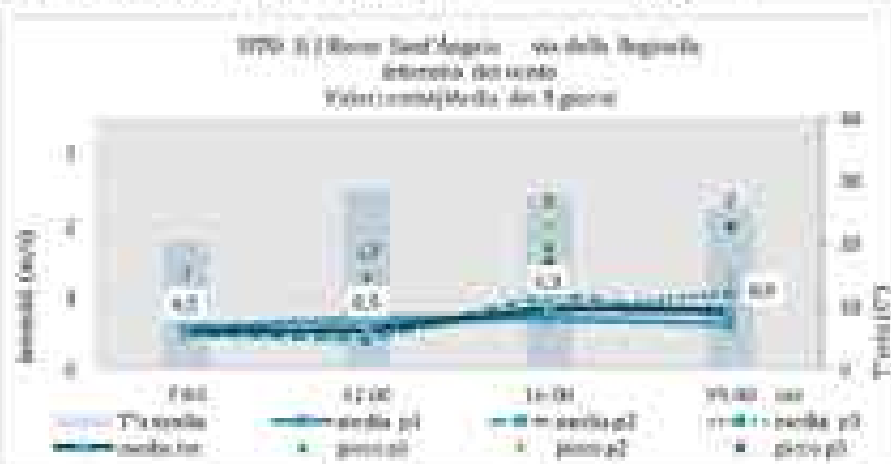
Cielo: 14-22 agosto 2018

Condizioni meteo: prevalentemente sereno

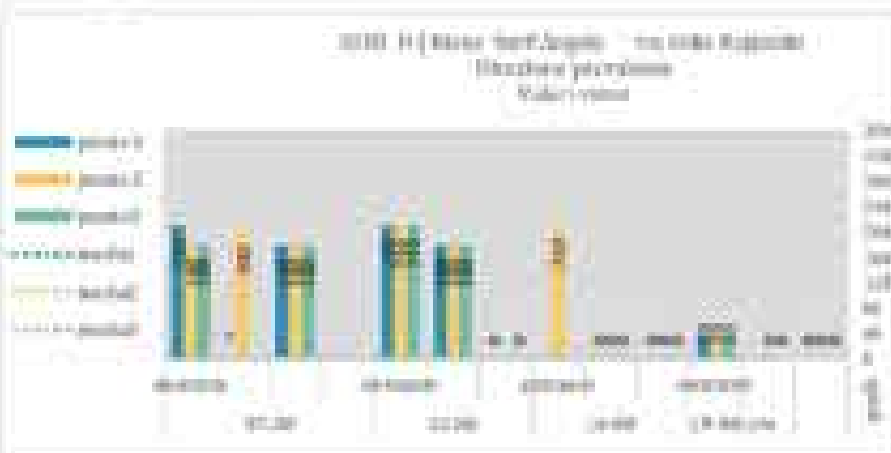


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

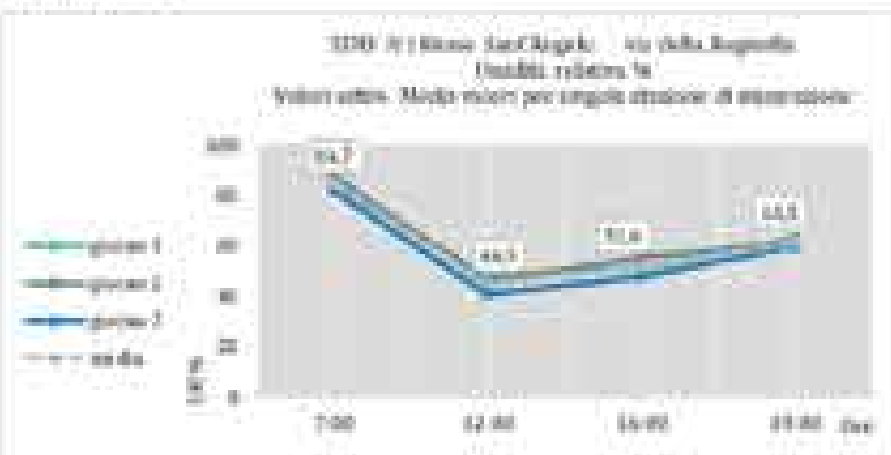
Esposizione



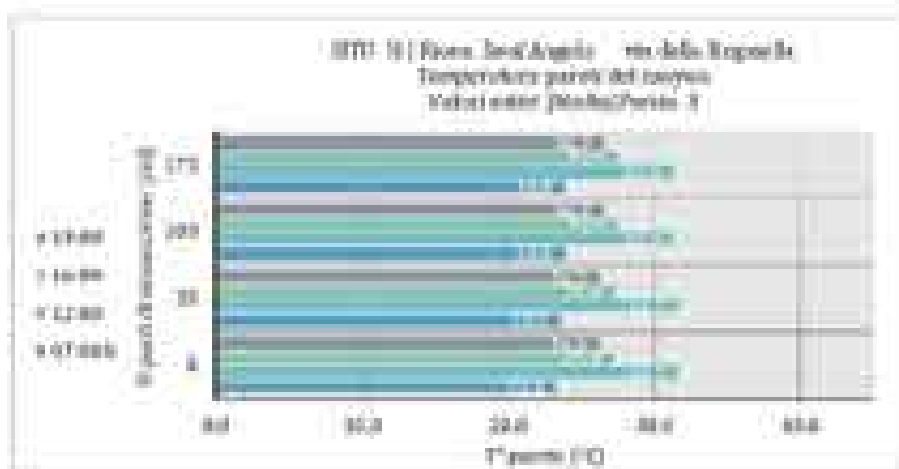
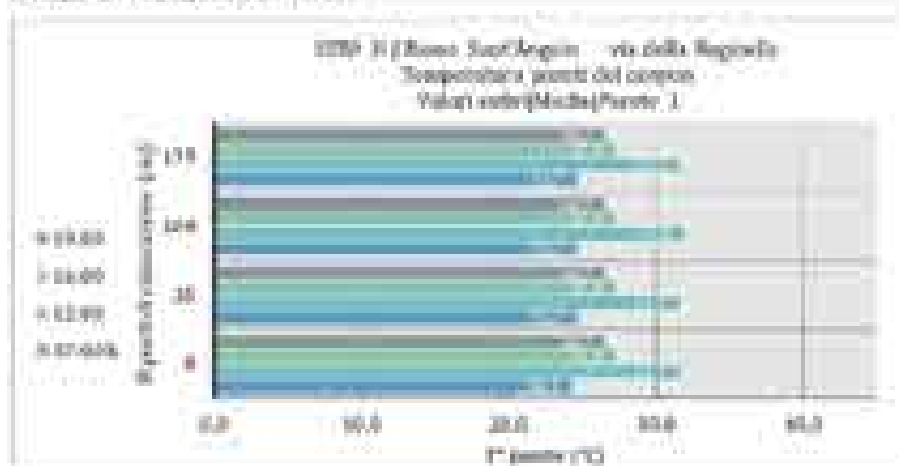
Direzione prevalente



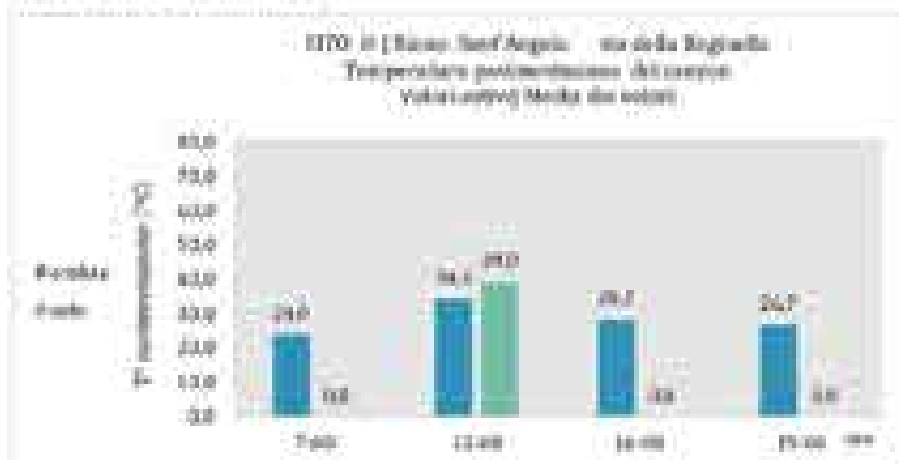
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura post-infiltrazione

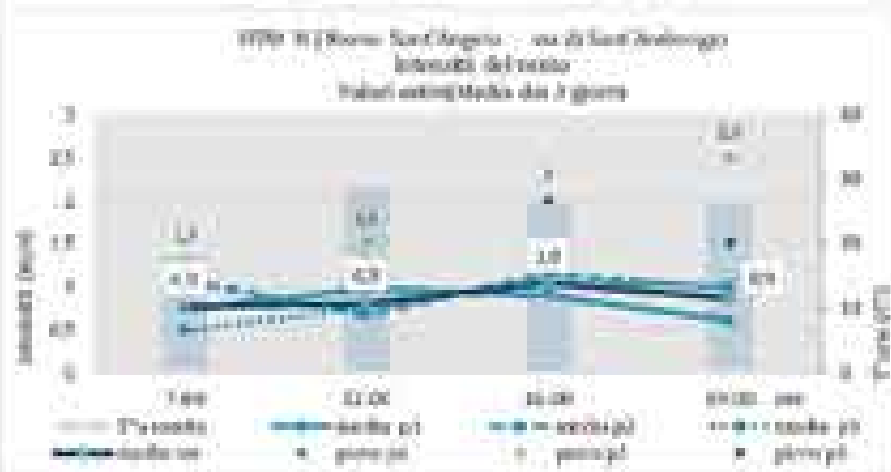


PUNTO N° 2

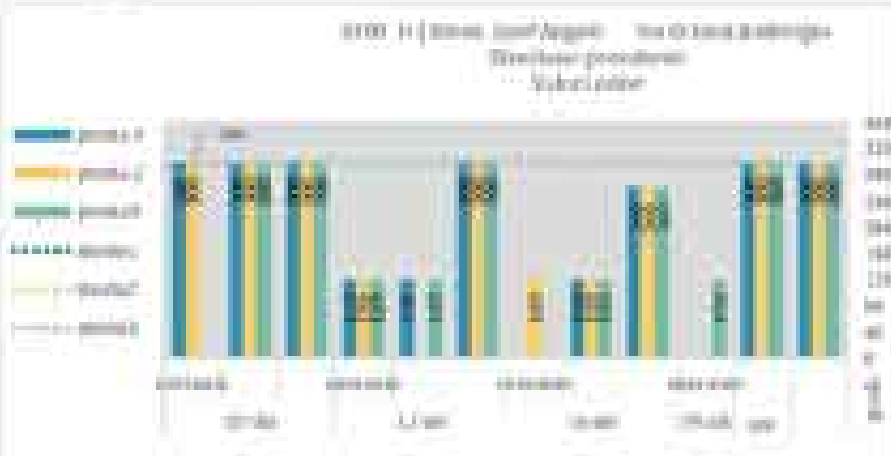


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

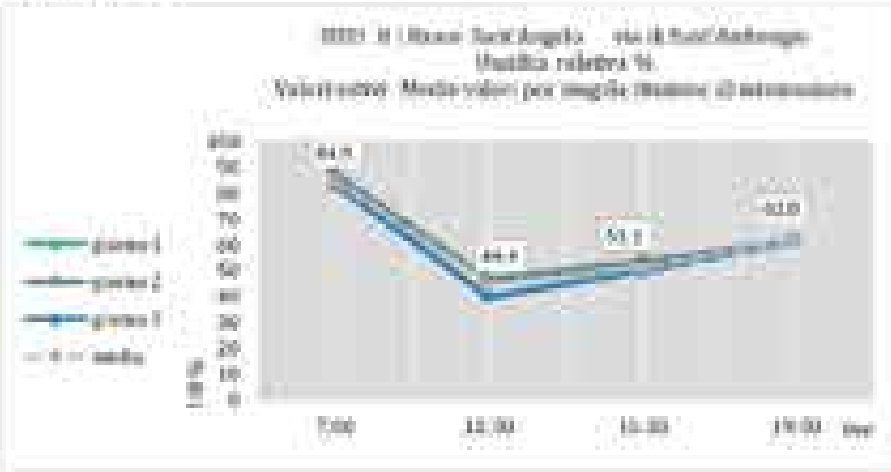
Esmp



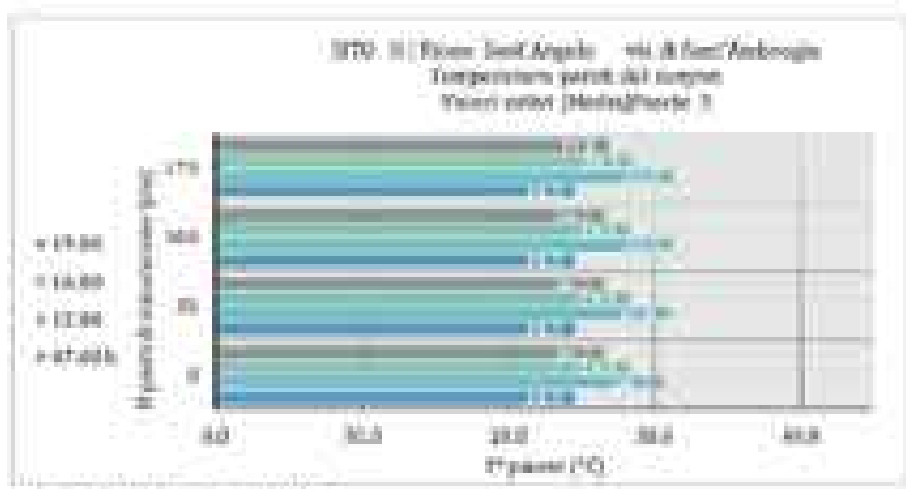
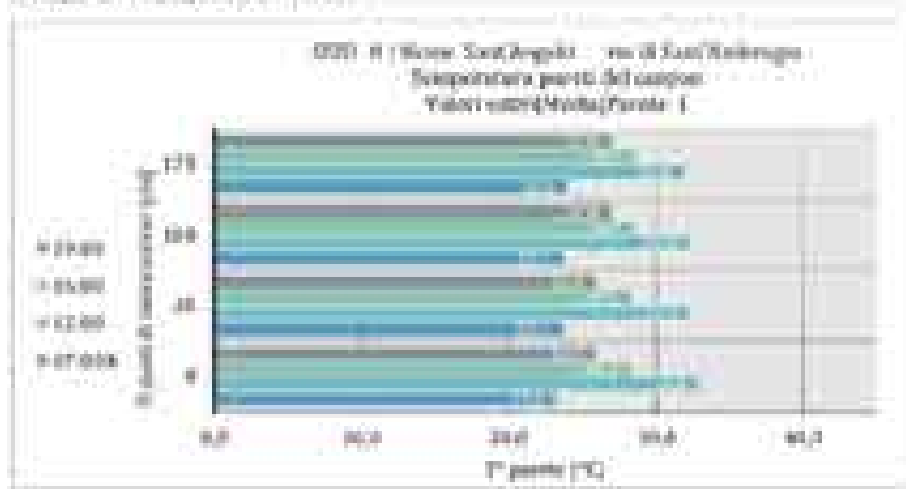
Direzioni prevalenti



Umidità relativa



Temperatura specifici verticali

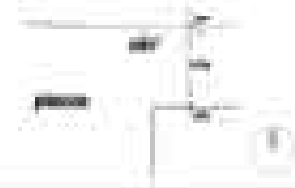


Temperatura previsione



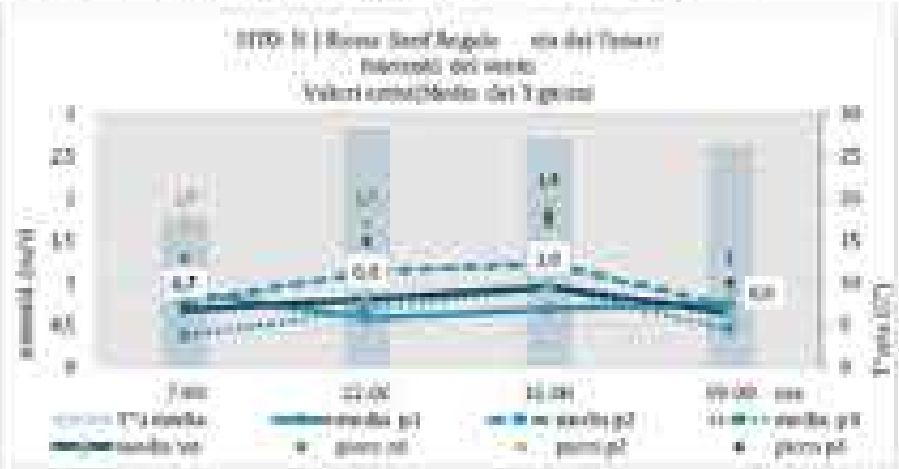


PUNTO N° 3

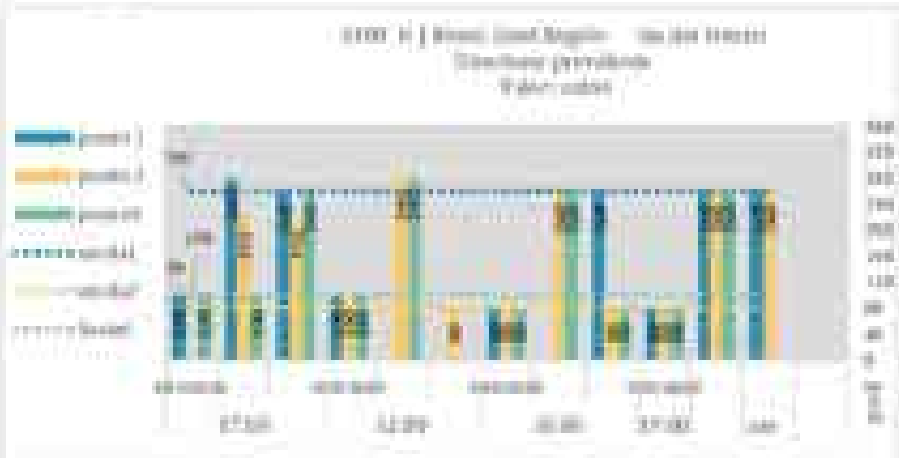


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

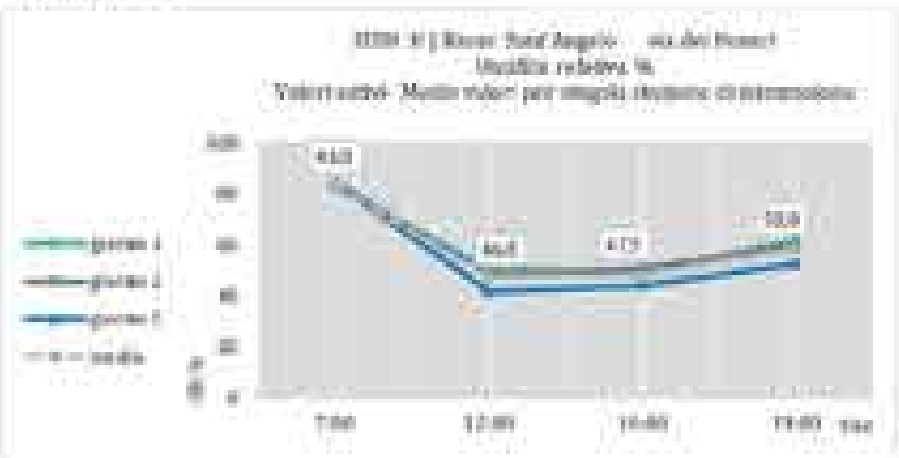
Esmp



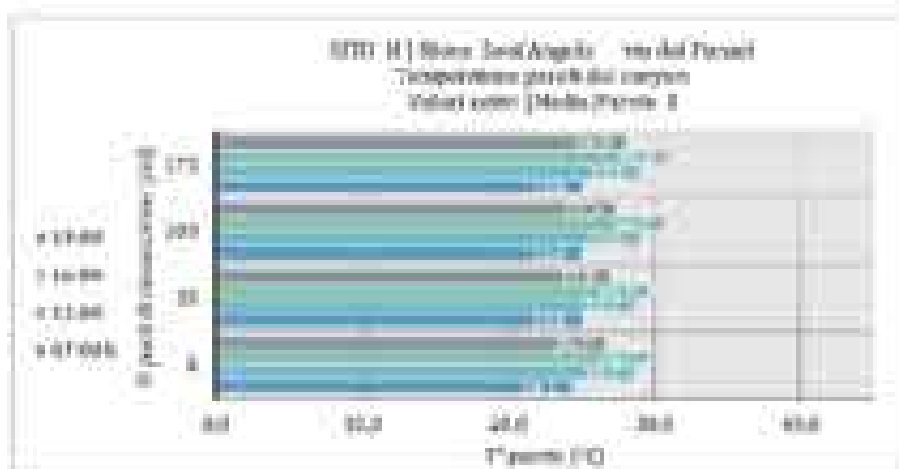
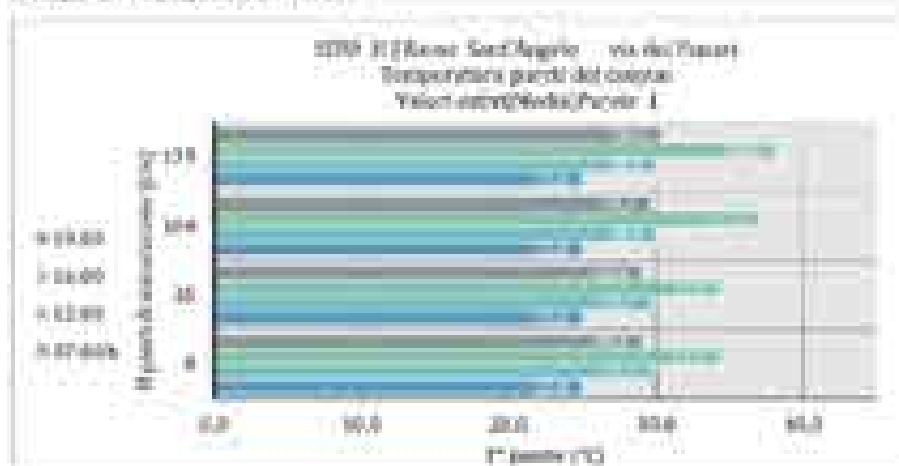
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura prelievatazione

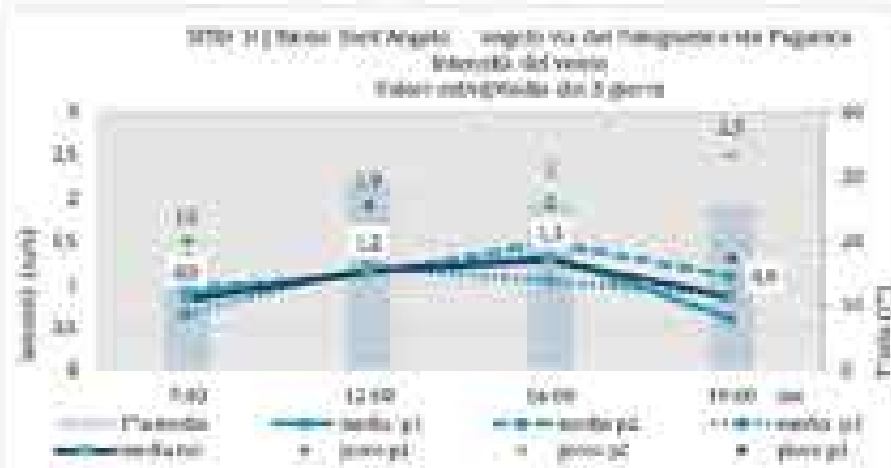


PUNTO N° 4

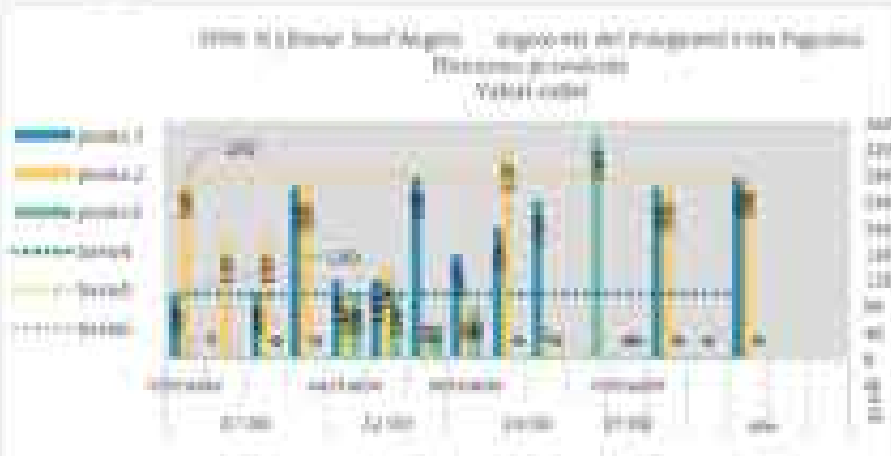


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

Esmap



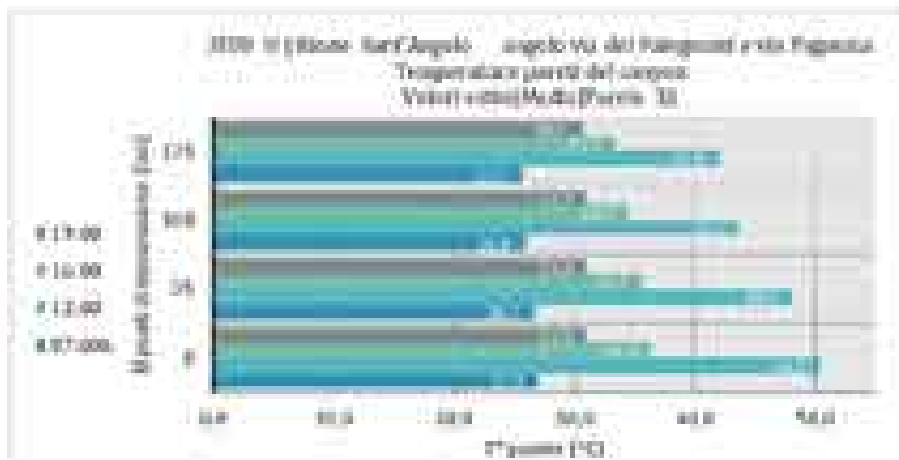
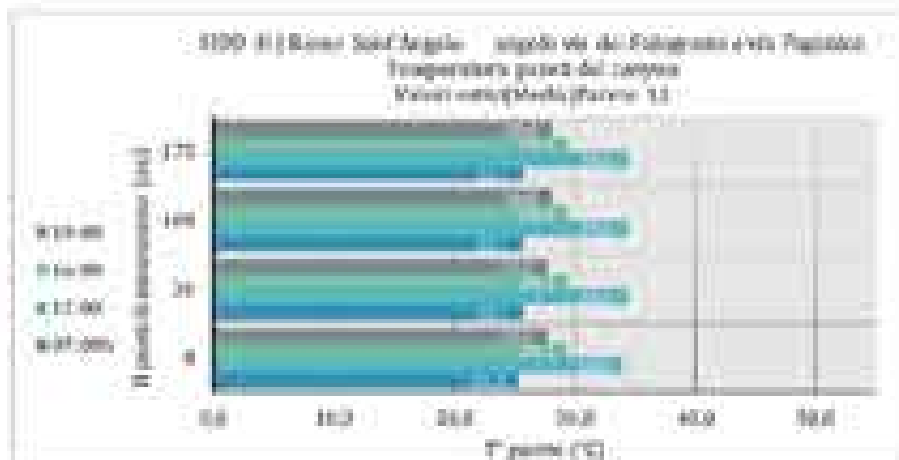
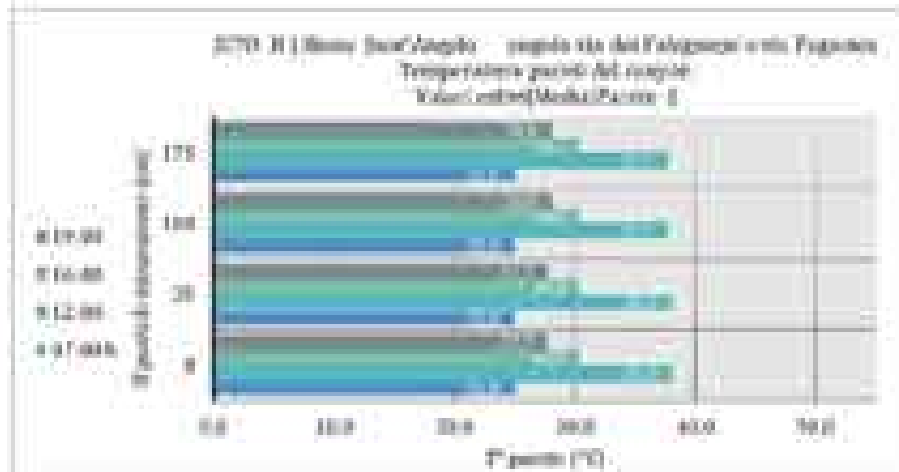
Direzione prevalente



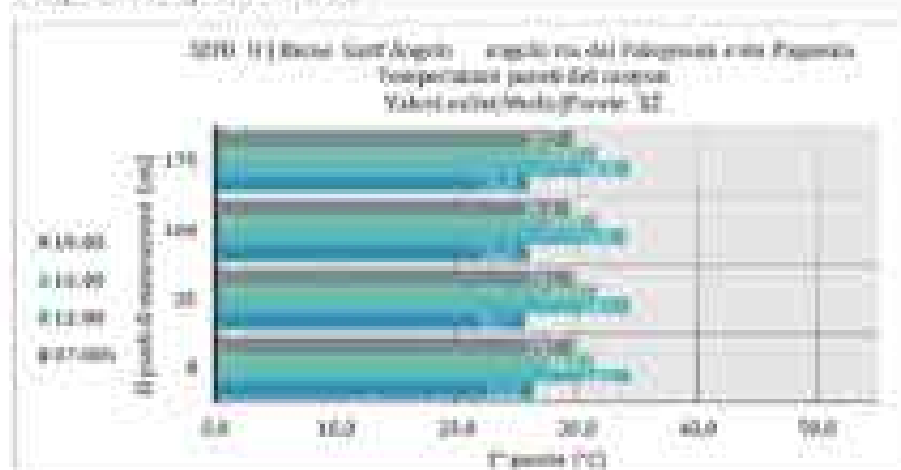
Umidità relativa



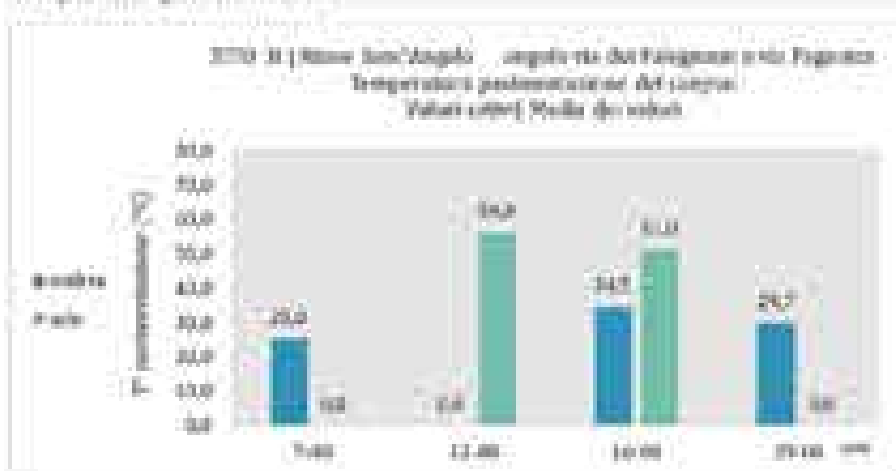
Temperatura specific verticali



Temperatura specifica verticali



Temperatura pavimentazione

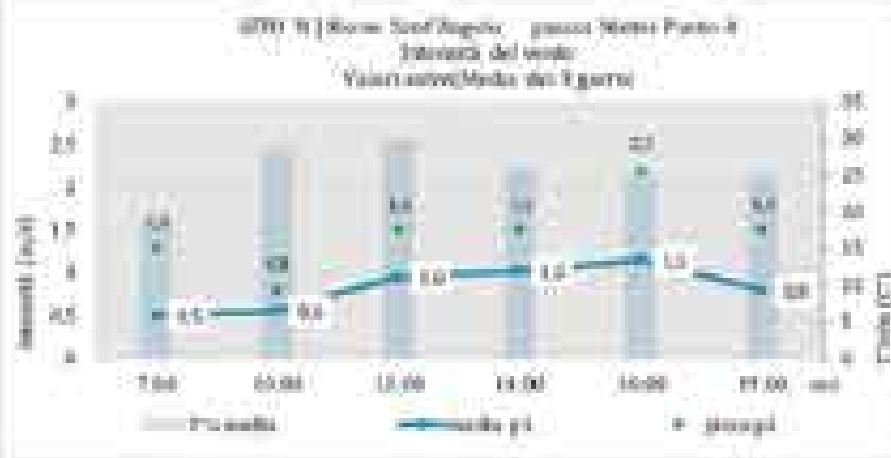


Valutazioni in presenza di barriere



Intensità prevalente e temperatura dell'aria

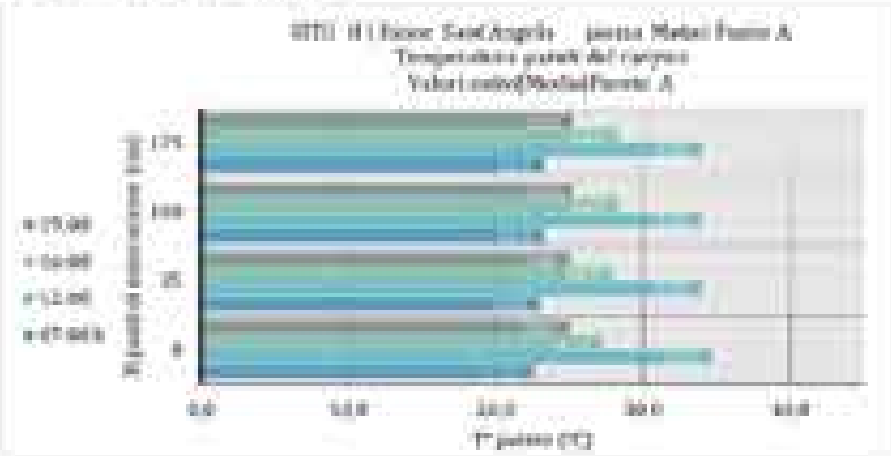
Esmp



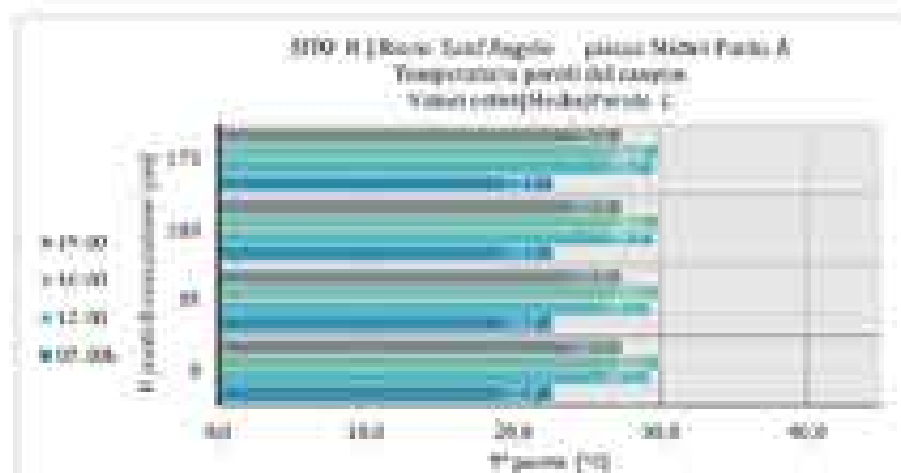
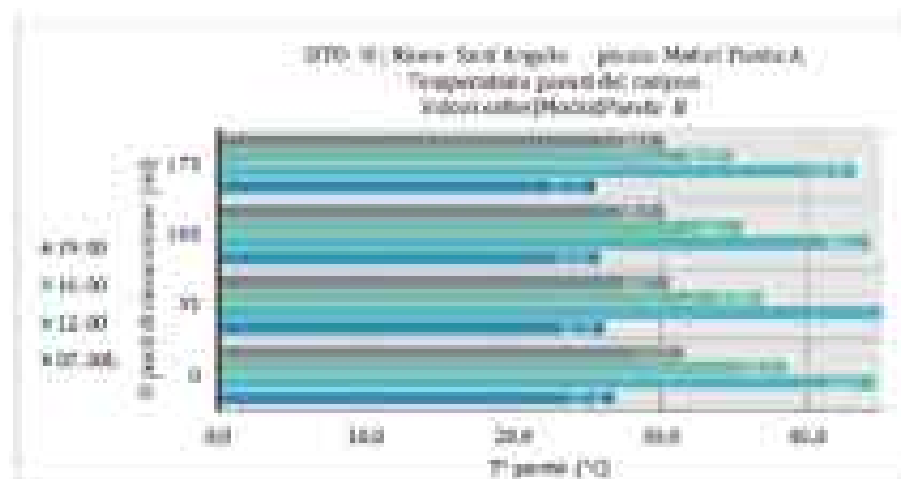
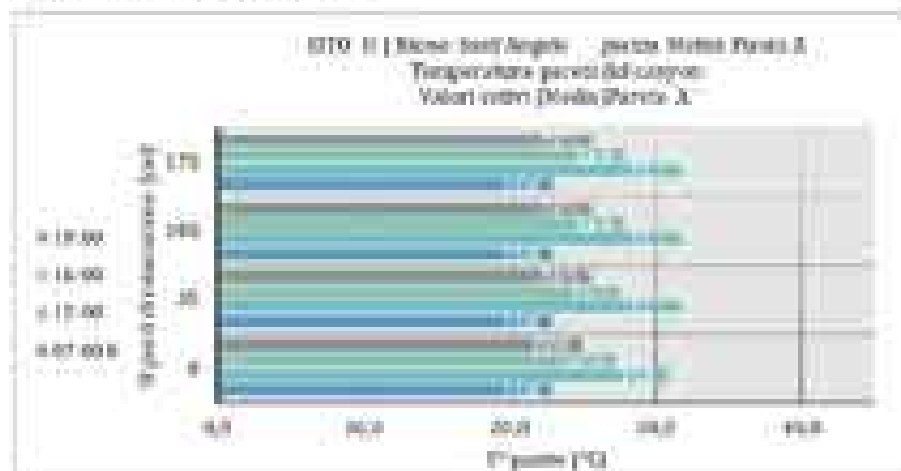
Direzione prevalente



Temperatura superficiali verticali



Temperatura specific vertical







**Umidità relativa**



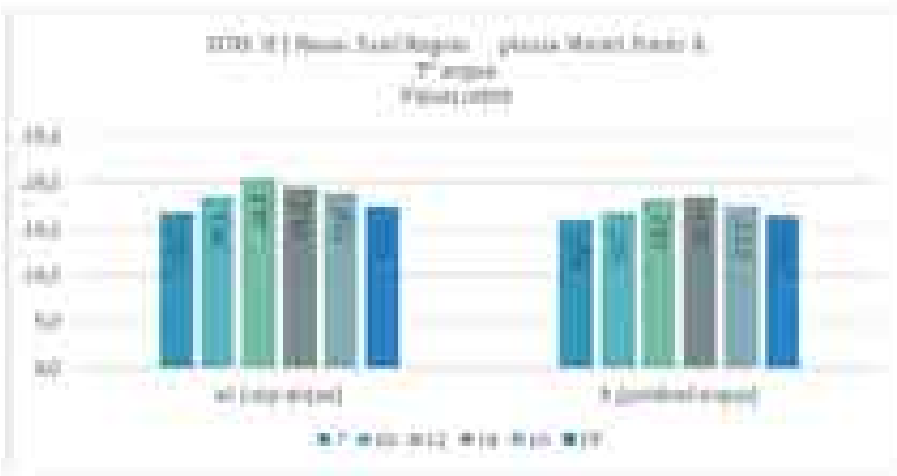
Punti di misurazione - Psicrometro



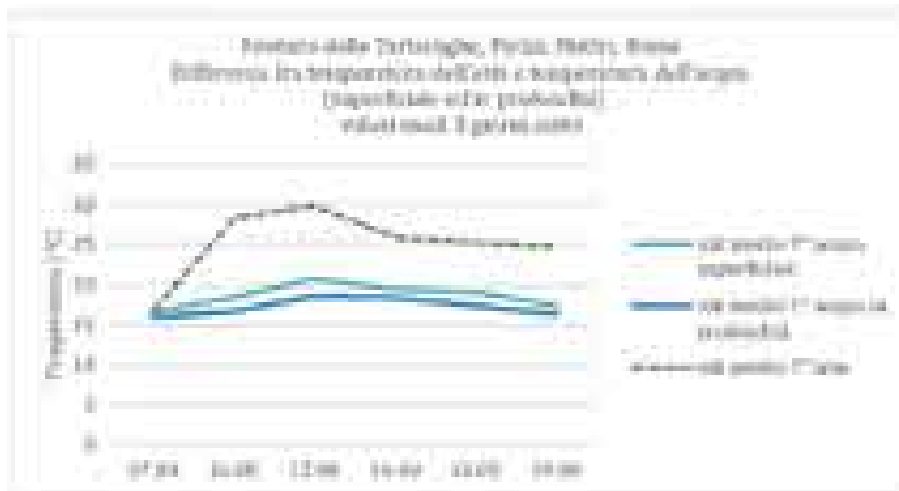
**Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità**



Punti di misurazione - Termocoppia



**Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua  
(superficiale ed in profondità)**

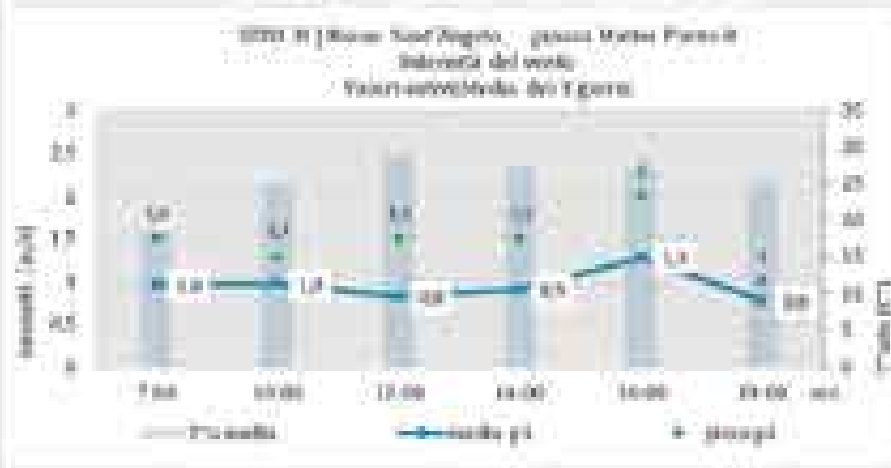


Velocità in presenza di foresta



Intensità prevalente e temperatura dell'aria

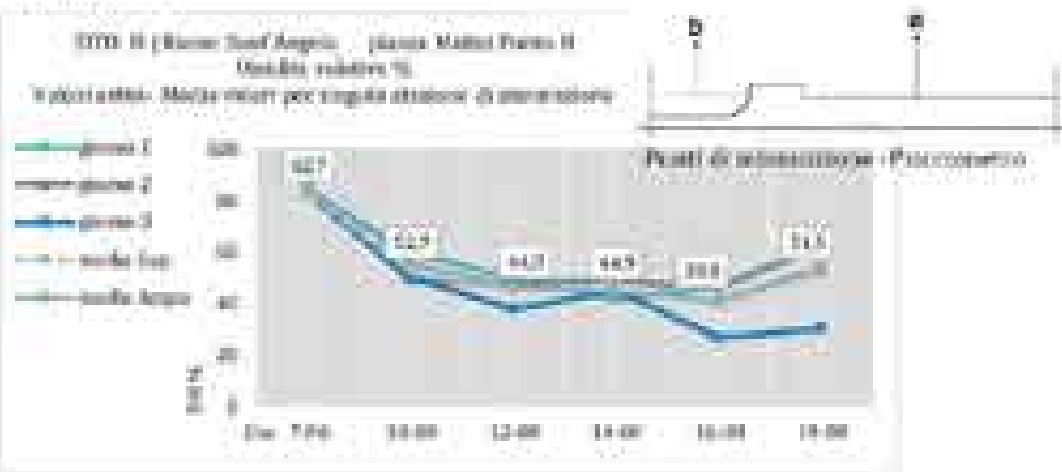
Esmp



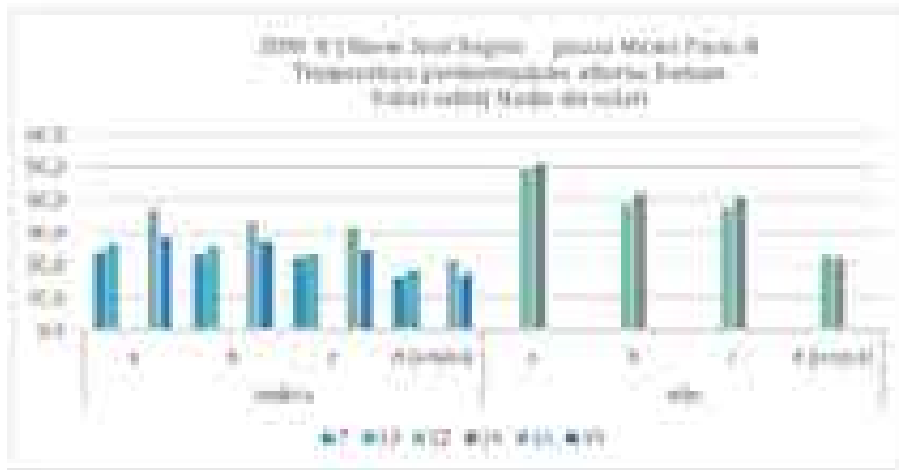
Direzione prevalente



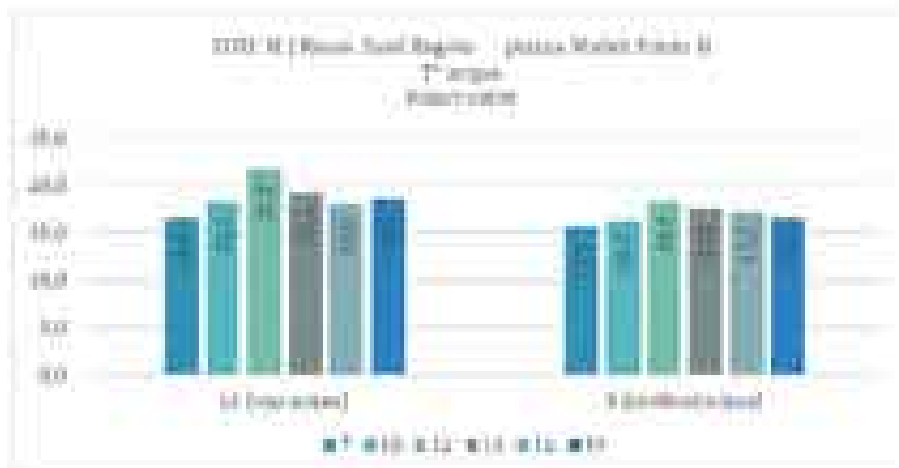
Umidità relativa



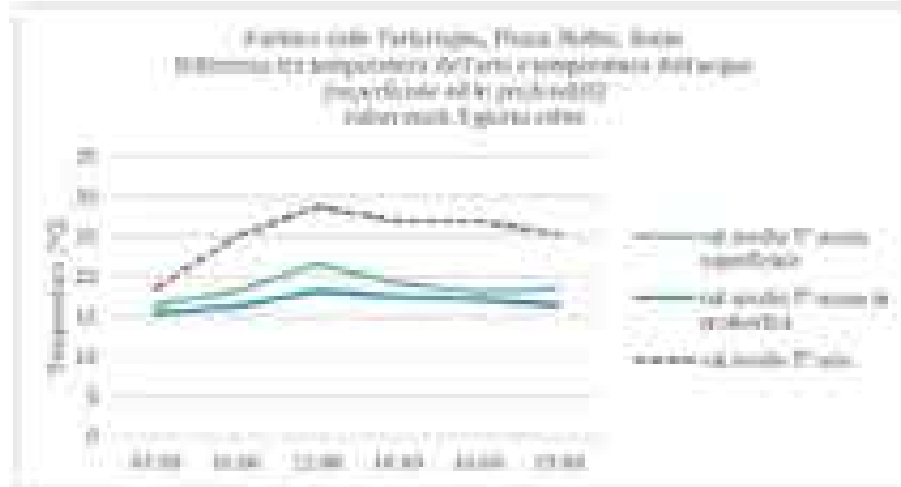
Temperatura postmeccanica



Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità



**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**

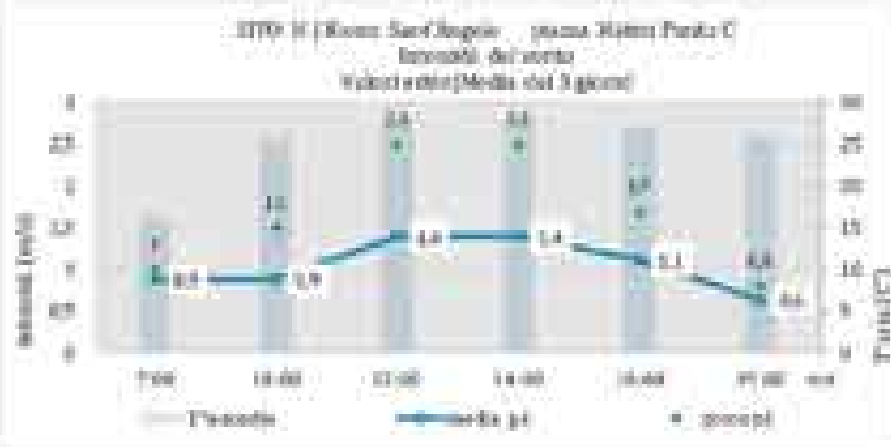


Valutazioni in presenza di fessure



Intensità prevalente e temperatura dell'aria

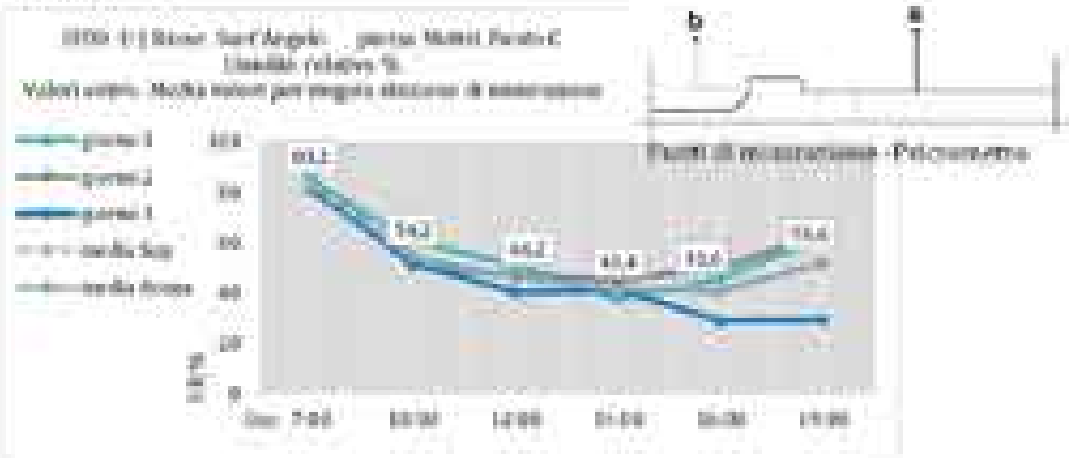
Esmp



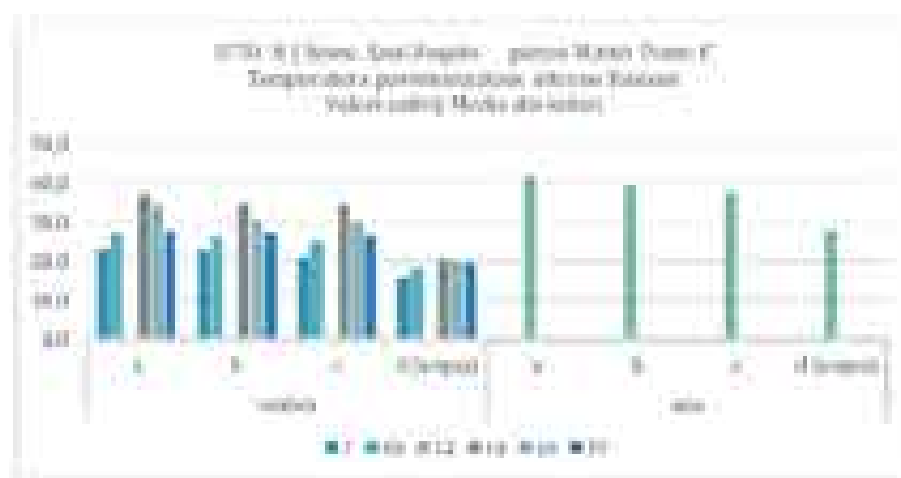
Direzione prevalente



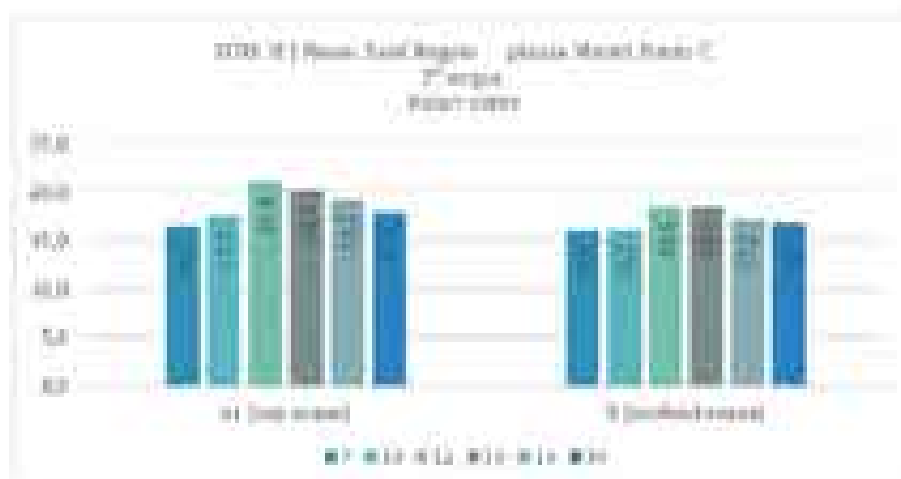
Umidità relativa



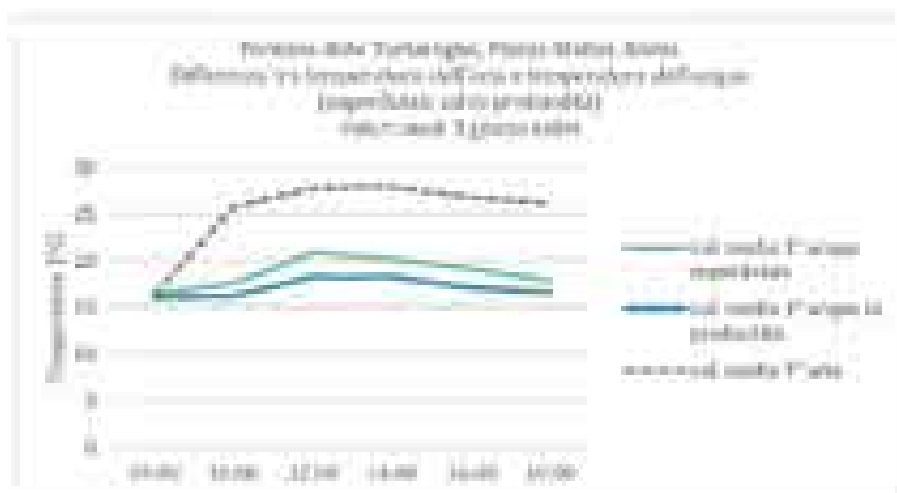
Temperatura permeabilizzazione



Temperatura dell'argilla in superficie e in profondità



Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)



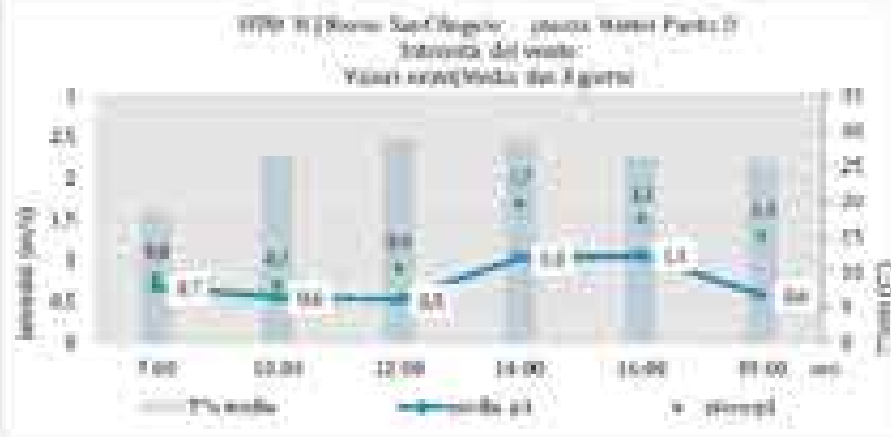


Velocità in presenza di foresta



Intensità prevalente e temperatura dell'aria

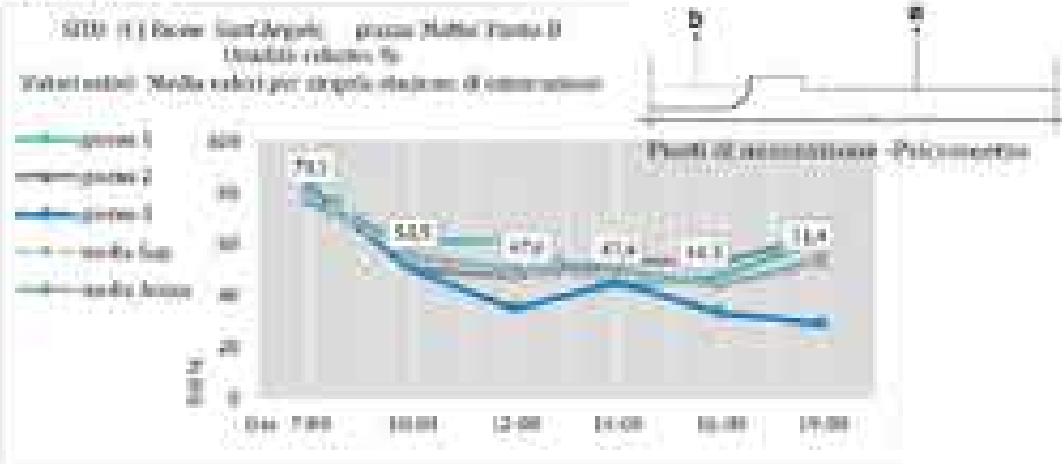
Esmp



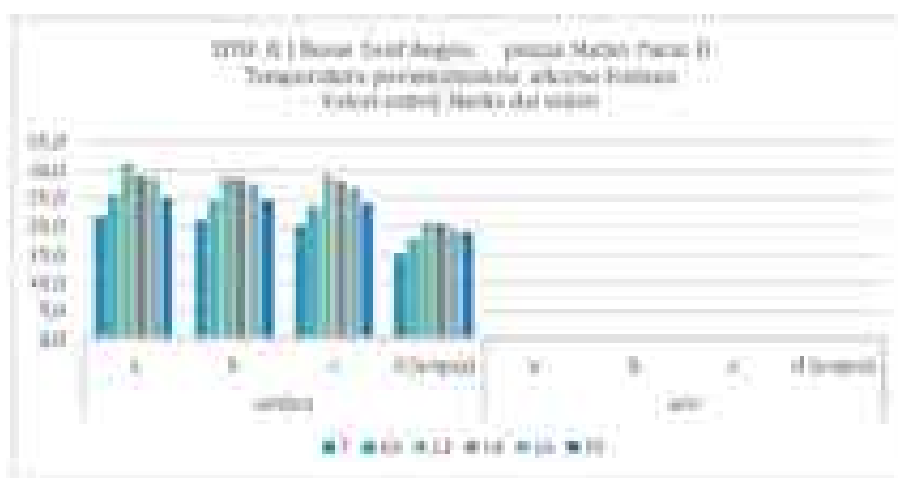
Direzione prevalente



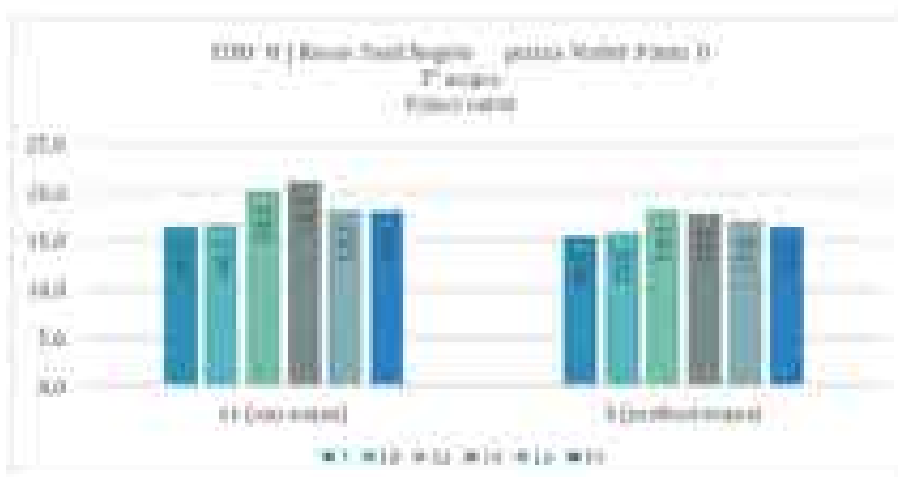
Umidità relativa



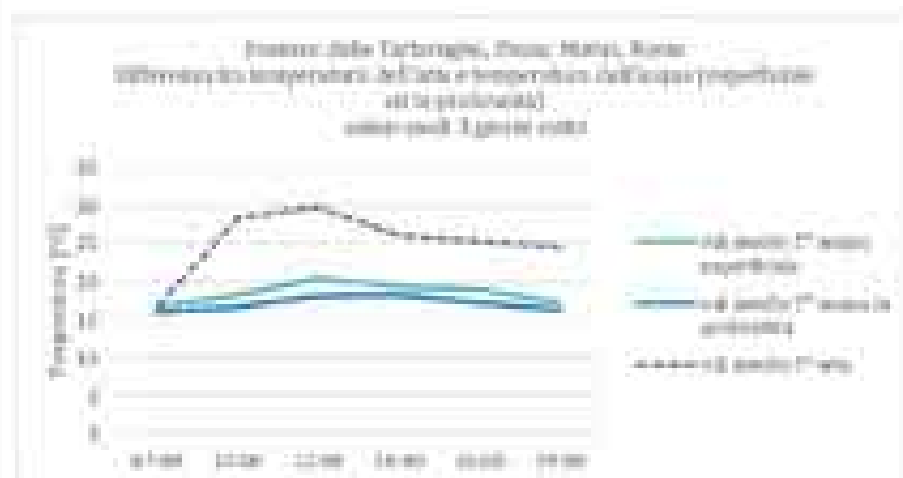
Temperatura postmezzogiorno



Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità



**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**





ST01 - Quartiere Coppola

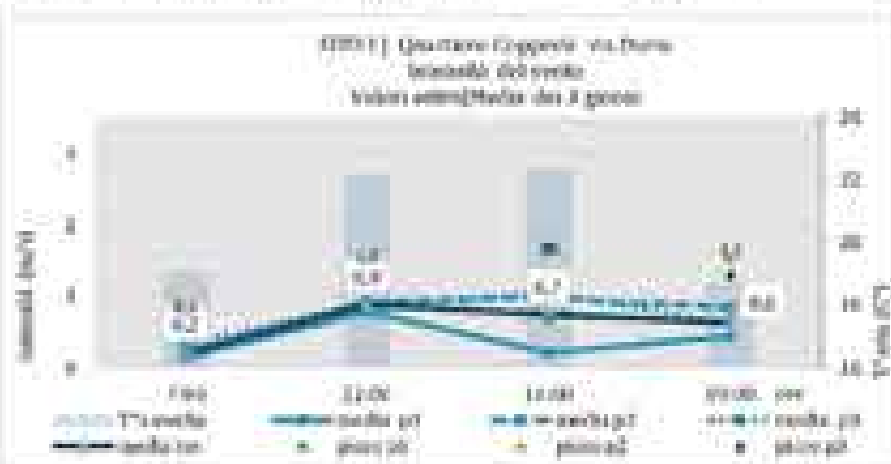
FUNTO N° 1

Periodo di misurazione, estate  
 Cielo 10-15-17 agosto 2016  
 Condizioni meteo: variabile/variabile

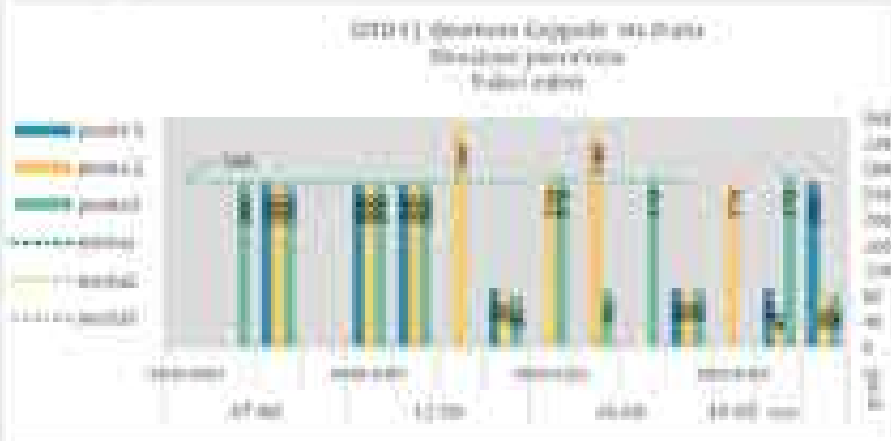


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

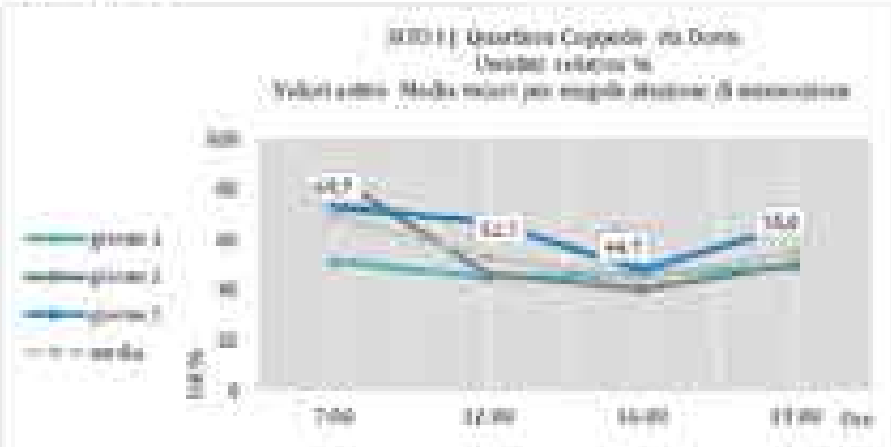
Esmap



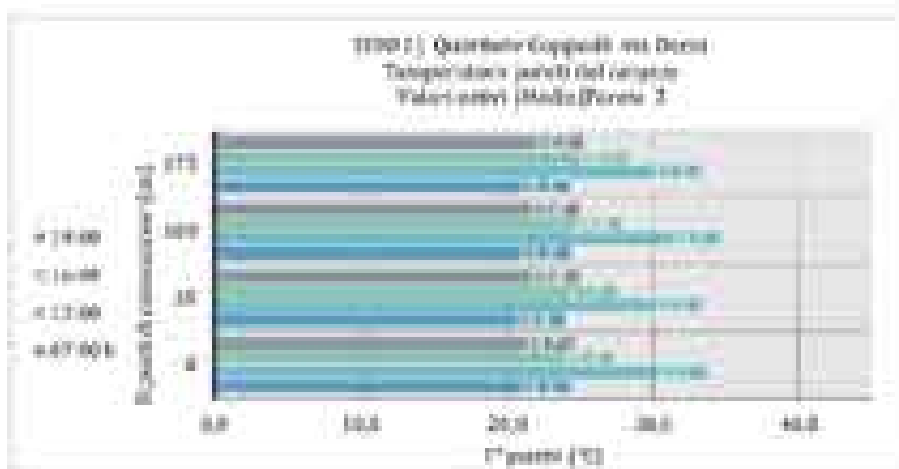
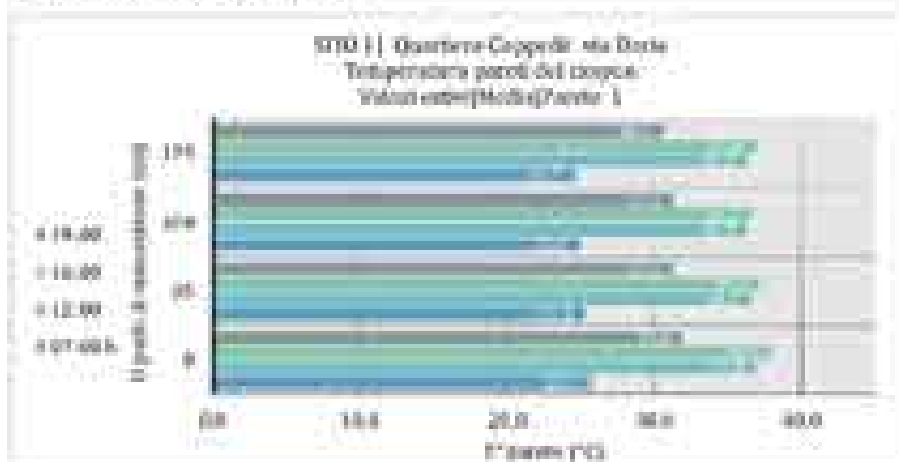
Direzione prevalente



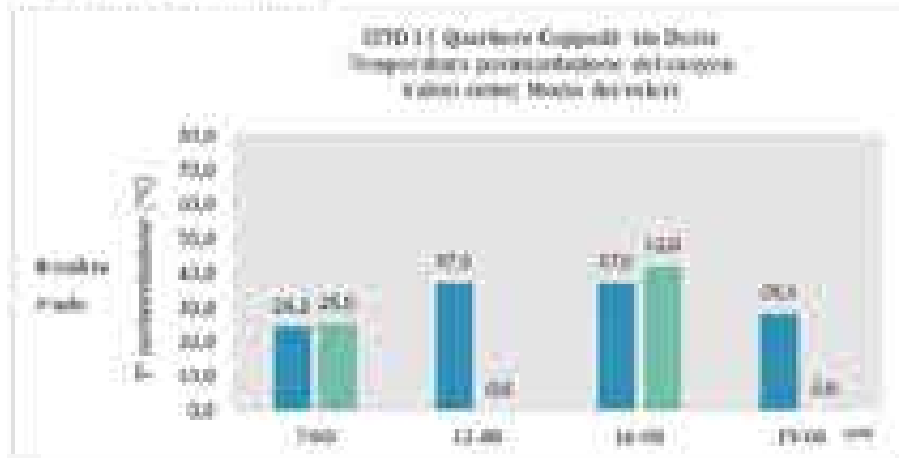
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



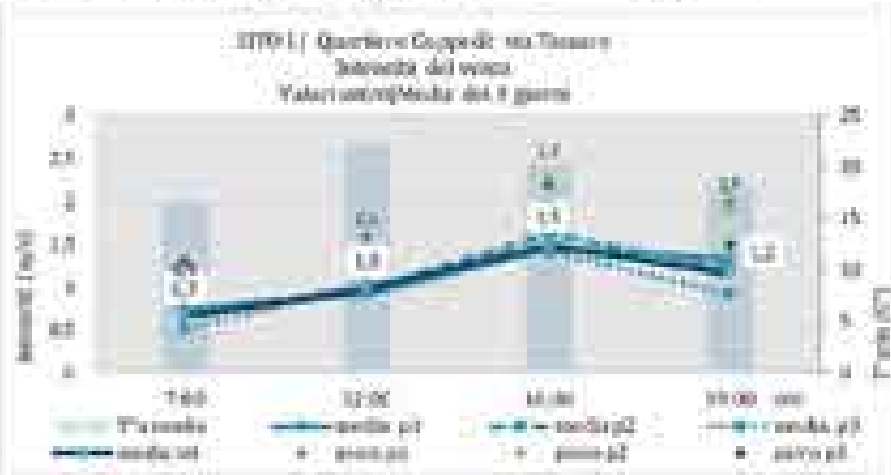
Temperatura paraventozione



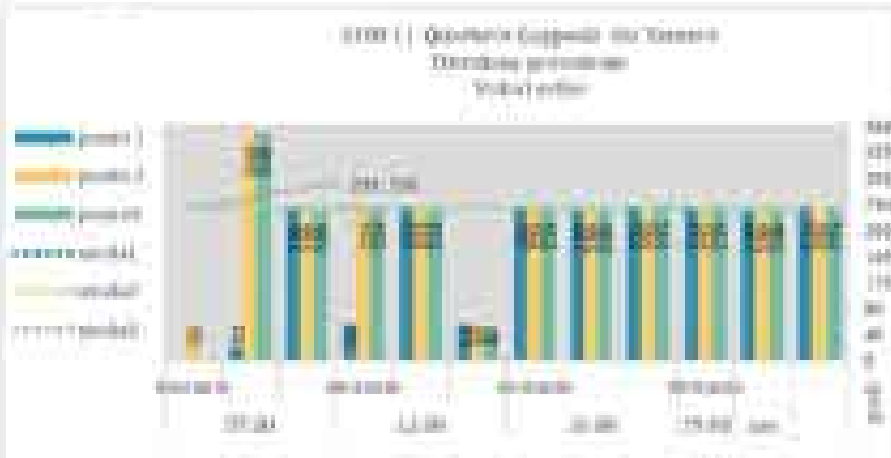


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

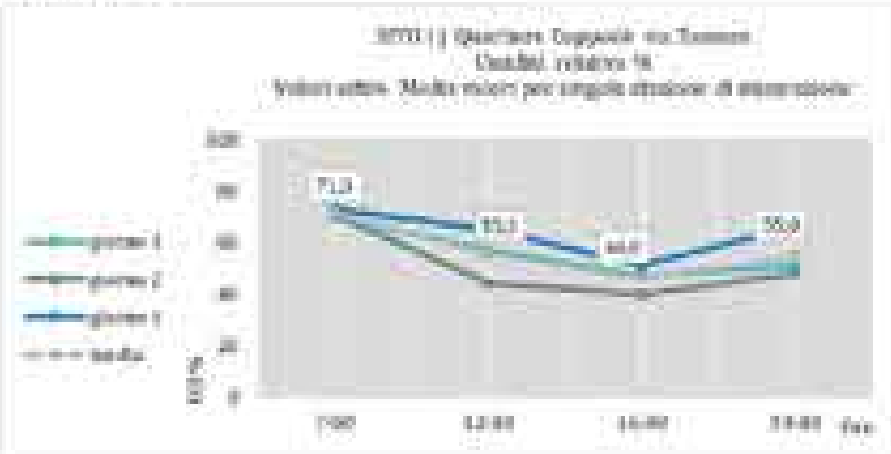
Esmp



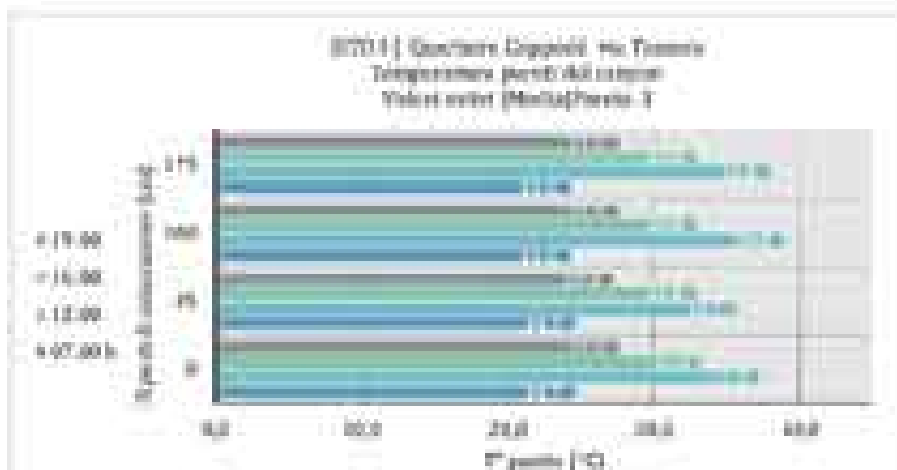
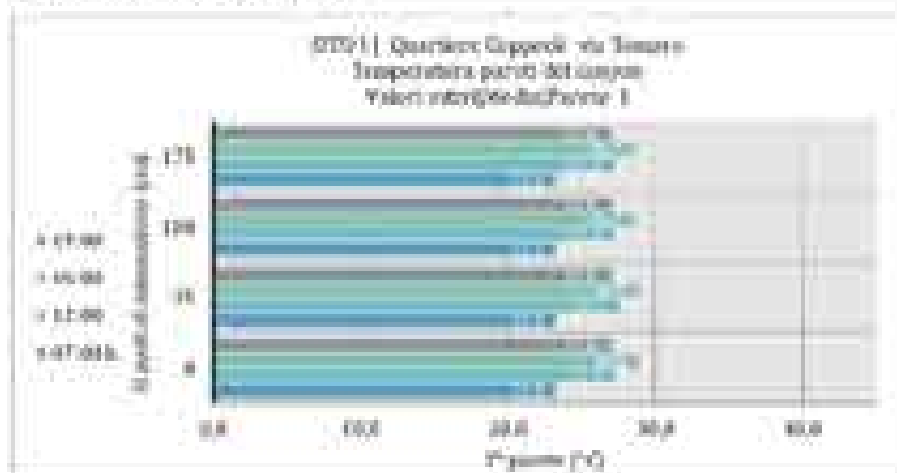
Direzione prevalente



Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali



Temperatura permeazione

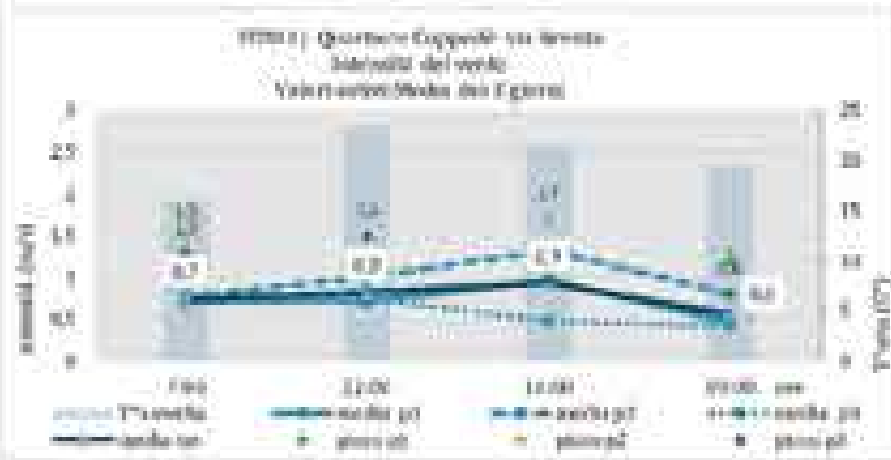




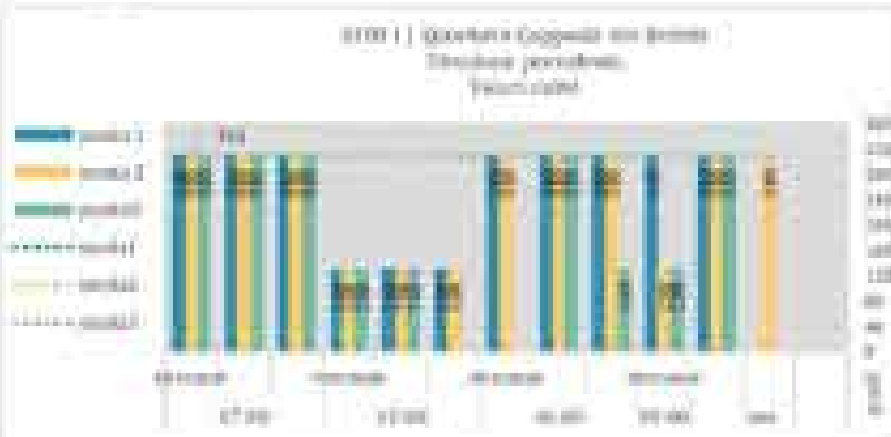


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

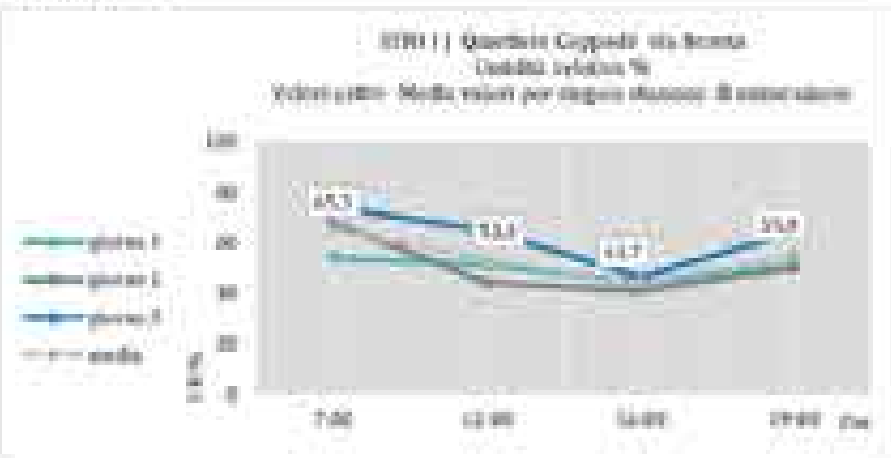
Esmap



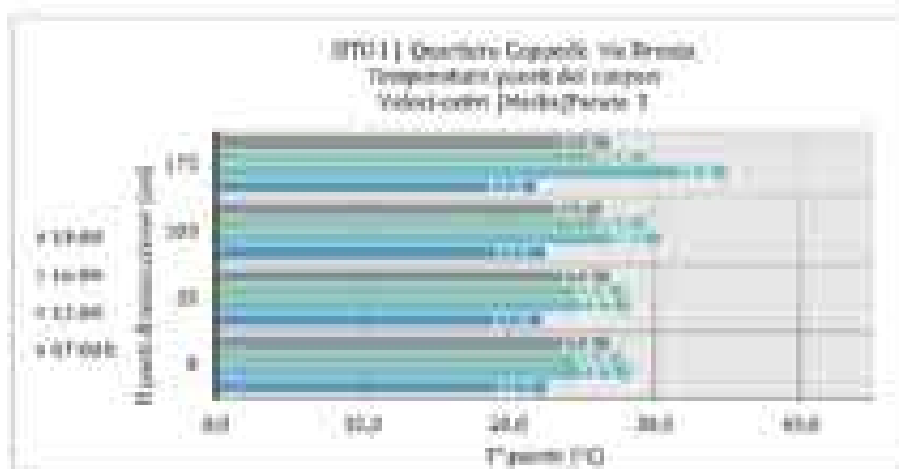
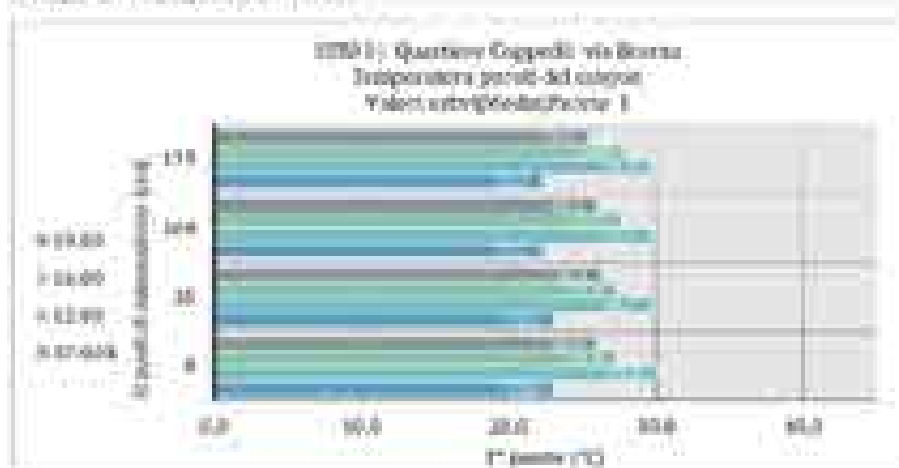
Direzione prevalente



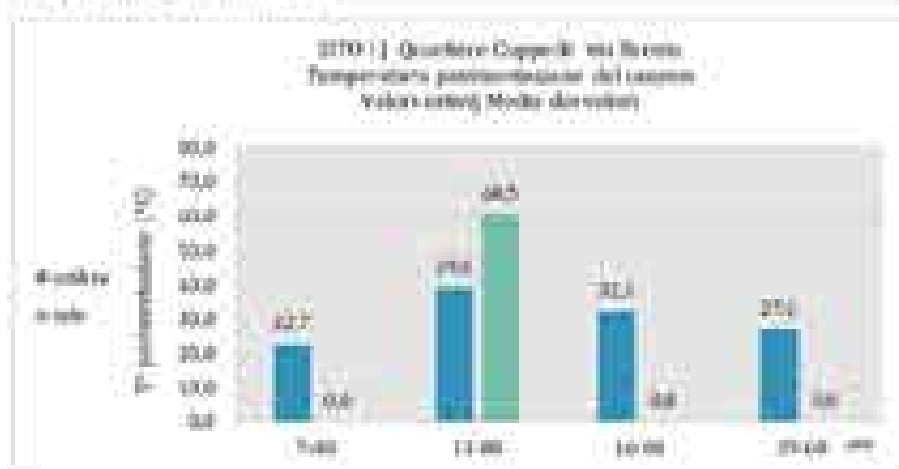
Umidità relativa



Temperatura rispetto verticali



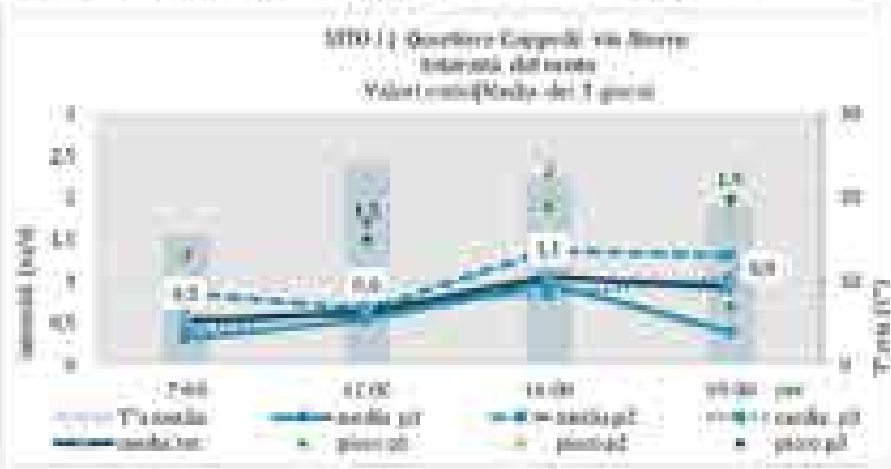
Temperatura post-infiltrazione



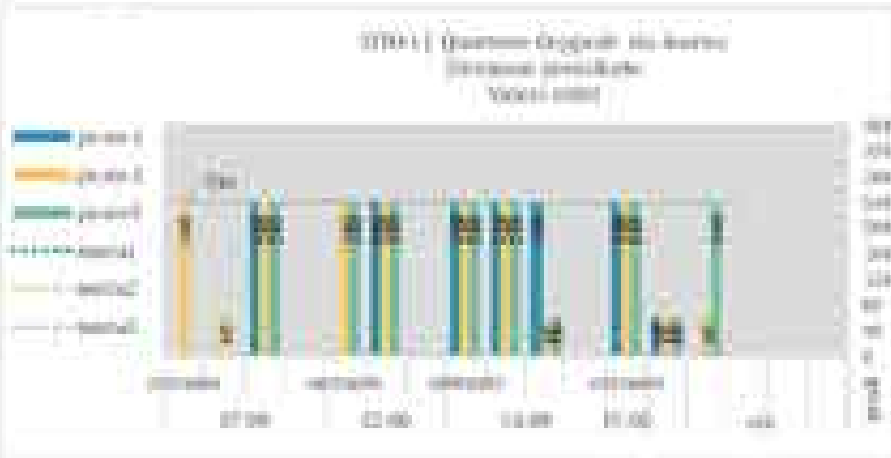


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

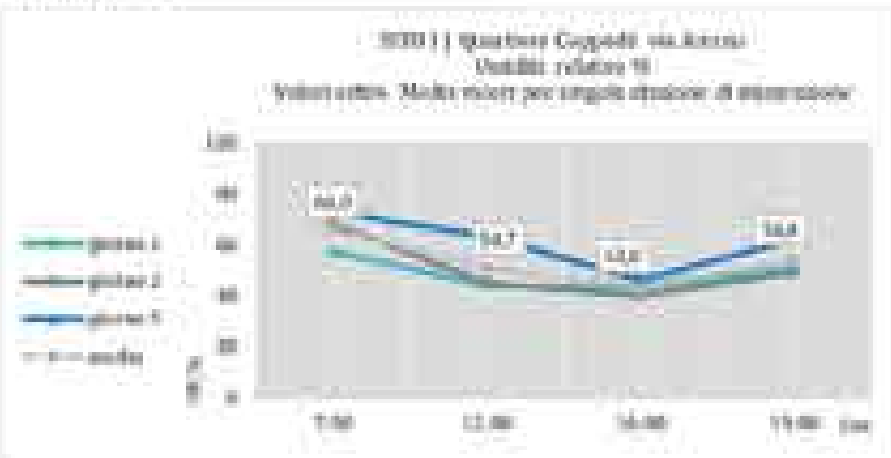
Esmp



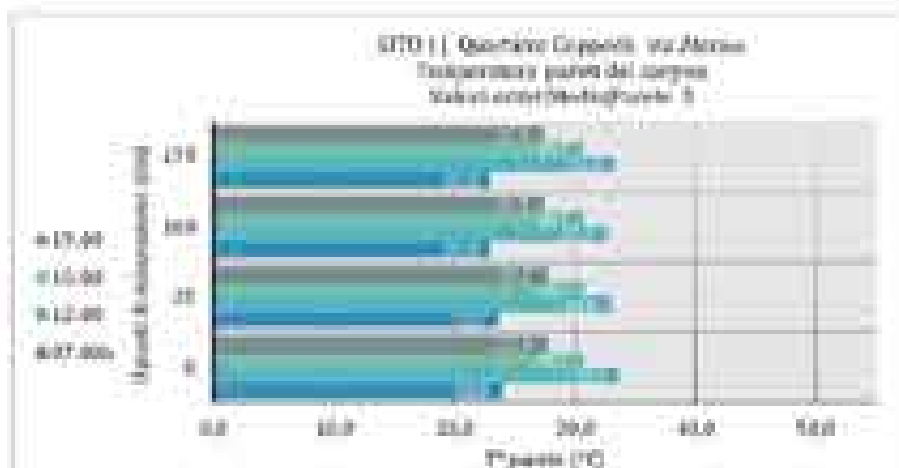
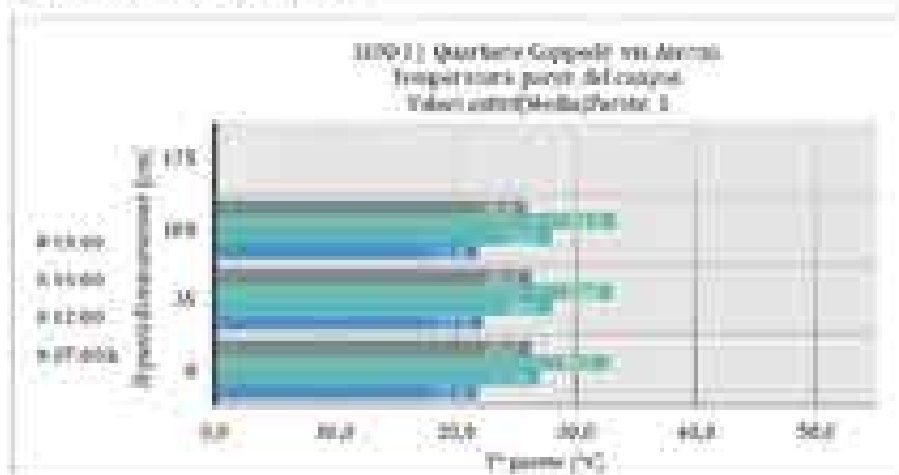
Direzione prevalente



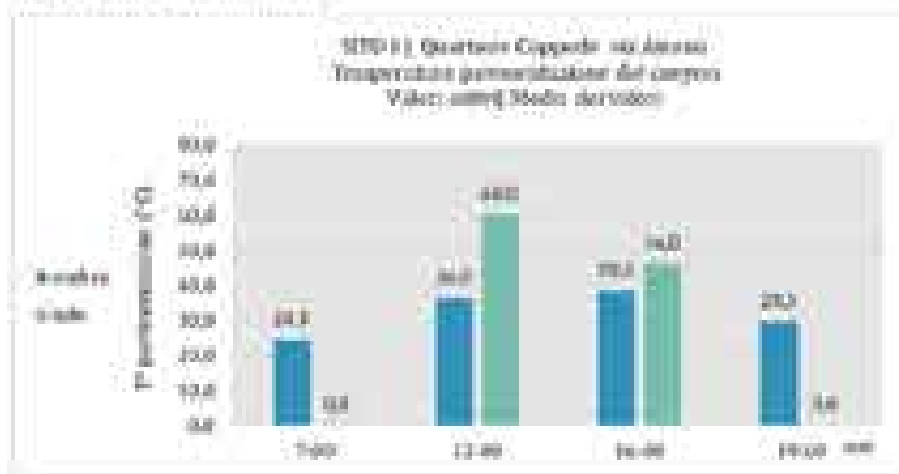
Umidità relativa



Temperatura specific vertical



Temperatura generalizzazione



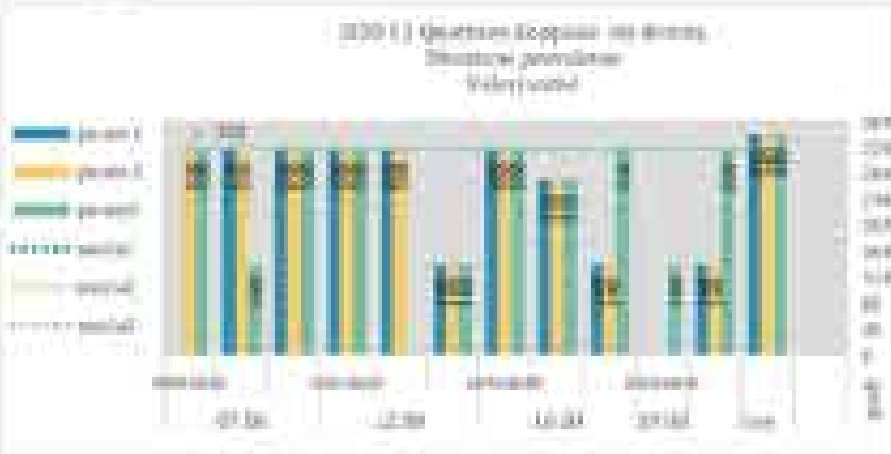


Inquinanti prevalenti e temperatura dell'aria

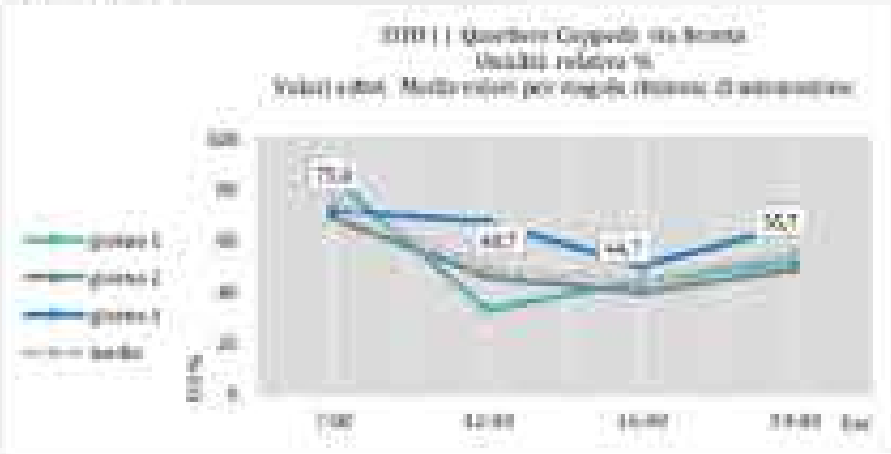
Esmp



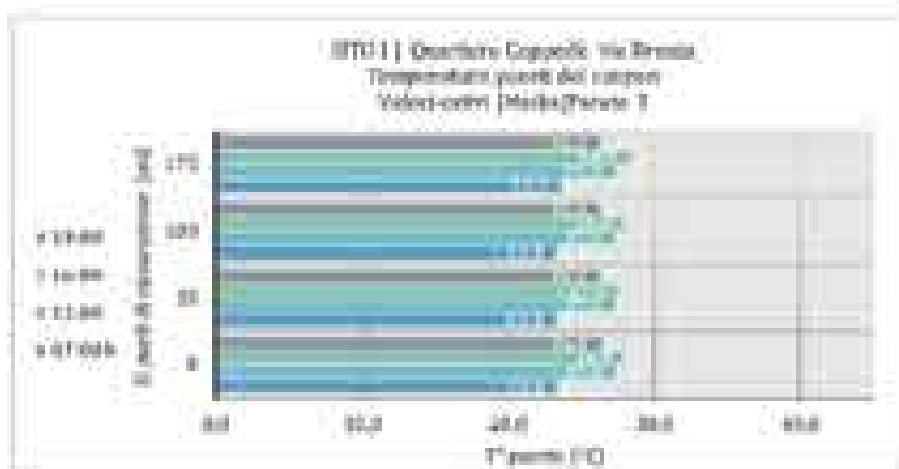
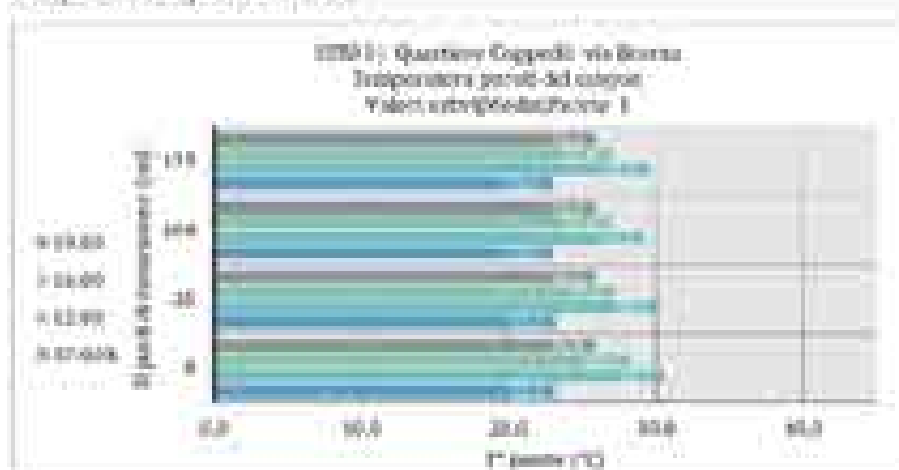
Direzione prevalente



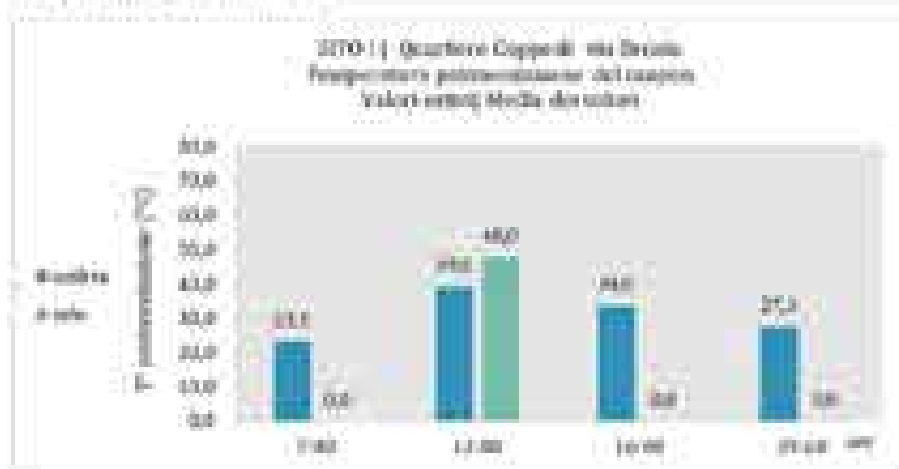
Umidità relativa



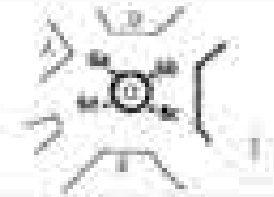
Temperatura rispetto verticali



Temperatura pannello esterno

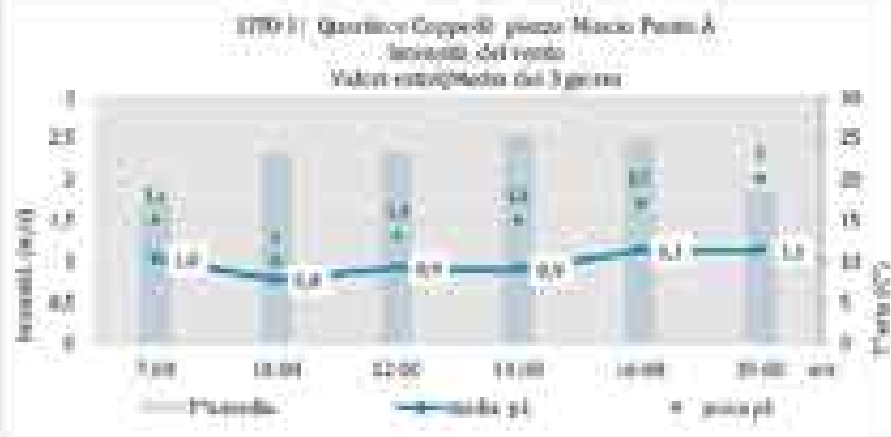


Velocità in presenza di foresta

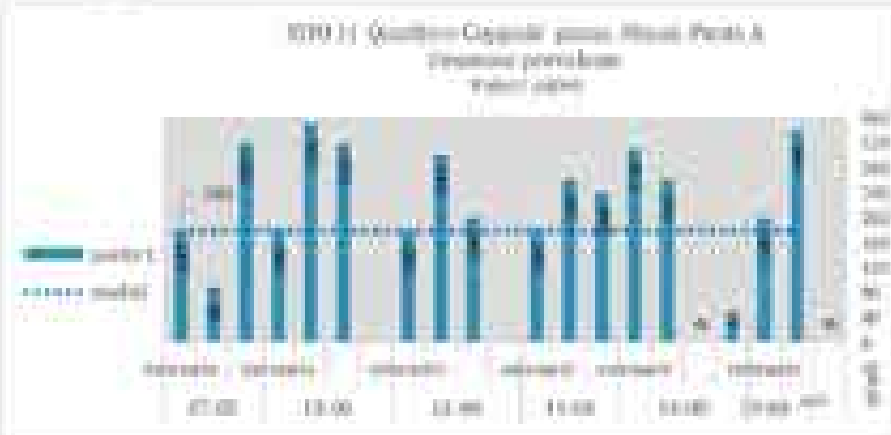


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

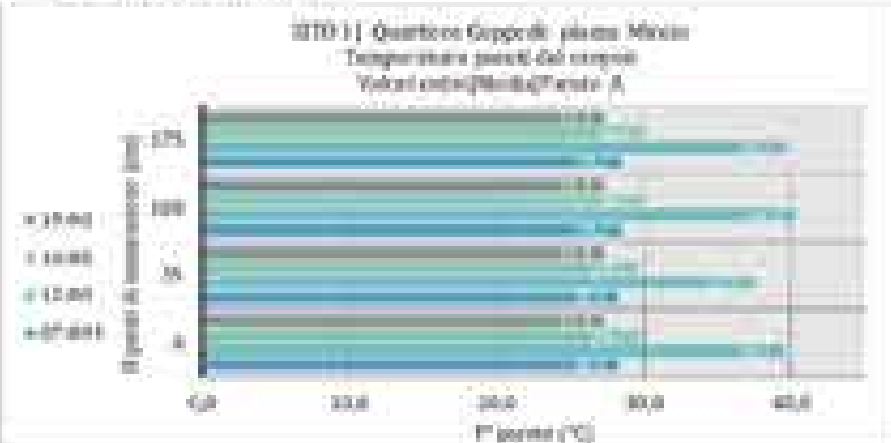
Esmp



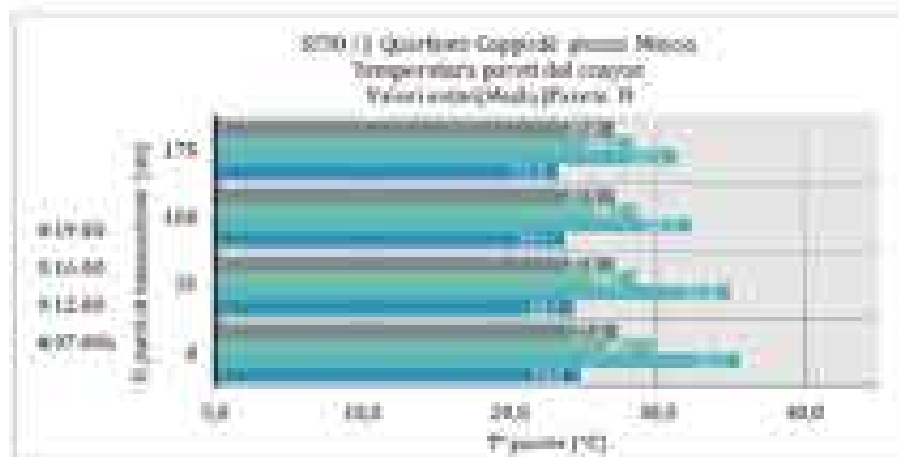
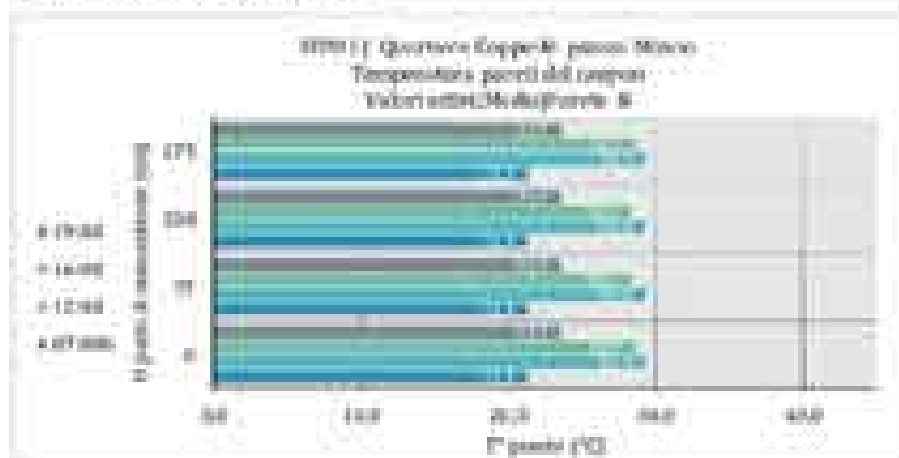
Direzione prevalente



Temperatura sul perimetro del vento all'



Temperatura specifici verticali

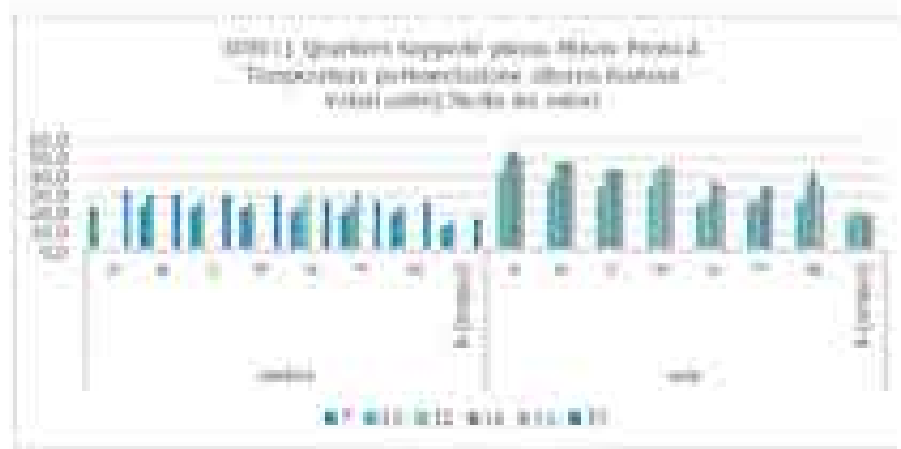




Temperatura perforazione



Punti di misurazione - Radiometro III



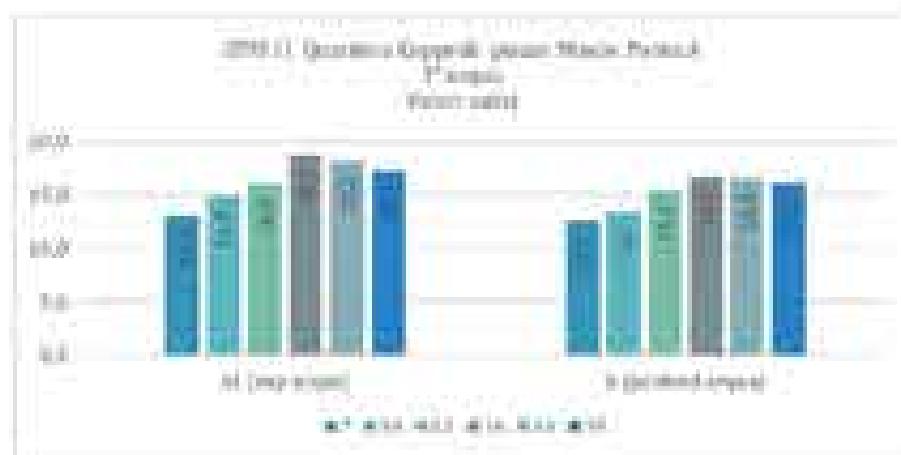
Umidità relativa



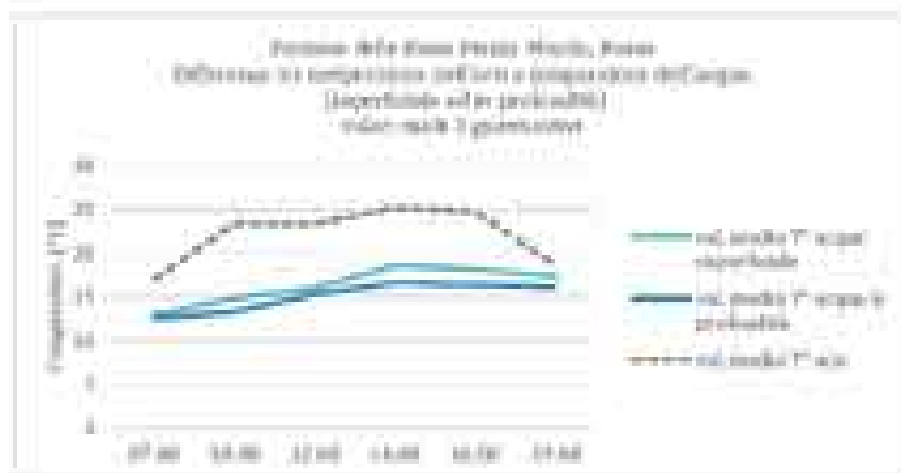
Punti di misurazione - Policrometro



**Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità**



**Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**

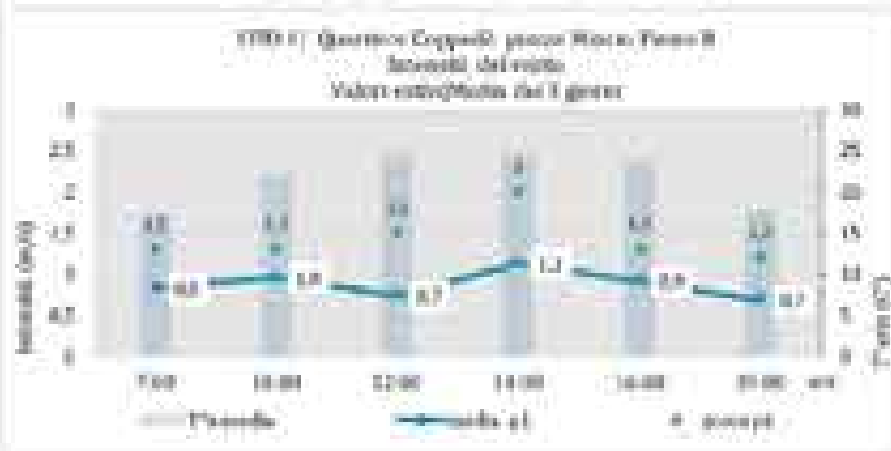


Velocità in presenza di bucatina

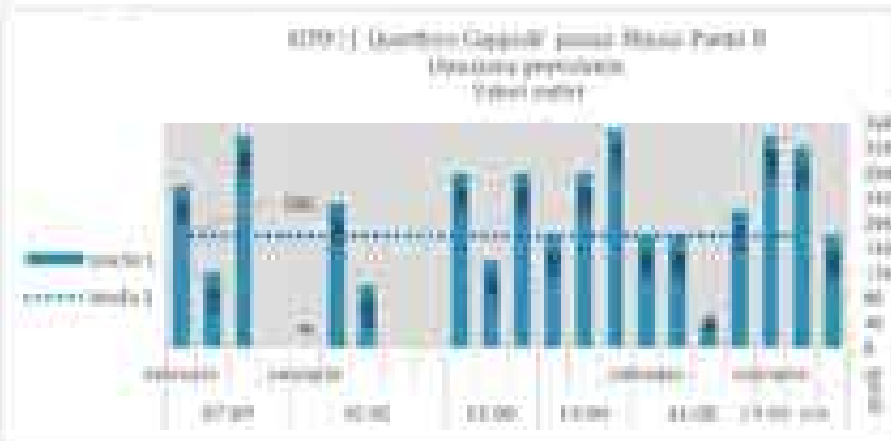


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

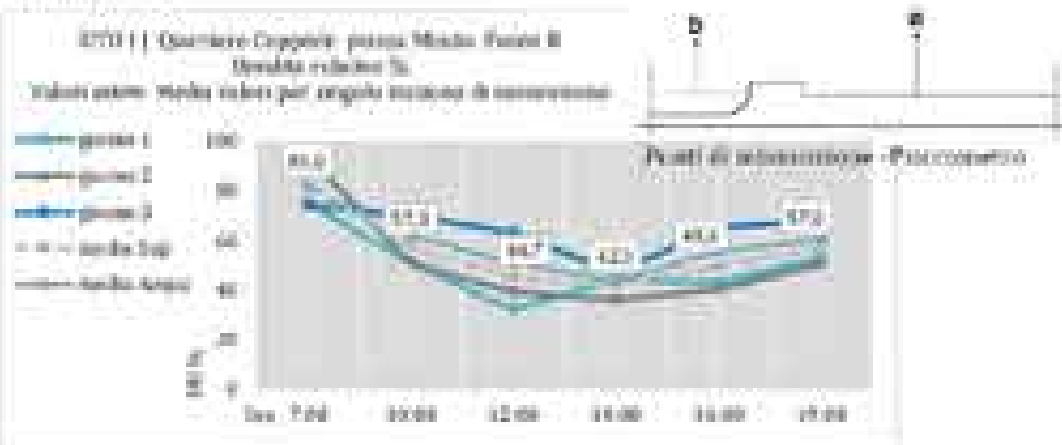
Esmp



Direzione prevalente

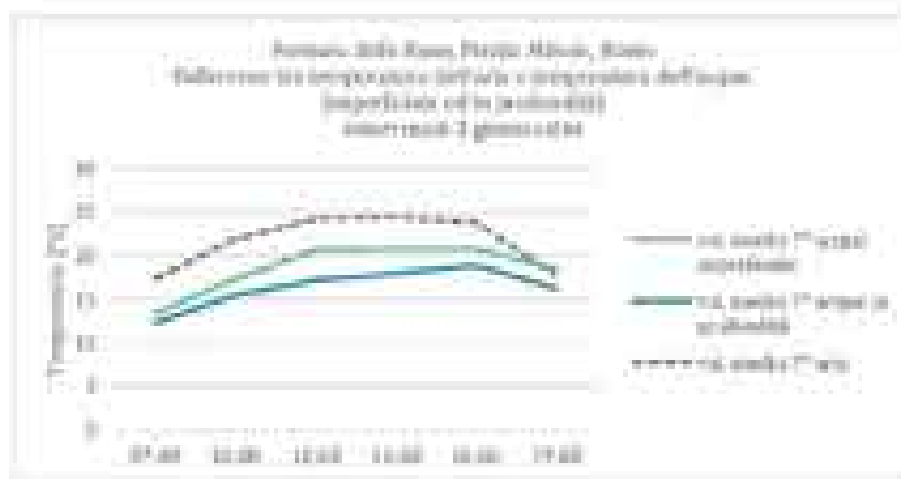


Umidità relativa





**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**

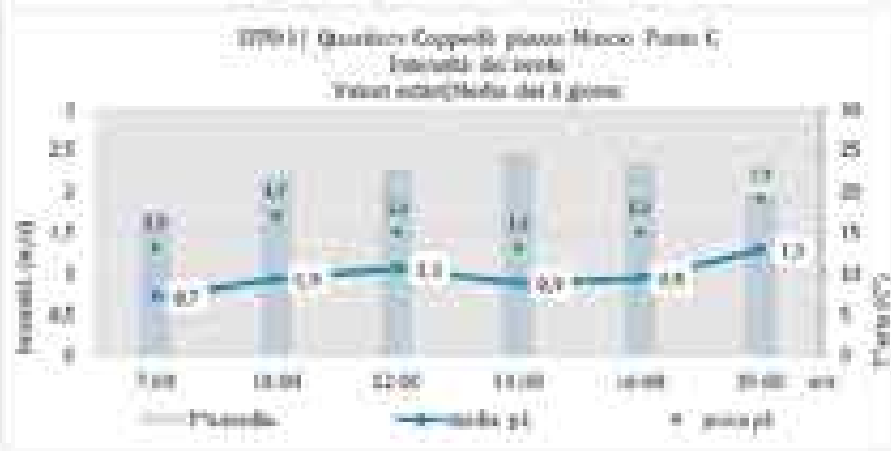


Vibrazioni in presenza di frastuono

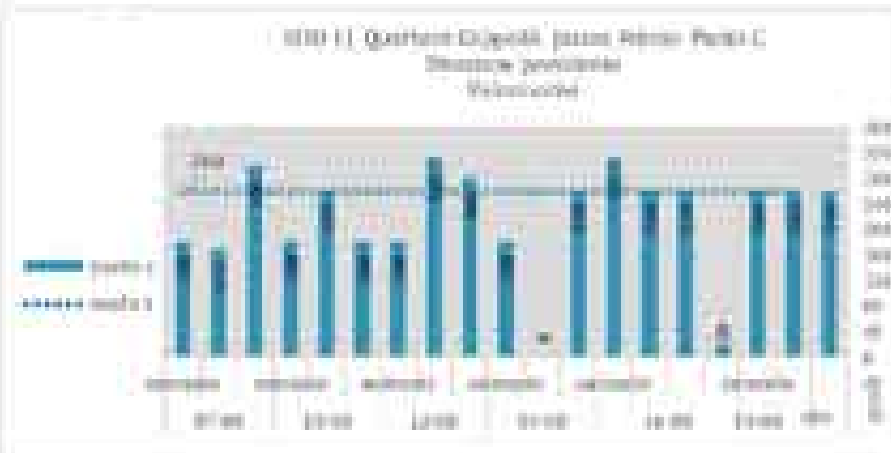


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

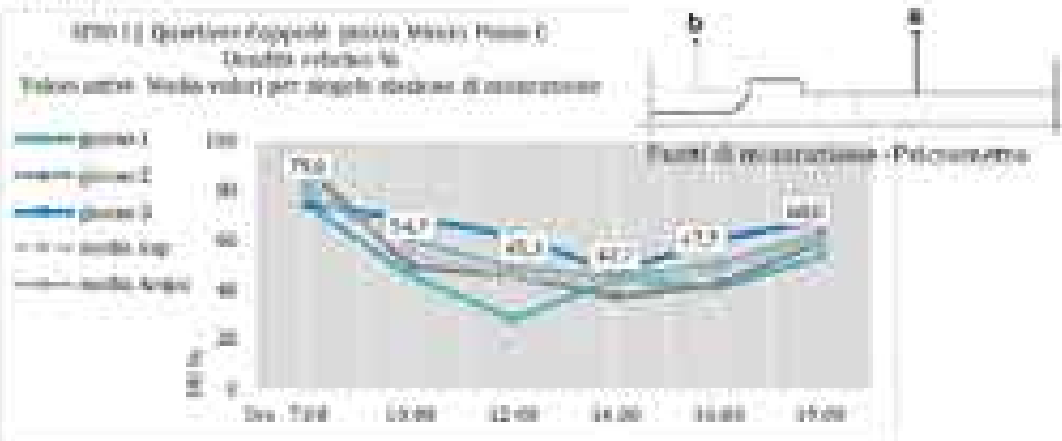
Esmp



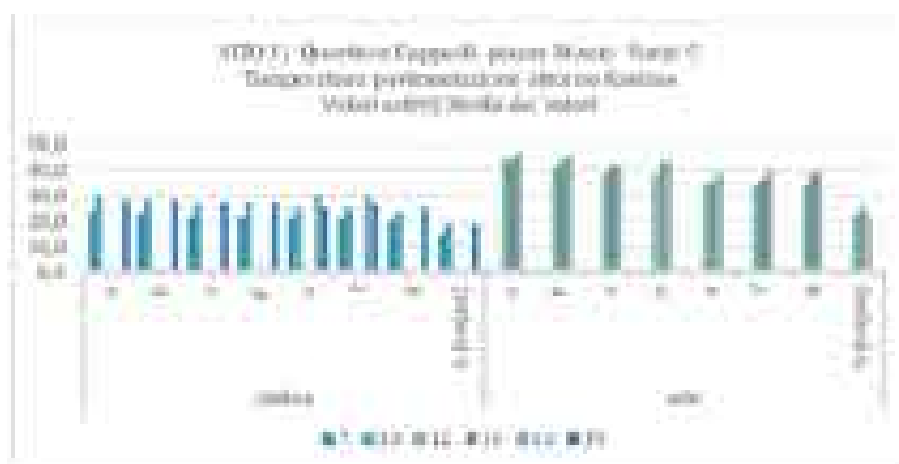
Direzione prevalente



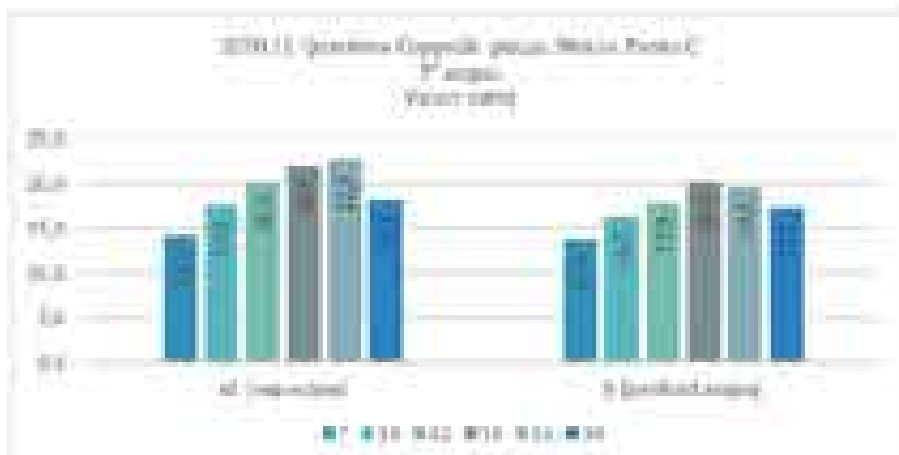
Umidità relativa



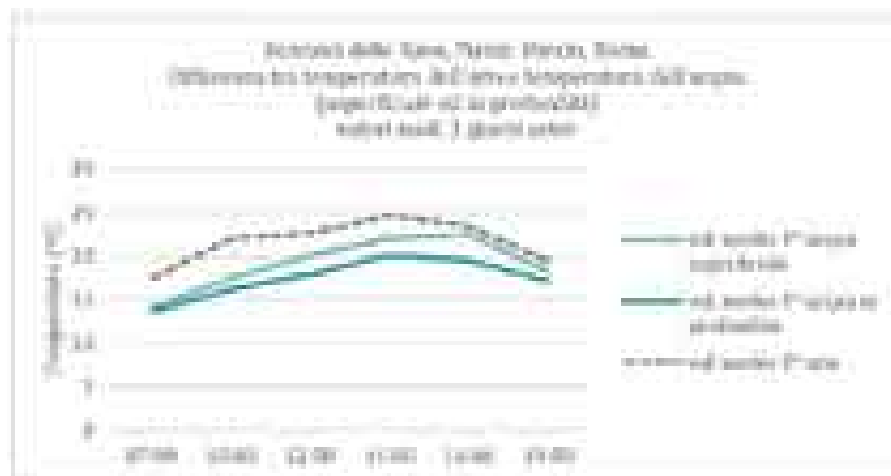
Temperatura pervenienza



Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità

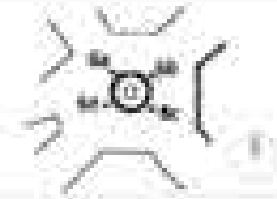


Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)



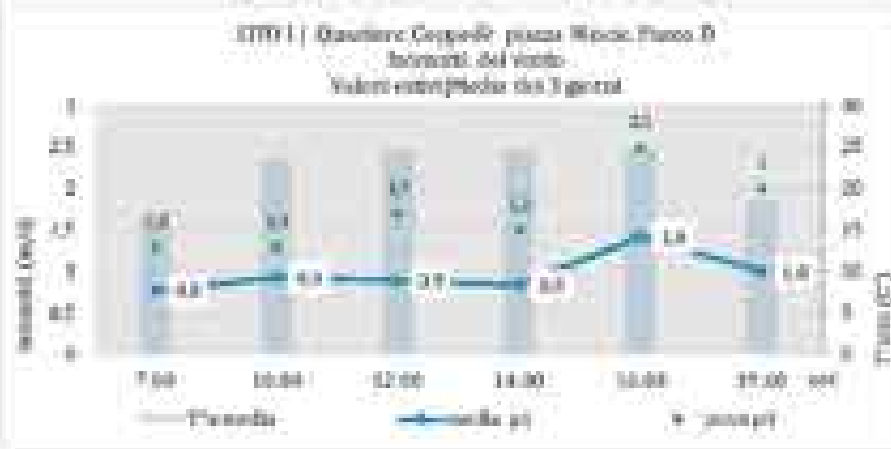


Velocità in presenza di bucatina

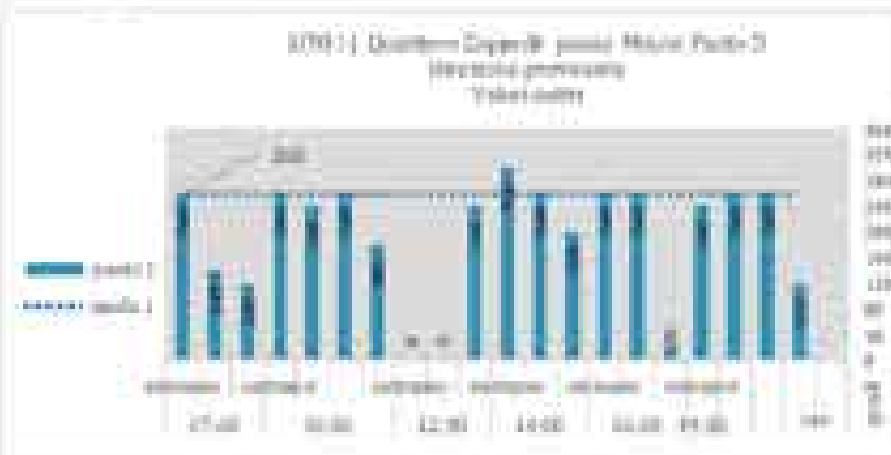


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

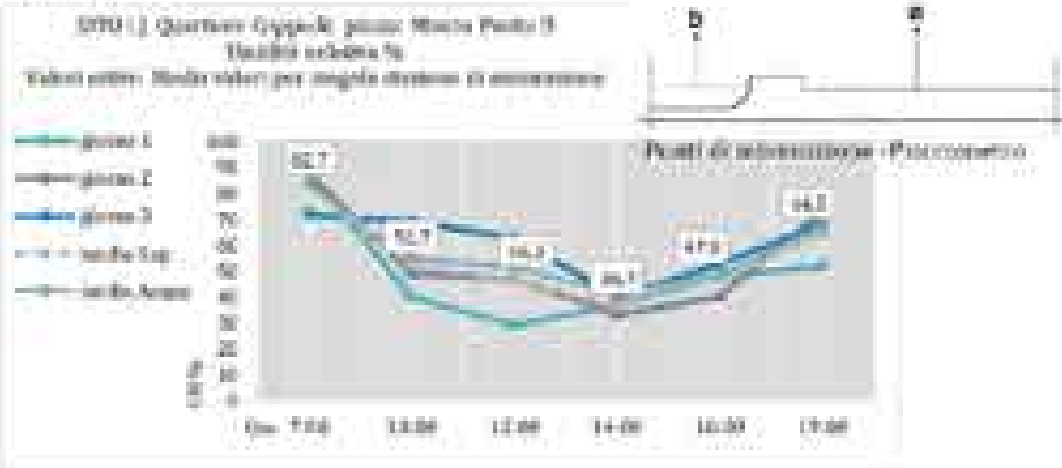
Esmp



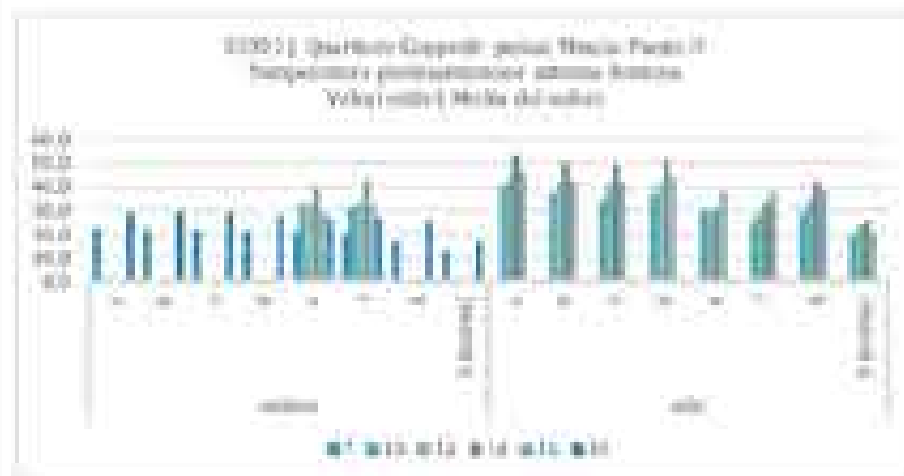
Direzione prevalente



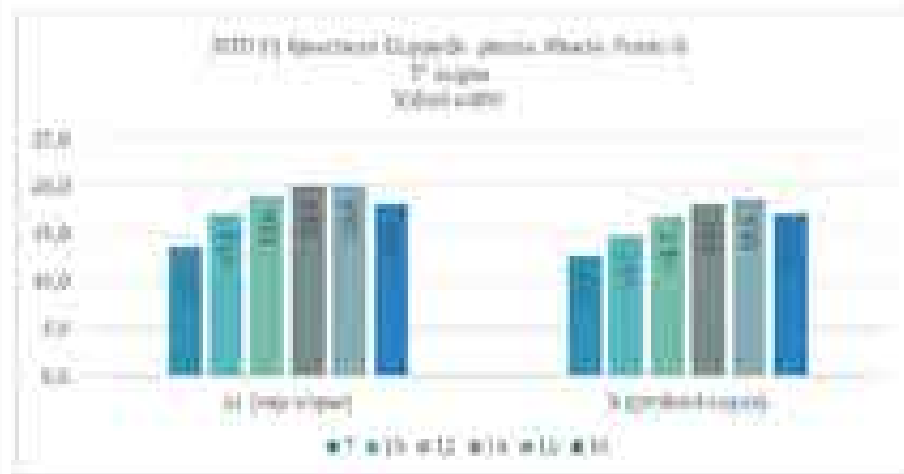
Umidità relativa



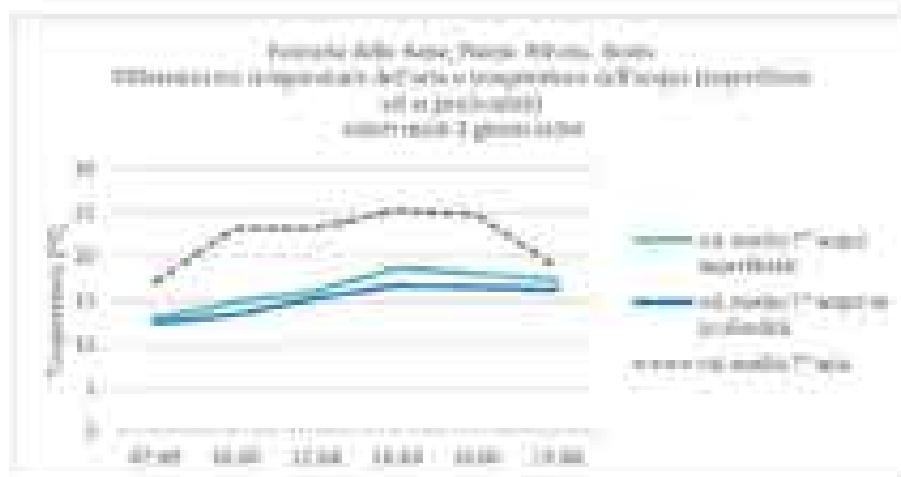
Temperatura postmorte



Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità



**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**



SETTORE Urbanistica - piano Capretto - Quartiere Trieste  
DATE 19-20-22/09/2016  
per il microzonamento

---



ST01 - Quartiere Trieste

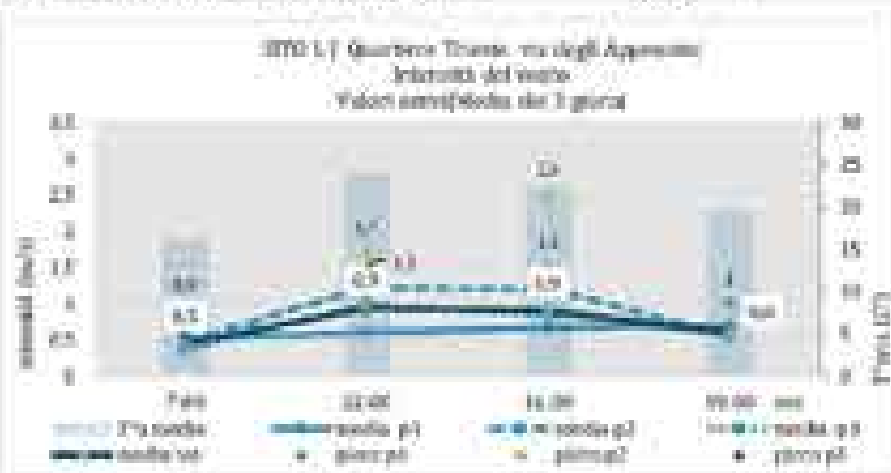
FUNTO N° 1

Periodo di osservazione, estivo  
 Cielo: 14-22 settembre 2016  
 Condizioni meteo: variabile

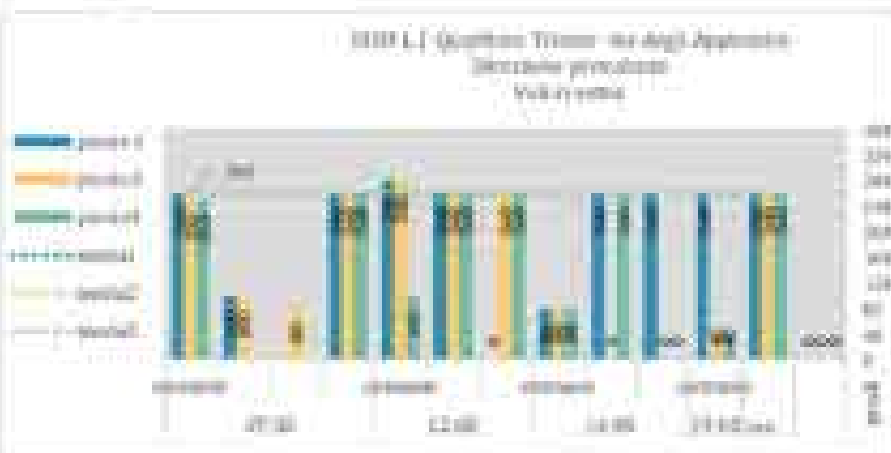


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

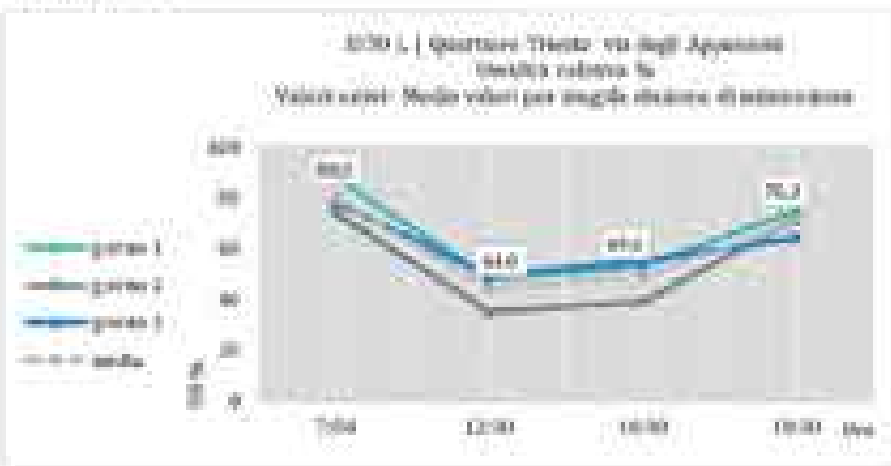
Esmp



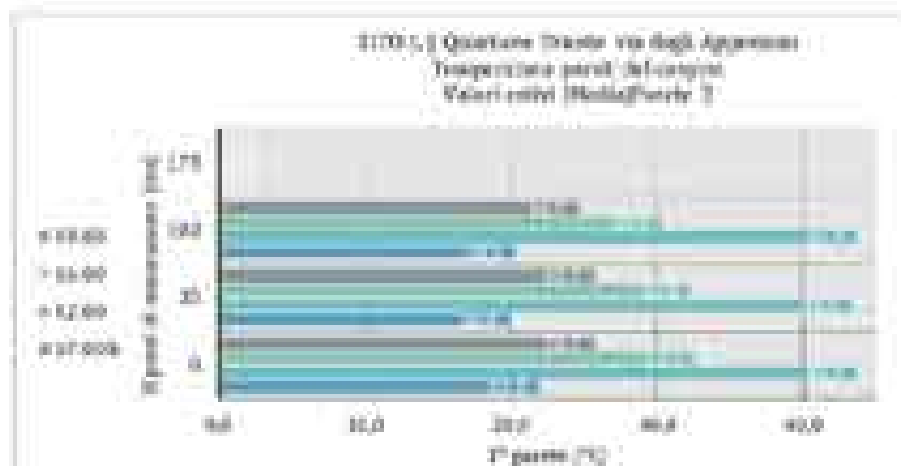
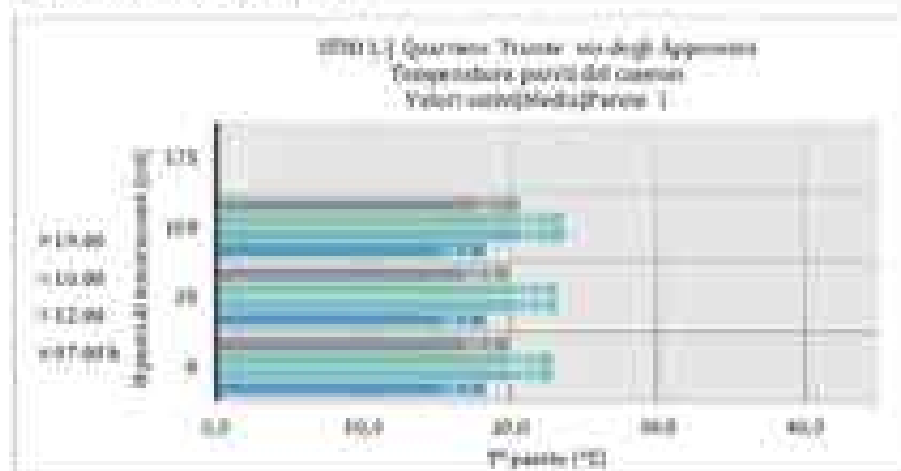
Direzione prevalente



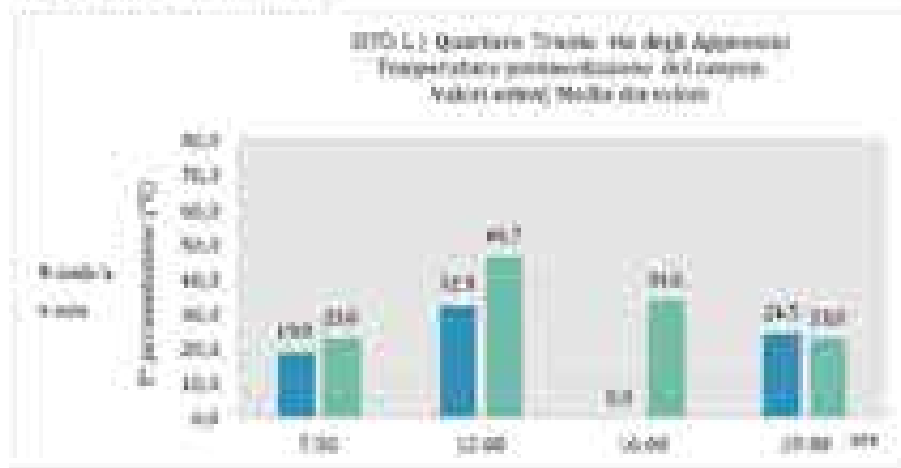
Umidità relativa

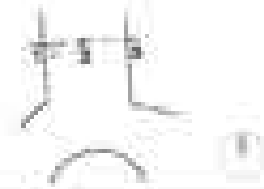


Temperatura specifici verticali



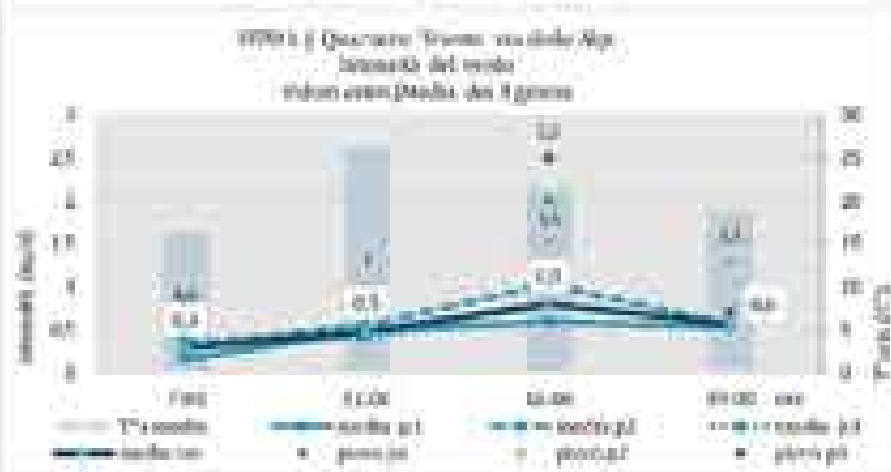
Temperatura generalizzazione



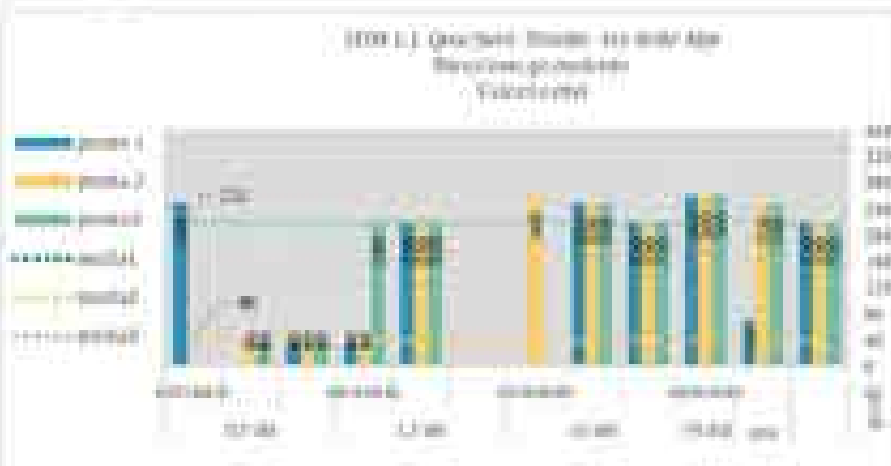


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

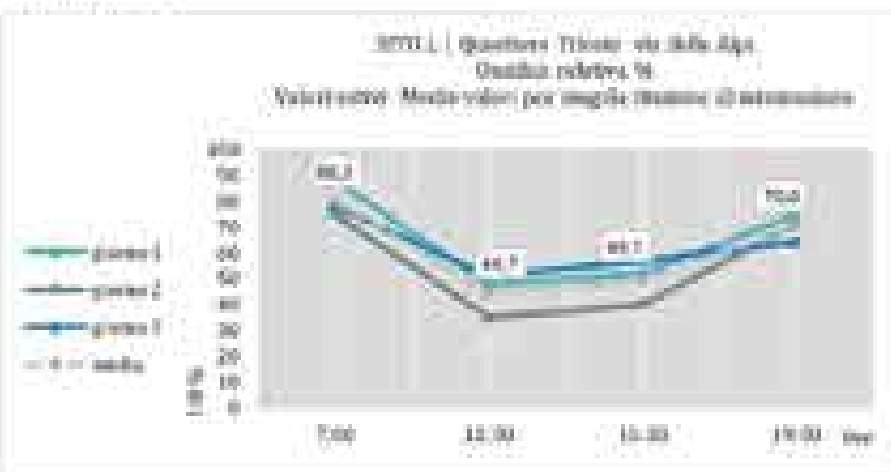
Esmp



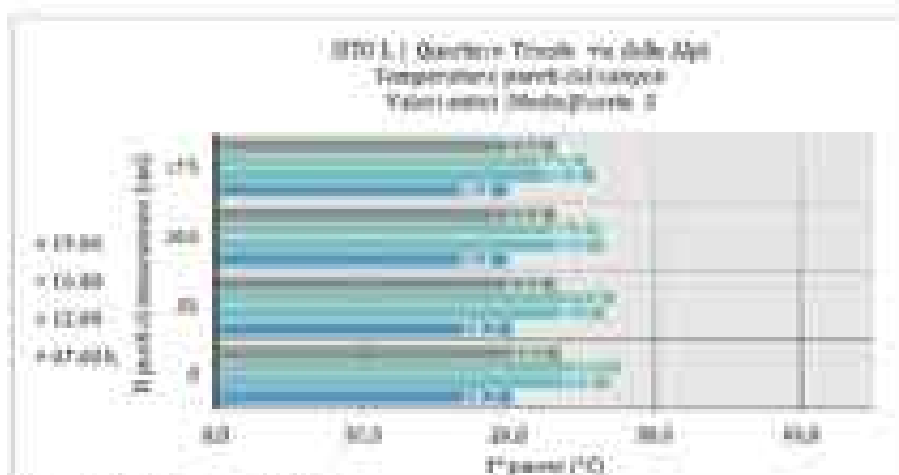
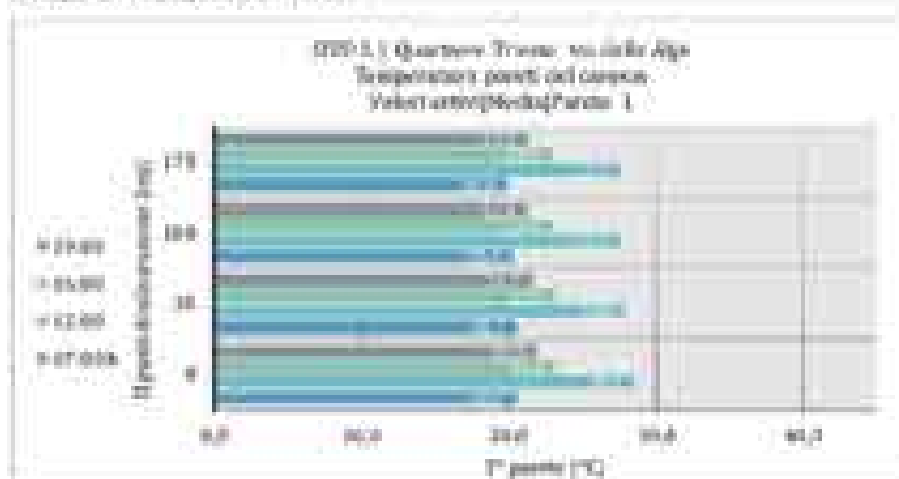
Direzioni prevalenti



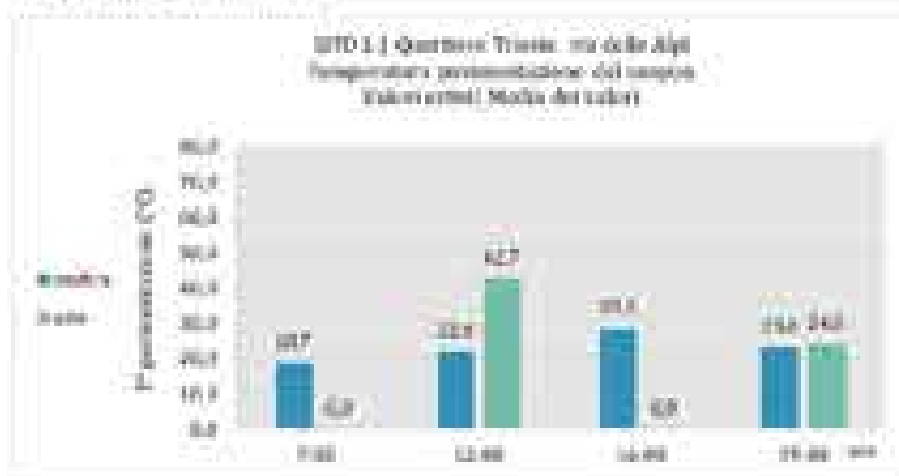
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



Temperatura punto ventilazione

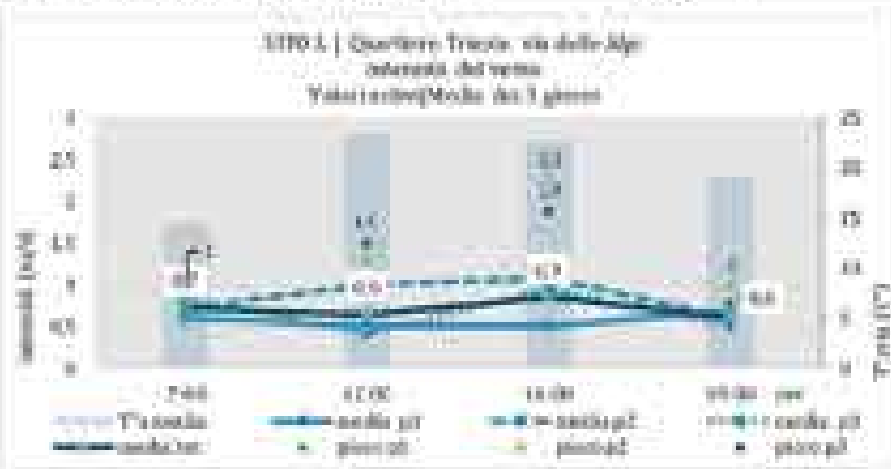




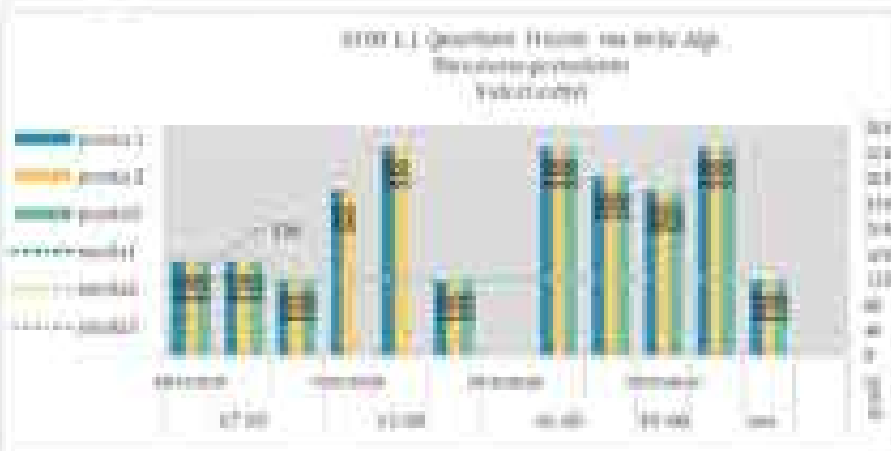


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

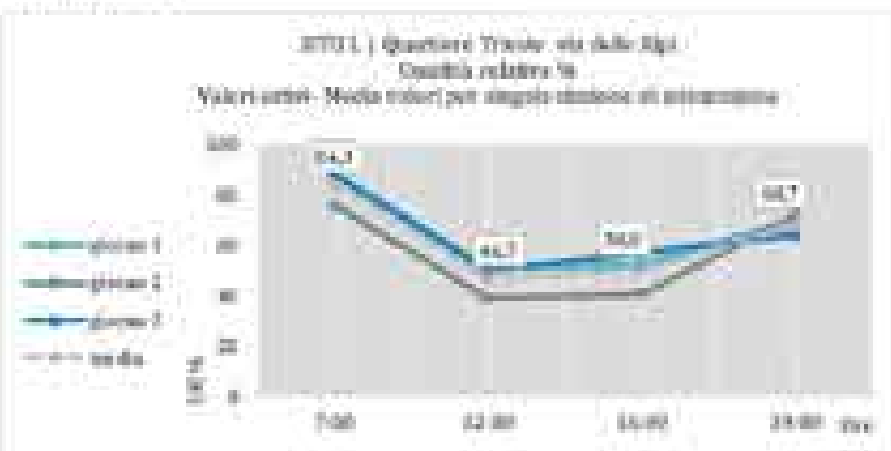
Esmp



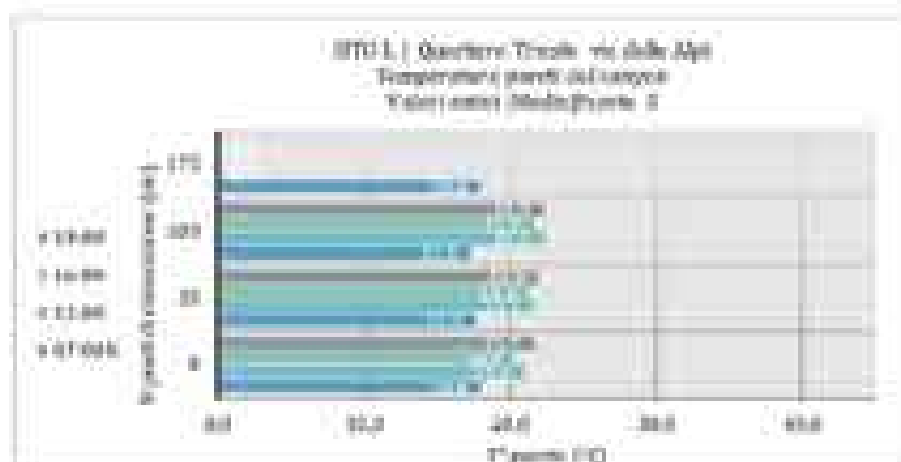
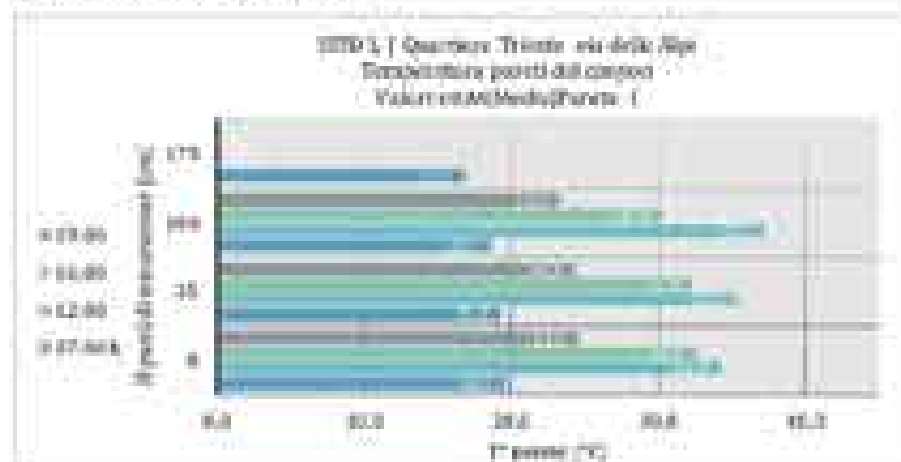
Direzione prevalente



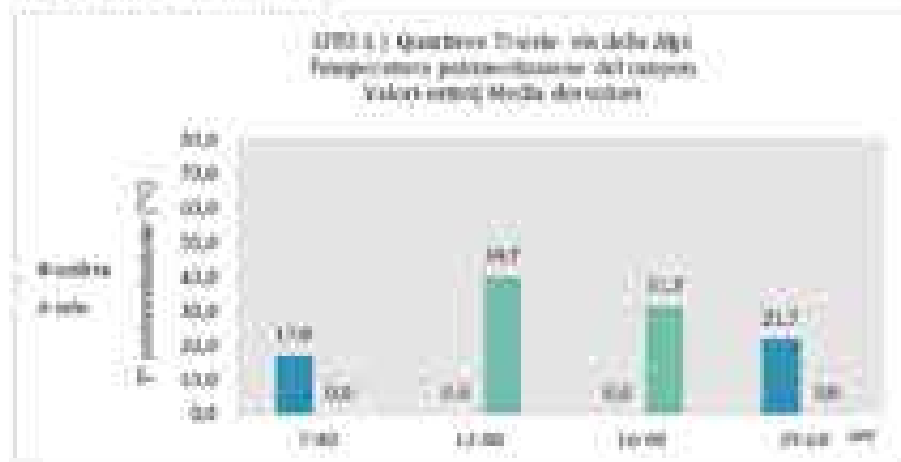
Umidità relativa



Temperatura specifici verticali



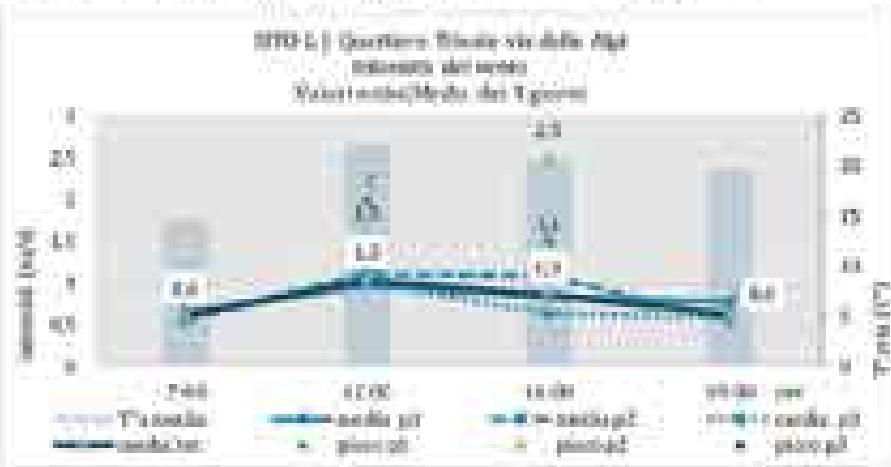
Temperatura paravento



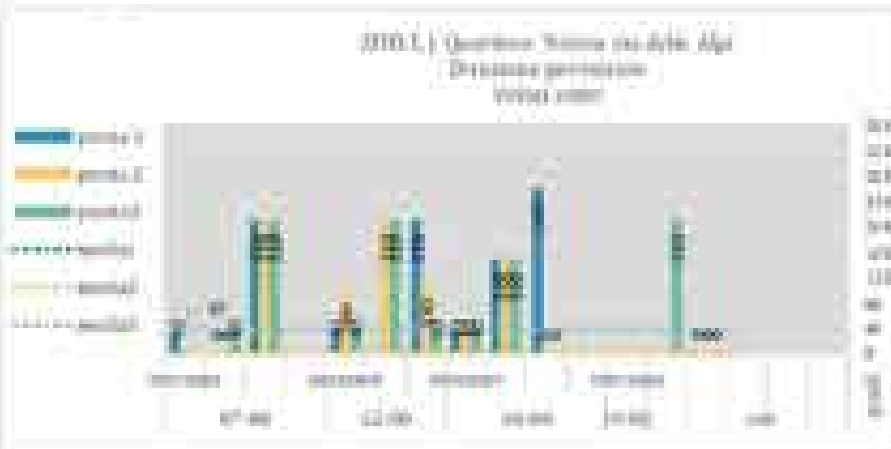


Intensità precipitazioni e temperatura dell'aria

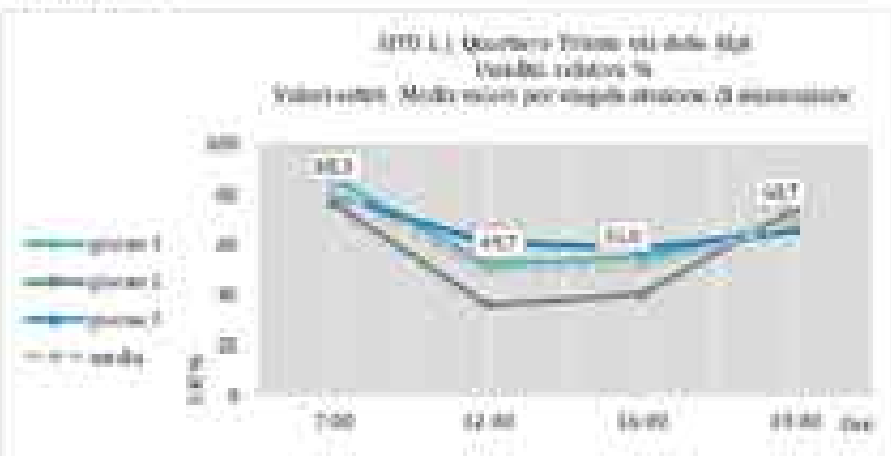
Esmp



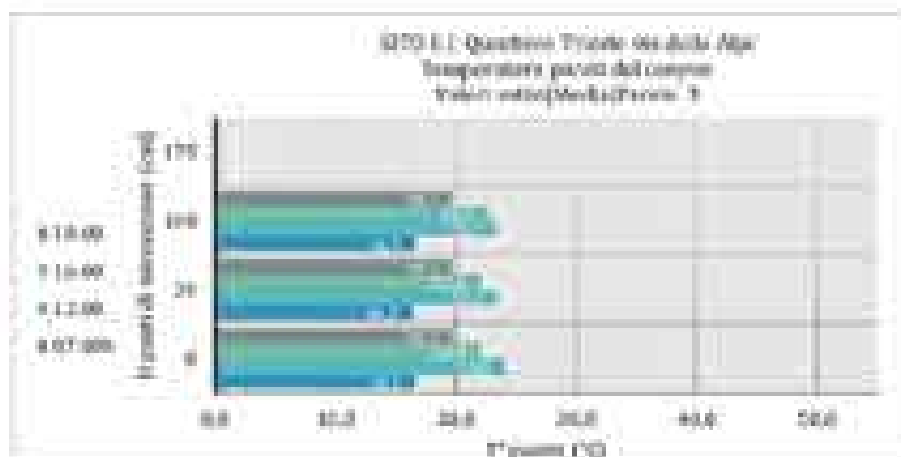
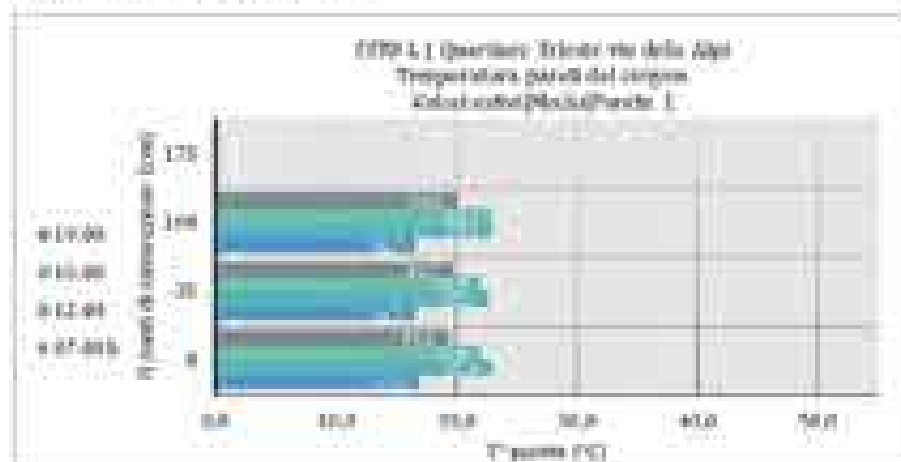
Direzione prevalente



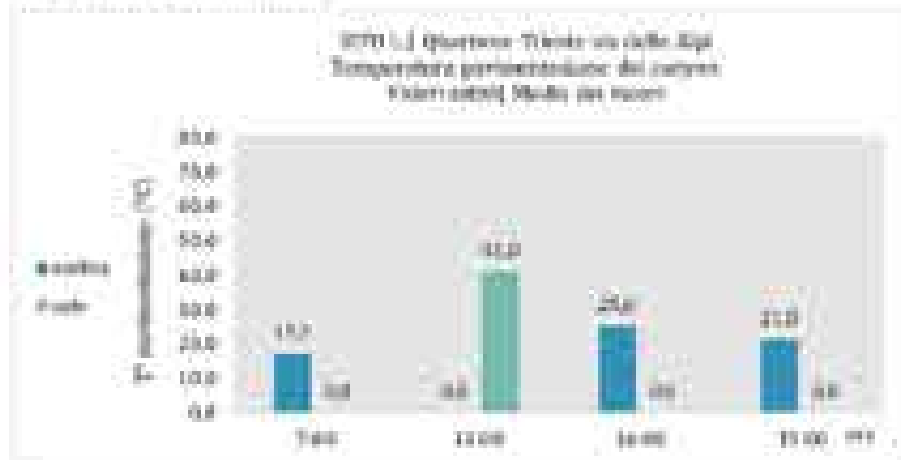
Umidità relativa



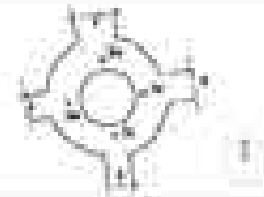
Temperatura specific vertical



Temperatura generalizzazione

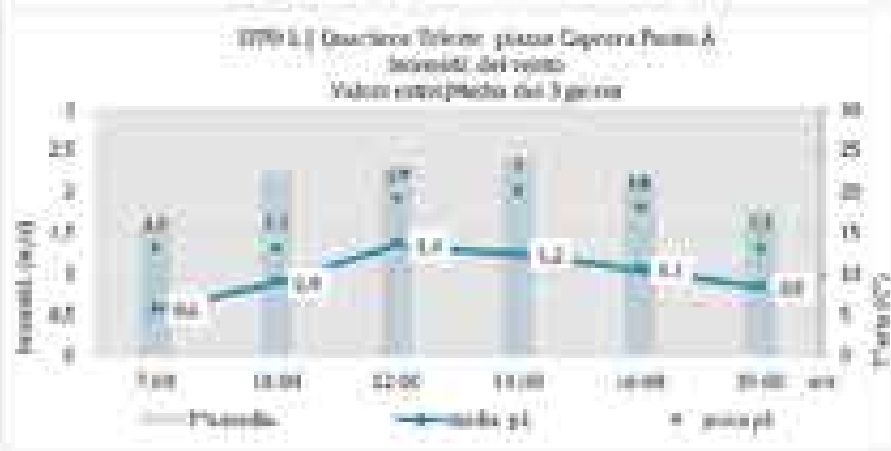


Vibrazioni in presenza di fontana

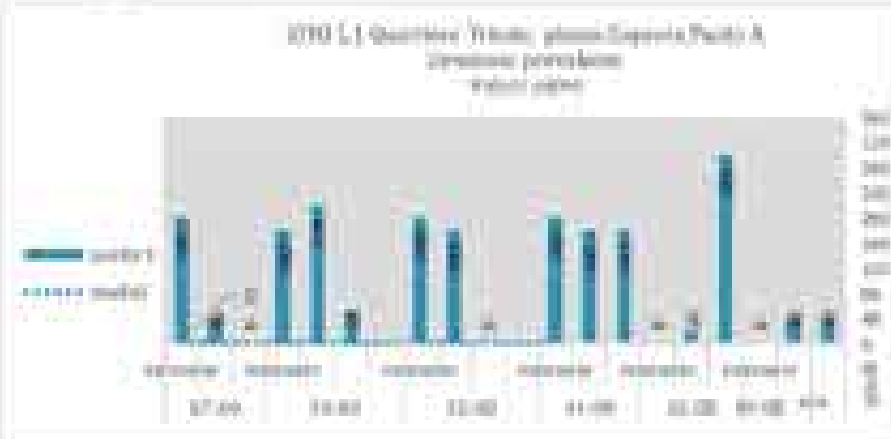


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

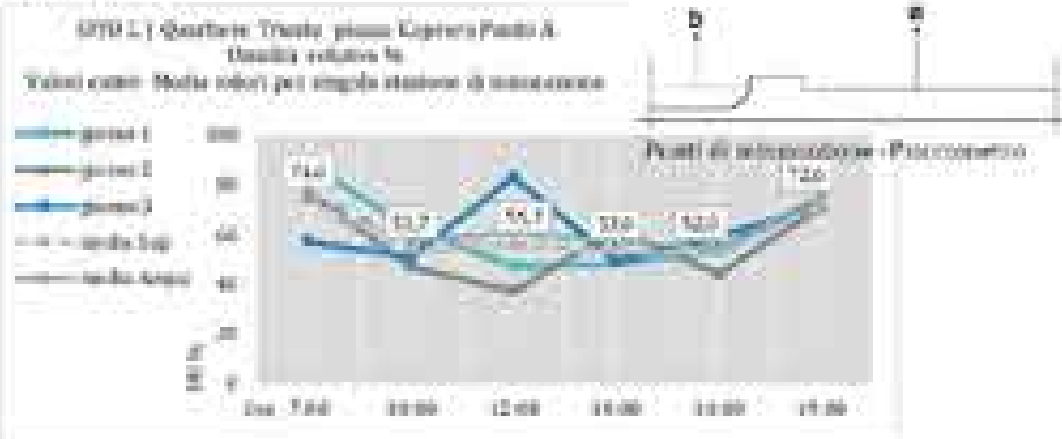
Esmp



Direzione prevalente



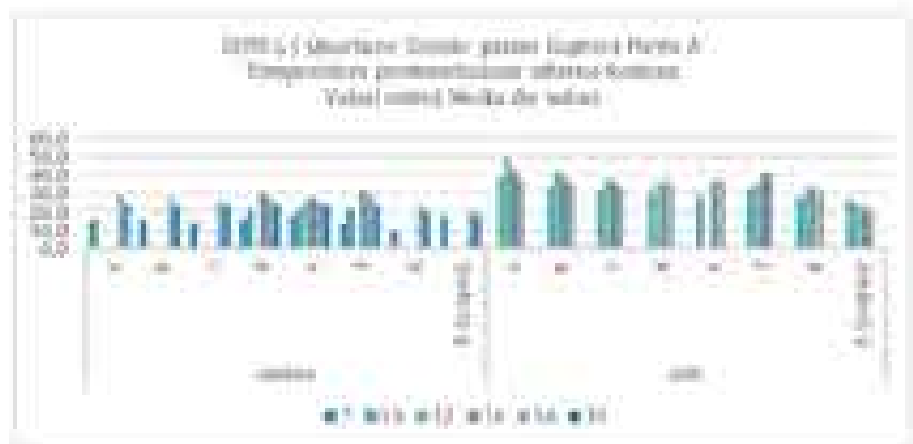
Umidità relativa



Temperatura postmezzogiorno



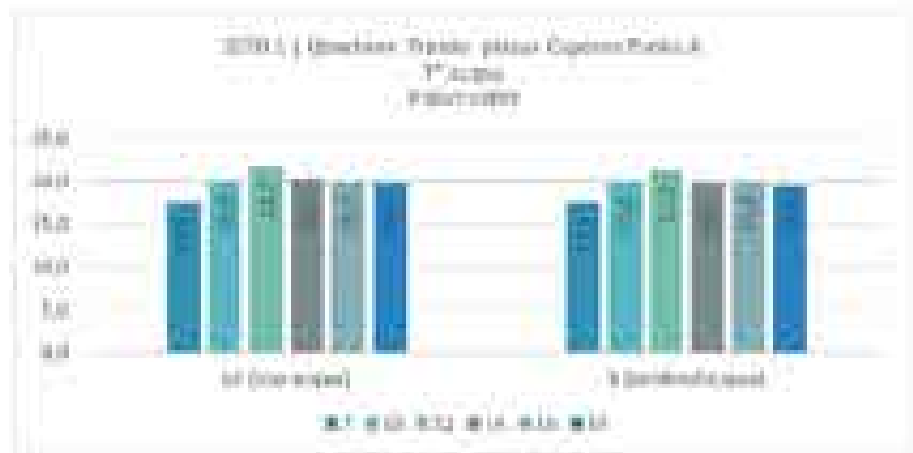
Punti di misurazione - Radiometro IR



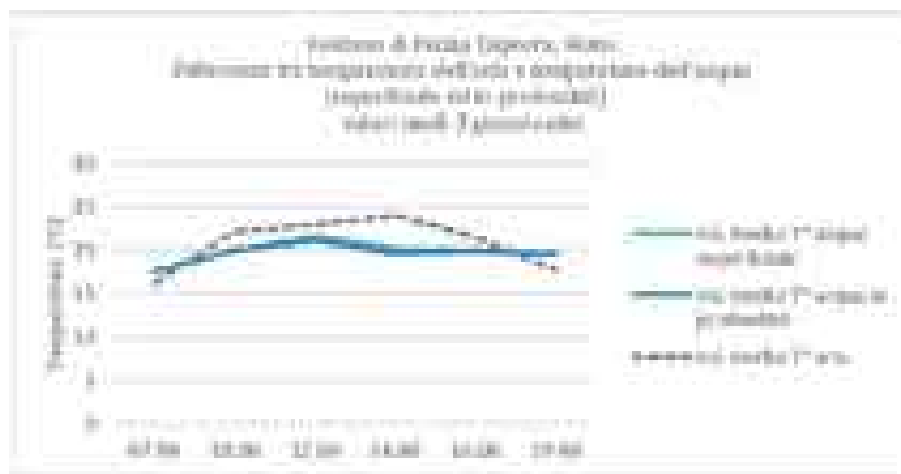
Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità



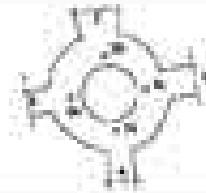
Punti di misurazione - Termocoppia



**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**

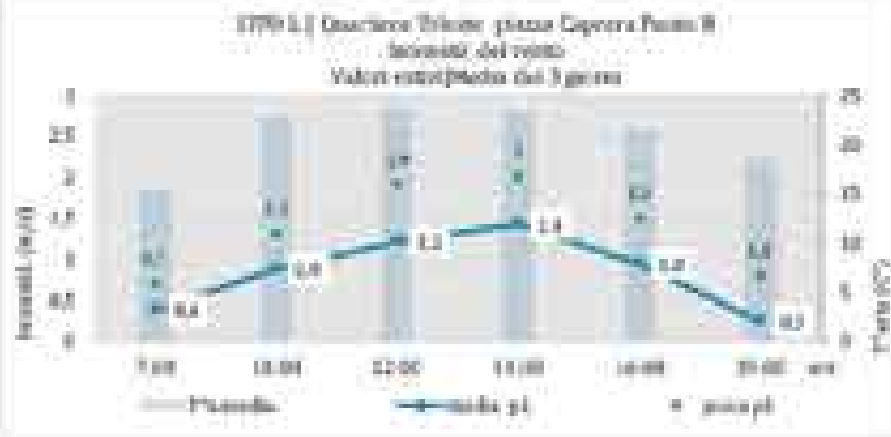


Velocità in presenza di bucatina

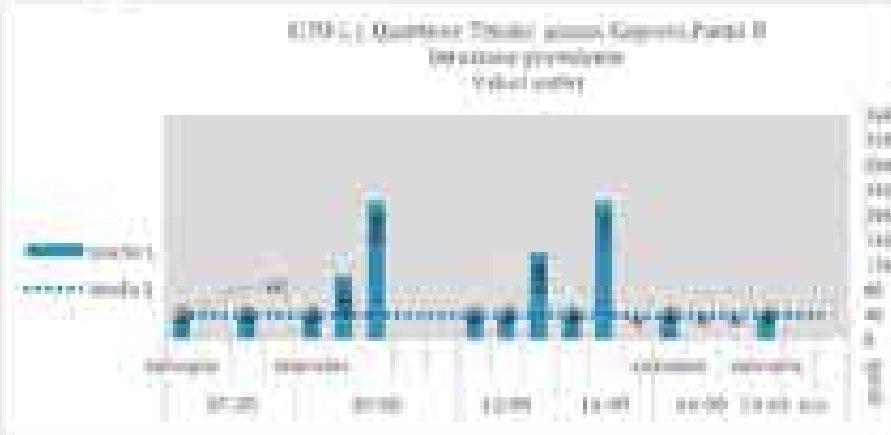


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

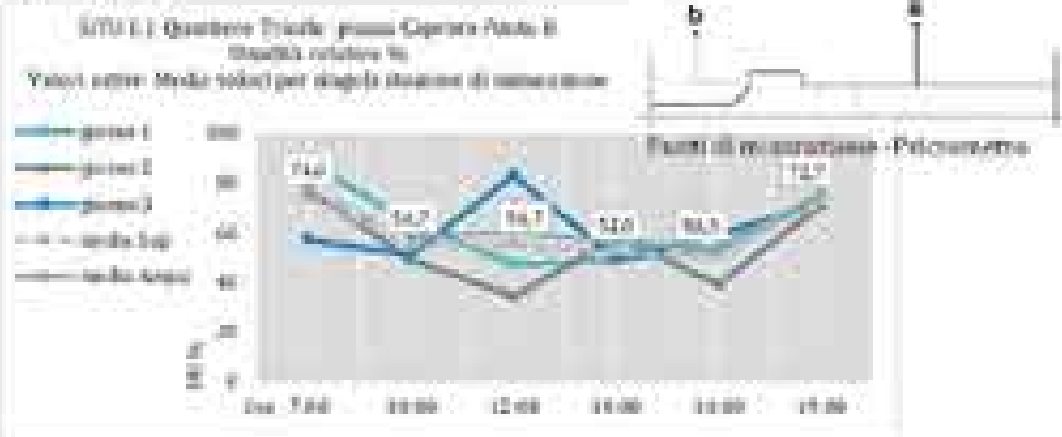
Esmp



Direzione prevalente



Umidità relativa

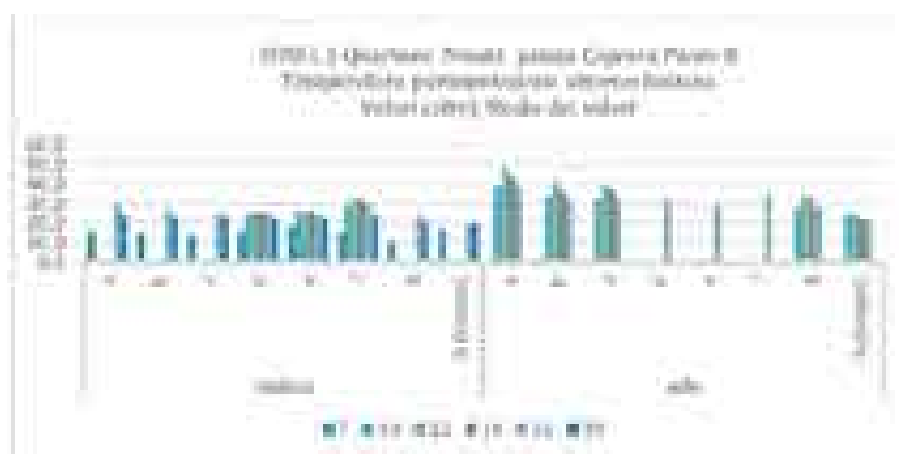




Temperatura permeazione



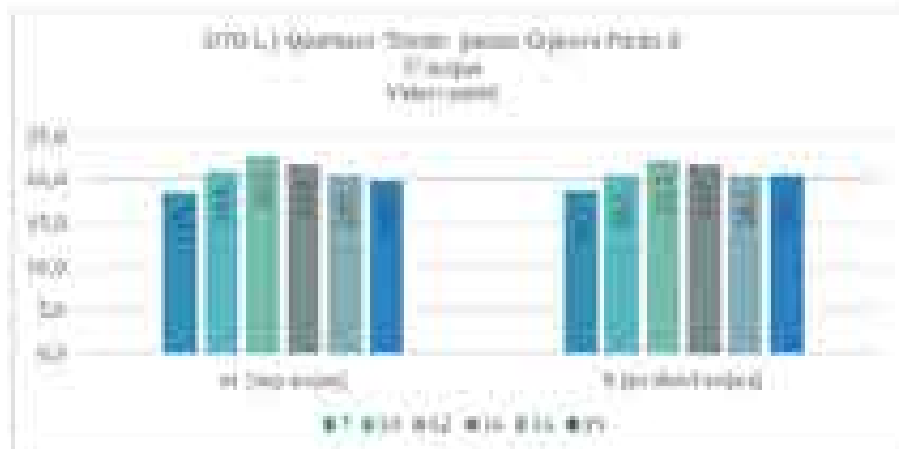
Punti di misurazione - Radsonetto II



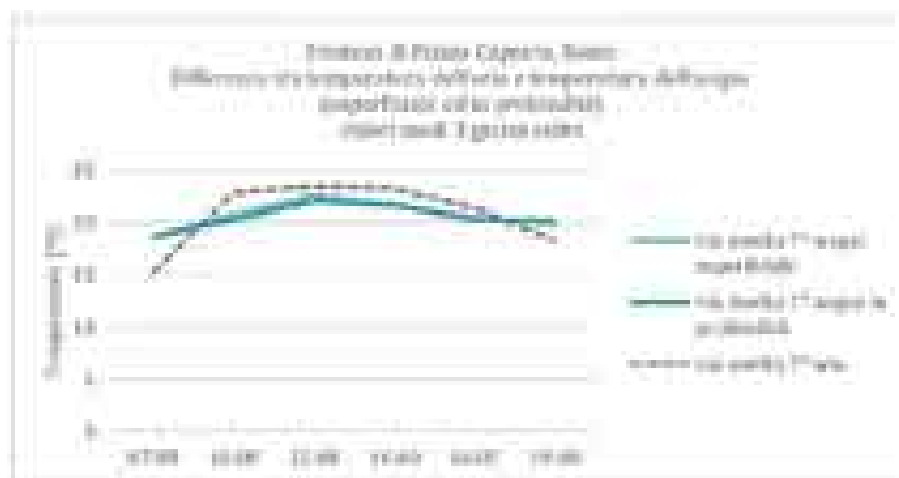
Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità

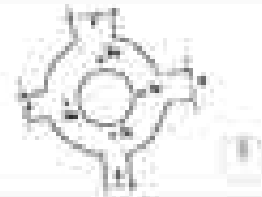


Punti di misurazione - Termocoppia



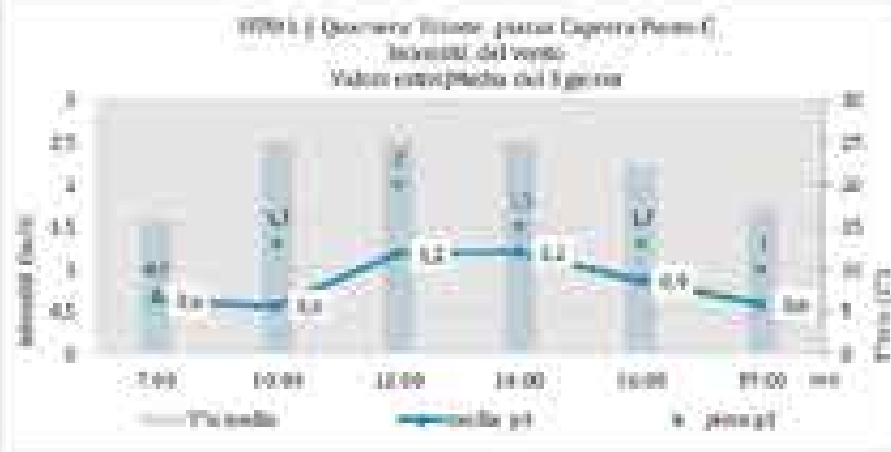
Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)



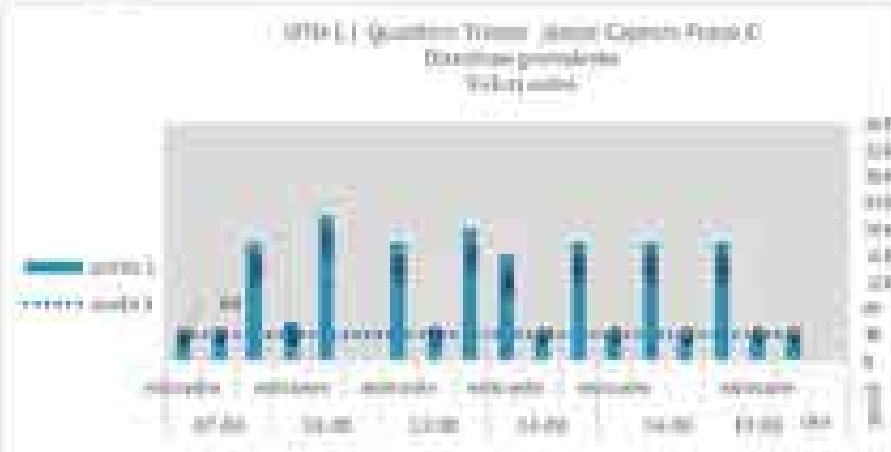


**Intensità prevalente e temperatura dell'aria**

Esmp



**Direzione prevalente**



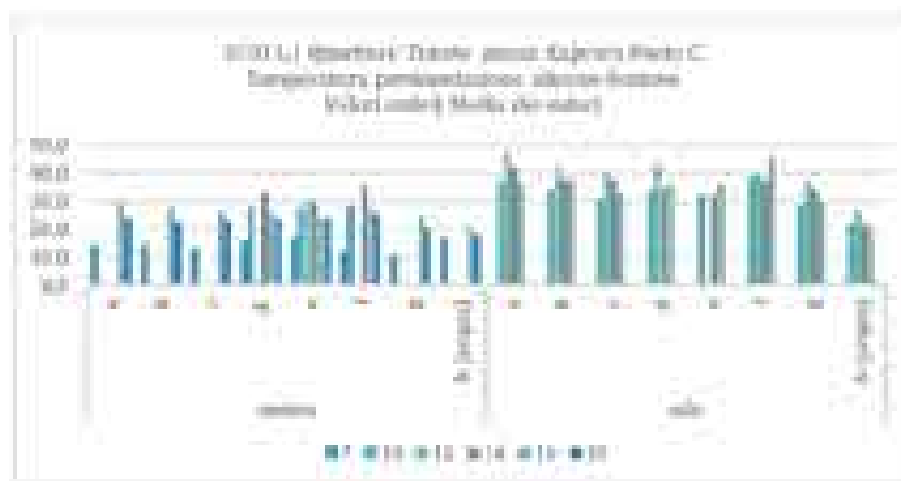
**Umidità relativa**



Temperatura postmezzogiorno



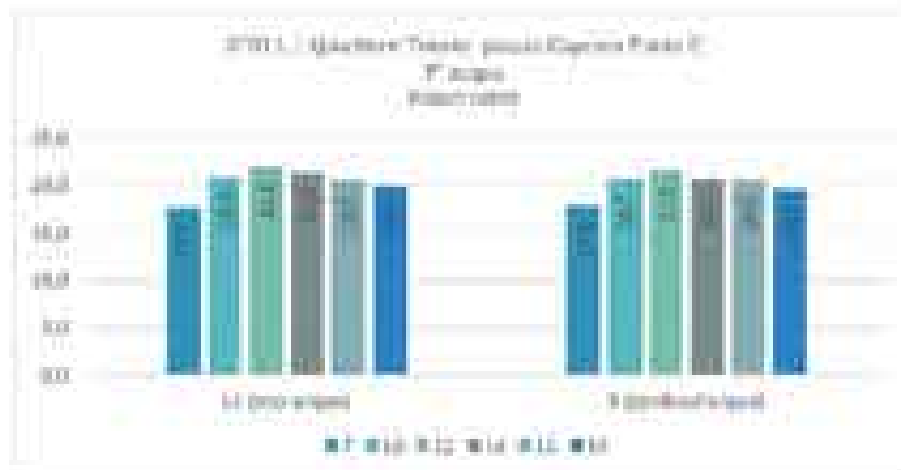
Punti di misurazione - Radiometro (B)



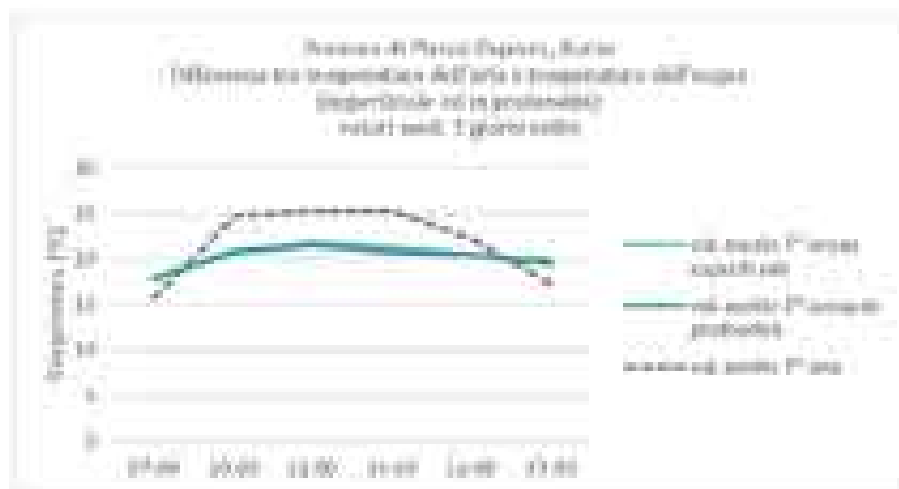
Temperatura dell'acqua in superficie e in profondità



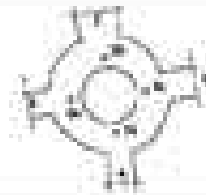
Punti di misurazione - Termocoppia



**Differenza tra temperatura dell'aria e la temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**



Velocità in presenza di frizione

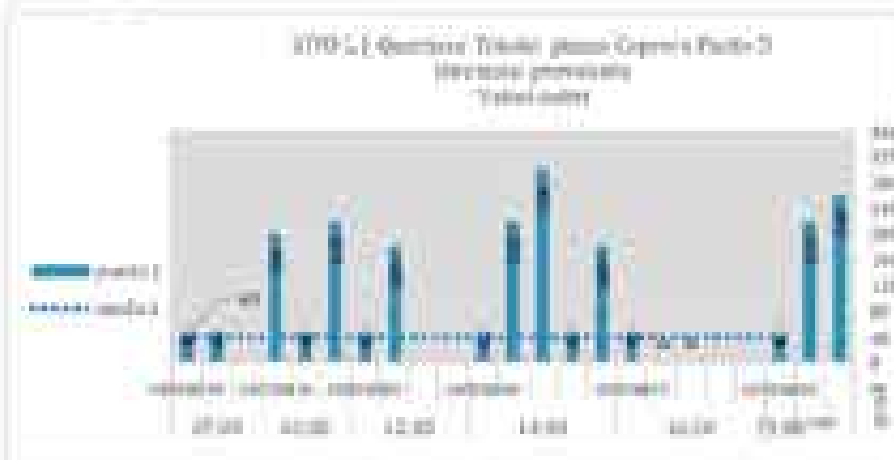


Intensità prevalente e temperatura dell'aria

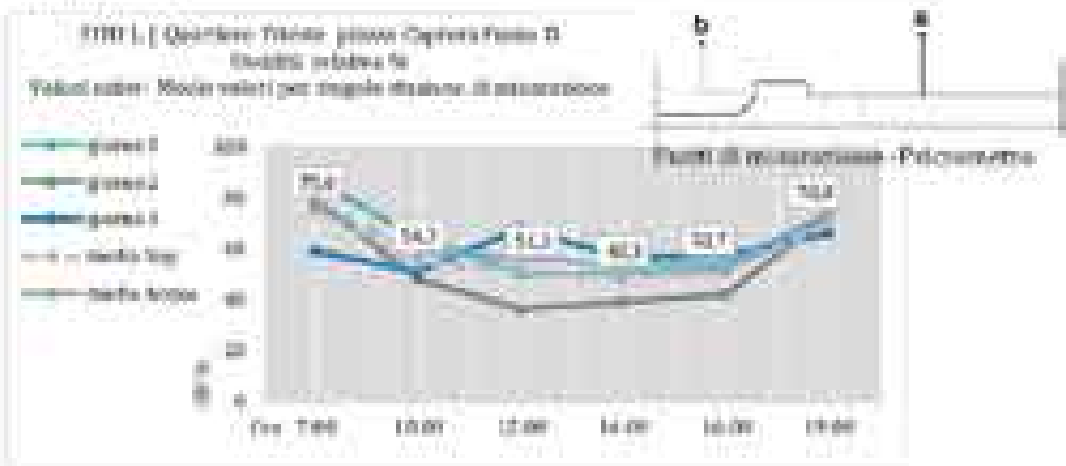
Esmap



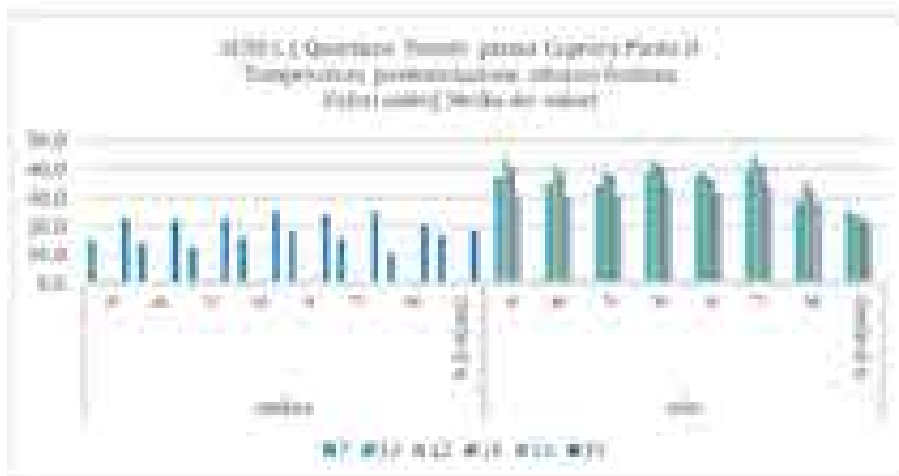
Direzione prevalente



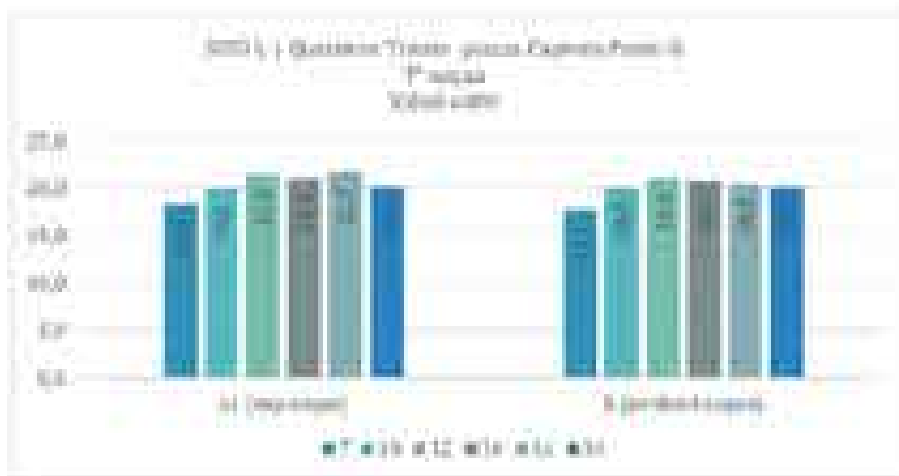
Umidità relativa



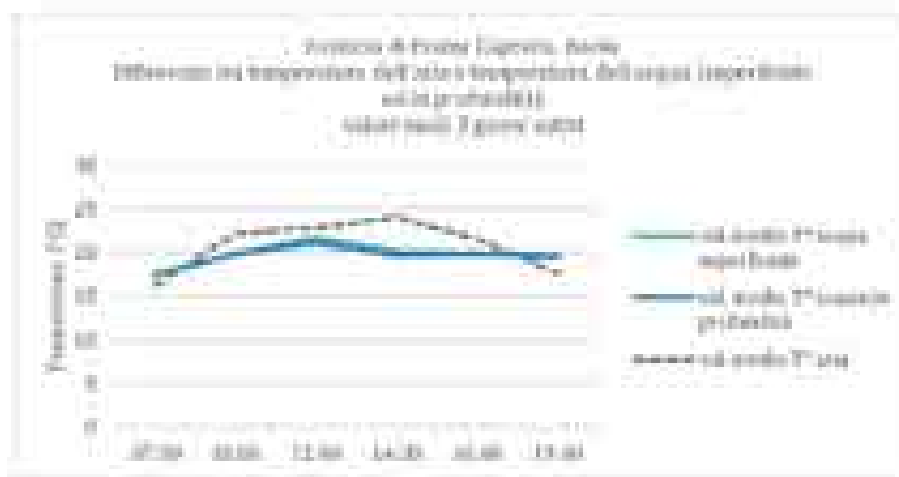
**Temperatura preriscaldamento**



**Temperatura dell'argilla in superficie e in profondità**



**Differenza tra temperatura dell'aria e temperatura dell'acqua (superficiale ed in profondità)**









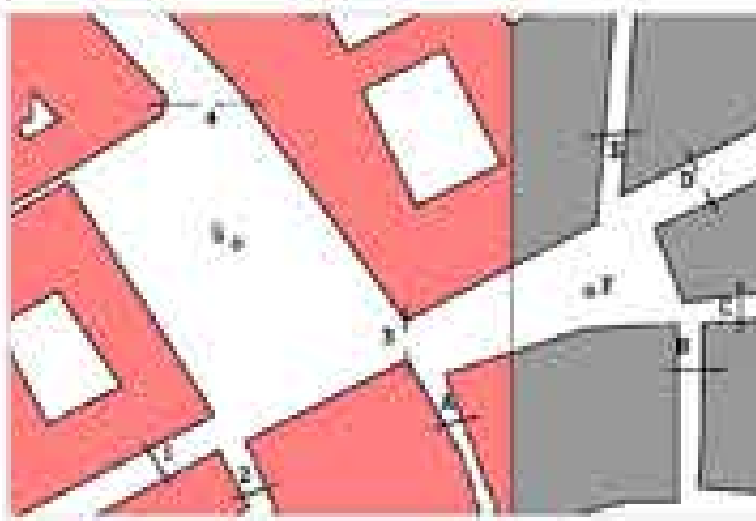
## Appendice B

# APPENDICE B

## SCHEDE DI CONFRONTO TRA LE DIVERSE SIMULAZIONI CALIBRATE

CONFRONTO TRA I DATI SINGOLI  
E IL TOTALE

SCHEDA 2 - A SITO A | area di Piazza Fontanaella Borghese - Roma - Campo Marzio  
Confronto con dati simulati con fattore di correzione  
punti di ancoramento - localizzazione recipienti

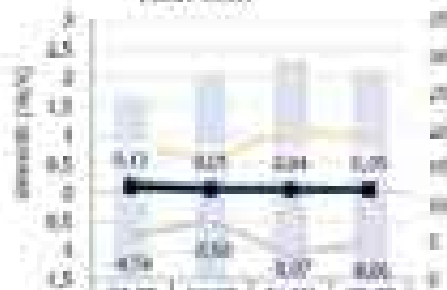




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forzosa

con fattore di calibratura

ST0 A | Basse Campo Marzio  
via Casertano  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
U <sub>10</sub> (%)	25,75	47,85	25,58	25,28
U <sub>10</sub> (m/s)	0,97	0,95	0,93	0,93
U <sub>10</sub> (km/h)	3,5	3,4	3,3	3,3
media	0,93	0,95	0,93	0,93
media valori reali	0,95	0,95	0,93	0,93
diff con valori reali	0,24	0,0	0,07	0,04

ST0 A | Basse Campo Marzio  
via Casertano  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
U <sub>10</sub> (%)	24,02	27,00	29,37	28,31
U <sub>10</sub> (m/s)	0,88	0,98	0,95	0,87
U <sub>10</sub> (km/h)	3,17	3,5	3,4	3,1
media	0,92	0,98	0,95	0,88
media valori reali	0,95	0,95	0,93	0,93
diff con valori reali	-0,12	0,03	0,02	0,07

Umidità relativa  
con solo fattore di forzosa

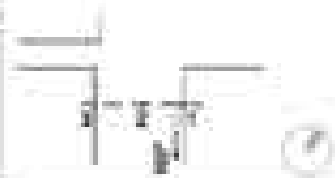
con fattore di calibratura

ST0 A | Basse Campo Marzio  
via Casertano  
Umidità relativa (%)  
Valori orari- Media valori per singoli stazioni di misurazione



ST0 A | Basse Campo Marzio  
via Casertano  
Umidità relativa (%)  
Valori orari- Media valori per singoli stazioni di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO A | Roma - Campo Marzio  
vista dal Direzione  
Intensità del vento  
Valori calcolati



Intensità (m/s)	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	24,7	27,3	29,5	29,9
pa	0,17	0,21	0,26	0,27
pa	0,28	0,25	0,28	0,27
media	0,24	0,23	0,26	0,27
media valori reali	0,25	0,23	0,26	0,25
diff con valori reali	-0,01	0,04	-0,04	0,02

SITO A | Roma - Campo Marzio  
vista dal Direzione  
Intensità del vento  
Valori calcolati



Intensità (m/s)	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	14,8	27,3	29,5	29,9
pa	0,1	0,1	0,11	0,11
pa	0,1	0,1	0,1	0,11
media	0,10	0,10	0,11	0,11
media valori reali	0,10	0,10	0,10	0,10
diff con valori reali	0,00	0,00	0,01	0,01

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO A | Roma - Campo Marzio  
vista dal Direzione  
Umidità relativa %  
Valori calcolati: Media valori per singoli stazioni  
di rilevazione



SITO A | Roma - Campo Marzio  
vista dal Direzione  
Umidità relativa %  
Valori calcolati: Media valori per singoli stazioni  
di rilevazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

STDA | Rosse Campo Marzio  
via Borgliese angolo piazza Borgliese  
Intensità prevalente  
Valori sotto



	07:00	12:00	16:00	19:00
g1	0,78	0,78	0,78	0,78
g2	0,78	0,78	0,78	0,78
g3	0,78	0,78	0,78	0,78
media	0,78	0,78	0,78	0,78
media valori totali	1,25	0,90	1,05	1,23
diff. con valori reali	0,40	0,24	0,27	0,50

STDA | Rosse Campo Marzio  
via Borgliese angolo piazza Borgliese  
Intensità prevalente  
Valori sotto



	07:00	12:00	16:00	19:00
g1	0,95	0,95	0,95	0,95
g2	0,95	0,95	0,95	0,95
g3	0,95	0,95	0,95	0,95
media	0,95	0,95	0,95	0,95
media valori totali	1,26	0,90	1,05	1,23
diff. con valori reali	0,21	0,04	0,24	0,12

Umidità relativa

con solo fattore di forma

STDA | Rosse Campo Marzio  
via Borgliese angolo piazza Borgliese  
Umidità relativa %  
Valori sotto: Media valori per singola direzione  
di ventilazione



con fattore di calibratura

STDA | Rosse Campo Marzio  
via Borgliese angolo piazza Borgliese  
Umidità relativa %  
Valori sotto: Media valori per singola direzione  
di ventilazione







Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratozza

SITO A | Roma - Campo Marzio  
via Borgognoni  
Intensità del vento  
Valori calcolati



	07:00	12:00	14:00	19:00
Pa	24.4	28	25.42	27.16
g1	0.01	0.04	0.05	0.05
g2	0.09	0.08	0.12	0.1
g3	0.12	0.09	0.08	0.07
media	0.07	0.06	0.07	0.07
media valori reali	1.18	1.18	1.18	1.18
diff. nei valori reali	-1.18	-1.18	-1.18	-1.18

SITO A | Roma - Campo Marzio  
via Borgognoni  
Intensità del vento  
Valori calcolati



	07:00	12:00	14:00	19:00
Pa	24.56	27.98	27.73	26.2
g1	0.07	0.1	0.1	0.07
g2	0.13	0.14	0.21	0.17
g3	0.1	0.18	0.2	0.1
media	0.11	0.17	0.18	0.11
media valori reali	1.18	1.18	1.18	1.18
diff. nei valori reali	-1.11	-1.01	-1.02	-1.07

Umidità relativa

con solo fattore di forma

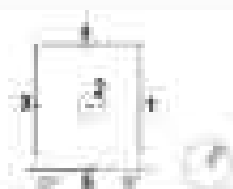
SITO A | Roma - Campo Marzio  
via Borgognoni  
Umidità relativa %  
Valori calcolati - Media valori per singola stazione  
di monitoraggio



con fattore di calibratozza

SITO A | Roma - Campo Marzio  
via Borgognoni  
Umidità relativa %  
Valori calcolati - Media valori per singola stazione  
di monitoraggio

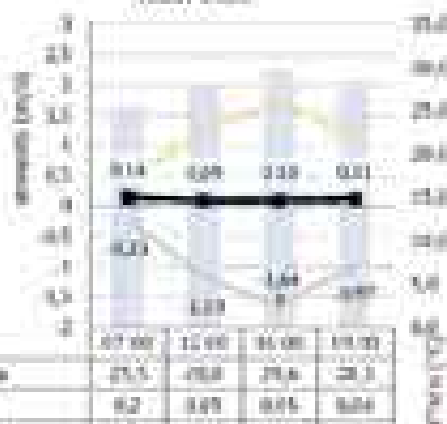




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di inerzia

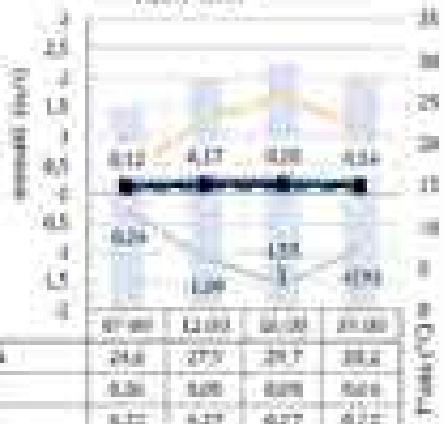
con fattore di calibratura

STDA A (Riese - Campo Marzio)  
piazza Berghese  
Intensità del vento  
Valori reali



	07:00	12:00	16:00	19:00
TA	25.5	25.8	25.6	25.3
g1	0.2	0.45	0.65	0.68
g2	0.88	0.12	0.24	0.15
vento	0.14	0.26	0.10	0.01
media valori reali	0.07	0.17	0.19	0.07
diff con valori reali	-0.27	-0.03	-0.04	-0.07

STDA A (Riese - Campo Marzio)  
piazza Berghese  
Intensità del vento  
Valori reali

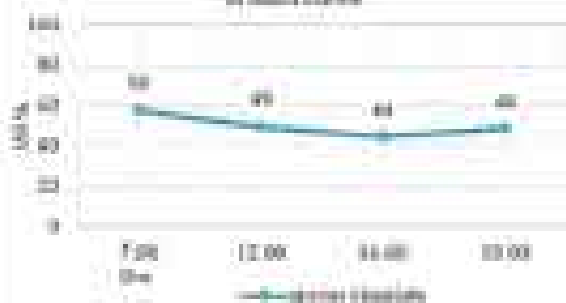


	07:00	12:00	16:00	19:00
TA	25.5	25.8	25.7	25.2
g1	0.20	0.45	0.65	0.68
g2	0.27	0.27	0.27	0.27
vento	0.14	0.26	0.10	0.01
media valori reali	0.07	0.17	0.19	0.07
diff con valori reali	-0.24	-0.04	-0.09	-0.08

Umidità relativa  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

STDA A (Riese - Campo Marzio)  
piazza Berghese  
Umidità relativa %  
Valori reali: Media valori per singola stanza di riferimento



STDA A (Riese - Campo Marzio)  
piazza Berghese  
Umidità relativa %  
Valori reali: Media valori per singola stanza di riferimento





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

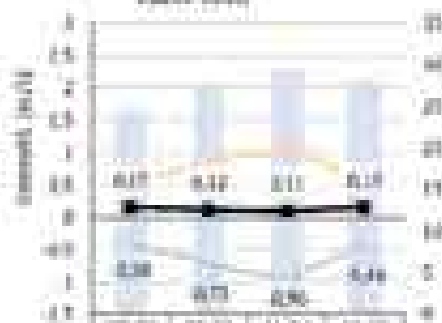
con fattore di calibratozza

ST0 A | Roma - Campo Marzio  
via della Lega  
Intensità del vento  
Valori netti



	07:00	12:00	14:00	19:00
V <sub>w</sub>	24,7	27,9	25,4	26,0
D <sub>w</sub>	0,14	0,87	1,00	0,87
V <sub>wg</sub>	0,54	0,89	0,07	0,89
D <sub>wg</sub>	0,12	0,89	1,07	0,89
media valore netti	0,51	0,91	1,00	0,79
dif con trasparenza	-0,20	-0,77	-1,40	-0,21

ST0 A | Roma - Campo Marzio  
via della Lega  
Intensità del vento  
Valori netti

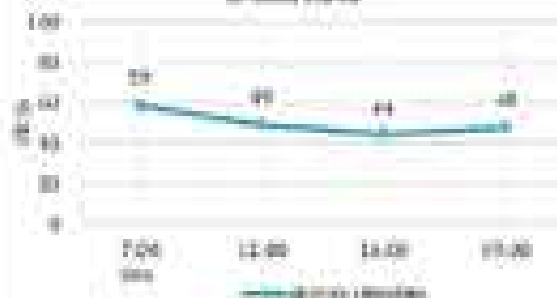


	07:00	12:00	14:00	19:00
V <sub>w</sub>	24,0	27,0	24,5	25,2
D <sub>w</sub>	0,14	0,11	0,1	0,17
V <sub>wg</sub>	0,16	0,08	0,11	0,18
D <sub>wg</sub>	0,15	0,12	0,11	0,17
media valore netti	0,20	0,08	1,00	0,19
dif con trasparenza	-0,19	-0,71	0,70	0,10

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratozza

ST0 A | Roma - Campo Marzio  
via della Lega  
Umidità relativa %  
Valori netti - Media valori per singolo momento  
di misurazione



ST0 A | Roma - Campo Marzio  
via della Lega  
Umidità relativa %  
Valori netti - Media valori per singolo momento  
di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temperatura  
con fattore di calibratura

SITO A | Bione - Campo Marzio  
via della Torretta  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
T°	24,75	27,9	26,44	26,26
v2	0,28	0,16	0,13	0,13
angolo	0,28	0,14	0,13	0,13
media valori vent	0,40	0,53	0,70	0,54
diff. nei valori vent	0,17	0,12	0,14	0,11

SITO A | Bione - Campo Marzio  
via della Torretta  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
T°	24,60	27,75	25,49	25,15
v2	0,51	0,22	0,2	0,27
angolo	0,51	0,22	0,20	0,27
media valori vent	0,40	0,58	0,70	0,54
diff. nei valori vent	-0,14	-0,36	-0,51	-0,27

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO A | Bione - Campo Marzio  
via della Torretta  
Umidità relativa %  
Valori orari: Medio valori per singola stazione di misurazione



SITO A | Bione - Campo Marzio  
via della Torretta  
Umidità relativa %  
Valori orari: Medio valori per singola stazione di misurazione

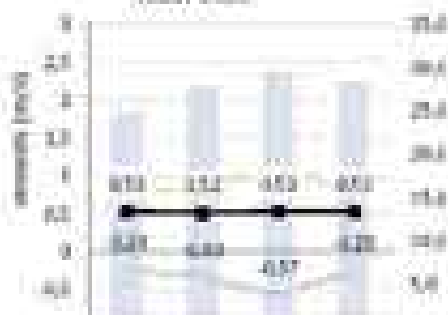




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO A | Basse - Campo Marzio  
via del Lavoro  
Intensità del vento  
Valori calcolati



	07/09	12/09	16/09	19/09
U <sub>ref</sub> (%)	28,8	27,8	29,5	28,7
U <sub>ref</sub> (m/s)	0,97	0,92	0,93	0,93
U <sub>ref</sub> (m/s)	0,92	0,94	0,97	0,97
temperatura	17,1	15,2	15,9	15,9
media valori reali	0,76	0,84	1,09	0,79
diff con valori reali	-0,24	-0,53	-0,17	-0,23

SITO A | Basse - Campo Marzio  
via del Lavoro  
Intensità del vento  
Valori calcolati



	07/09	12/09	16/09	19/09
U <sub>ref</sub> (%)	24,7	27,8	28,5	28,7
U <sub>ref</sub> (m/s)	0,88	0,91	0,98	0,93
U <sub>ref</sub> (m/s)	0,97	0,94	0,92	0,91
temperatura	17,8	16,1	16,8	16,1
media valori reali	0,76	0,84	1,09	0,79
diff con valori reali	-0,19	-0,24	-0,07	-0,17

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

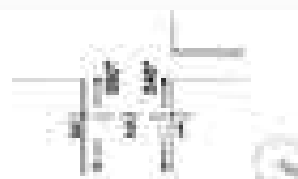
con fattore di calibratura

SITO A | Basse - Campo Marzio  
via del Lavoro  
Umidità relativa (%)  
Valori calcolati - Media valori per singola stazione di osservazione



SITO A | Basse - Campo Marzio  
via del Lavoro  
Umidità relativa (%)  
Valori calcolati - Media valori per singola stazione di osservazione

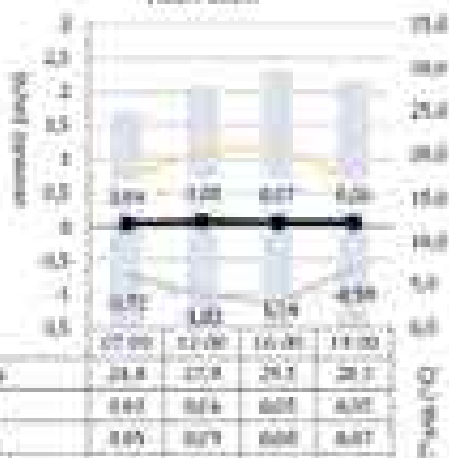




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

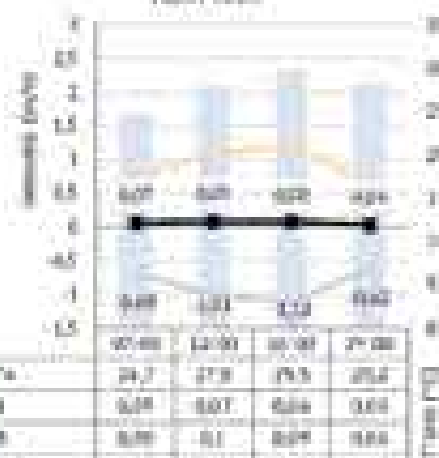
con fattore di colibrificazione

SITOA A (Riviera Campo Marzio)  
via della Fontanelle di Borgogna  
Intensità dell'aria  
Valori calcolati



Angolo	17°	21°	25°	29°
17°	24,4	27,8	29,1	28,7
21°	0,65	0,64	0,65	0,67
25°	0,65	0,79	0,68	0,67
media	0,64	0,68	0,67	0,66
media valori ombra	0,78	1,09	1,21	0,67
diff. con valori ombra	-0,72	-1,02	-1,19	-0,59

SITOA A (Riviera Campo Marzio)  
via della Fontanelle di Borgogna  
Intensità dell'aria  
Valori calcolati



Angolo	17°	21°	25°	29°
17°	24,7	27,8	29,5	28,2
21°	0,68	0,67	0,66	0,68
25°	0,68	0,61	0,69	0,68
media	0,67	0,66	0,68	0,68
media valori ombra	0,78	1,09	1,21	0,68
diff. con valori ombra	-0,68	-0,92	-1,19	-0,62

Umidità relativa

con solo fattore di forma

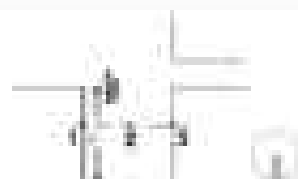
con fattore di colibrificazione

SITOA A (Riviera Campo Marzio)  
via della Fontanelle di Borgogna  
Umidità relativa %  
Valori calcolati: Media valori per singoli stazioni di misurazione



SITOA A (Riviera Campo Marzio)  
via della Fontanelle di Borgogna  
Umidità relativa %  
Valori calcolati: Media valori per singoli stazioni di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di ricerca

Esposizione  
con fattore di correzione

SITO A | Basse Campo Marone  
via Monte d'Oro  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Vv	14,76	17,86	21,48	27,71
Vd	0,16	0,14	0,18	0,14
media	0,66	0,12	0,18	0,12
media valori reali	0,6	0,8	1,4	1,3
SD con valori reali	-0,4	-0,7	-1,2	-1,2

SITO A | Basse Campo Marone  
via Monte d'Oro  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Vv	14,43	17,81	25,52	26,17
Vd	0,18	0,21	0,32	0,07
media	0,18	0,21	0,32	0,07
media valori reali	0,6	0,9	1,4	1,3
SD con valori reali	-0,9	-0,9	-1,2	-1,2

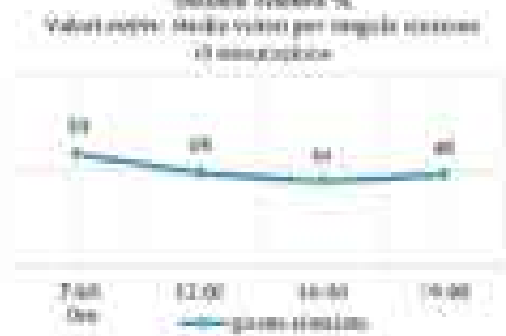
Umidità relativa  
con solo fattore di ricerca

con fattore di correzione

SITO A | Basse Campo Marone  
via Monte d'Oro  
Umidità relativa %  
Valori orari. Media valori per singola stazione  
di misurazione



SITO A | Basse Campo Marone  
via Monte d'Oro  
Umidità relativa %  
Valori orari. Media valori per singola stazione  
di misurazione



(vedi punto 3 sito A)



Intensità prevalenze e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Espos  
con fattore di calibratura

SITO A | Roma - Campo Marzio  
Largo Fontanelle Borgheesi  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	18,05	27,87	25,88	27,26
W- p1	0,27	0,1	0,1	0,1
W- p2	0,11	0,14	0,15	0,14
W- p3	0,17	0,26	0,19	0,19
W- media	0,25	0,26	0,25	0,25
media valori m/s	1,17	1,41	1,48	1,27
diff con valori reali	-0,72	0,13	-1,33	0,01

SITO A | Roma - Campo Marzio  
Largo Fontanelle Borgheesi  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	24,65	27,82	29,56	28,16
W- p1	0,32	0,17	-0,18	0,25
W- p2	0,14	0,18	0,18	0,15
W- p3	0,32	0,47	0,39	-0,16
W- media	0,28	0,34	-0,15	0,22
media valori m/s	1,17	1,41	1,48	1,27
diff con valori reali	-0,01	0,07	-1,25	-0,01

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO A | Roma - Campo Marzio  
Largo Fontanelle Borgheesi  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di misurazione



SITO A | Roma - Campo Marzio  
Largo Fontanelle Borgheesi  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di misurazione





SCHEDA 1-6 SITO B | area di Piazza delle Cinque Sante- Croce Rigolo/Sant'Angela  
Confronto con dati simulati con fattore di correzione  
punti di estrazione-locultrazione e recipienti

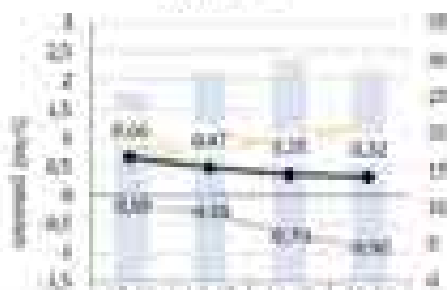




Intensità prevalente e temperatura dell'aria con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

ST0 - B | Rome Regola  
prezzo delle Casque Scote  
Intensità del vento  
Valori attesi



	07:00	12:00	16:00	19:00
IT%	25,24	26,68	29,82	28,48
pi	0,58	0,65	0,4	0,33
pi	0,47	0,48	0,17	0,13
pi	0,65	0,65	0,14	0,11
media	0,54	0,67	0,18	0,12
media valori reali	0,84	0,71	0,07	0,23
diff. tra valori reali	-0,34	-0,39	-0,19	-0,36

ST0 - B | Rome Regola  
prezzo delle Casque Scote  
Intensità del vento  
Valori attesi



	07:00	12:00	16:00	19:00
IT%	25,18	26,64	29,76	28,34
pi	0,75	0,58	0,45	0,34
pi	0,74	0,55	0,45	0,33
pi	0,7	0,53	0,45	0,33
media	0,72	0,54	0,45	0,33
media valori reali	0,84	0,71	0,07	0,23
diff. tra valori reali	-0,12	-0,21	-0,45	-0,14

Umidità relativa con solo fattore di inerzia

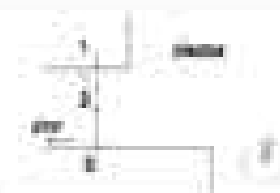
con fattore di calibratura

ST0 - B | Rome Regola  
prezzo delle Casque Scote  
Umidità relativa %  
Valori attesi- Media valori per singola stazione di misurazione



ST0 - B | Rome Regola  
prezzo delle Casque Scote  
Umidità relativa %  
Valori attesi- Media valori per singola stazione di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di colibrificazione

SIT0 8 | Rosso Regola  
via S. Maria Vaccariani  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
—●— V <sub>w</sub>	25,18	25,60	26,000	26,40
—●— g <sub>1</sub>	0,44	0,52	0,44	0,47
—●— g <sub>2</sub>	0,42	0,52	0,44	0,45
media oraria	0,43	0,52	0,45	0,44
media valore orari	0,44	0,51	0,44	0,45
diff. max valori orari	0,00	0,10	0,10	0,00

SIT0 8 | Rosso Regola  
via S. Maria Vaccariani  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
—●— V <sub>w</sub>	25,18	26,07	26,719	26,40
—●— g <sub>1</sub>	0,42	0,49	0,40	0,47
—●— g <sub>2</sub>	0,42	0,49	0,40	0,47
media oraria	0,42	0,48	0,40	0,44
media valore orari	0,42	0,47	0,40	0,45
diff. max valori orari	0,00	0,10	0,10	0,00

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di colibrificazione

SIT0 8 | Rosso Regola  
via S. Maria Vaccariani  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stazione  
di misurazione



SIT0 8 | Rosso Regola  
via S. Maria Vaccariani  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stazione  
di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di ricerca

con fattore di calibratura

SIT0 8 | Rosse Regola  
punta della Cinesca scola  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	25.56	26.57	25.79	26.88
g1	0.88	0.50	0.18	0.87
g2	0.52	0.38	0.27	0.25
g3	0.82	0.52	0.14	0.83
media	0.44	0.27	0.21	0.21
media valori max	0.8	0.7	0.9	0.8
dir. val. max	0.2	0.4	0.7	0.4

SIT0 8 | Rosse Regola  
punta della Cinesca scola  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	25.23	26.13	25.27	26.21
g1	0.82	0.49	0.18	0.87
g2	0.57	0.41	0.16	0.4
g3	0.82	0.53	0.15	0.85
media	0.44	0.27	0.20	0.22
media valori max	0.8	0.7	0.9	0.8
dir. val. max	0.2	0.4	0.4	0.7

Umidità relativa  
con solo fattore di ricerca

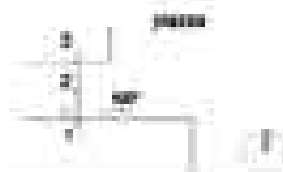
con fattore di calibratura

SIT0 8 | Rosse Regola  
punta della Cinesca scola  
Umidità relativa %  
Valori orari. Media valori per singola stazione  
di rilevamento



SIT0 8 | Rosse Regola  
punta della Cinesca scola  
Umidità relativa %  
Valori orari. Media valori per singola stazione  
di rilevamento

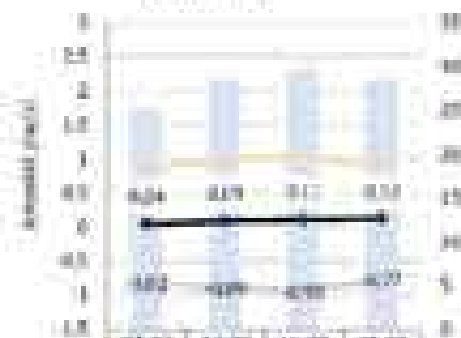




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO B | Roma Regola  
via Monte dei Giochi  
Intensità del vento  
Valori reali



	07.00	12.00	16.00	19.00
1%	25,15	28,6	28,8	28,49
10%	0,04	0,05	0,11	0,12
100%	0,04	0,05	0,11	0,12
media valori reali	0,06	0,08	0,06	0,09
correzione dell'aria valori reali	-0,02	-0,04	-0,09	-0,07

SITO B | Roma Regola  
via Monte dei Giochi  
Intensità del vento  
Valori reali



	07.00	12.00	16.00	19.00
1%	24,18	28,56	29,71	28,32
10%	0,08	0,09	0,1	0,09
100%	0,08	0,09	0,18	0,09
media valori reali	0,06	0,08	0,06	0,09
correzione dell'aria valori reali	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO B | Roma Regola  
via Monte dei Giochi  
Umidità relativa %  
Valori reali- Media valori per singola stazione  
di osservazione



SITO B | Roma Regola  
via Monte dei Giochi  
Umidità relativa %  
Valori reali- Media valori per singola stazione  
di osservazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temp  
con fattore di calibratura

ST08 - Roma Regola  
via Colaone  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
T <sub>a</sub>	25,37	26,51	25,76	26,08
g1	0,11	0,08	0,11	0,01
g2	0,17	0,09	0,03	0,01
g3	0,05	0,03	0,01	0,01
media	0,11	0,06	0,02	0,01
media valori orari	0,17	0,04	0,01	0,01
diff. max valori orari	0,06	0,72	0,11	0,04

ST08 - Roma Regola  
via Colaone  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
T <sub>a</sub>	25,32	26,43	25,26	26,21
g1	0,1	0,08	0,04	0,01
g2	0,12	0,09	0,03	0,01
g3	0,05	0,03	0,02	0,01
media	0,12	0,06	0,04	0,01
media valori orari	0,17	0,04	0,01	0,01
diff. max valori orari	0,17	0,74	0,14	0,01

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

ST08 - Roma Regola  
via Colaone  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di misurazione



ST08 - Roma Regola  
via Colaone  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di misurazione



giorno



Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITO B | Rosso Regola  
giorno dalle Cinescopie  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	25,28	28,31	29,75	28,81
g <sub>2</sub>	0,4	0,27	0,18	0,17
media	0,48	0,27	0,18	0,17
media valori totali	0,75	1,11	1,05	1,10
diff. coi valori totali	-0,27	-0,85	-0,87	-0,93

SITO B | Rosso Regola  
giorno dalle Cinescopie  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	25,28	28,31	29,67	28,81
g <sub>2</sub>	0,4	0,25	0,21	0,20
media	0,48	0,25	0,21	0,20
media valori totali	0,75	1,11	1,05	1,10
diff. coi valori totali	-0,27	-0,87	-0,84	-0,90

Umidità relativa

con solo fattore di forma

SITO B | Rosso Regola  
giorno dalle Cinescopie  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stazione  
di rilevazione



con fattore di calibratura

SITO B | Rosso Regola  
giorno dalle Cinescopie  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stazione  
di rilevazione

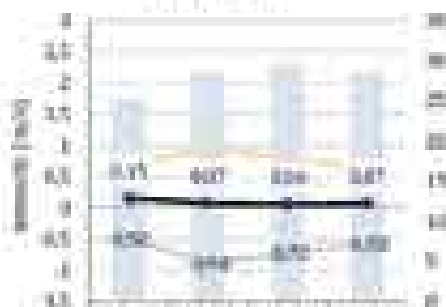




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

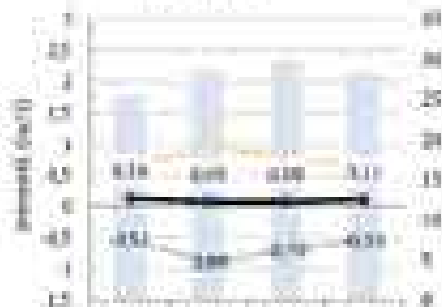
con fattore di calibratura

IT70 - B | Basse Regole  
prima delle Caspar Scide  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
1%	25,38	28,509	26,79	25,446
v0.1	0,13	0,27	0,27	0,29
v0.2	0,17	0,31	0,34	0,35
media	0,15	0,27	0,26	0,27
media valori vento	0,05	0,07	0,10	0,04
400 ore valori vento	0,50	0,74	0,73	0,58

IT70 - B | Basse Regole  
prima delle Caspar Scide  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
1%	25,22	28,14	27,002	26,289
v0.1	0,13	0,26	0,1	0,12
v0.2	0,17	0,28	0,28	0,1
media	0,13	0,26	0,28	0,1
media valori vento	0,05	0,07	0,08	0,04
400 ore valori vento	0,51	0,87	0,79	0,51

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

IT70 - B | Basse Regole  
prima delle Caspar Scide  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di rilevazione



IT70 - B | Basse Regole  
prima delle Caspar Scide  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di rilevazione



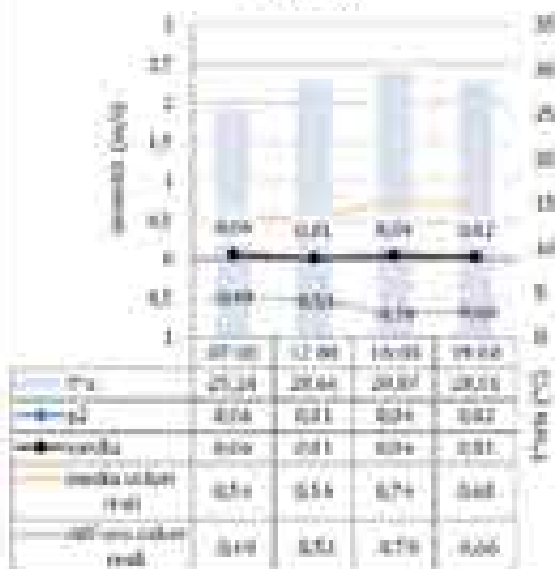




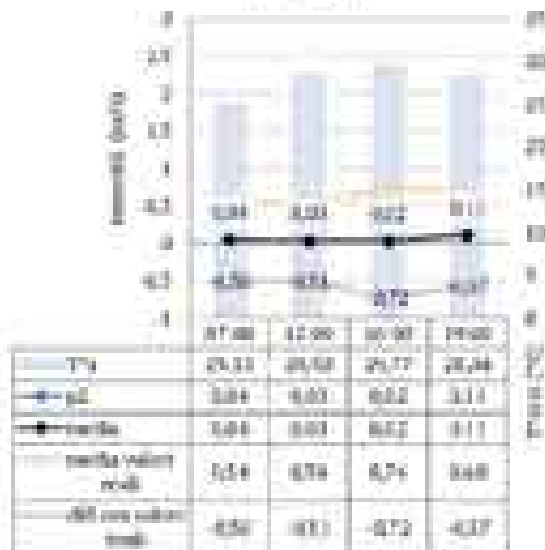
Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

5770.8 | Basse Regole  
via S.Maria de' Colonnari  
Intensità del suono  
Valori calcolati



5770.8 | Basse Regole  
via S.Maria de' Colonnari  
Intensità del suono  
Valori calcolati



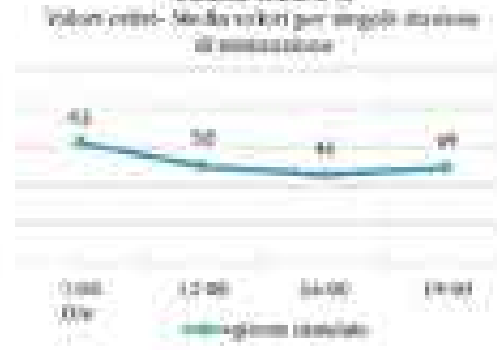
Umidità relativa  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

5770.8 | Basse Regole  
via S.Maria de' Colonnari  
Umidità relativa %  
Valori calcolati - Media valori per singoli stazioni  
di misurazione



5770.8 | Basse Regole  
via S.Maria de' Colonnari  
Umidità relativa %  
Valori calcolati - Media valori per singoli stazioni  
di misurazione

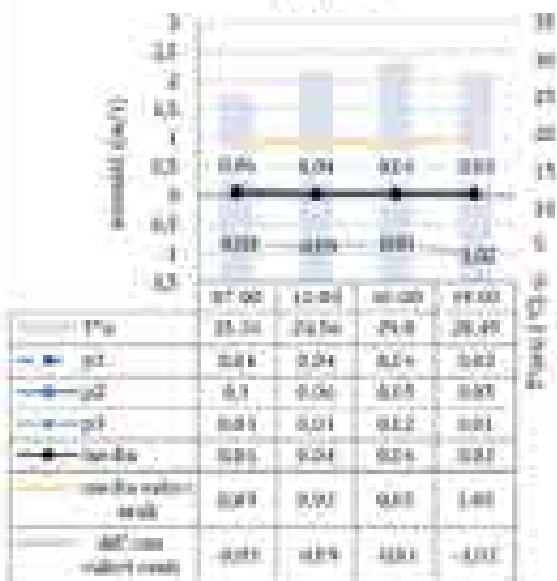




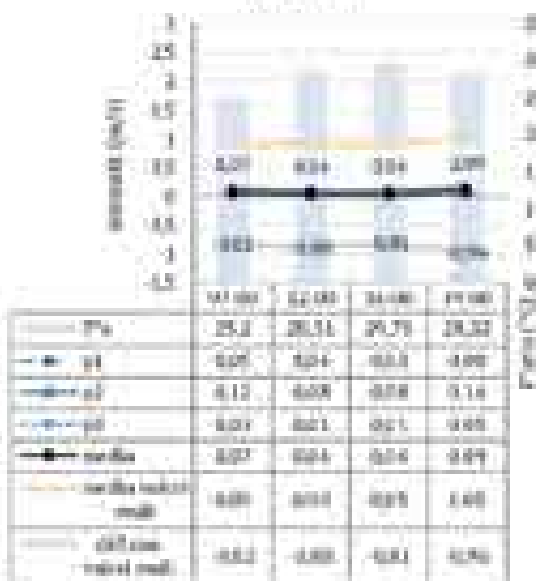
Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Emisp.  
con fattore di calibratura

SITO B | Riviera Regola  
piazza della Giuseppe Scotti  
Intensità del vento  
Valori orari



SITO B | Riviera Regola  
piazza della Giuseppe Scotti  
Intensità del vento  
Valori orari



Umidità relativa

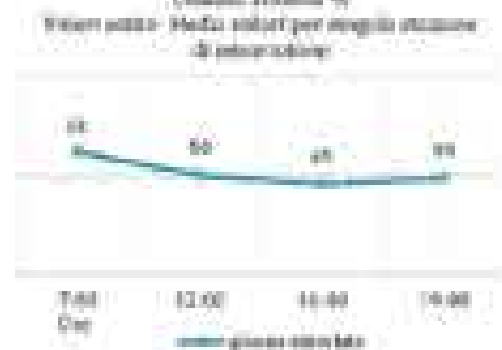
con solo fattore di forma

SITO B | Riviera Regola  
piazza della Giuseppe Scotti  
Umidità relativa %

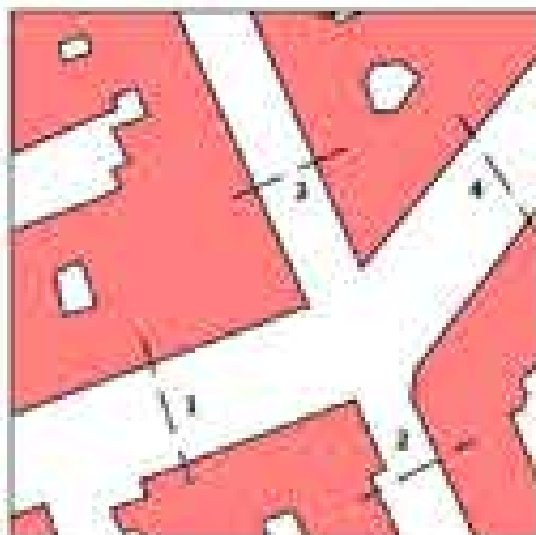


con fattore di calibratura

SITO B | Riviera Regola  
piazza della Giuseppe Scotti  
Umidità relativa %



SCHEDA 2.8-F SITO E e F) area di via Boncompagni e di via Poire - Etate Ludovica  
Confronto con dati simulati con fattore di correzione  
piani di restringimento-locultruzionee recettori



sito E



sito F



Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

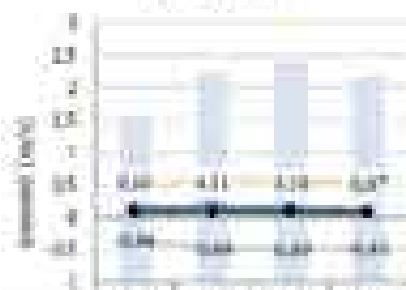
con fattore di calibratura

ST01 - 011 Rosa Lariani  
via Roncomaggi  
Intensità dell'aria  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
ITa	22,87	27,97	29,05	27,95
IT	0,37	0,47	0,57	0,53
ITc	0,35	0,33	0,31	0,29
ITd	0,36	0,35	0,34	0,34
media	0,30	0,29	0,27	0,26
media valori reali	0,44	0,39	0,39	0,37
diff con valori reali	-0,14	-0,16	-0,12	-0,17

ST01 - 011 Rosa Lariani  
via Roncomaggi  
Intensità dell'aria  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
ITa	22,78	28	28,23	27,26
IT	0,38	0,41	0,38	0,37
ITc	0,37	0,36	0,34	0,31
ITd	0,36	0,37	0,36	0,35
media	0,30	0,27	0,28	0,27
media valori reali	0,40	0,36	0,39	0,38
diff con valori reali	-0,14	-0,13	-0,14	-0,16

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

ST01 - 011 Rosa Lariani  
via Roncomaggi  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singole stazioni di misurazione



ST01 - 011 Rosa Lariani  
via Roncomaggi  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singole stazioni di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di ricerca

con fattore di calibratura

STO 6 F) Rivoli Lodovico  
via Collina  
Intensità del vento  
Valori orari



	09:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	0,45	0,80	0,87	0,86
media valori orari	0,81	0,81	0,81	0,81
diff con valori reali	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74

STO 6 F) Rivoli Lodovico  
via Collina  
Intensità del vento  
Valori orari



	09:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	0,47	0,84	0,89	0,82
media valori orari	0,81	0,81	0,81	0,81
diff con valori reali	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74

Umidità relativa

con solo fattore di ricerca

con fattore di calibratura

STO 6 F) Rivoli Lodovico  
via Collina  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singolo istante di misurazione



STO 6 F) Rivoli Lodovico  
via Collina  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singolo istante di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

SIT0 1-1) Roma Litorale  
via Lariani  
Intensità del vento  
Valori orari



Pa	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	12.36	27.71	25.00	17.9
Pa	4.1	0.0	0.0	0.0
Pa	0.0	0.0	0.14	0.14
Pa	0.0	0.0	0.0	0.0
Pa	0.0	0.0	0.18	0.0
media valori orari	0.0	0.0	0.1	0.0
diff. val. orari	-0.7	0.0	0.0	-0.0

SIT0 1-1) Roma Litorale  
via Lariani  
Intensità del vento  
Valori orari



Pa	07:00	12:00	16:00	19:00
Pa	22.88	27.68	25.54	17.71
Pa	0.0	0.0	0.0	0.0
Pa	0.0	0.0	0.06	0.07
Pa	0.0	0.0	0.0	0.0
Pa	0.0	0.0	0.11	0.0
media valori orari	0.0	0.0	0.1	0.0
diff. val. orari	-0.7	-0.7	0.1	-0.0

Umidità relativa  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

SIT0 1-1) Roma Litorale  
via Lariani  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione di misurazione



SIT0 1-1) Roma Litorale  
via Lariani  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singola stazione di misurazione





**Intensità prevalente e temperatura dell'aria con solo fattore di forma**

**con fattore di collettività**

**ITD - [1-4] Bosco Ludovico  
via Calabro  
Stazioni del vento:  
Valori critici**



	07-00	12-00	18-00	19-00
ITa	13,65	27,5	25,48	27,52
ITa	0,25	0,23	0,13	0,14
ITb	0,27	0,36	0,15	0,25
ITc	0,26	0,24	0,16	0,16
ITd	0,25	0,24	0,13	0,14
media valori critici	0,24	0,24	0,13	0,14
diff. max. valori critici	-0,01	0,00	0,07	-0,01

**ITD - [1-4] Bosco Ludovico  
via Calabro  
Stazioni del vento:  
Valori critici**



	07-00	12-00	18-00	19-00
ITa	12,89	27,41	25,36	27,72
ITa	0,27	0,24	0,25	0,19
ITb	0,1	0,27	0,27	0,1
ITc	0,27	0,26	0,26	0,24
ITd	0,26	0,26	0,24	0,27
media valori critici	0,20	0,24	0,24	0,19
diff. max. valori critici	-0,01	0,00	0,01	-0,01

**Umidità relativa con solo fattore di forma**

**con fattore di collettività**

**ITD - [1-4] Bosco Ludovico  
via Calabro  
Umidità relativa %  
Valori critici - Media valori per singola stazione di osservazione**



**ITD - [1-4] Bosco Ludovico  
via Calabro  
Umidità relativa %  
Valori critici - Media valori per singola stazione di osservazione**

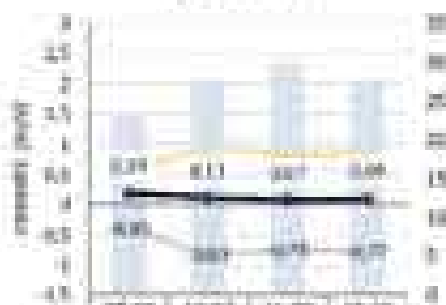




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temperatura  
con fattore di correzione

SDOF - E.P1 Roma Laborati  
via Sacile  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
T <sub>air</sub>	22.96	27.66	29.35	27.72
g1	0.17	0.1	0.08	0.08
g2	0.2	0.12	0.09	0.1
g3	0.19	0.12	0.09	0.1
gdir	0.15	0.11	0.07	0.07
media valori reali	0.18	0.14	0.1	0.09
diff con valori reali	0.09	0.03	0.15	0.17

SDOF - E.P1 Roma Laborati  
via Sacile  
Intensità del vento  
Valori orari

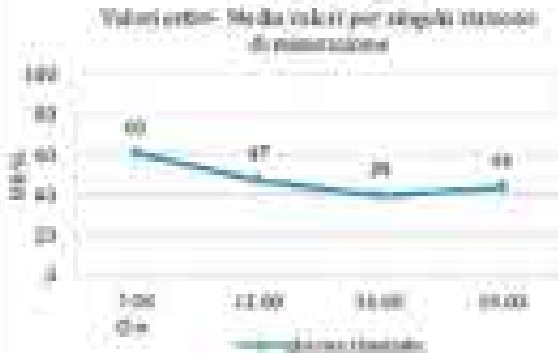


	07:00	12:00	16:00	19:00
T <sub>air</sub>	25.13	27.7	29.77	27.92
g1	0.21	0.11	0.08	0.09
g2	0.24	0.13	0.08	0.08
g3	0.23	0.12	0.07	0.08
gdir	0.2	0.11	0.07	0.07
media valori reali	0.26	0.14	0.1	0.09
diff con valori reali	-0.05	0.02	0.15	0.04

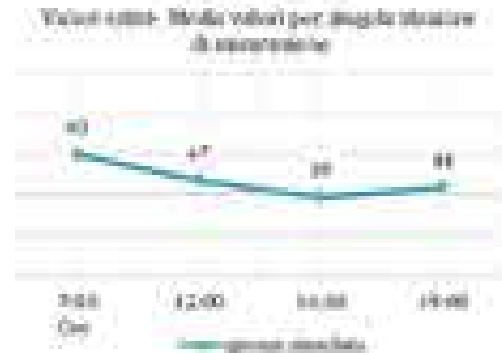
Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di correzione

SDOF - E.P1 Roma Laborati  
via Sacile  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singoli istanti di misurazione



SDOF - E.P1 Roma Laborati  
via Sacile  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singoli istanti di misurazione



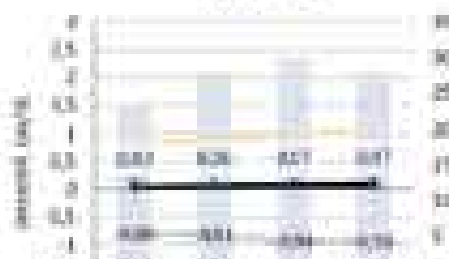




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

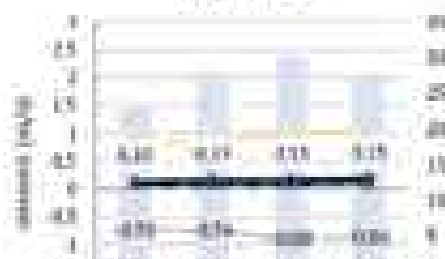
Temperatura  
con fattore di calibratura

ST07 - ST1 Roma-Ladino  
via Ladino - Calabria  
Intensità del vento  
Valori medi



	07:00	12:00	15:00	19:00
7%	13,16	17,81	24,76	27,50
g1	0,05	0,04	0,04	0,04
g2	0,02	0,02	0,02	0,02
g3	0,02	0,02	0,02	0,02
media	0,09	0,08	0,07	0,07
media valori medi	0,03	0,03	0,03	0,03
diff. con valori medi	0,06	0,05	0,04	0,04

ST07 - ST1 Roma-Ladino  
via Ladino - Calabria  
Intensità del vento  
Valori medi



	07:00	12:00	15:00	19:00
7%	12,97	22,05	29,09	27,72
g1	0,08	0,07	0,06	0,1
g2	0,11	0,10	0,07	0,07
g3	0,12	0,10	0,08	0,08
media	0,10	0,08	0,08	0,07
media valori medi	0,03	0,03	0,03	0,03
diff. con valori medi	0,07	0,05	0,05	0,04

Umidità relativa

con solo fattore di forma

ST07 - ST1 Roma-Ladino  
via Ladino - Calabria  
Umidità relativa %  
Valori medi: Media valori per singoli stazioni di rilevazione



con fattore di calibratura

ST07 - ST1 Roma-Ladino  
via Ladino - Calabria  
Umidità relativa %  
Valori medi: Media valori per singoli stazioni di rilevazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temperatura  
con fattore di calibratura

SIOP 5-1) Roma Loderia  
via Flaminia  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	0.75	0.70	0.60	0.64
Temperatura (°C)	16.0	18.0	18.0	16.0

SIOP 5-1) Roma Loderia  
via Flaminia  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	0.70	0.70	0.60	0.70
Temperatura (°C)	16.0	18.0	18.0	16.0

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SIOP 5-1) Roma Loderia  
via Flaminia  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singole stazioni di misurazione



SIOP 5-1) Roma Loderia  
via Flaminia  
Umidità relativa %  
Valori orari: Media valori per singole stazioni di misurazione

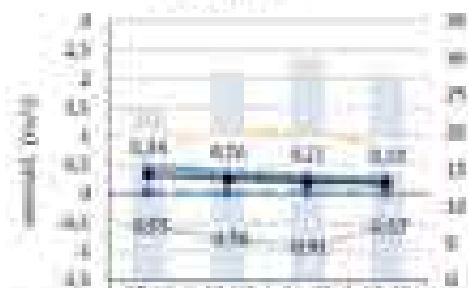




Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di inerzia

Temperatura  
con fattore di calibratura

SITOP 0-1) Rosse Latorini  
via Salspica, Muroto  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	14:00	19:00
Intensità (m/s)	0,34	0,76	0,73	0,33
Intensità (km/h)	0,75	1,70	1,61	0,73
dir. (gr)	23,13	27,87	25,99	27,99
dir. (gr)	0,02	0,02	0,02	0,02
dir. (gr)	0,03	0,36	0,19	0,23
dir. (gr)	0,52	0,95	0,52	0,58
dir. (gr)	0,18	0,00	0,11	0,18
media valori totali	0,08	1,00	1,17	0,76
dir. (gr) valori totali	0,05	0,79	0,93	0,57

SITOP 0-1) Rosse Latorini  
via Salspica, Muroto  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	14:00	19:00
Intensità (m/s)	0,39	0,38	0,76	0,19
Intensità (km/h)	0,87	0,85	1,68	0,43
dir. (gr)	22,05	27,94	26,21	27,71
dir. (gr)	0,04	0,02	0,06	0,09
dir. (gr)	0,13	0,0	0,15	0,1
dir. (gr)	0,17	0,05	0,08	0,14
dir. (gr)	0,18	0,00	0,16	0,18
media valori totali	0,09	1,03	1,17	0,76
dir. (gr) valori totali	0,11	0,73	0,97	0,51

Umidità relativa  
con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

SITOP 0-1) Rosse Latorini  
via Salspica, Muroto  
Umidità relativa (%)  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di osservazione



SITOP 0-1) Rosse Latorini  
via Salspica, Muroto  
Umidità relativa (%)  
Valori orari: Media valori per singola stazione  
di osservazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

IT70 (17) Roma Lancia via Flaminia Intensità dell'aria Valori calcolati



	07-00	12-00	18-00	19-00
ITa	13,11	28,17	30,02	27,52
g1	1,36	1,36	1,36	1,36
g2	1,25	1,1	0,93	0,92
g3	0,81	0,71	0,56	0,6
media	1,18	1,08	0,94	0,94
media valori reali	0,96	0,74	1,62	0,72
ITa con valori reali	0,22	0,32	0,61	0,26

IT70 (17) Roma Lancia via Flaminia Intensità dell'aria Valori calcolati



	07-00	12-00	18-00	19-00
ITa	12,94	28,11	30,6	27,71
g1	1,7	1,69	1,52	1,59
g2	1,6	1,58	1,45	1,5
g3	1,04	0,9	0,67	0,69
media	1,78	1,62	1,31	1,37
media valori reali	0,96	0,74	1,62	0,72
ITa con valori reali	0,42	0,68	0,33	0,67

Umidità relativa con solo fattore di inerzia

con fattore di calibratura

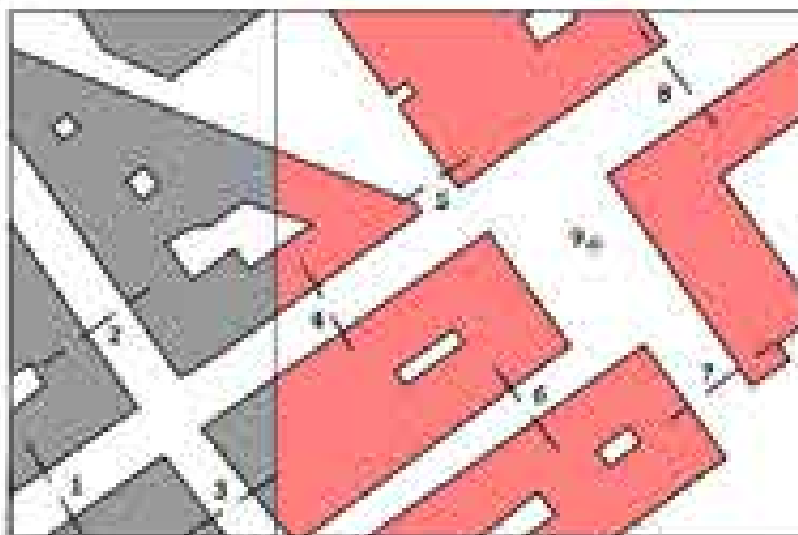
IT70 (17) Roma Lancia via Flaminia Umidità relativa % Valori calcolati. Media valori per singoli momenti di misurazione



IT70 (17) Roma Lancia via Flaminia Umidità relativa % Valori calcolati. Media valori per singoli momenti di misurazione



SCHEDA V-C SITO C) area di Piazza dell'Indicciolata - quartiere San Luce  
Confronto con dati analitici  
piani di restringimento-costruzione e recettori





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

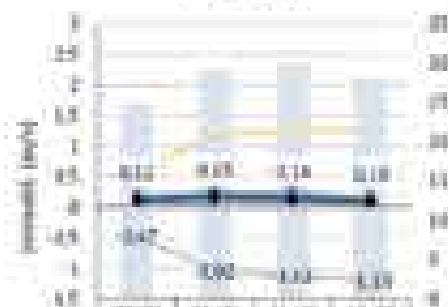
con fattore di calibratura

STO B | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sobelli  
Intensità del vento  
Valori reali



ora	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	24,00	25,62	25,00	20,12
CF	0,87	0,91	0,87	0,88
CF <sub>max</sub>	0,18	0,15	0,1	0,17
CF <sub>min</sub>	0,69	0,76	0,77	0,67
media valori reali	0,84	0,82	0,84	0,81
media valori reali	0,84	0,82	0,84	0,81
diff. con valori reali	0,52	0,60	0,10	0,43

STO C | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sobelli  
Intensità del vento  
Valori reali



ora	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (m/s)	24,74	25,74	26,00	20,24
CF	0,81	0,82	0,81	0,88
CF <sub>max</sub>	0,18	0,18	0,22	0,12
CF <sub>min</sub>	0,68	0,71	0,71	0,67
media valori reali	0,82	0,82	0,84	0,88
media valori reali	0,82	0,82	0,84	0,88
diff. con valori reali	-0,17	-0,07	-0,12	-0,18

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

STO B | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sobelli  
Umidità relativa %  
Valori reali: Media valori per singola stazione di misurazione



STO C | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sobelli  
Umidità relativa %  
Valori reali: Media valori per singola stazione di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STO 1) Quartiere San Lorenzo  
via dei Lupi  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	18:00	19:00
Intensità (m/s)	14,82	20,45	25,59	20,07
α	0,05	0,01	0,07	0,00
α2	0,12	0,11	0,14	0,17
α3	0,05	0,05	0,07	0,00
angolo	0,00	0,07	0,09	0,13
media valori orari	0,04	0,04	0,11	0,08
diff con valore medio	-0,57	-0,39	-1,23	-0,59

STO 2) Quartiere San Lorenzo  
via dei Lupi  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	18:00	19:00
Intensità (m/s)	24,71	29,6	29,06	27,98
α	0,04	0,08	0,1	0,12
α2	0,16	0,17	0,21	0,27
α3	0,04	0,08	0,1	0,12
angolo	0,08	0,11	0,14	0,17
media valori orari	0,04	0,04	0,11	0,08
diff con valore medio	-0,55	-0,35	-1,13	-0,59

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

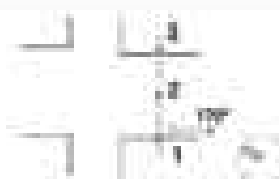
con fattore di collettività

STO 3) Quartiere San Lorenzo  
via dei Lupi  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singolo scenario  
di simulazione



STO 4) Quartiere San Lorenzo  
via dei Lupi  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singolo scenario  
di simulazione

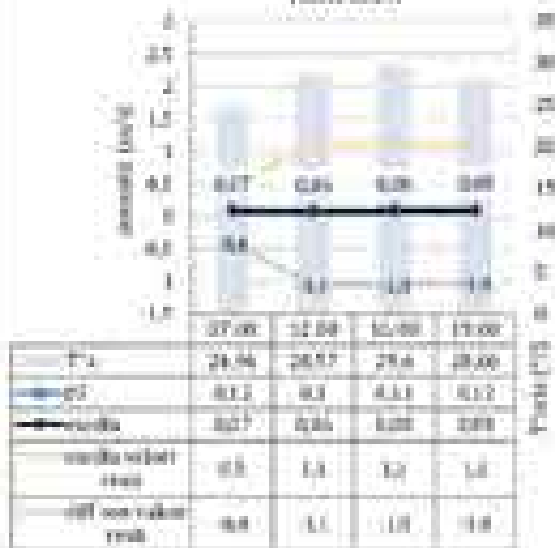




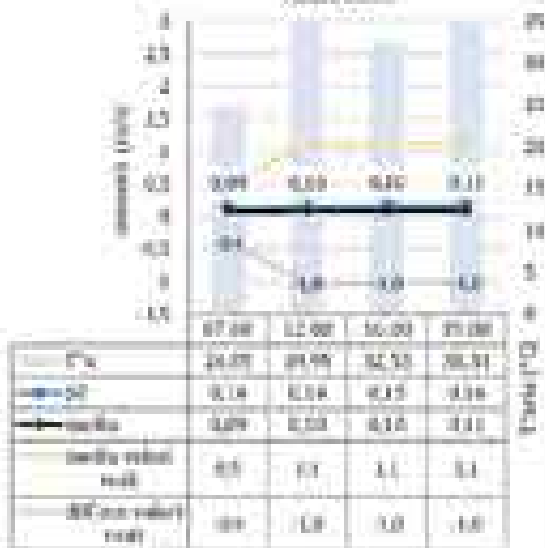
Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STOC 6 | Quartiere San Lorenzo  
via del Lario  
Intensità del vento  
Valori interi



STOC 7 | Quartiere San Lorenzo  
via del Lario  
Intensità del vento  
Valori interi



Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STOC 6 | Quartiere San Lorenzo  
via del Lario  
Umidità relativa %  
Valori interi. Media valori per singola stazione  
di misurazione



STOC 7 | Quartiere San Lorenzo  
via del Lario  
Umidità relativa %  
Valori interi. Media valori per singola stazione  
di misurazione



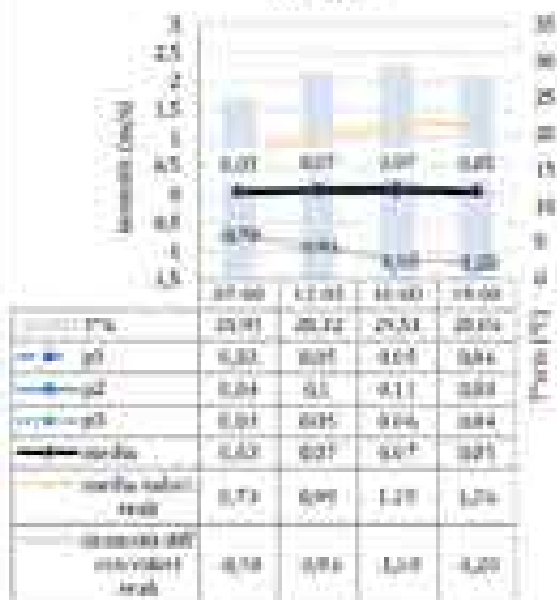




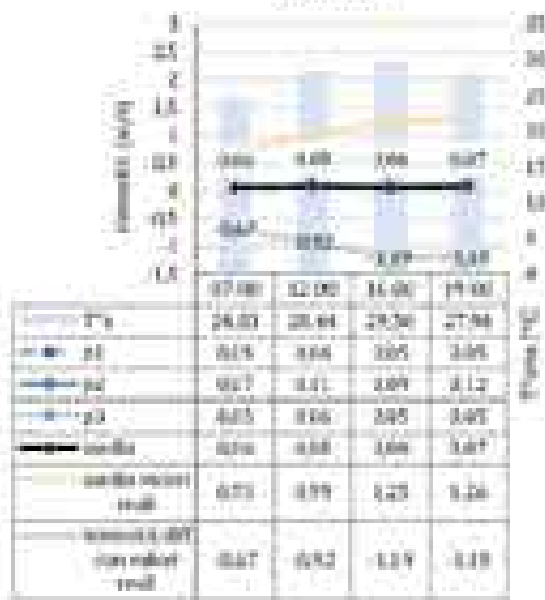
Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temperatura  
con fattore di collettività

STO 4 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Intensità del vento  
Valori esatti



STO 5 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Intensità del vento  
Valori esatti



Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STO 4 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Umidità relativa %  
Valori esatti- Media valori per singola stanza di osservazione



STO 5 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Umidità relativa %  
Valori esatti- Media valori per singola stanza di osservazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STOC 4 | Quartiere San Lorenzo  
Largo degli Orti  
Intensità (lux) e  
Temperatura dell'aria  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (lux)	0,37	0,36	0,44	0,37
Temperatura (°C)	16,77	17,03	16,80	17,00
diff con fattore forma	0,77	0,73	1,19	0,93

STOC 5 | Quartiere San Lorenzo  
Largo degli Orti  
Intensità (lux) e  
Temperatura dell'aria  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità (lux)	0,60	0,61	0,65	0,60
Temperatura (°C)	16,83	17,04	16,80	17,00
diff con fattore forma	-0,22	-0,14	-0,15	-0,20

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

STOC 4 | Quartiere San Lorenzo  
Largo degli Orti  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stanza di abitazione



STOC 5 | Quartiere San Lorenzo  
Largo degli Orti  
Umidità relativa %  
Valori orari- Media valori per singola stanza di abitazione

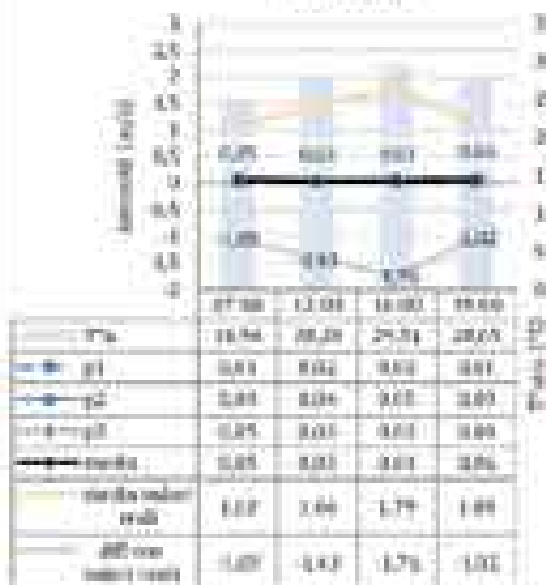




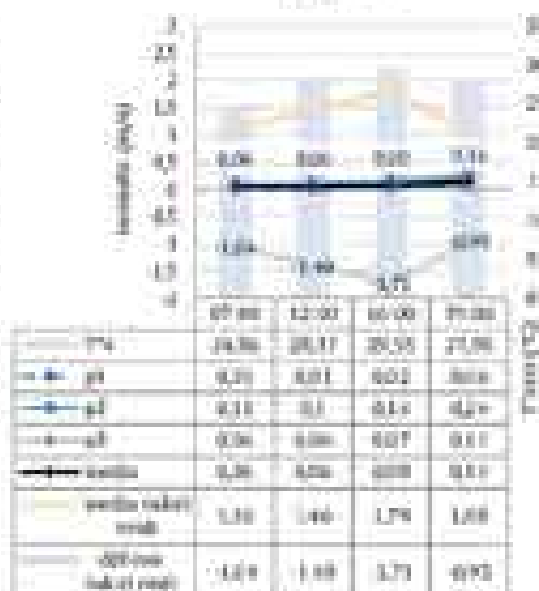
Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

SETO C) Quartiere San Lorenzo  
via degli Aureati  
Intensità del vento  
Valori netti



SETO D) Quartiere San Lorenzo  
via degli Aureati  
Intensità del vento  
Valori netti



Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di collettività

SETO C) Quartiere San Lorenzo  
via degli Aureati  
Umidità relativa %  
Valori netti - Modulo relativo per singola stazione  
di misurazione



SETO D) Quartiere San Lorenzo  
via degli Aureati  
Umidità relativa %  
Valori netti - Modulo relativo per singola stazione  
di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SETO C | Quartiere San Lorenzo  
punto dell'immunità  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Temperatura (T <sub>a</sub> )	24,79	26,29	29,42	25,69
U <sub>10</sub> (m/s)	0,14	0,14	0,16	0,15
U <sub>10</sub> (m/s)	0,27	0,27	0,31	0,31
U <sub>10</sub> (m/s)	0,1	0,1	0,12	0,12
U <sub>10</sub> (m/s)	0,16	0,16	0,19	0,22
media valori orari	0,14	0,14	0,16	0,16
U <sub>10</sub> (m/s)	0,15	0,16	0,27	0,27

SETO C | Quartiere San Lorenzo  
punto dell'immunità  
Intensità del vento  
Valori orari



	07:00	12:00	16:00	19:00
Temperatura (T <sub>a</sub> )	24,79	26,29	29,42	25,69
U <sub>10</sub> (m/s)	0,16	0,16	0,18	0,19
U <sub>10</sub> (m/s)	0,32	0,32	0,36	0,36
U <sub>10</sub> (m/s)	0,12	0,12	0,15	0,15
U <sub>10</sub> (m/s)	0,21	0,21	0,26	0,27
media valori orari	0,16	0,16	0,18	0,19
U <sub>10</sub> (m/s)	0,24	0,24	0,27	0,27

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

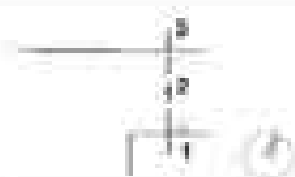
con fattore di calibratura

SETO C | Quartiere San Lorenzo  
punto dell'immunità  
Umidità relativa (%)  
Valori orari: Media valori per singoli istanti  
di misurazione



SETO C | Quartiere San Lorenzo  
punto dell'immunità  
Umidità relativa (%)  
Valori orari: Media valori per singoli istanti  
di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Temperatura  
con fattore di calibratura

STO 6 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Intensità del vento  
Temperatura



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità 7%	24,88	25,33	26,43	27,33
g1	0,07	0,08	0,08	0,06
g2	0,1	0,13	0,2	0,15
g3	-0,02	0,08	0,1	-0,05
media	0,06	0,13	0,13	0,09
media valore wind	0,19	1,22	1,48	1,19
diff. val. valore wind	-0,09	-1,14	-1,34	-1,13

STO 6 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Intensità del vento  
Temperatura



	07:00	12:00	16:00	19:00
Intensità 7%	24,84	25,29	26,47	27,36
g1	0,09	0,1	0,09	0,08
g2	0,15	0,2	0,27	0,1
g3	-0,04	0,08	0,06	0,05
media	0,09	0,13	0,11	0,08
media valore wind	0,08	1,22	1,48	0,18
diff. val. valore wind	-0,01	-0,09	-1,36	-1,12

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

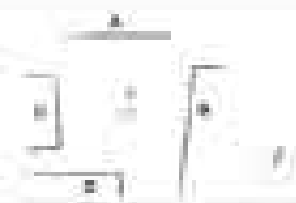
con fattore di calibratura

STO 6 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Umidità relativa %  
Valori calcolati. Media valori per singola stazione  
di misurazione



STO 6 | Quartiere San Lorenzo  
via dei Sabelli  
Umidità relativa %  
Valori calcolati. Media valori per singola stazione  
di misurazione





Intensità prevalente e temperatura dell'aria  
con solo fattore di forma

Equip  
con fattore di calibratura

SITOC 0 | Quartiere San Lorenzo  
gioco dell'immobilità  
Intensità del vento  
Valori esiti



	07.08	12.08	18.08	19.08
Pa	27.59	28.27	28.44	27.05
magp2	0.05	0.11	0.21	0.16
media	0.04	0.13	0.21	0.21
media valori reali	0.17	1.00	1.71	1.85
diff. nei valori reali	0.72	1.09	0.50	0.61

SITOC 1 | Quartiere San Lorenzo  
gioco dell'immobilità  
Intensità del vento  
Valori esiti



	07.08	12.08	18.08	19.08
Pa	24.27	25.25	25.41	27.31
magp2	0.10	0.11	0.24	0.1
media	0.11	0.11	0.24	0.16
media valori reali	0.17	1.00	1.71	1.85
diff. nei valori reali	0.44	1.29	1.37	1.43

Umidità relativa  
con solo fattore di forma

con fattore di calibratura

SITOC 0 | Quartiere San Lorenzo  
gioco dell'immobilità  
Umidità relativa %  
Valori esiti- Media valori per singola stazione  
di misurazione



SITOC 1 | Quartiere San Lorenzo  
gioco dell'immobilità  
Umidità relativa %  
Valori esiti- Media valori per singola stazione  
di misurazione







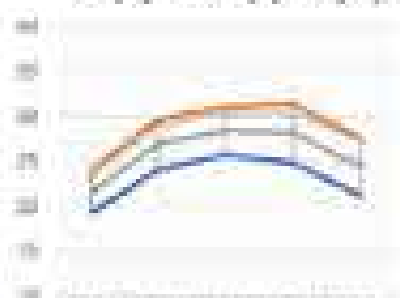


## Appendice C

SCENARI DI INTERVENTO  
SCENARI CON VASCA A TAVIMENTO

SCHEDE DI RIFERIMENTO  
TESSUTA A:

**T<sub>ra</sub> (C°) centrale (h) con spray**



	09/05	11/05	14/05	16/05	20/05
— spray	18,24	24,26	25,72	26,81	21,21
— spray	23,70	29,26	31,24	32,24	27,24
— spray	21,24	27,26	28,24	29,24	24,24
— spray	22,24	28,26	29,24	30,24	25,24

**T<sub>ra</sub> (C°) centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



0 = differenza con caso zero (con spray) - caso zero

**HR (%) centrale (h) con spray**



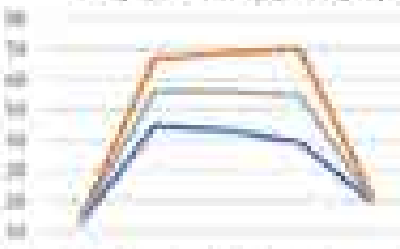
	09/05	11/05	14/05	16/05	20/05
— spray	65,16	63,09	62,79	67,29	65,61
— spray	76,27	69,09	66,62	66,79	66,2
— spray	77,16	66,62	65,66	62,27	67,62
— spray	68,06	61,16	60,61	63,64	61,62

**HR% centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



0 = differenza con caso zero (con spray) - caso zero

**T<sub>ar</sub> (C°) centrale (h) con spray**



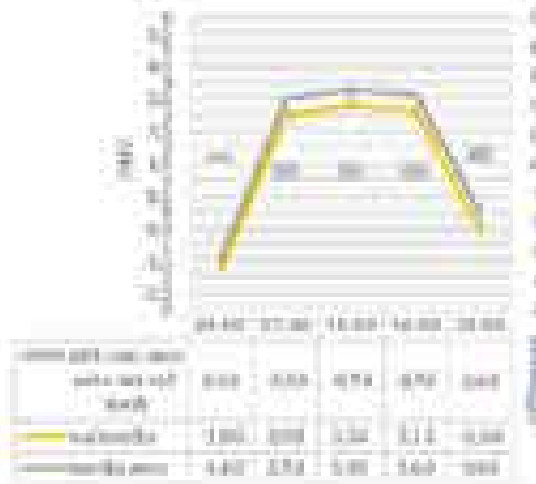
	09/05	11/05	14/05	16/05	20/05
— spray	17,12	46,05	49,2	70,11	30,02
— spray	31	65,79	66,62	67,67	32,71
— spray	18,12	50,04	50,79	66,61	31,02
— spray	18,71	50,04	50,06	64,79	31,77

**T<sub>ar</sub> (C°) centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**

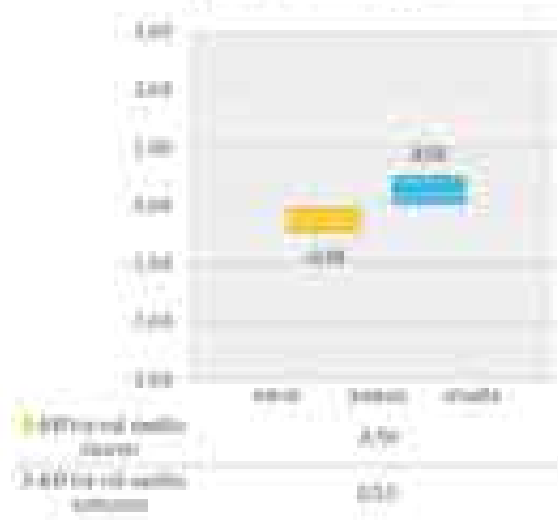


0 = differenza con caso zero (con spray) - caso zero

PMV controllo (a) con spray



PMV controllo (b) con spray  
condizioni diurna e notturna  
Variazioni dal caso base  
(-) miglior controllo, (+) peggioramento



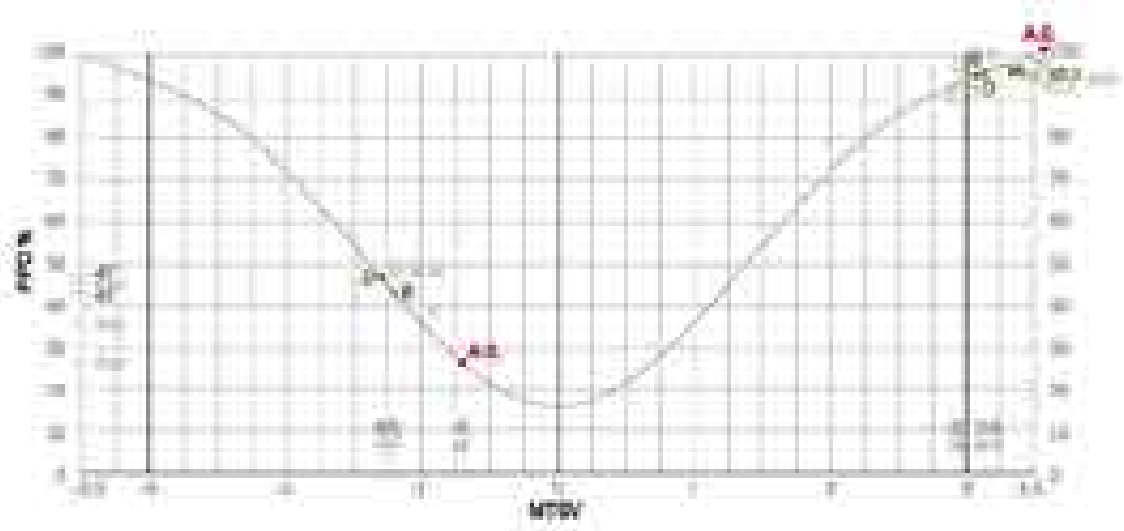
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurna	notturna
PPD valori medio Sani-Mat	75,21	88,74
PPD valori medio RayMan	96,02	43,00

PMV valori del caso analizzato	diurna	notturna
PMV valori medio Sani-Mat	3,14	-1,02
PMV valori medio RayMan	3,13	-1,00

Diagramma PMV-PPD

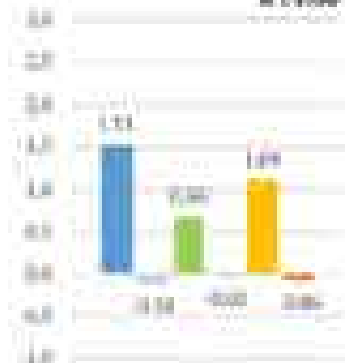


**MOCI centrale (h) con spray  
a 9:00**



a 9:00	
<b>10</b> di lezione pratica	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0
<b>10</b> di lezione pratica	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0
<b>10</b> di lezione teorica	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0

**MOCI centrale (h) con spray  
a 11:00**



a 11:00	
<b>10</b> di lezione pratica	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0
<b>10</b> di lezione teorica	0.5
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.5
<b>10</b> di lezione teorica	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0

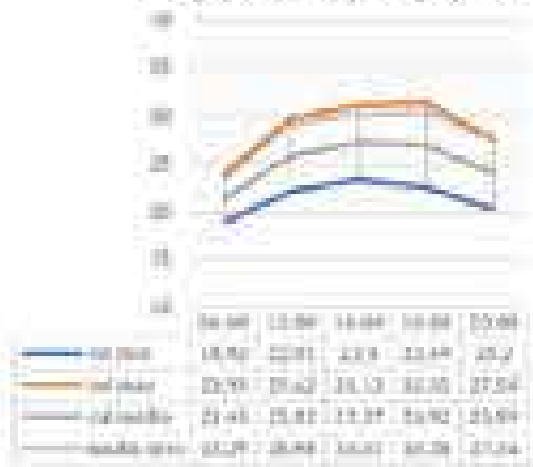
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 14:00**

MOCI in 6 punti del modello		a 14:00	
<b>10</b> di lezione pratica	1.0	1.0	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0	0.0	0.0
<b>10</b> di lezione teorica	0.5	0.5	0.5
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.5	0.5	0.5
<b>10</b> di lezione teorica	1.0	1.0	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0	0.0	0.0

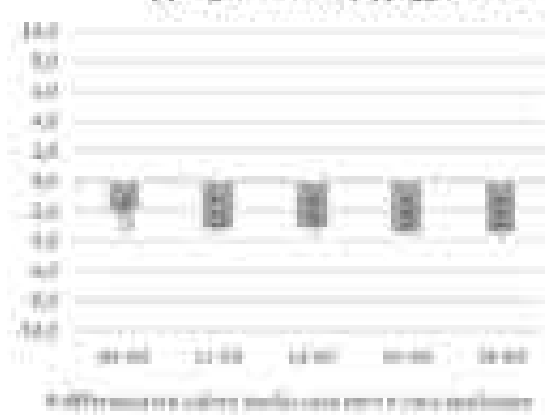
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 14:00**

MOCI in 6 punti del modello		a 14:00	
<b>10</b> di lezione pratica	1.0	1.0	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0	0.0	0.0
<b>10</b> di lezione teorica	0.5	0.5	0.5
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.5	0.5	0.5
<b>10</b> di lezione teorica	1.0	1.0	1.0
10 di lezione teorica con esercitazioni in aula	0.0	0.0	0.0

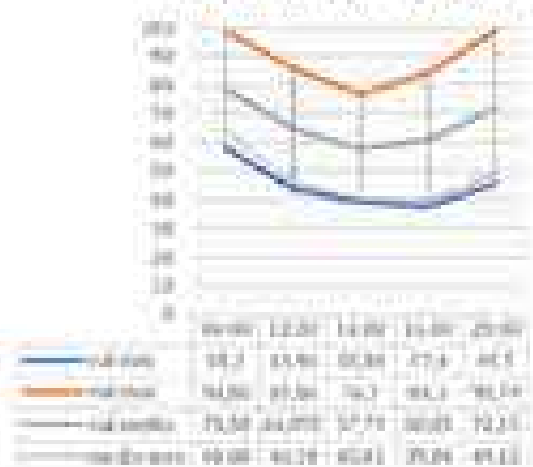
**T<sub>in</sub> (C°) centrale (b) con spray +10%**



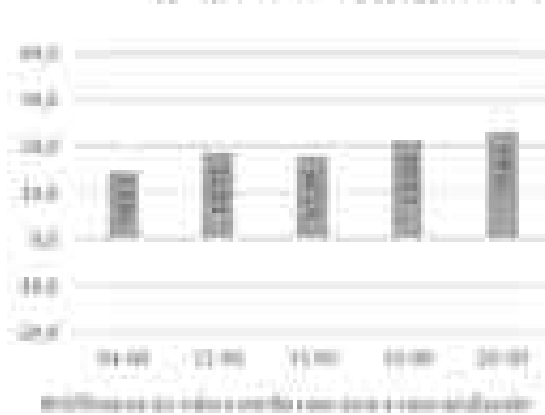
**T<sub>in</sub> (C°) centrale (b) con spray +10%  
variazione con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



**HR (%) centrale (b) con spray +10%**



**HR (%) centrale (b) con spray +10%  
variazione con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



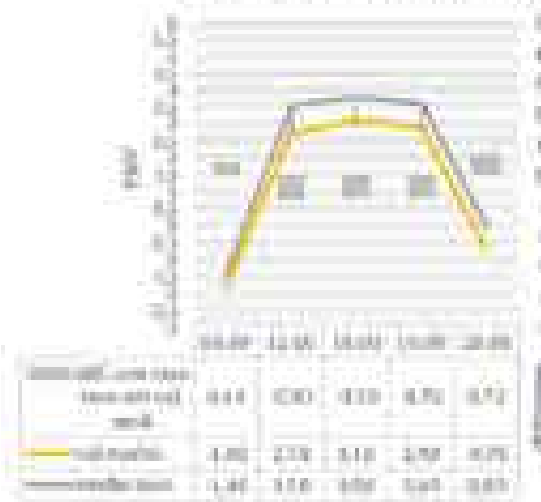
**T<sub>out</sub> (C°) centrale (b) con spray +10%**



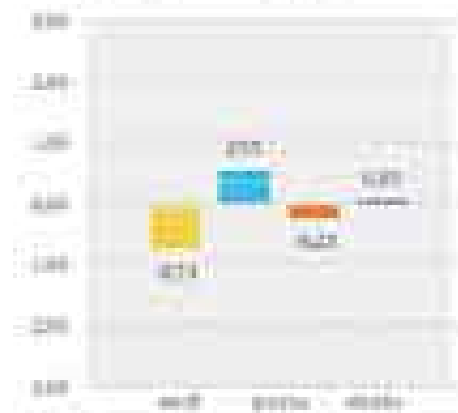
**T<sub>out</sub> (C°) centrale (b) con spray +10%  
variazione con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV controllo (h) con spray = 10%



PMV controllo (h) con spray = 10%  
condizione diurna e notturna  
Variato dal caso zero e dal caso iniziale  
[-] miglioramenti (+) peggioramenti



- diff. con spray diurna
- diff. con spray notturna
- diff. con spray diurna e notturna
- diff. con spray notturna e notturna

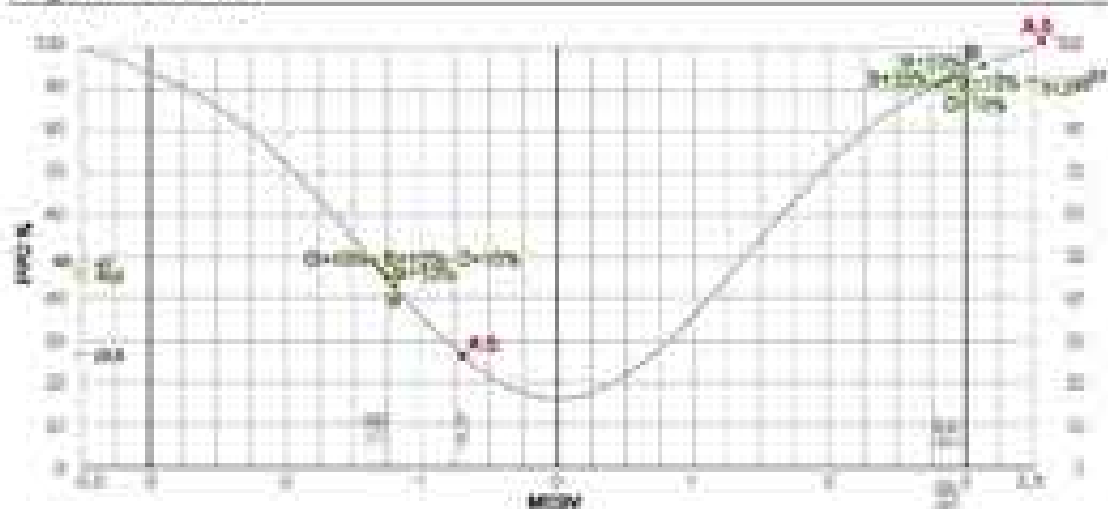
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	90.00	45.00

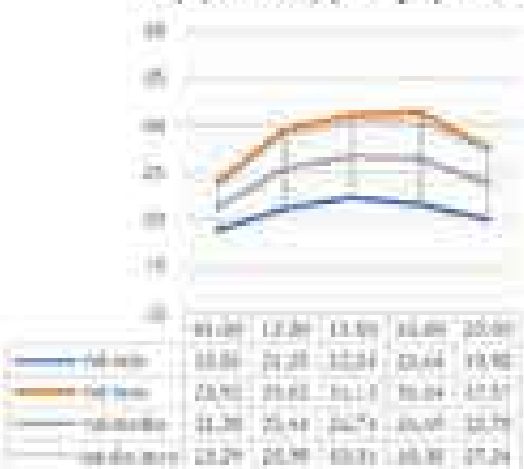
  

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1.90	-1.25

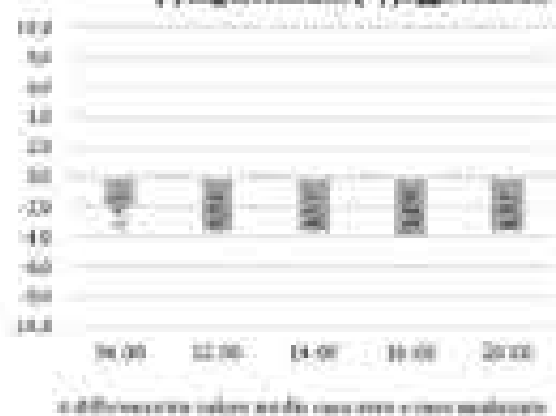
Diagramma PMV-PPD



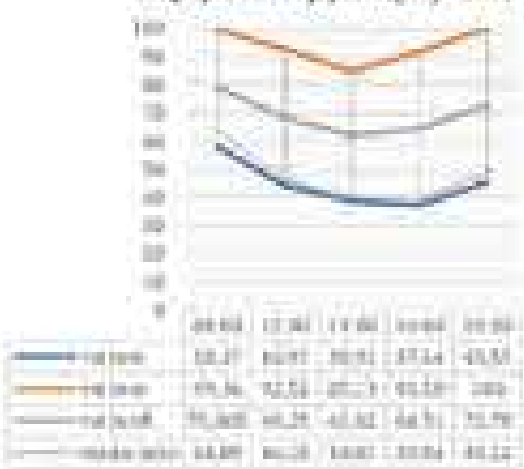
Ta (C°) centrale (B) con spray +15%



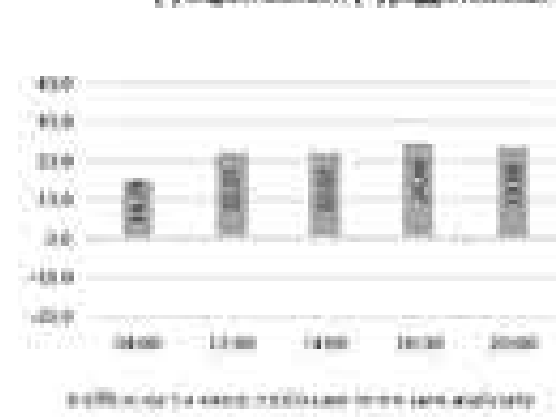
Ta (C°) centrale (B) con spray +15%  
variazioni con dato zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



IRa (%) centrale (B) con spray +15%



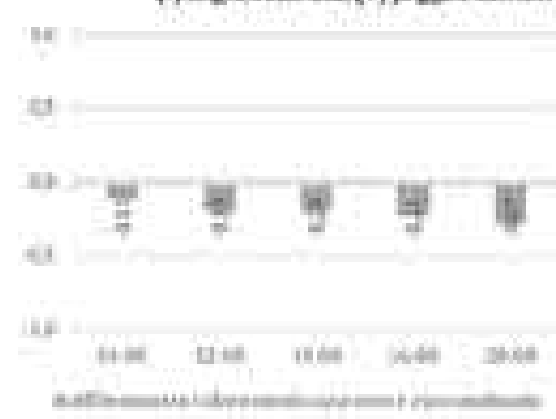
IRa (%) centrale (B) con spray +15%  
variazioni con dato zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



Tauz (C°) centrale (B) con spray +15%

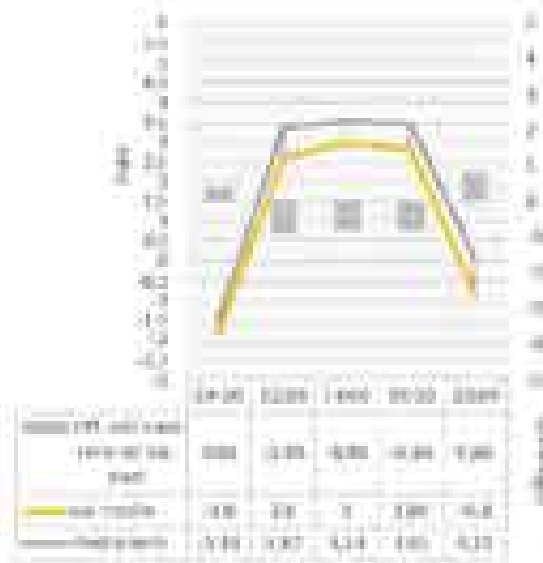


Tauz (C°) centrale (B) con spray +15%  
variazioni con dato zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento





PMV controllo (3) con spray +15%



PMV controllo (3) con spray +15%  
condizione diurna e notturna  
Variazioni del caso zero e del caso iniziale  
(-) dati cronici (+) progettati



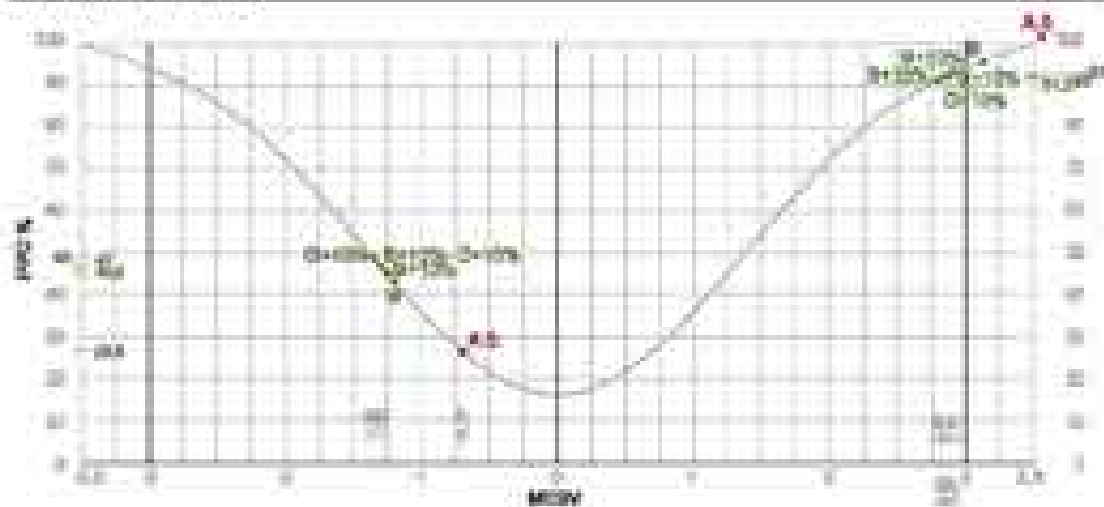
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	91,00	87,00

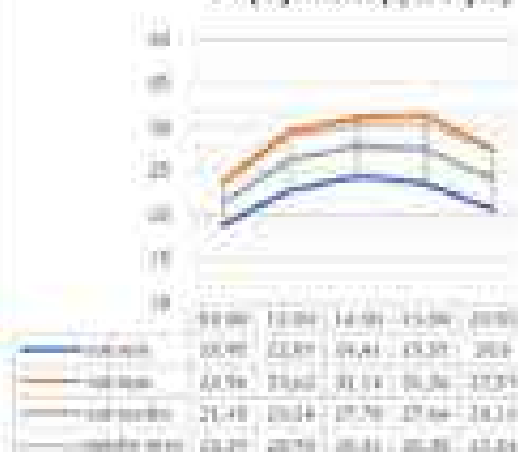
  

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	2,30	-1,30

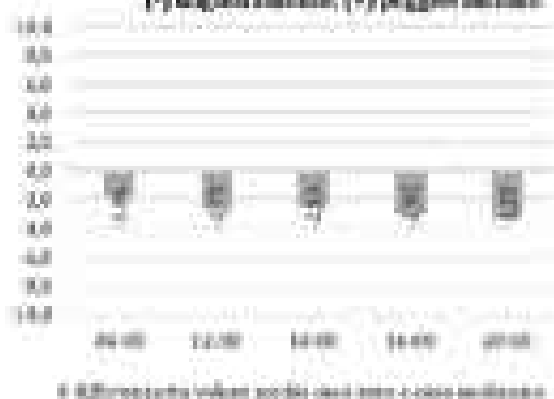
Diagramma PMV-PPD



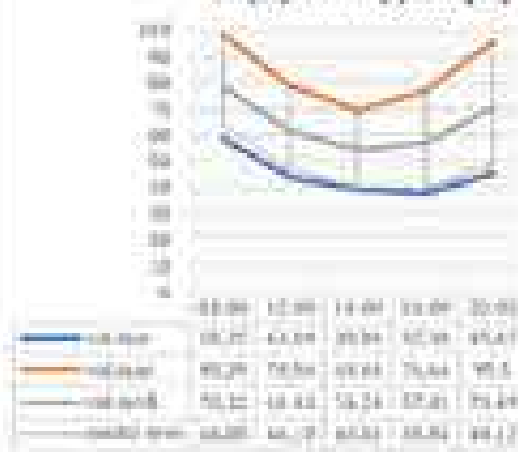
T<sub>ra</sub> (C°) laterale (c) con spray



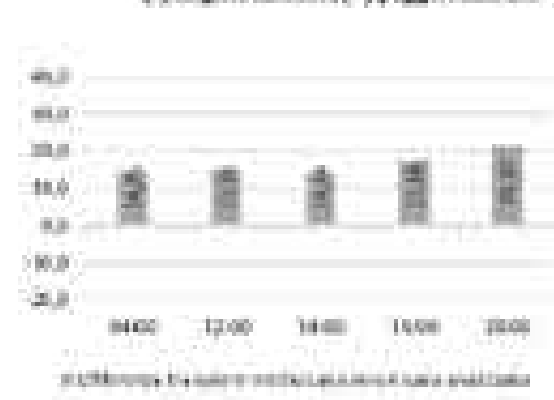
T<sub>ra</sub> (C°) laterale (c) con spray -spresante variabile con caso zero (-) miglioramento; (+) peggioramento



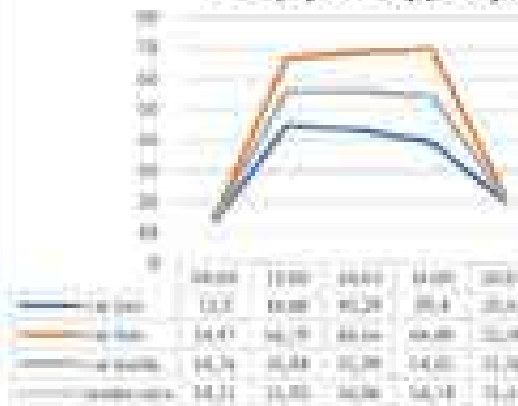
MR (°) laterale (c) con spray



MR (°) laterale (c) con spray variabile con caso zero (-) miglioramento; (+) peggioramento



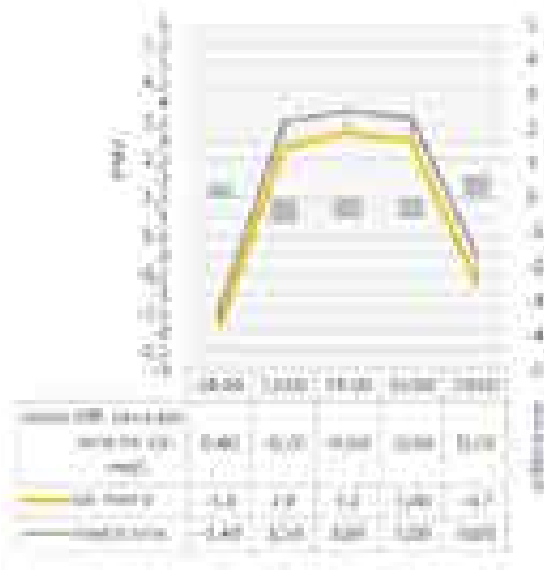
T<sub>mr</sub> (C°) laterale (c) con spray



T<sub>mr</sub> (C°) laterale (c) con spray variabile con caso zero (-) miglioramento; (+) peggioramento



PMV laterale (x) con spray



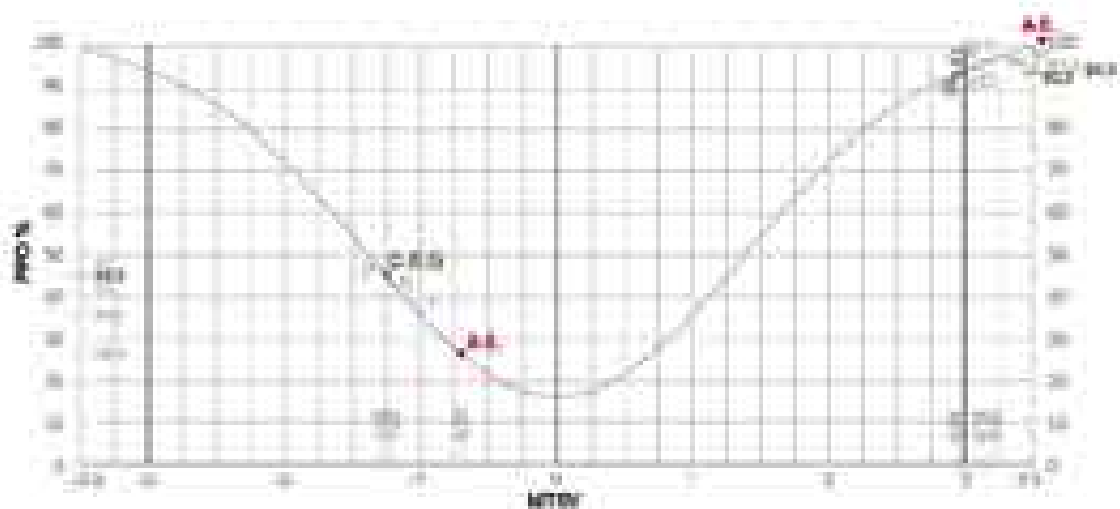
PMV laterale (x) con spray  
condizione diurna e notturna  
Y-asse: valori dal caso zero  
(-) medio notturno (+) medio diurno



Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

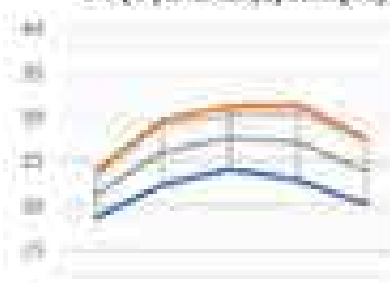
PPD valori del caso analizzato	diurna	notturna
PPD valori medi Envi met	67,24	42,07
PPD valori medi RayMan	94,30	45,39
PMV valori del caso analizzato	diurna	notturna
PMV valori medi Envi Met	2,59	-1,13
PMV valori medi RayMan	3,00	-1,25

Diagramma PMV-PPD





$T_a$  (°) laterale (d) con spray



	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— spray	18,26	20,19	21,86	22,97	20,1
— spray + 100%	21,99	23,66	25,19	26,46	22,58
— spray + 50%	21,16	23,28	24,99	25,84	23,28
— spray + 25%	20,79	22,79	24,33	25,09	21,84

$T_a$  (°) laterale (d) con spray  
variabili con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



Δ differenza in laterale medio caso zero e con analizzatori

HR (%) laterale (d) con spray



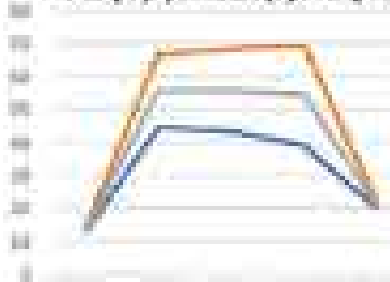
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— spray	80,07	81,8	77,97	77,84	81,84
— spray + 100%	96,9	92,76	86,19	86,21	90,21
— spray + 50%	79,87	80,87	77,25	78,16	81,16
— spray + 25%	84,87	80,87	77,81	81,12	84,12

HR (%) laterale (d) con spray  
variabili con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



Δ differenza in laterale medio caso zero e con analizzatori

$T_{air}$  (°) laterale (d) con spray



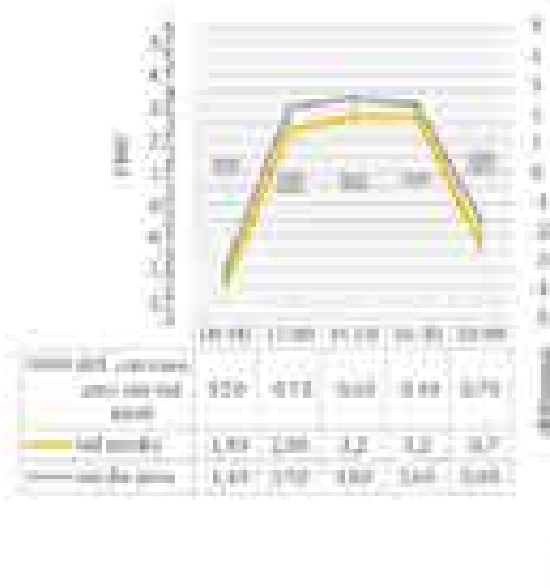
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
— spray	17,17	19,09	21,76	22,4	19,
— spray + 100%	21,89	24,79	26,86	28,09	22,4
— spray + 50%	19,16	21,84	24,79	24,89	21,79
— spray + 25%	18,81	21,87	24,86	25,71	21,81

$T_{air}$  (°) laterale (d) con spray  
variabili con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



Δ differenza in laterale medio caso zero e con analizzatori

PMV laterale (d) con spray



PMV laterale (d) con spray  
condizioni d'arredo e ventilazione  
Verticalità dal caso zero  
(+) miglioramento, (-) peggioramento



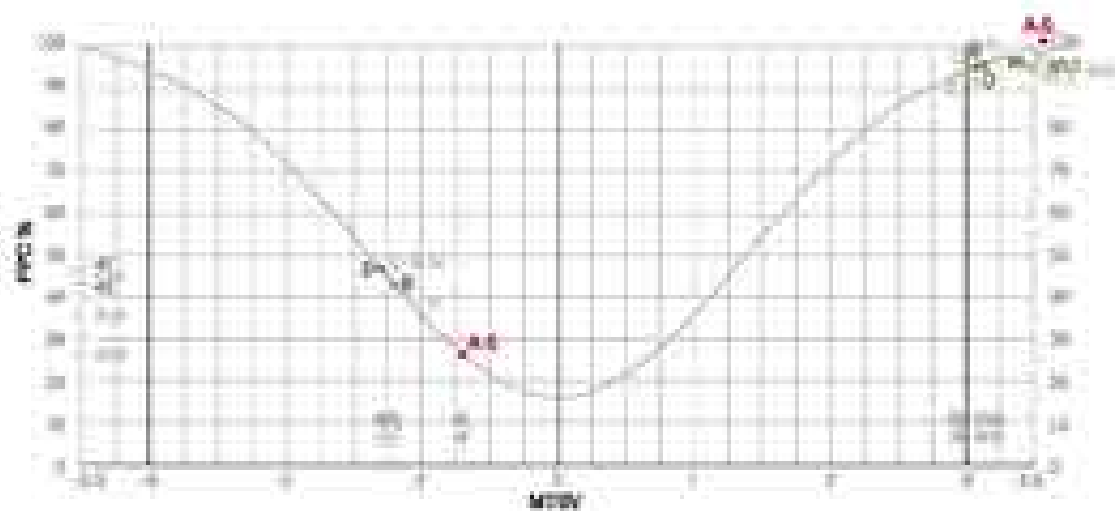
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurna	notturna
PPD valori medi Envi-met	72,53	41,33
PPD valori medi RayMan	65,30	47,50

PMV valori del caso analizzato	diurna	notturna
PMV valori medi Envi-met	1,28	-1,09
PMV valori medi RayMan	1,07	-1,00

Diagramma PMV-PPD



**MCCI laterale (d) con spray  
a 1.00**



MCCI laterale (d) con spray	
1.01	1.00
1.02	0.00
1.03	1.00
1.04	0.00
1.05	0.00
1.06	0.00
1.07	0.00
1.08	0.00
1.09	0.00
1.10	0.00
1.11	0.00
1.12	0.00
1.13	0.00
1.14	0.00
1.15	0.00
1.16	0.00
1.17	0.00
1.18	0.00
1.19	0.00
1.20	0.00
1.21	0.00
1.22	0.00
1.23	0.00
1.24	0.00
1.25	0.00
1.26	0.00
1.27	0.00
1.28	0.00
1.29	0.00
1.30	0.00
1.31	0.00
1.32	0.00
1.33	0.00
1.34	0.00
1.35	0.00
1.36	0.00
1.37	0.00
1.38	0.00
1.39	0.00
1.40	0.00
1.41	0.00
1.42	0.00
1.43	0.00
1.44	0.00
1.45	0.00
1.46	0.00
1.47	0.00
1.48	0.00
1.49	0.00
1.50	0.00

**MCCI laterale (d) con spray  
a 14.00**



MCCI laterale (d) con spray	
1.01	1.00
1.02	0.00
1.03	1.00
1.04	0.00
1.05	0.00
1.06	0.00
1.07	0.00
1.08	0.00
1.09	0.00
1.10	0.00
1.11	0.00
1.12	0.00
1.13	0.00
1.14	0.00
1.15	0.00
1.16	0.00
1.17	0.00
1.18	0.00
1.19	0.00
1.20	0.00
1.21	0.00
1.22	0.00
1.23	0.00
1.24	0.00
1.25	0.00
1.26	0.00
1.27	0.00
1.28	0.00
1.29	0.00
1.30	0.00
1.31	0.00
1.32	0.00
1.33	0.00
1.34	0.00
1.35	0.00
1.36	0.00
1.37	0.00
1.38	0.00
1.39	0.00
1.40	0.00
1.41	0.00
1.42	0.00
1.43	0.00
1.44	0.00
1.45	0.00
1.46	0.00
1.47	0.00
1.48	0.00
1.49	0.00
1.50	0.00

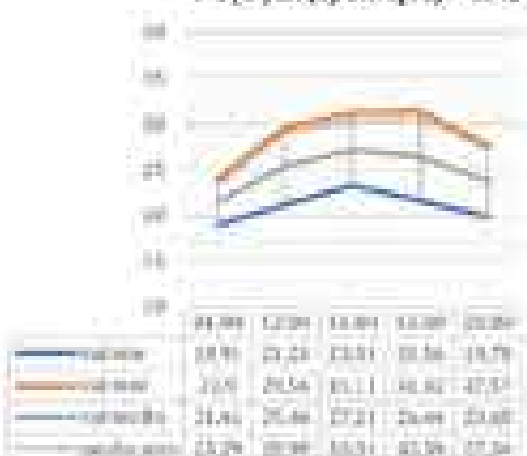
**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello - ore 1.00**

MCCI laterale (d) con spray	
1.01	1.00
1.02	0.00
1.03	1.00
1.04	0.00
1.05	0.00
1.06	0.00
1.07	0.00
1.08	0.00
1.09	0.00
1.10	0.00
1.11	0.00
1.12	0.00
1.13	0.00
1.14	0.00
1.15	0.00
1.16	0.00
1.17	0.00
1.18	0.00
1.19	0.00
1.20	0.00
1.21	0.00
1.22	0.00
1.23	0.00
1.24	0.00
1.25	0.00
1.26	0.00
1.27	0.00
1.28	0.00
1.29	0.00
1.30	0.00
1.31	0.00
1.32	0.00
1.33	0.00
1.34	0.00
1.35	0.00
1.36	0.00
1.37	0.00
1.38	0.00
1.39	0.00
1.40	0.00
1.41	0.00
1.42	0.00
1.43	0.00
1.44	0.00
1.45	0.00
1.46	0.00
1.47	0.00
1.48	0.00
1.49	0.00
1.50	0.00

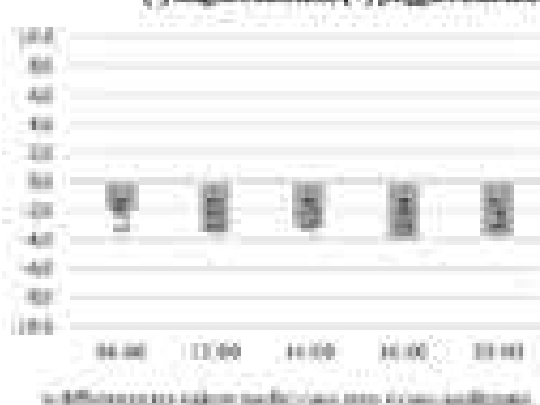
**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello - ore 14.00**

MCCI laterale (d) con spray	
1.01	1.00
1.02	0.00
1.03	1.00
1.04	0.00
1.05	0.00
1.06	0.00
1.07	0.00
1.08	0.00
1.09	0.00
1.10	0.00
1.11	0.00
1.12	0.00
1.13	0.00
1.14	0.00
1.15	0.00
1.16	0.00
1.17	0.00
1.18	0.00
1.19	0.00
1.20	0.00
1.21	0.00
1.22	0.00
1.23	0.00
1.24	0.00
1.25	0.00
1.26	0.00
1.27	0.00
1.28	0.00
1.29	0.00
1.30	0.00
1.31	0.00
1.32	0.00
1.33	0.00
1.34	0.00
1.35	0.00
1.36	0.00
1.37	0.00
1.38	0.00
1.39	0.00
1.40	0.00
1.41	0.00
1.42	0.00
1.43	0.00
1.44	0.00
1.45	0.00
1.46	0.00
1.47	0.00
1.48	0.00
1.49	0.00
1.50	0.00

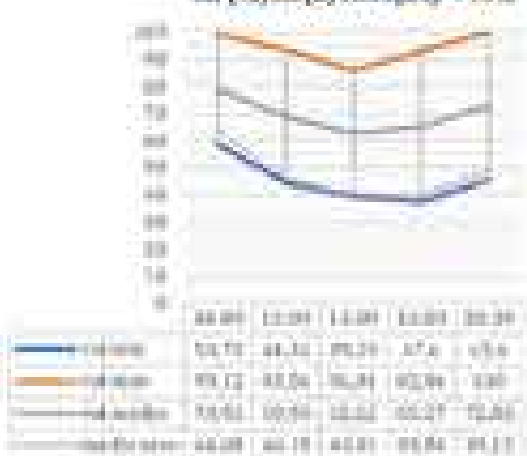
**T<sub>ra</sub> (C°) lat (d) con spray +10%**



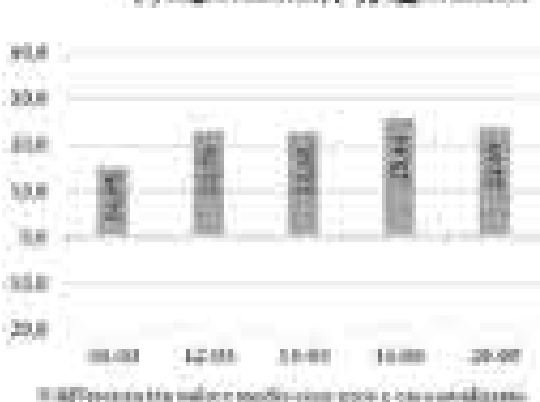
**T<sub>ra</sub> (C°) lat (d) con spray +10%**  
 ventilato con caso spray  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento



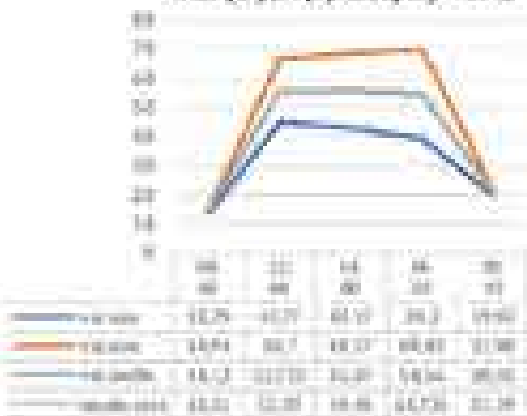
**MR (Pa) lat (d) con spray +10%**



**MR (Pa) lat (d) con spray +10%**  
 ventilato con caso spray  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento



**T<sub>me</sub> (C°) lat (d) con spray +10%**

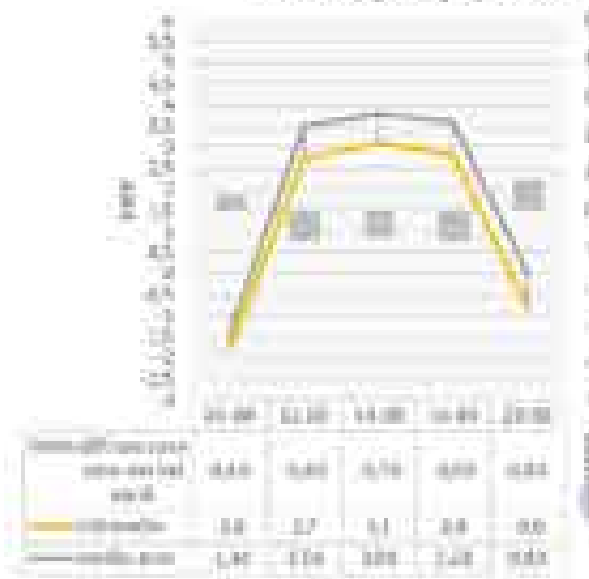


**T<sub>me</sub> (C°) lat (d) con spray +10%**  
 ventilato con caso spray  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento





PMV lat (d) con spray + 10%



PMV lat (d) con spray + 10%  
condizioni diurne e notturne  
Variazioni del caso base e del caso iniziale  
(-) miglioramenti (+) peggioramenti

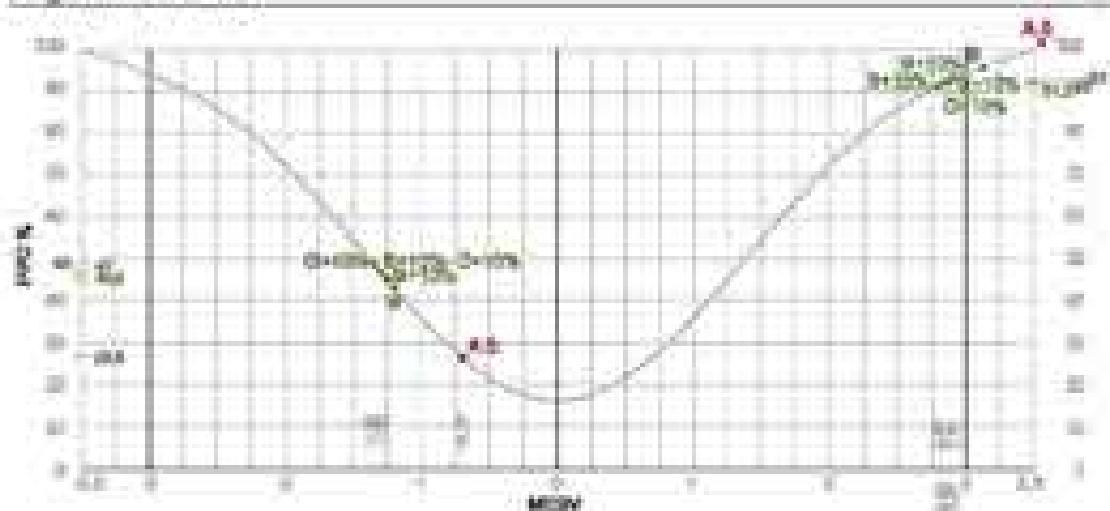


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

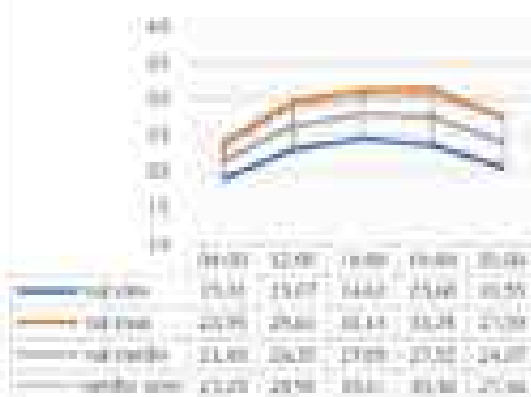
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	92,60	17,00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	2,37	-1,38

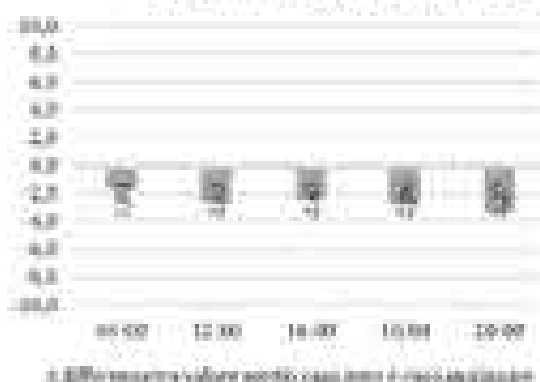
Diagramma PMV-PPD



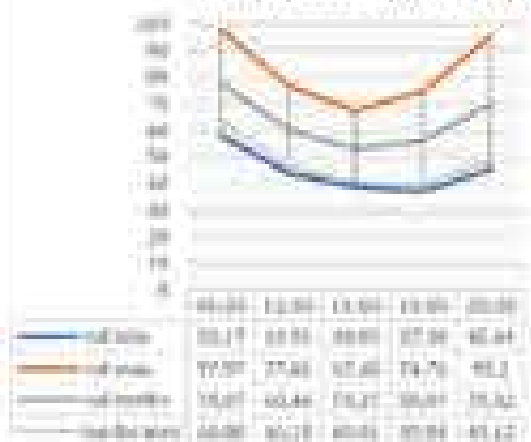
T<sub>ra</sub> (C°) laterale (a) con spray



T<sub>ra</sub> (C°) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



HR (%) laterale (a) con spray



HR (%) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

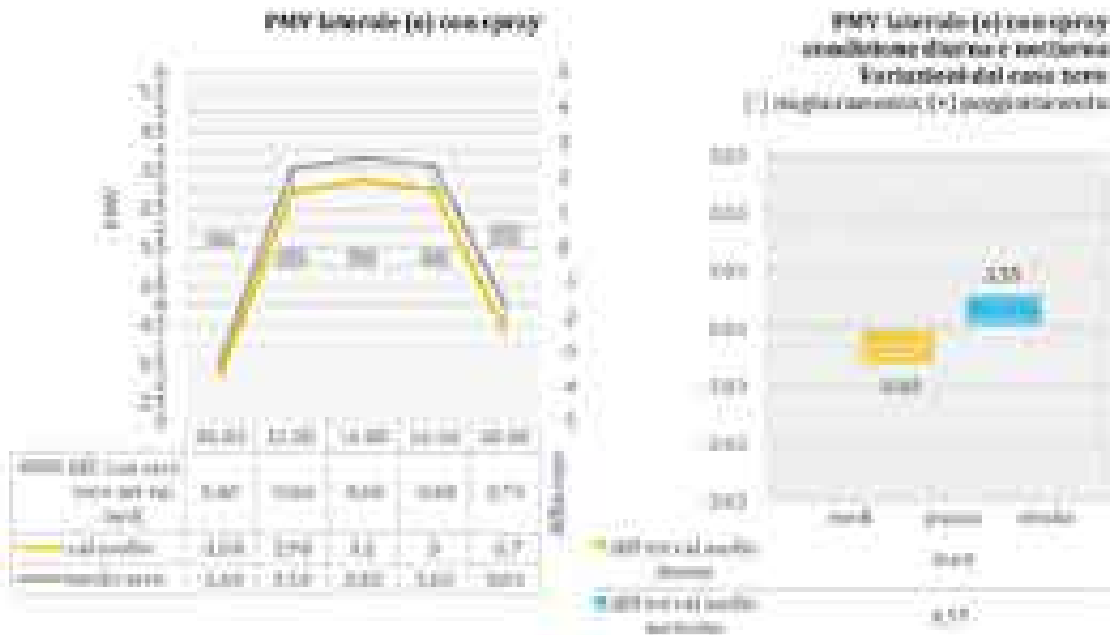


T<sub>tar</sub> (C°) laterale (a) con spray



T<sub>tar</sub> (C°) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento





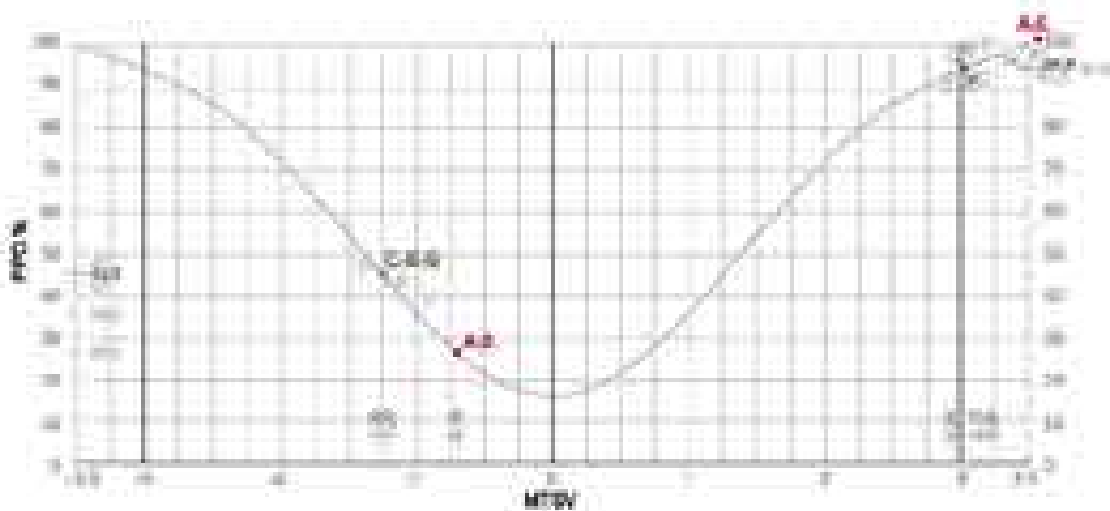
Valori medi (indici PMV e PPD) calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD - valori del caso analizzato:	giorno	notturno
PPD - valori medi Envi met	43,19	45,23
PPD - valori medi RayMan	44,00	45,20

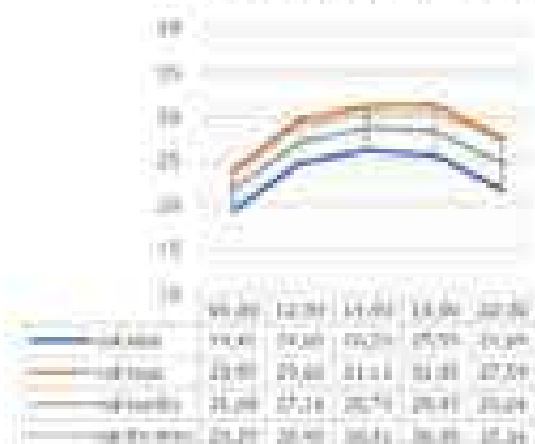
PMV - valori del caso analizzato:	giorno	notturno
PMV - valori medi Envi met	1,29	-1,14
PMV - valori medi RayMan	1,03	-1,25

Diagramma PMV-PPD





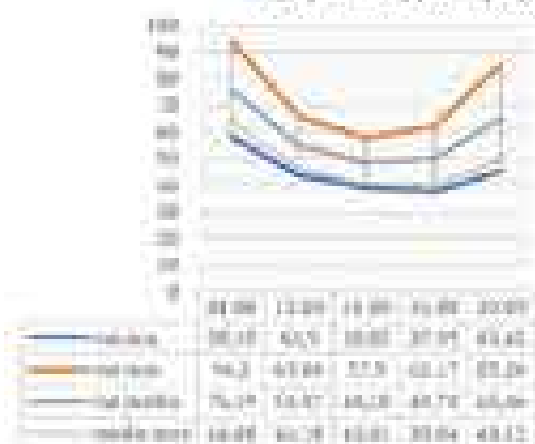
T<sub>a</sub> (°C) diffusa (F) con spray



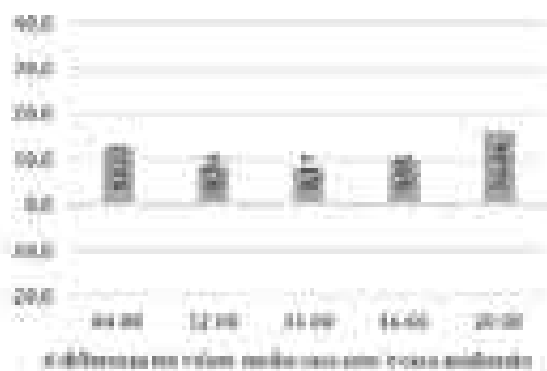
T<sub>a</sub> (°C) diffusa (F) con spray  
verticali con caso aereo  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



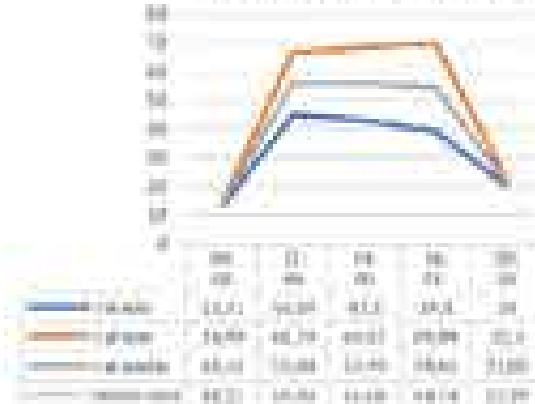
UR (%) diffusa (F) con spray



UR (%) diffusa (F)  
verticali con caso aereo  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

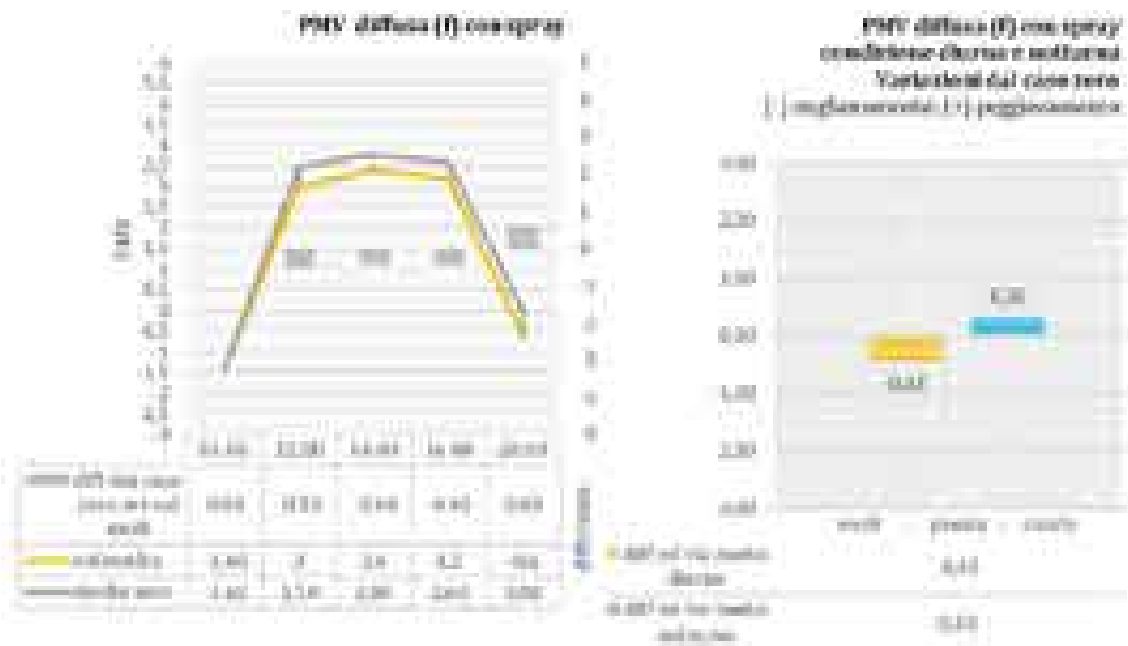


T<sub>int</sub> (°C) diffusa (F) con spray



T<sub>int</sub> (°C) diffusa (F) con spray  
verticali con caso aereo  
(-) miglioramento; (+) peggioramento





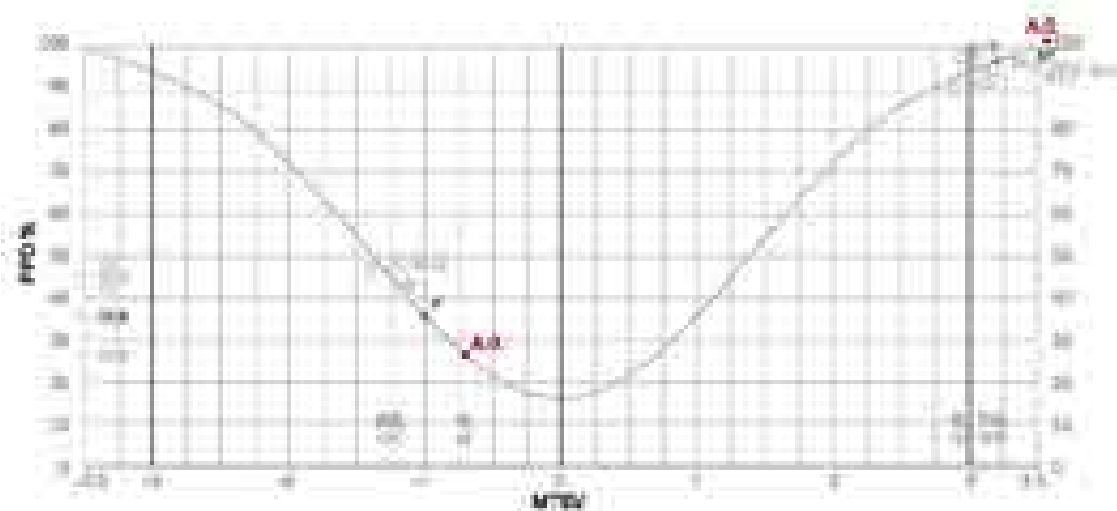
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato:	giorno	notturno
PPD valori medi Envi-met	75,00	36,77
PPD valori medi RayMan	97,00	33,00

PMV valori del caso analizzato:	giorno	notturno
PMV valori medi Envi-met	0,33	-0,088
PMV valori medi RayMan	0,20	-0,200

Diagramma PMV-PPD



**MOCI diffuso (I) con spray  
in 4-00**



	1
1) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10
2) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10
3) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10
4) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10
5) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10
6) MOCI diffuso (I) con spray in 4-00	1.10

**MOCI diffuso (I) con spray  
in 14-00**



	1
1) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.70
2) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.30
3) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.30
4) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.30
5) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.30
6) MOCI diffuso (I) con spray in 14-00	0.30

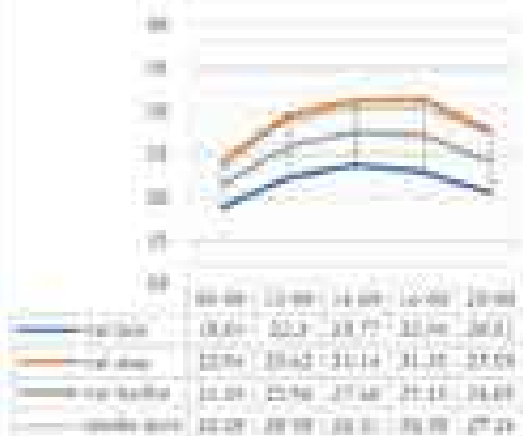
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00**

Indice MOCI (I) in 6 punti del modello	1
1) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10
2) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10
3) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10
4) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10
5) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10
6) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	1.10

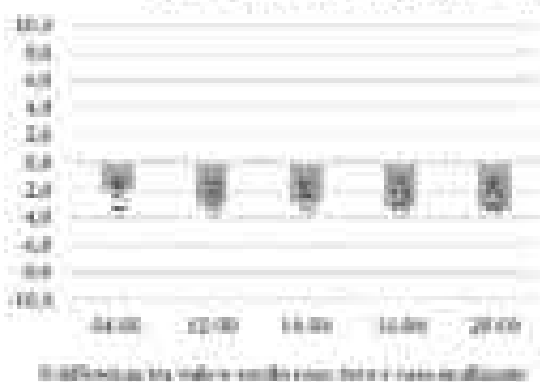
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00**

Indice MOCI (I) in 6 punti del modello	1
1) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.70
2) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.30
3) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.30
4) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.30
5) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.30
6) MOCI in 6 punti del modello - ore 14-00	0.30

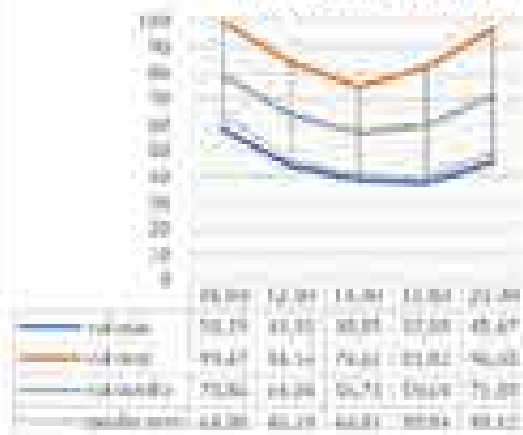
**T<sub>a</sub> (°C) laterale (g) con spray**



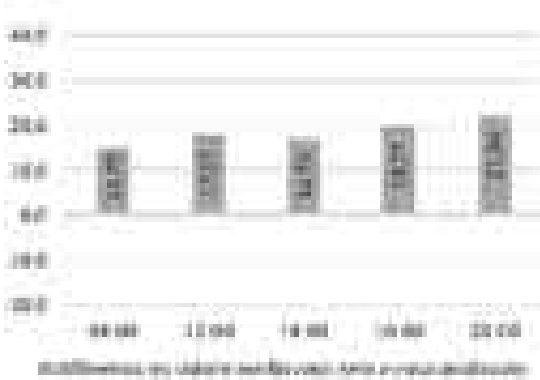
**T<sub>a</sub> (°C) laterale (g) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



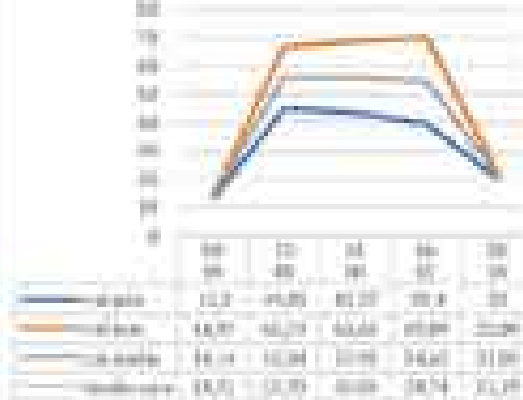
**HR (%) laterale (g) con spray**



**HR (%) laterale (g)  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



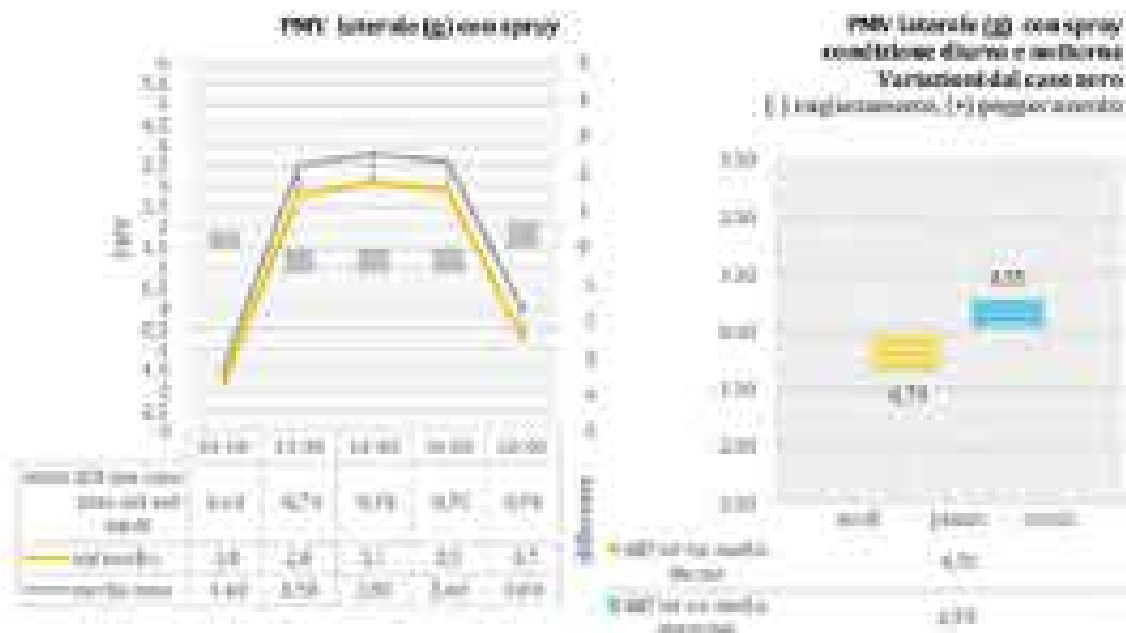
**T<sub>air</sub> (°C) laterale (g) con spray**



**T<sub>air</sub> (°C) laterale (g) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**







Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	73,61	41,04
PPD valori medi RayMan	61,70	40,00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi Envi-met	3,31	-1,10
PMV valori medi RayMan	2,73	-1,25

Diagramma PMV-PPD



**MCCI frontale (g) con spray  
a 1:00**



MCCI frontale (g)	
Modello 1.00	1.47
MCCI frontale con spray a 1:00	0.07
Modello 1.00	1.41
MCCI frontale con spray a 1:00	0.01
Modello 1.00	1.49
MCCI frontale con spray a 1:00	0.07

**MCCI laterale (g) con spray  
a 1:00**



MCCI laterale (g)	
Modello 1.00	0.89
MCCI laterale con spray a 1:00	0.29
Modello 1.00	0.66
MCCI laterale con spray a 1:00	0.01
Modello 1.00	0.87
MCCI laterale con spray a 1:00	0.29

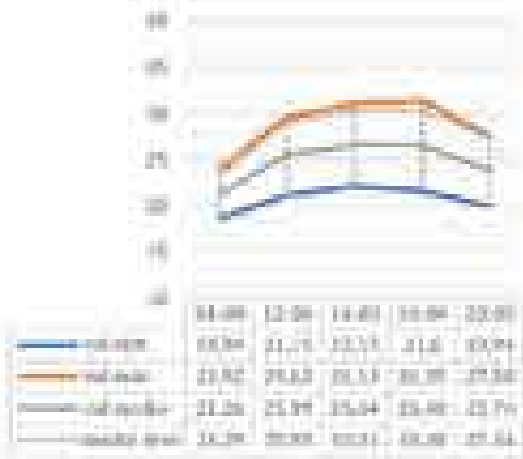
**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello a 1:00**

MCCI in 6 punti del modello	
1.00	1.47
1.00	1.41
1.00	1.49
1.00	0.89
1.00	0.66
1.00	0.87

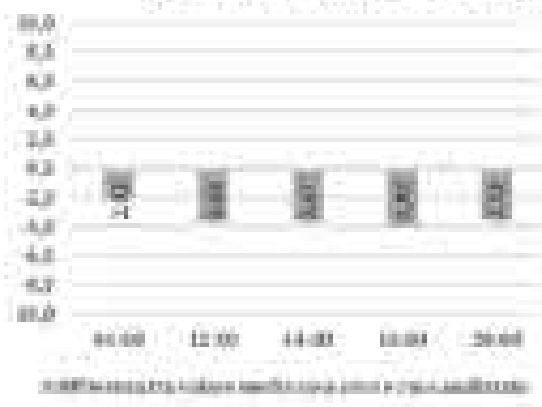
**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello a 1:00**

MCCI in 6 punti del modello	
1.00	1.47
1.00	1.41
1.00	1.49
1.00	0.89
1.00	0.66
1.00	0.87

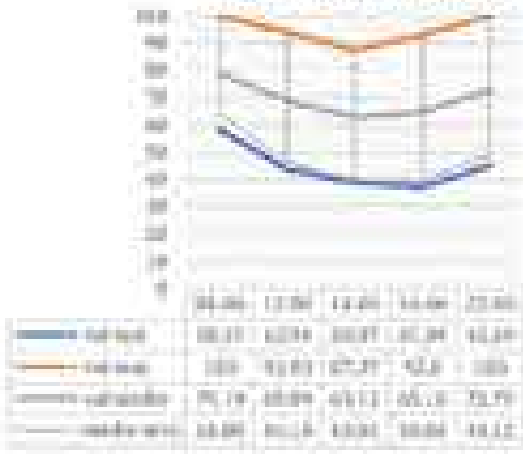
T<sub>a</sub> (C°) lat (g) con spray +10%



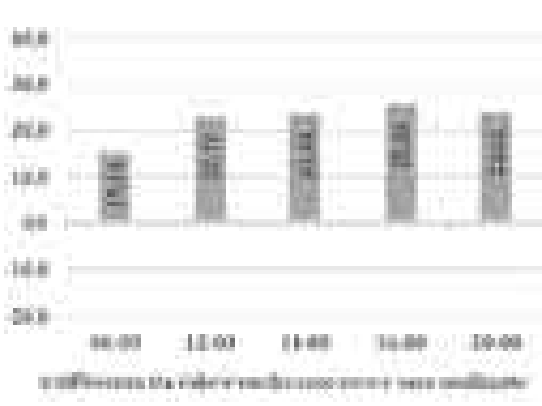
T<sub>a</sub> (C°) lat (g) con spray +10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



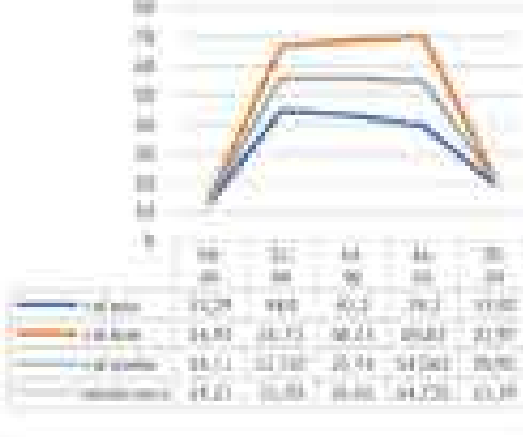
HR (%) lat (g) con spray +10%



HR (%) lat (g) con spray +10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



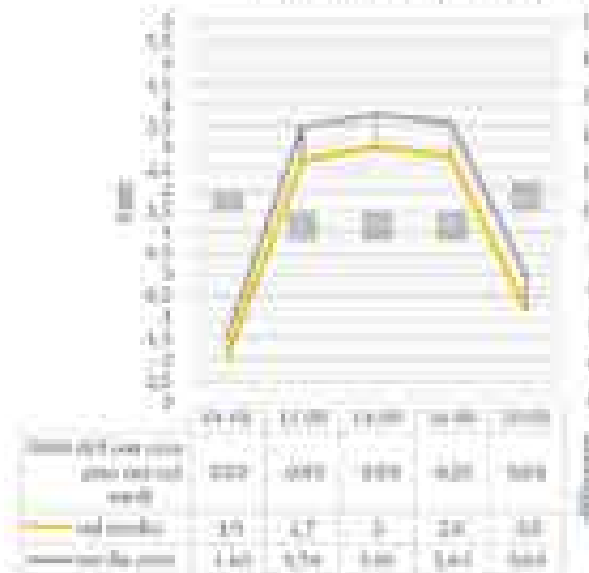
T<sub>sp</sub> (C°) lat (g) con spray +10%



T<sub>sp</sub> (C°) lat (g) con spray +10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



PMV lat (g) con spray = 10%



PMV lat (g) con spray = 10%  
condizione diurna e notturna  
Variazione dal caso base e dal caso iniziale  
(-) peggioramento; (+) miglioramento

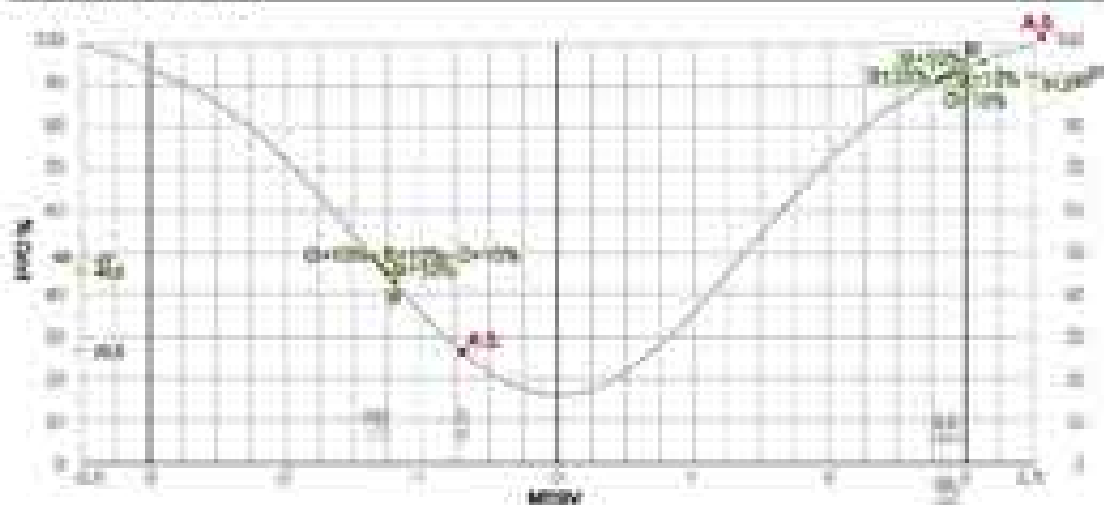


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	92,00	49,00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	2,73	-1,51

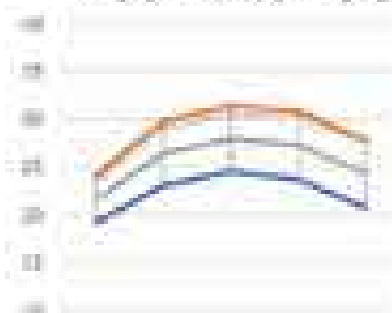
Diagramma PMV-PPD



SCENARI DI INTERVENTO  
SCENARI CON VASCA A PAVIMENTO

SCENARI DI RIFERIMENTO  
TISSUTO II

Ta (C°) centrale (h) con spray



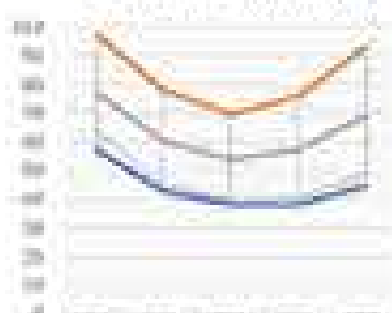
	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
no spray	19,25	22,05	23,47	23,64	20,55
no tank	24,21	25,77	26,47	26,07	23,06
no nozzle	21,56	24,41	27,92	27,25	24,34
nozzle spray	19,32	23,12	24,69	24,22	21,21

Ta (C°) centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



la differenza rispetto alle condizioni con caso zero

HR (Pa) centrale (h) con spray



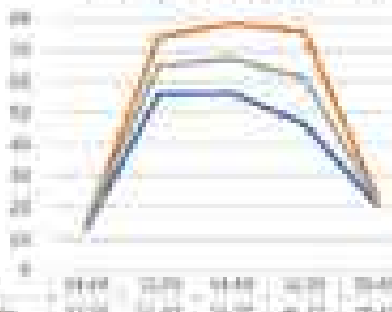
	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
no spray	17,32	13,82	13,09	13,19	14,40
no tank	17,20	15,1	16,54	17,76	16,14
no nozzle	17,2	14,94	15,0	17,2	15,3
nozzle spray	14,06	13,27	13,04	13,07	14,06

HR (Pa) centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



la differenza rispetto alle condizioni con caso zero

Tum (C°) centrale (h) con spray

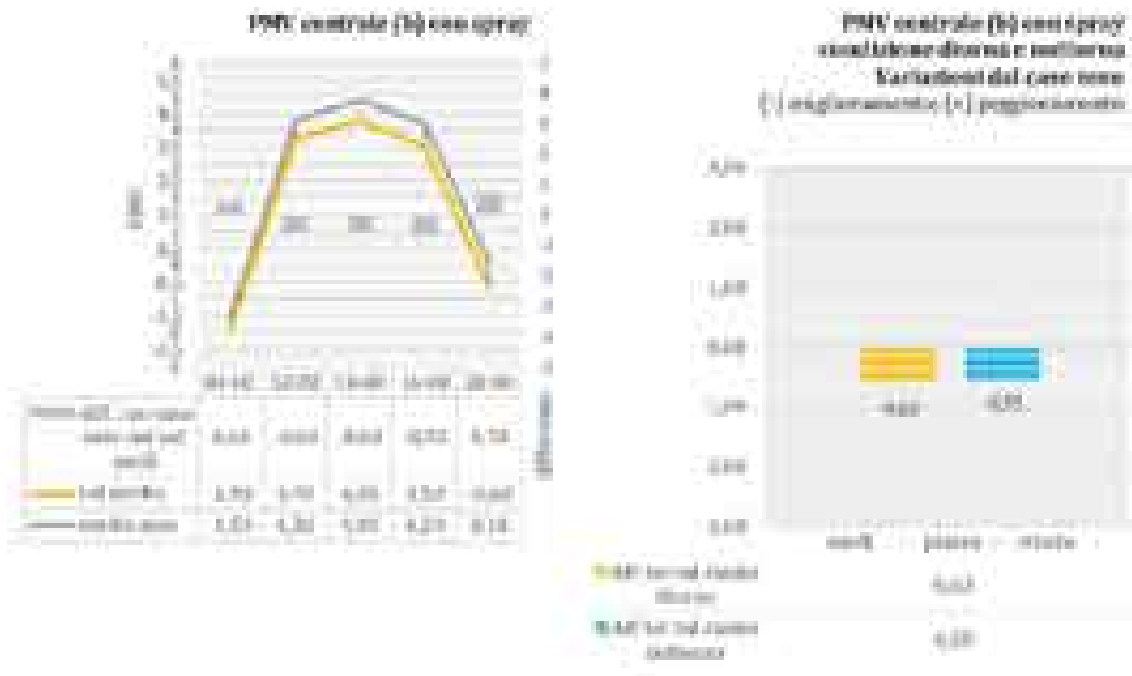


	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
no spray	17,38	21,87	24,07	24,17	20,42
no tank	21,29	24,24	26,26	26,2	23,26
no nozzle	19,11	23,26	27,24	27,21	23,06
nozzle spray	17,4	21,87	24,06	24,07	20,42

Tum (C°) centrale (h) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



la differenza rispetto alle condizioni con caso zero



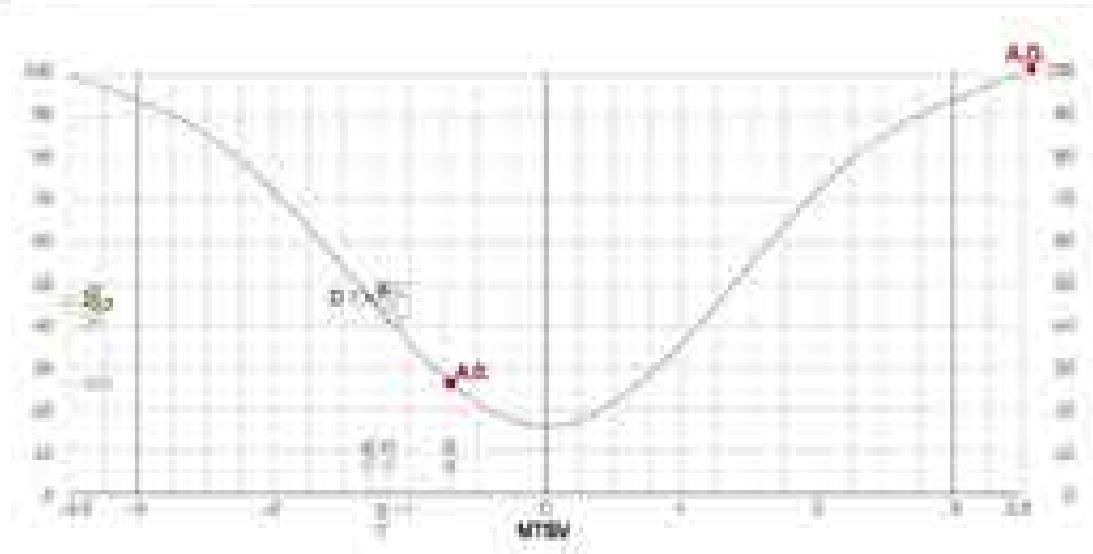
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	giorno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	43,30

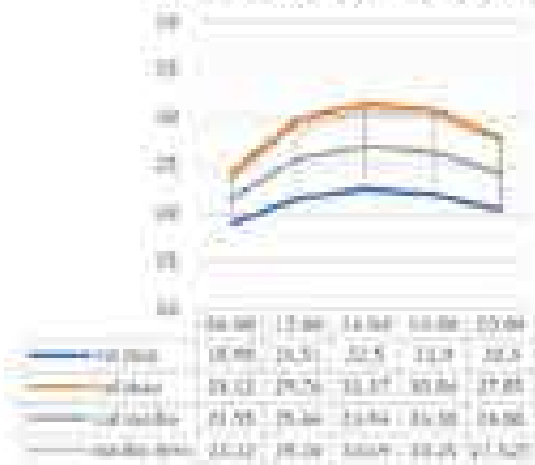
  

PMV valori del caso analizzato	giorno	notturno
PMV valori medi Ray Man	1,20	1,25

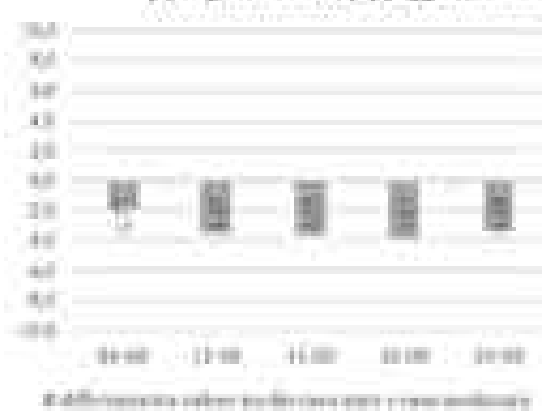
Diagramma PMV-PPD



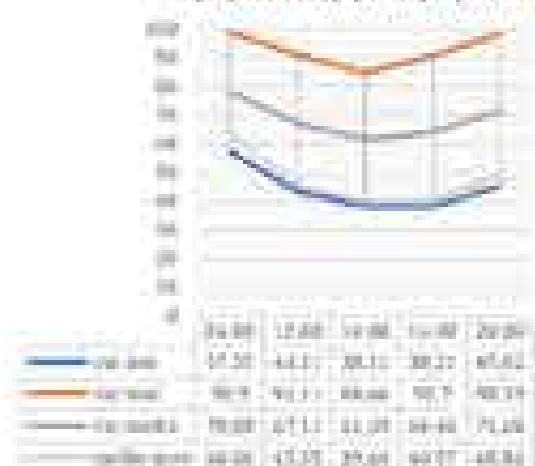
T<sub>in</sub> (C°) centrale (B) con spray +10%



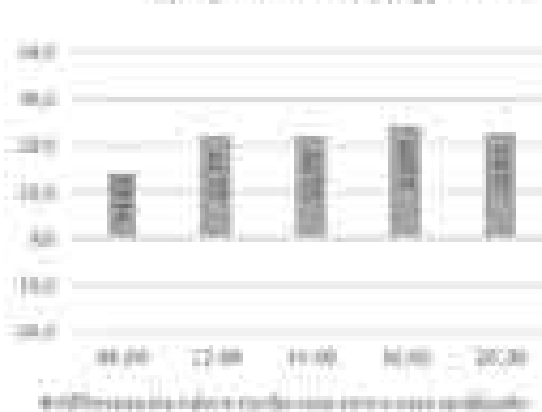
T<sub>in</sub> (C°) centrale (B) con spray +10%  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



DB (h) centrale (B) con spray +10%



DB (h) centrale (B) con spray +10%  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



T<sub>out</sub> (C°) centrale (B) con spray +10%

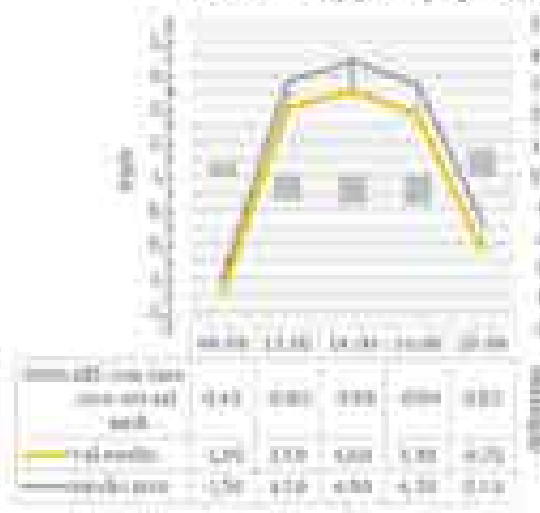


T<sub>out</sub> (C°) centrale (B) con spray +10%  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento





PMV controllato (%) con spray = 10%



PMV controllato (%) con spray = 10%  
condizione diurno e notturno  
Variazioni dal caso base e dal caso base + 10%  
(-) miglioramento (+) peggioramento



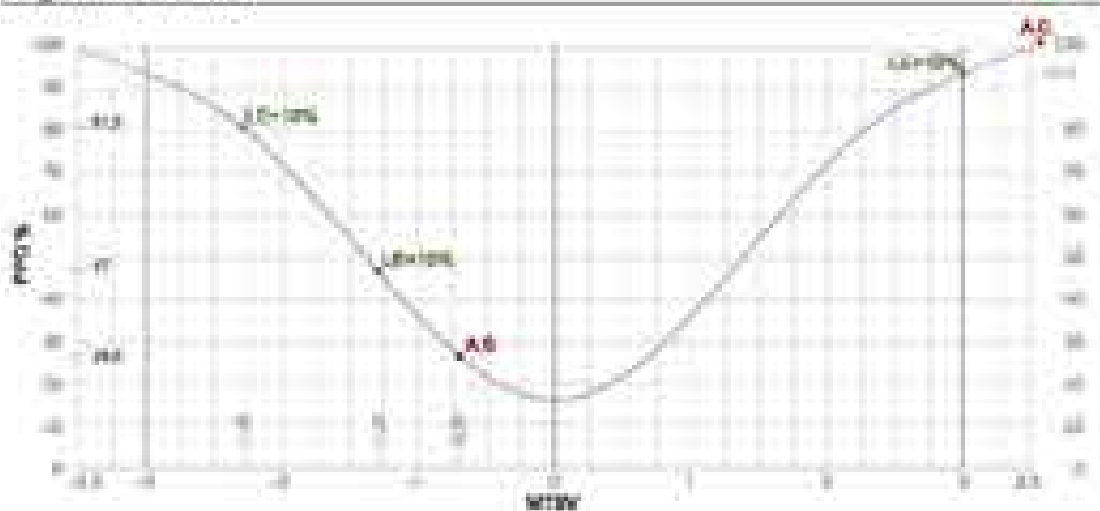
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

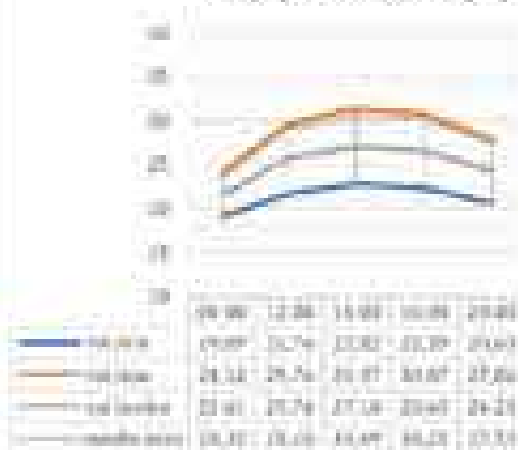
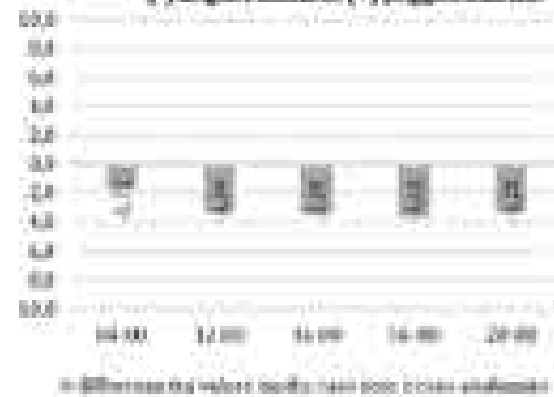
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	47,00

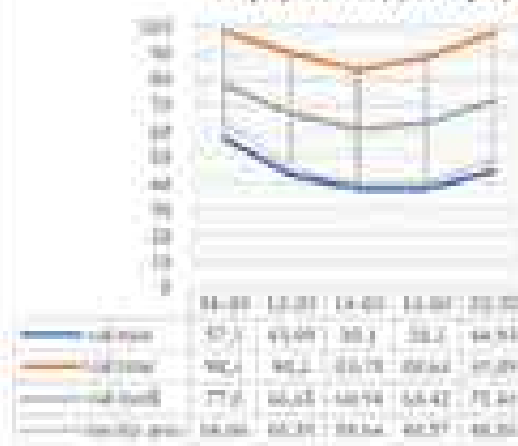
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	0,67	-1,20

Diagramma PMV-PPD

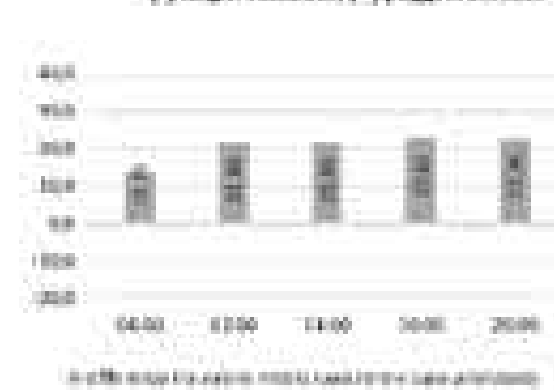


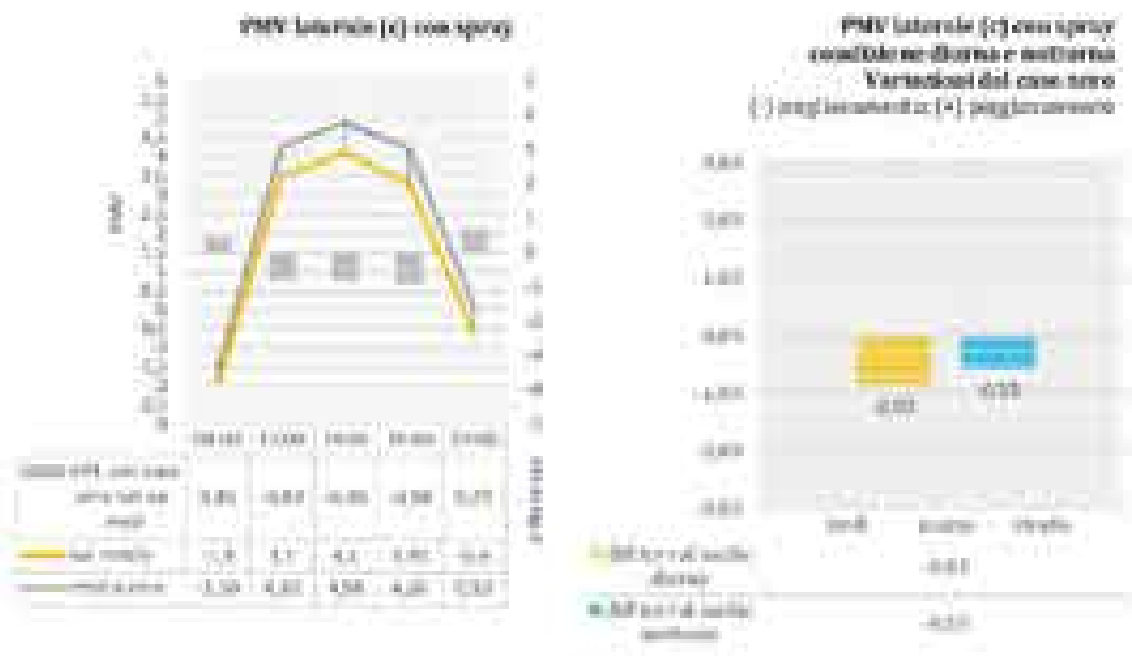
T<sub>a</sub> (°C) laterale (c) con sprayT<sub>a</sub> (°C) laterale (c) con spray - incrementi variazioni con caso base (-) miglioramento; (+) peggioramento

RH (%) laterale (c) con spray



RH (%) laterale (c) con spray - incrementi variazioni con caso base (-) miglioramento; (+) peggioramento

T<sub>int</sub> (°C) laterale (c) con sprayT<sub>int</sub> (°C) laterale (c) con spray - incrementi variazioni con caso base (-) miglioramento; (+) peggioramento



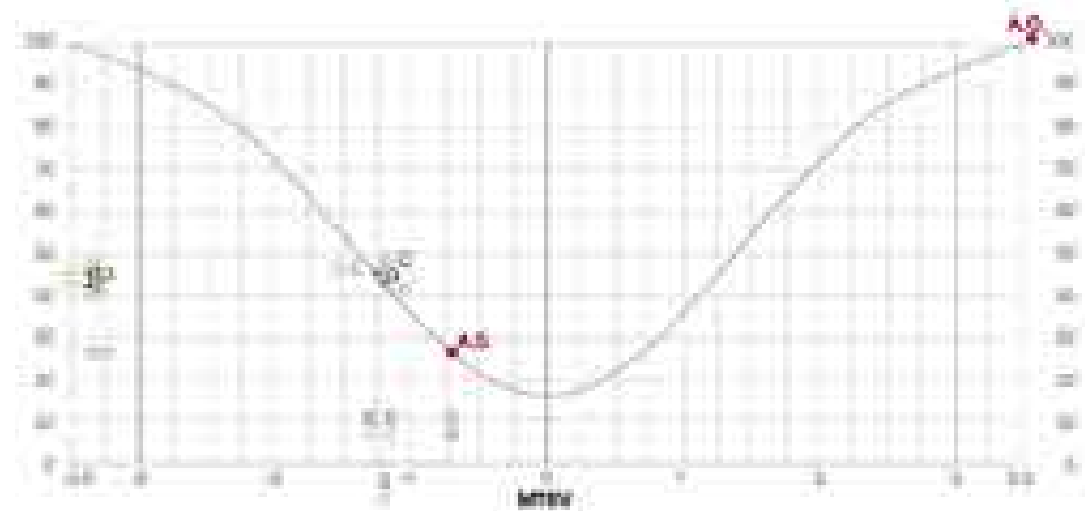
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurna	notturna
PPD valori medi RayMan	100.00	45.00

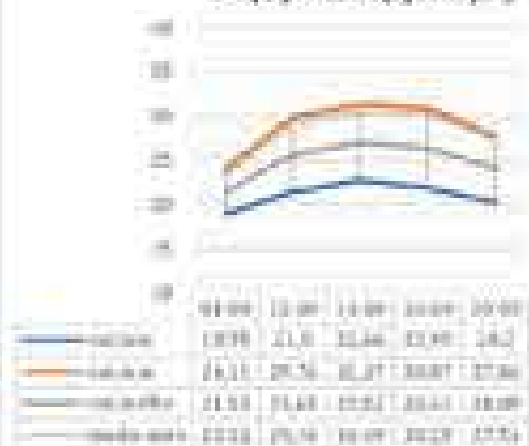
  

PMV valori del caso analizzato	diurna	notturna
PMV valori medi RayMan	1.00	1.20

Diagramma PMV-PPD



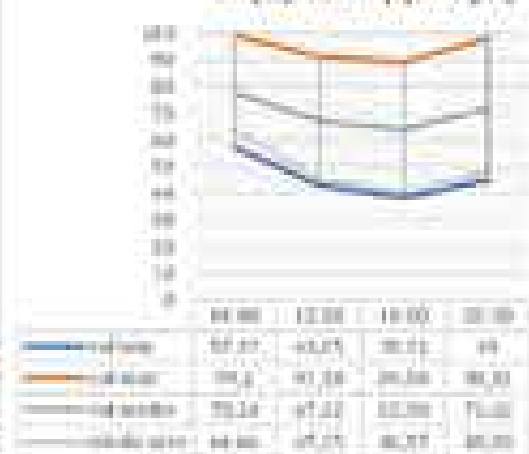
**T<sub>0</sub> (C°) laterale (d) con spray**



**T<sub>0</sub> (C°) laterale (d) con spray  
variabili con caso pure  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



**HR (%) laterale (d) con spray**



**HR (%) laterale (d) con spray  
variabili con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



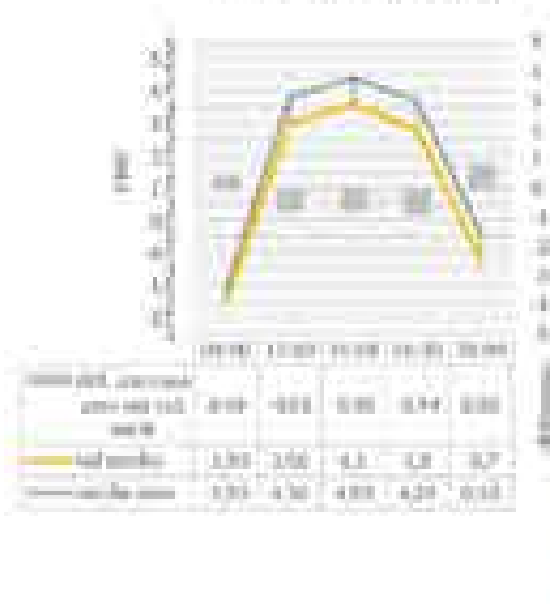
**T<sub>int</sub> (C°) laterale (d) con spray**



**T<sub>int</sub> (C°) laterale (d) con spray  
variabili con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV laterale (d) con spray



PMV laterale (d) con spray  
condizione diurna e notturna  
Variazioni dal caso base  
(-) miglioramento, (+) peggioramento



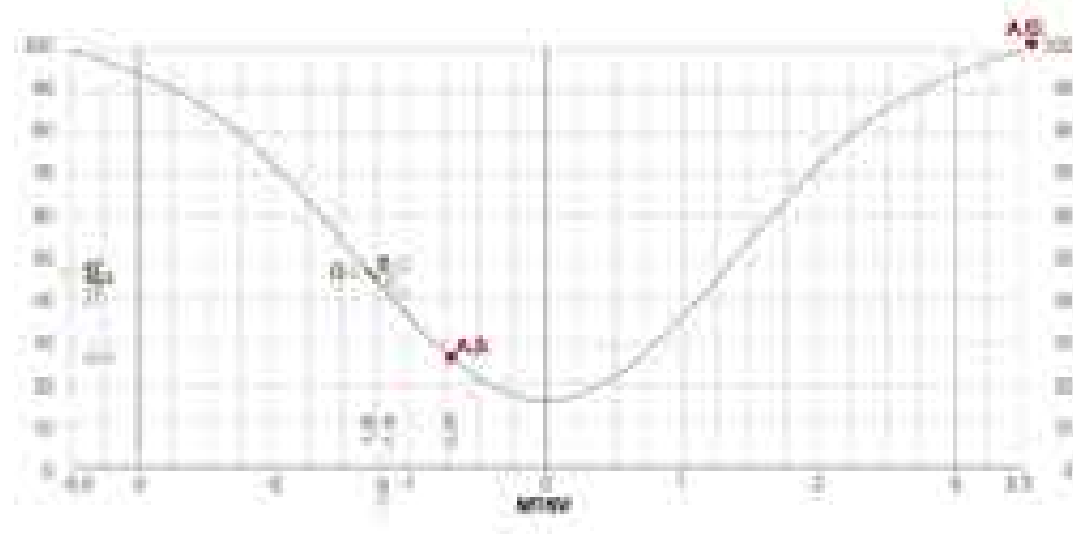
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD - valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD - valori medi RayMan	140.00	47.00

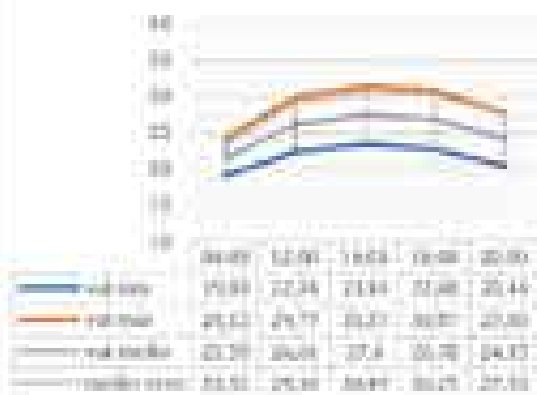
  

PMV - valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV - valori medi Ray Man	1.03	-1.30

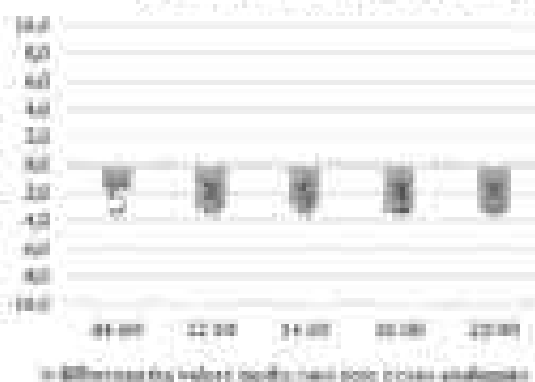
Diagramma PMV-PPD



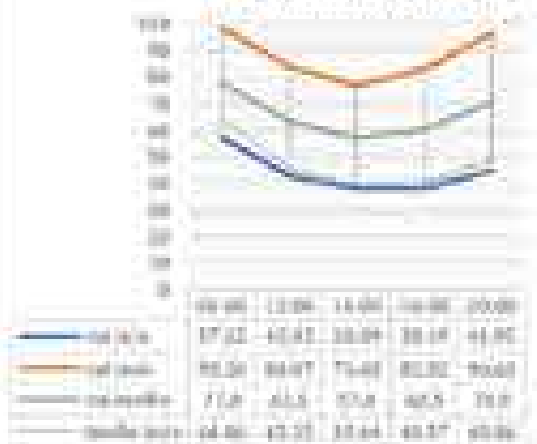
T<sub>10</sub> (C°) laterale (a) con spray



T<sub>10</sub> (C°) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



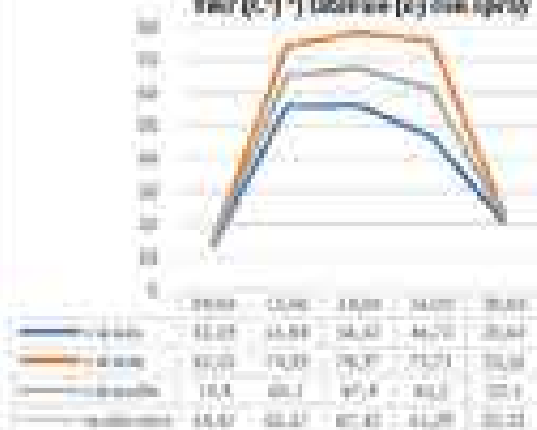
IR (%) laterale (a) con spray



IR (%) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

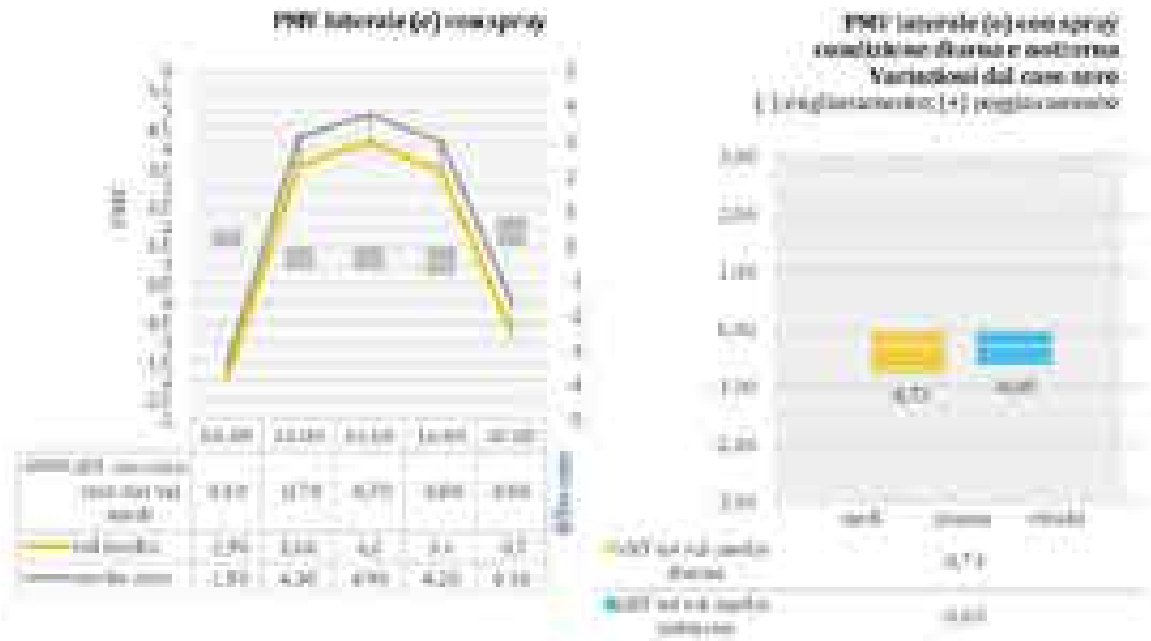


T<sub>air</sub> (C°) laterale (a) con spray



T<sub>air</sub> (C°) laterale (a) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento





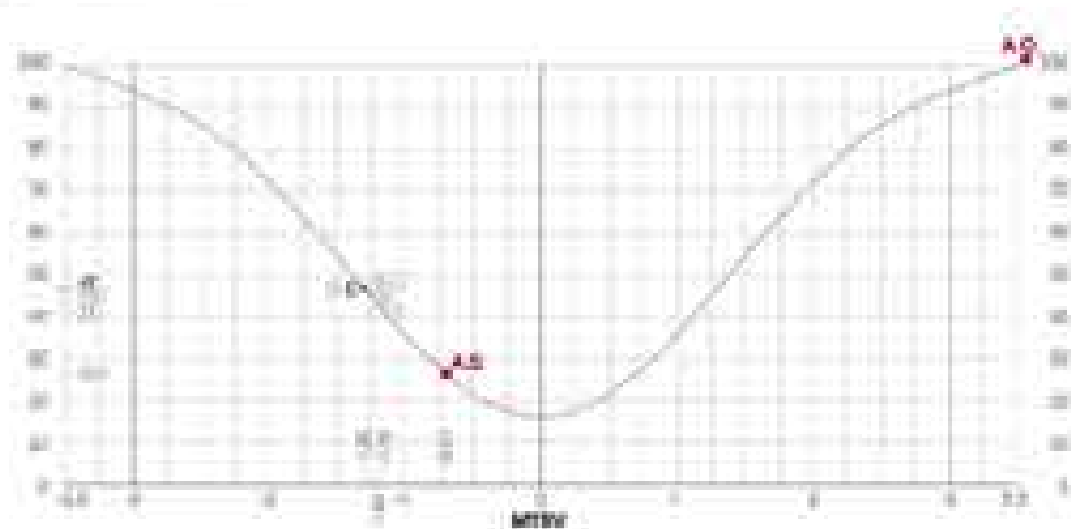
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato:	diurne	notturne
PPD valori medi RayMan	160,00	47,00

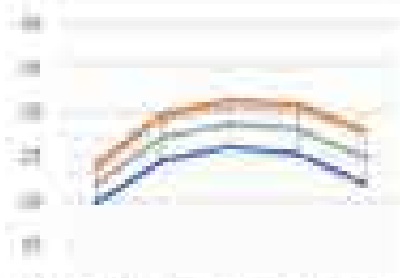
  

PMV valori del caso analizzato	diurne	notturne
PMV valori medi RayMan	1,75	1,30

Diagramma PMV-PPD



**T<sub>a</sub> (C°) diffusa (F) con spray**



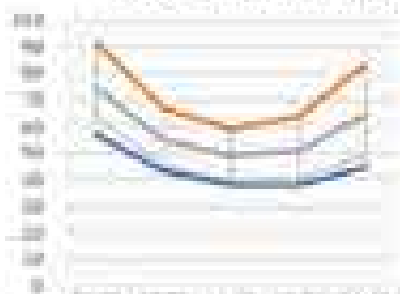
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
spraz azzurro	19,40	24,39	24,82	23,12	21,39
spraz verde	21,12	25,71	25,27	23,87	22,46
spraz giallo	21,74	25,28	25,79	23,07	21,56
media case	22,57	26,38	26,49	24,27	22,54

**T<sub>a</sub> (C°) diffusa (F) con spray  
verticalizzato case serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



Differenza tra valore medio con spray e non-spray

**HR (%) diffusa (F) con spray**



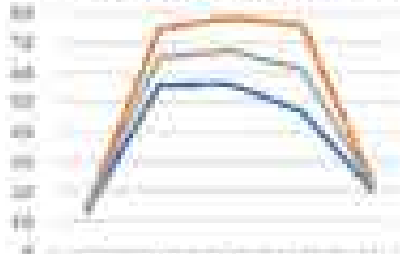
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
spraz azzurro	77,32	69,63	68,1	69,17	69,97
spraz verde	81,82	69,47	68,4	68,9	69,2
spraz giallo	71,58	70,86	70,62	71,88	71,17
media case	68,86	67,27	67,88	68,27	68,86

**HR (%) diffusa (F)  
verticalizzato case serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



Differenza tra valore medio con spray e non-spray

**T<sub>air</sub> (C°) diffusa (F) con spray**



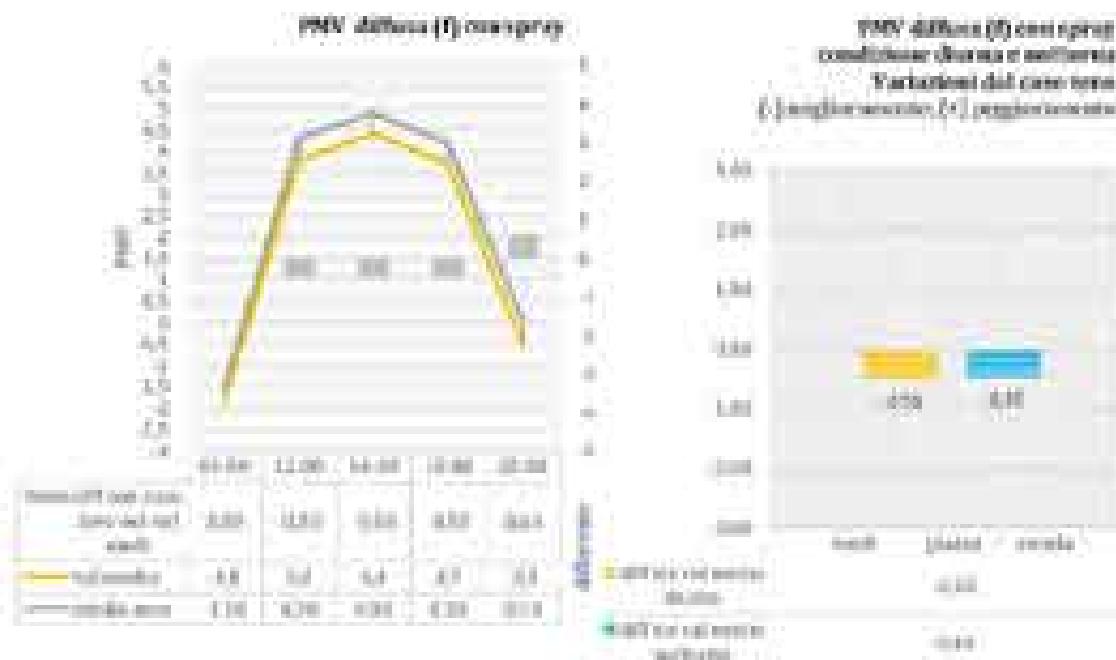
	09:00	11:00	13:00	15:00	18:00
spraz azzurro	18,07	25,81	26,75	26,72	20,49
spraz verde	21,27	26,45	28,15	28,99	21,56
spraz giallo	19,46	26,26	27,75	28,11	22,07
media case	19,47	26,37	27,45	28,29	22,71

**T<sub>air</sub> (C°) diffusa (F) con spray  
verticalizzato case serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



Differenza tra valore medio con spray e non-spray





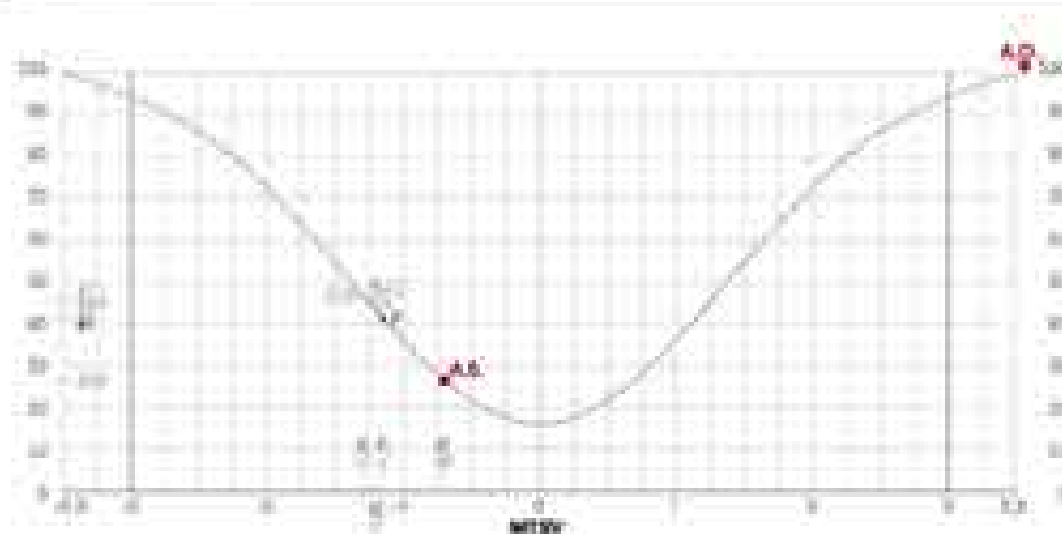
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	41,00

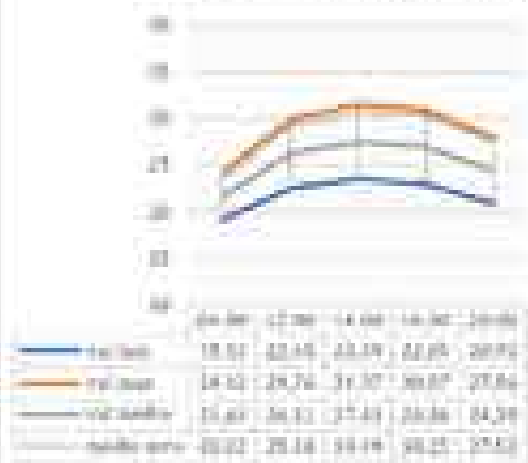
  

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,57	-1,13

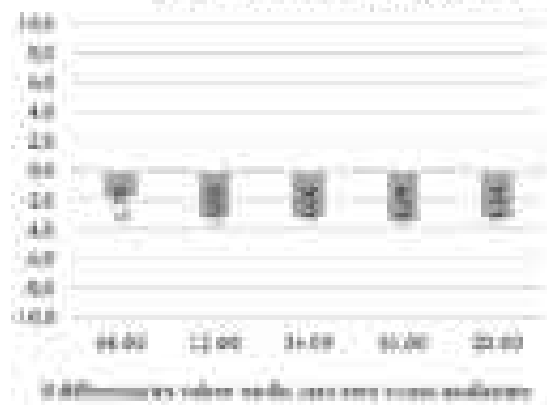
Diagramma PMV-PPD



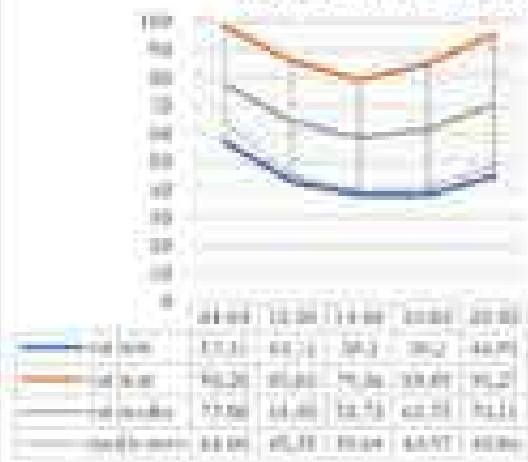
T<sub>a</sub> (°C) laterale (G) con spray



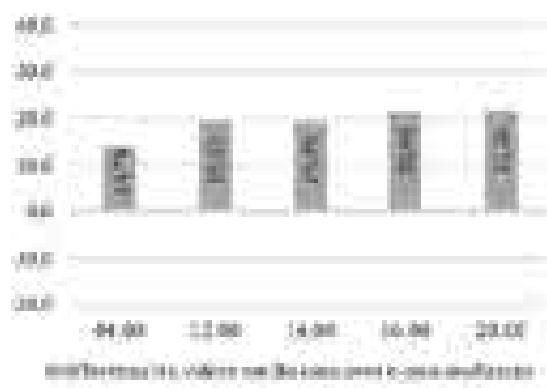
T<sub>a</sub> (°C) laterale (G) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



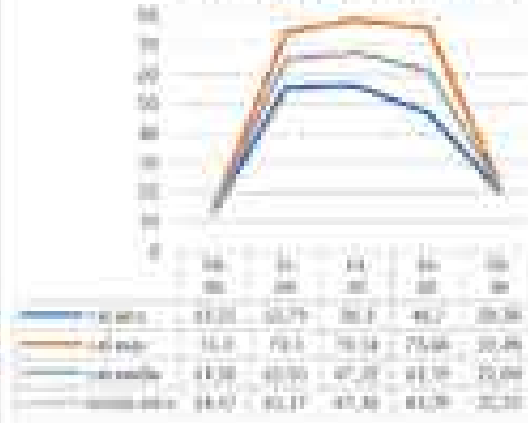
DR (%) laterale (G) con spray



DR (%) laterale (G)  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento

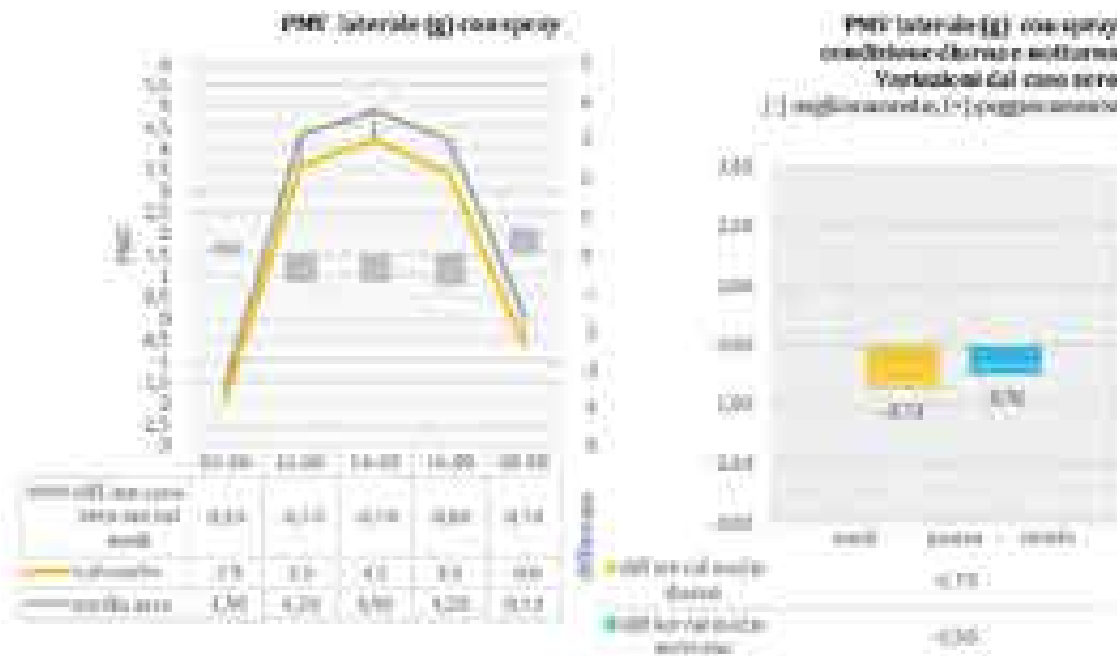


T<sub>air</sub> (°C) laterale (G) con spray



T<sub>air</sub> (°C) laterale (G) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento





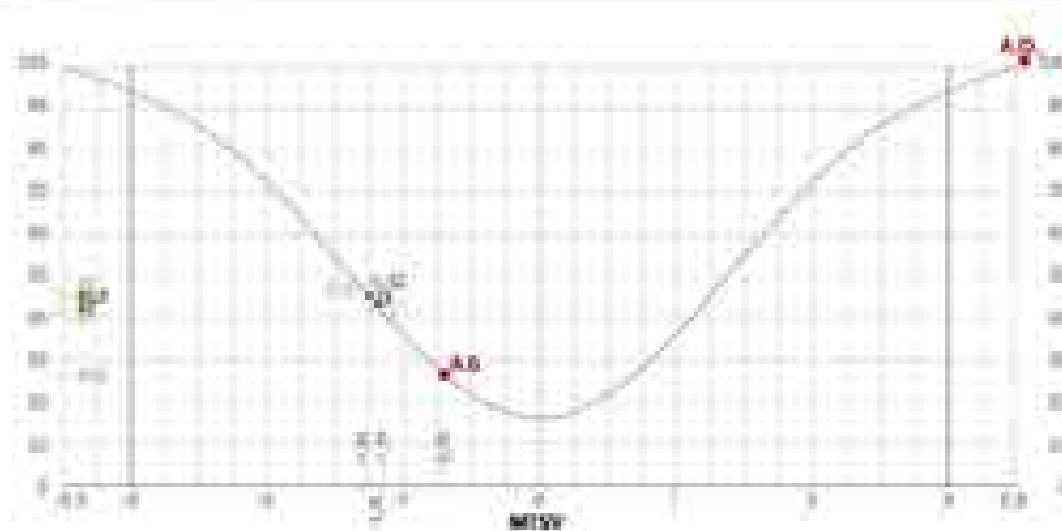
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PMV valori del caso analizzato	giorno	notturno
PMV valori medi RayMan	0,14	-0,14

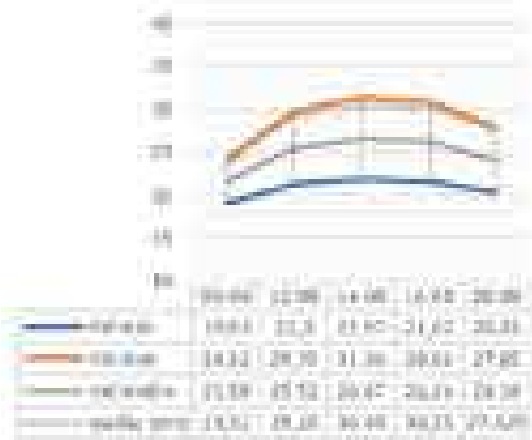
  

PPD valori del caso analizzato	giorno	notturno
PPD valori medi RayMan	3,73	4,23

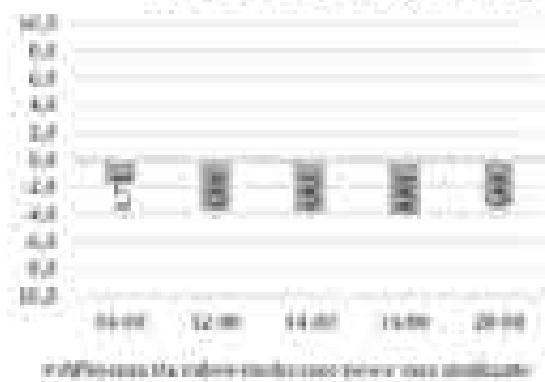
Diagramma PMV-PPD



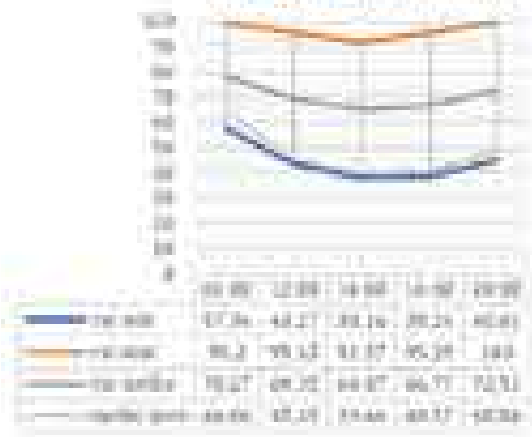
**T<sub>ra</sub> (C°) lat (g) con spray +10%**



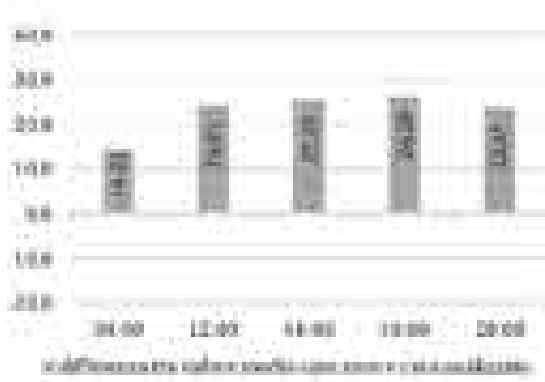
**T<sub>ra</sub> (C°) lat (g) con spray +10%  
variabile con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**



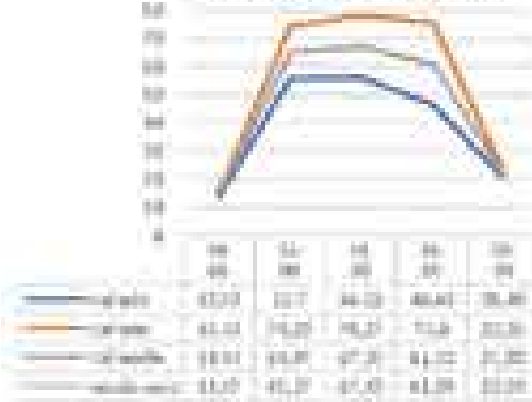
**TR (%) lat (g) con spray +10%**



**TR (%) lat (g) con spray +10%  
variabile con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**

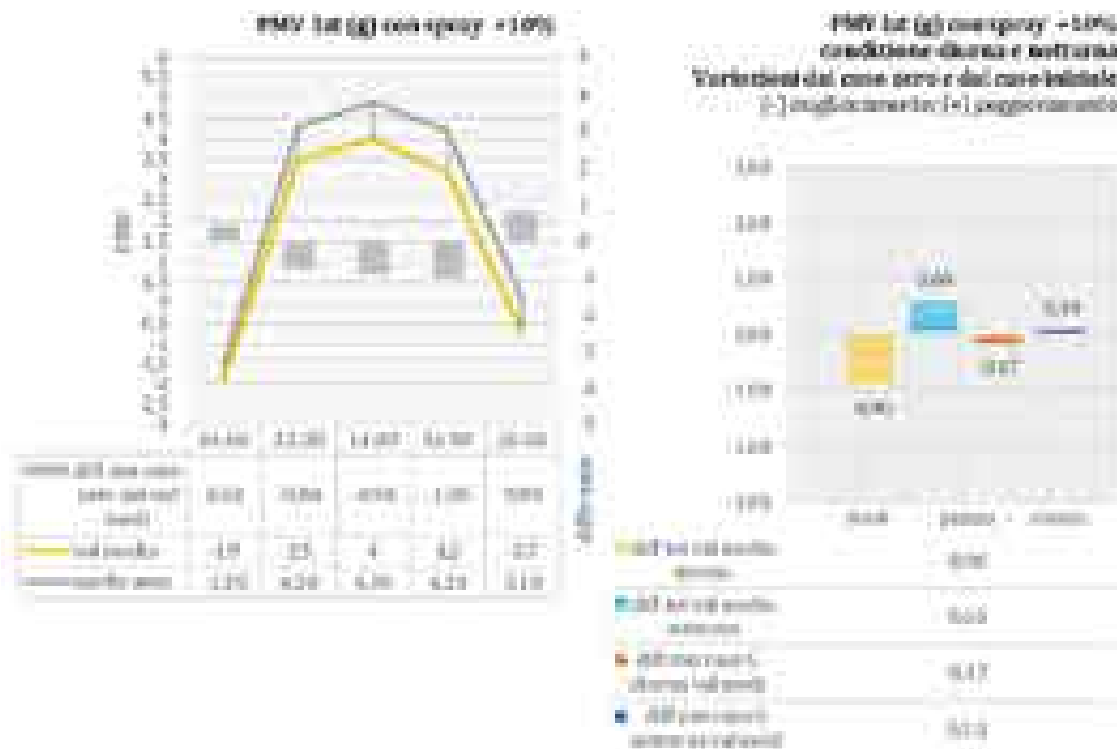


**T<sub>tar</sub> (C°) lat (g) con spray +10%**



**T<sub>tar</sub> (C°) lat (g) con spray +10%  
variabile con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**



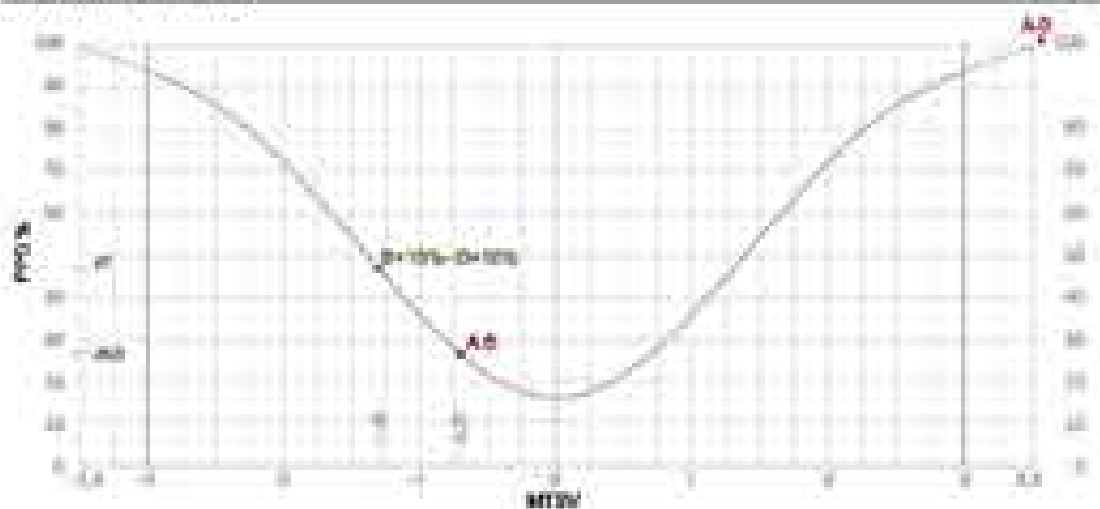


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	190,00	17,00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	3,57	-1,28

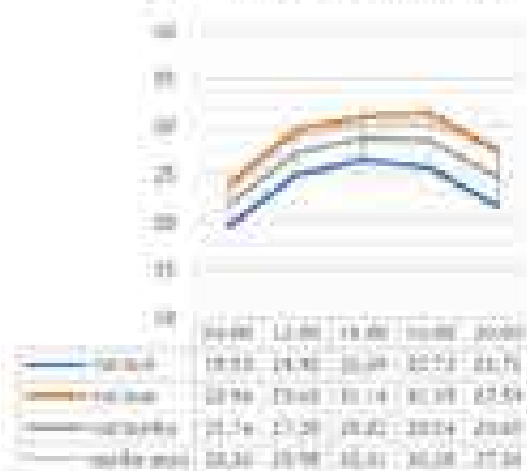
Diagramma PMV-PPD



SCENARI DI INTERVENTO  
SCENARI CON LAMA TRACQUA

SCHEDA DI RIFERIMENTO  
TESSUTO 5

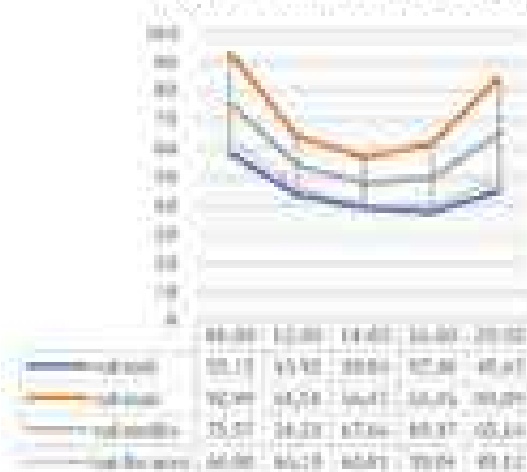
**Pa (C°) lastra centrale (B) con spray**



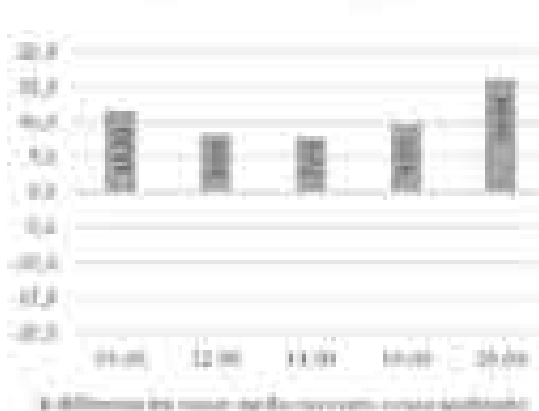
**Pa (C°) lastra centrale (B) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



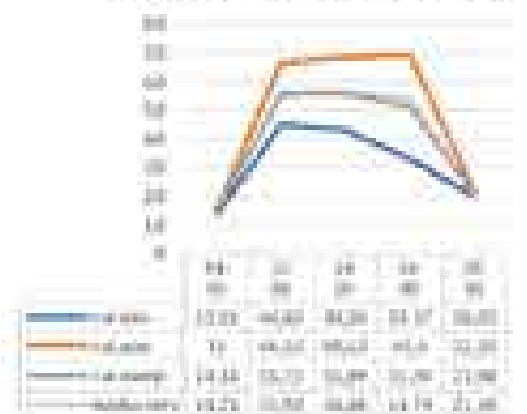
**HR (%) lastra centrale (B) con spray**



**HR (%) lastra centrale (B) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



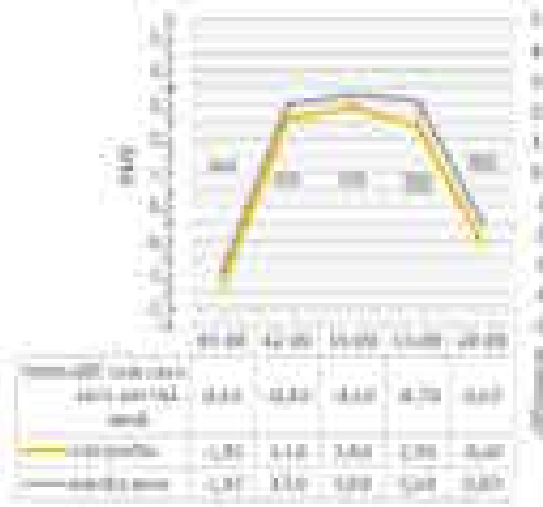
**Tm (C°) lastra centrale (B) con spray**



**Tm (C°) lastra centrale (B) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



PMV zona centrale (b) con spray



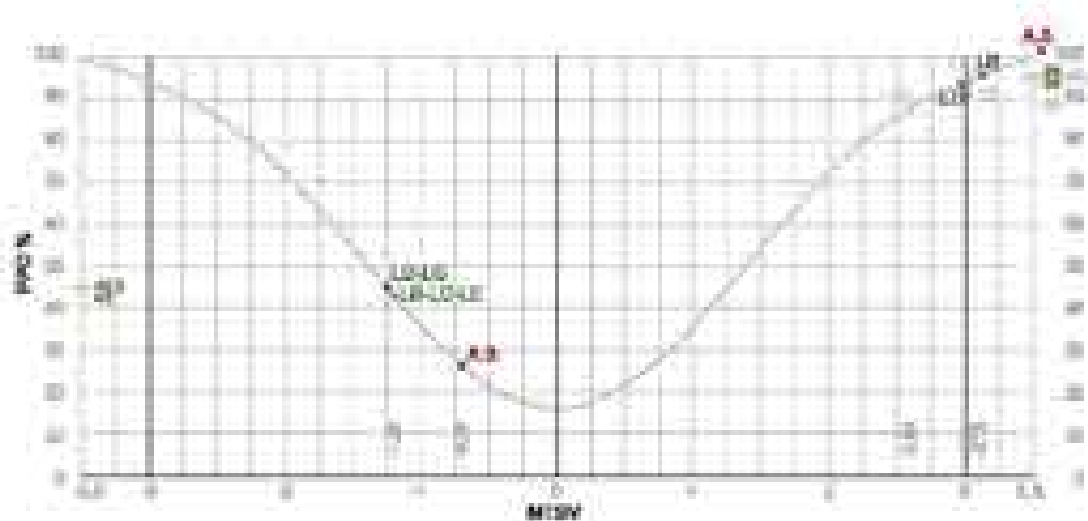
PMV zona centrale (b) con spray  
condizione diurna e notturna  
Variazioni dal caso base  
[-] miglioramenti, [+] peggioramenti



Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato		diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met		75,99	36,00
PPD valori medi RayMan		90,00	40,00
PMV valori del caso analizzato		diurno	notturno
PMV valori medi Envi-met		0,14	-0,95
PMV valori medi RayMan		0,03	-1,00

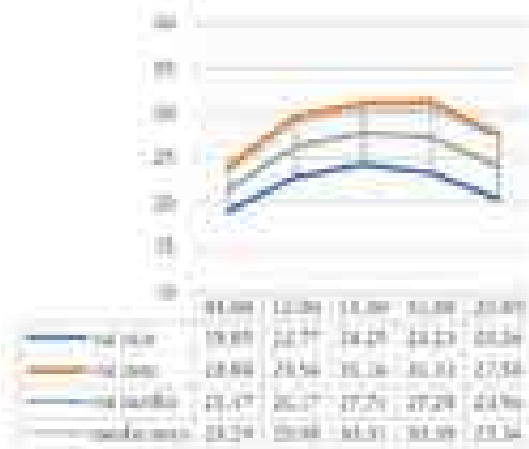
Diagramma PMV-PPD







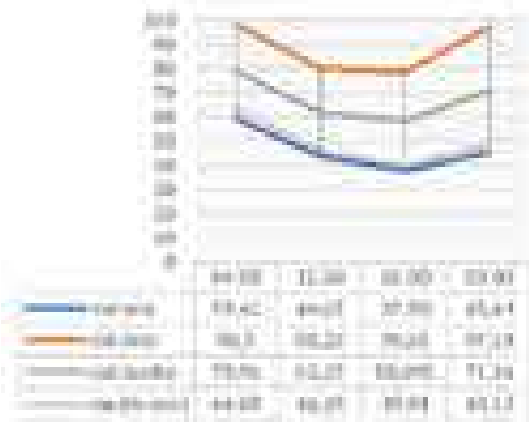
**Ta (C°) lama (D) con spray +10%**



**Ta (C°) lama (D) con spray +10%  
variazioni con caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



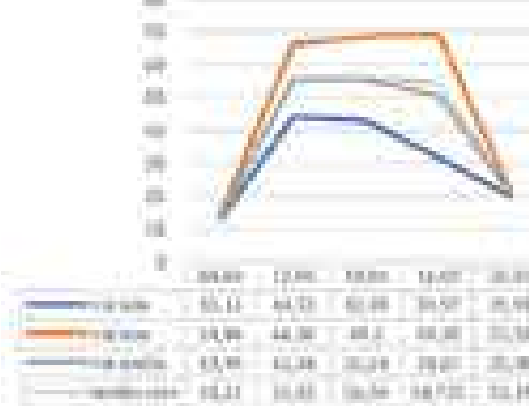
**UR (%) lama (D) con spray +10%  
sottovento soleggiato**



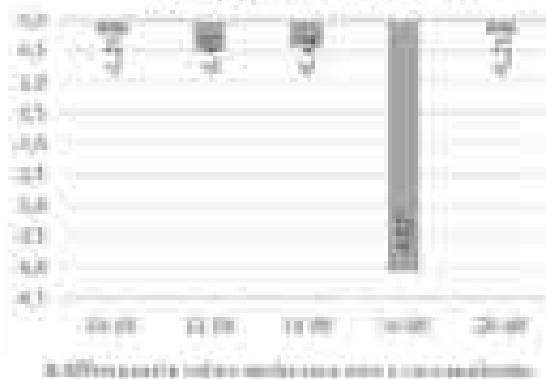
**UR (%) lama (D) con spray +10%  
sottovento soleggiato  
variazioni con caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



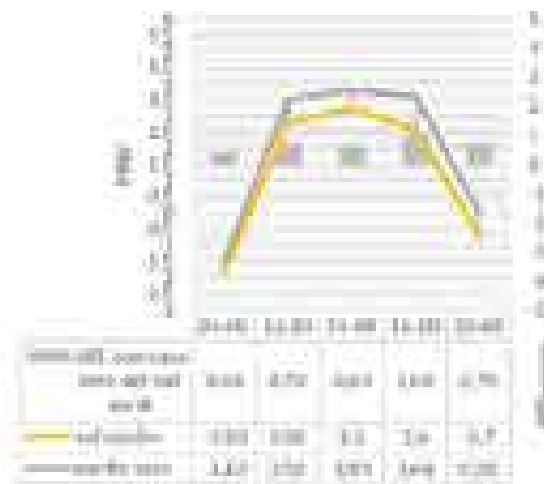
**Tau (C°) lama (D) con spray +10%**



**Tau (C°) lama (D) con spray +10%  
variazioni con caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



PMV Linea (h) con spray = 10%



PMV Linea (h) con spray = 10%  
condizione diurna e notturna

Tra i valori del caso verso il caso ideale (-) miglioramento (+) peggioramento

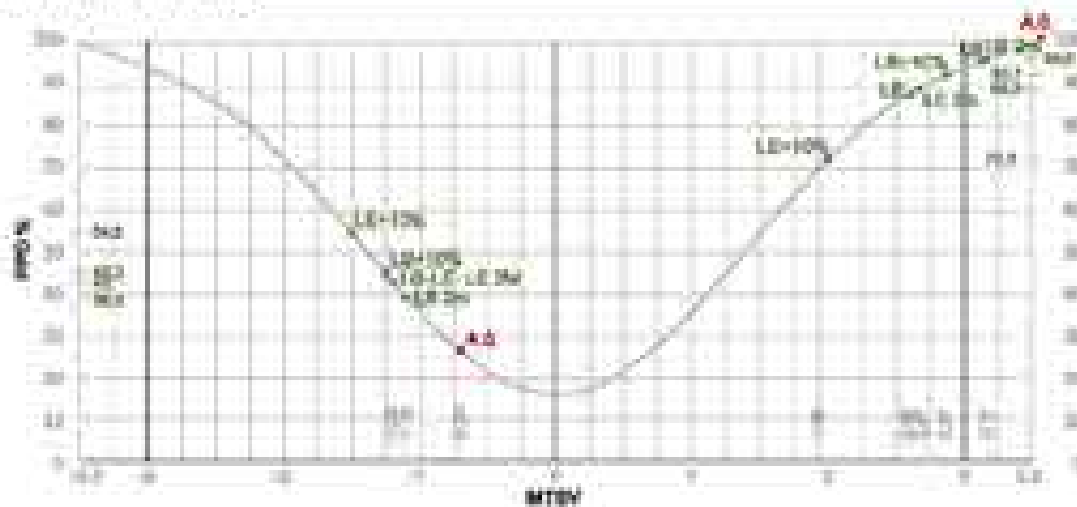


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

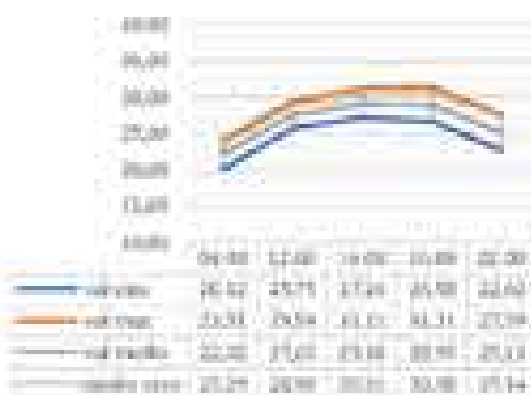
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	92.70	45.30

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1.27	-1.23

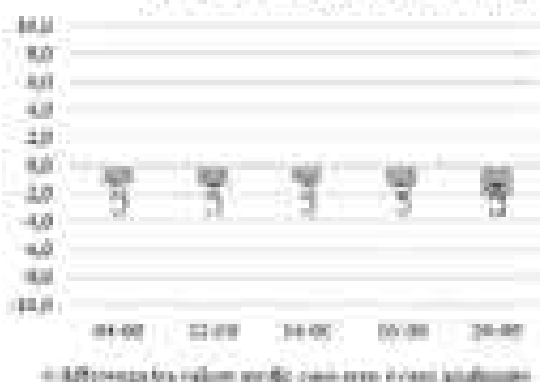
Diagramma PMV-PPD



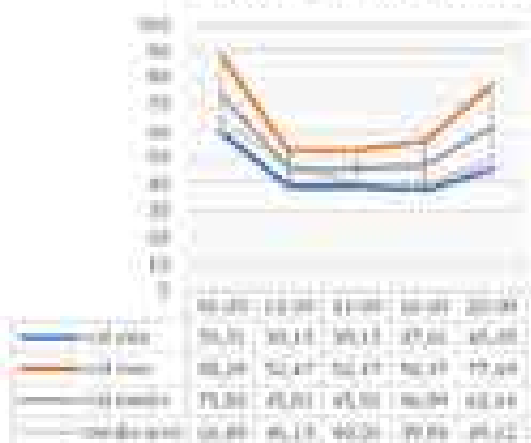
**Ta (C°) lama (B) con spray+2m**



**Ta (C°) lama (B) con spray+2m  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**



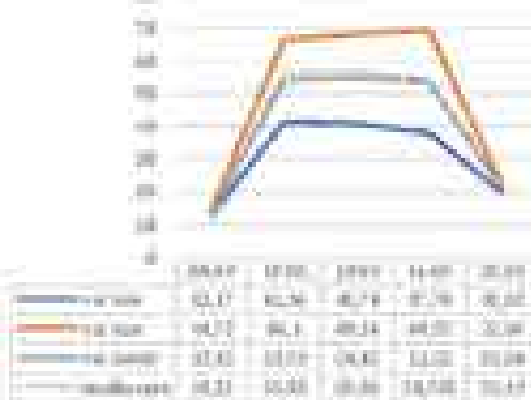
**MR (Pa) lama (B) con spray+2m**



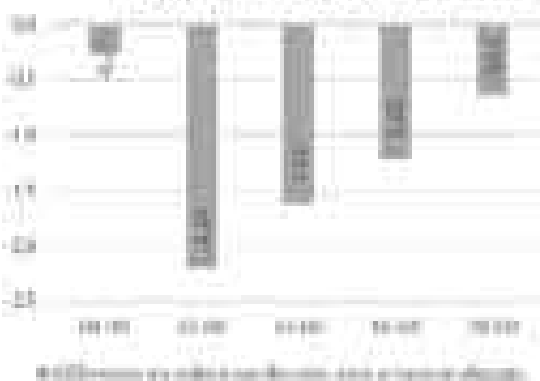
**MR (Pa) lama (B) con spray+2m  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**



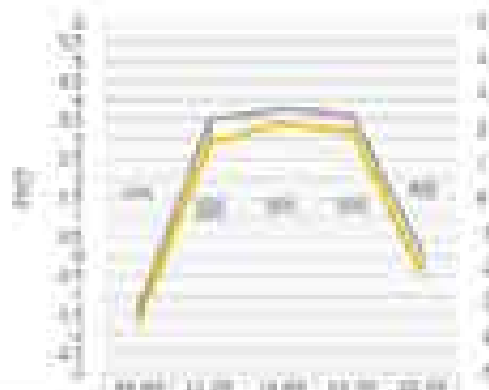
**Tur (C°) % lama (B) con spray+2m**



**Tur (C°) lama (B) con spray+2m  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento, (+) peggioramento**

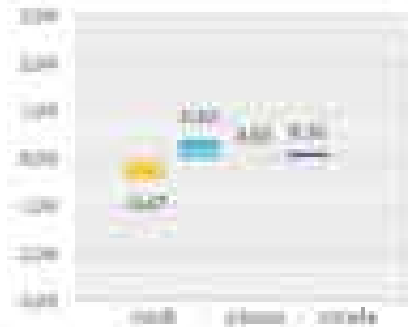


PMV (ora) (3a) con spray +2m



Intervallo (ore)	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
PMV con spray +2m	0,20	0,40	0,40	0,40	0,20
PMV medio	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2
PMV medio (ora)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

PMV (ora) (3a) con spray +2m  
risultato sero diurno e notturno  
Variazioni dal caso sero e dal caso notturno  
(-) miglioramento (+) peggioramento



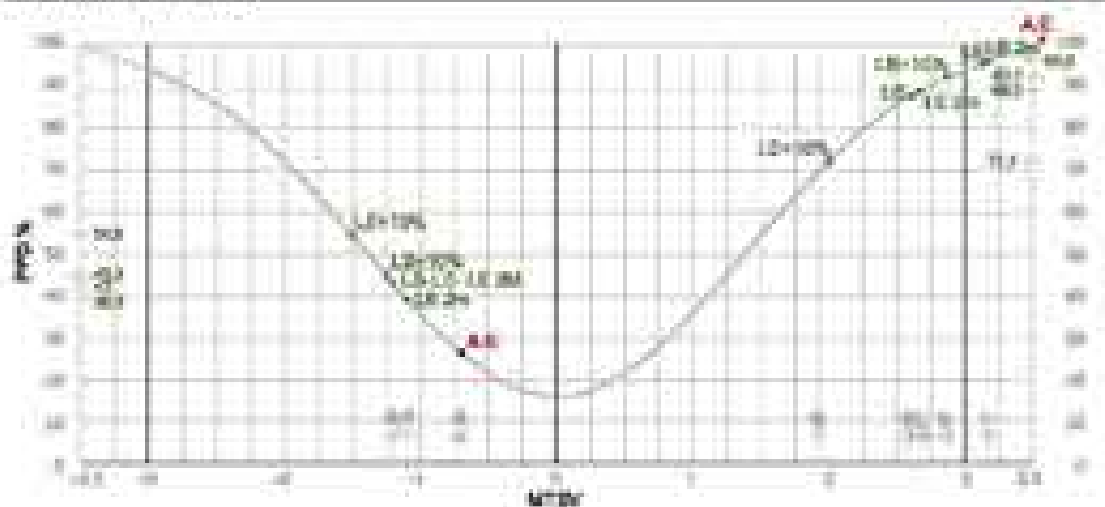
	diurno	notturno	totale
PMV con spray +2m	0,40		
PMV con spray +2m		0,40	
PMV con spray +2m			0,40
PMV con spray +2m			0,20
PMV con spray +2m			

Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

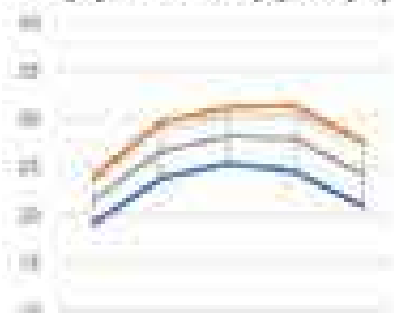
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	96,60	79,30

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,17	-1,10

Diagramma PMV-PPD

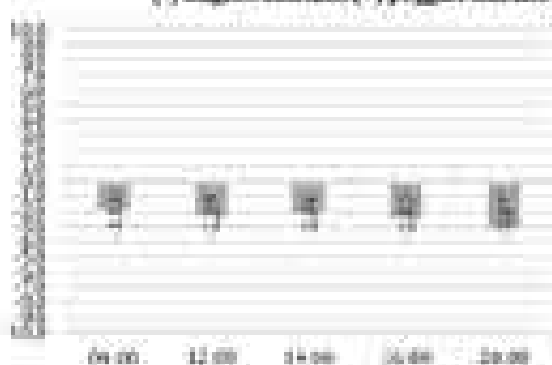


T<sub>1a</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray



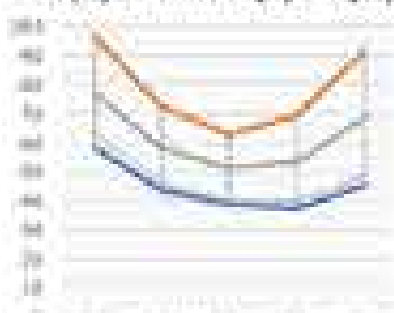
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
spray	19,32	21,76	25,4	24,54	20,96
spray+sol	22,89	25,64	31,14	31,36	27,58
spray+sol+gel	21,26	24,78	29,27	27,88	24,28
spray+sol+gel+gel	23,26	27,99	33,31	33,38	27,34

T<sub>1a</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray  
variazioni con caso serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



diff. tra serie consecutive con spray (miglioramento)

T<sub>1b</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray



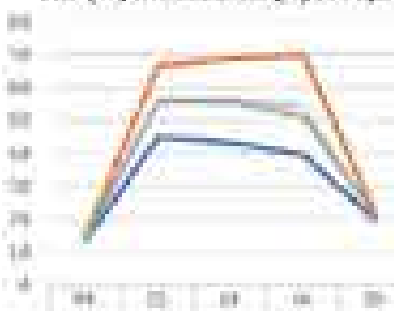
	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
spray	58,27	44,9	38,86	37,27	45,61
spray+sol	60,63	52,7	45,85	46,91	56,89
spray+sol+gel	57,42	51,36	41,13	39,84	46,54
spray+sol+gel+gel	60,88	44,18	38,61	39,84	45,12

T<sub>1b</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray  
variazioni con caso serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



diff. tra serie consecutive con serie a caso (miglioramento)

T<sub>1c</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray

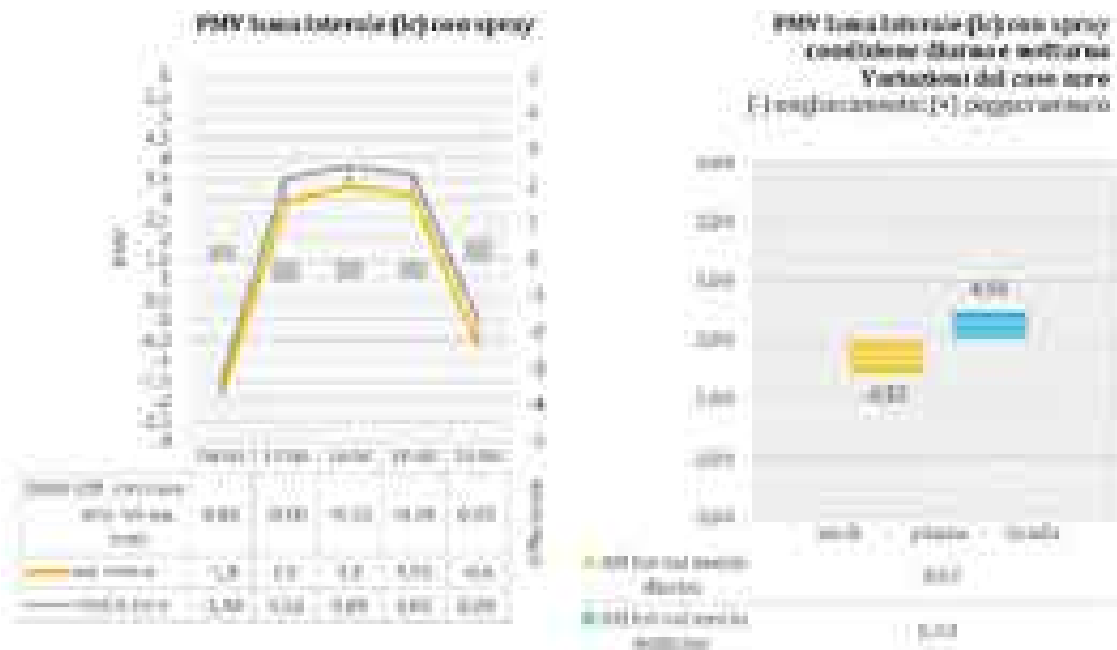


	09:00	12:00	14:00	16:00	20:00
spray	12,27	16,85	24,24	24,27	20,82
spray+sol	14,98	20,71	28,82	29,26	22,11
spray+sol+gel	14,4	18,74	26,89	24,89	21,48
spray+sol+gel+gel	14,11	18,88	28,89	28,24	22,11

T<sub>1c</sub> (C°) lama laterale (lc) con spray  
variazioni con caso serie  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



diff. tra serie consecutive con serie a caso (miglioramento)



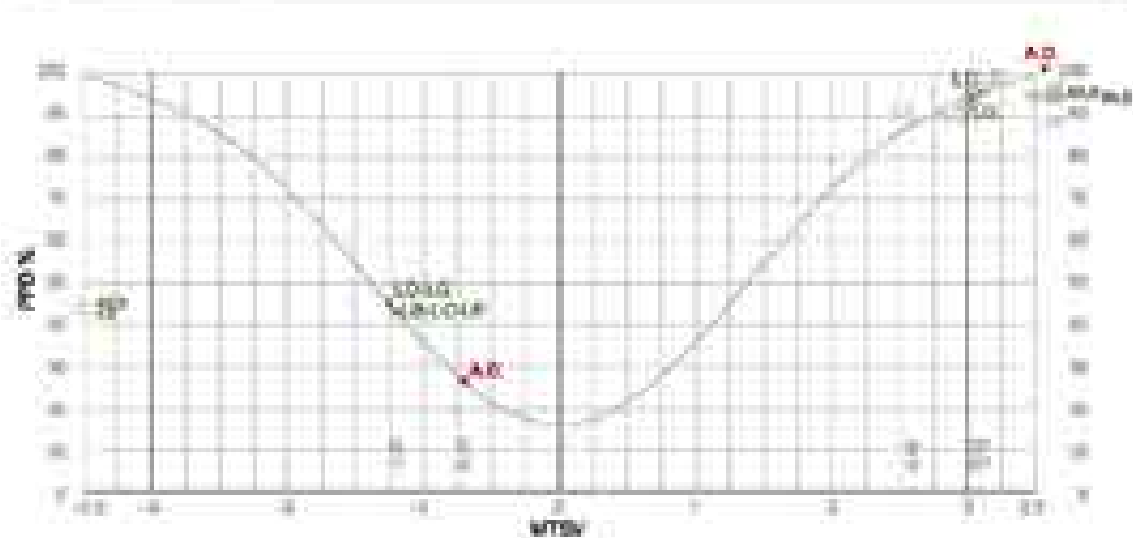
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato		
	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	71,37	40,45
PPD valori medi RayMan	63,38	41,00

PMV valori del caso analizzato		
	diurno	notturno
PMV valori medi Envi-met	1,06	-1,07
PMV valori medi RayMan	1,19	-1,10

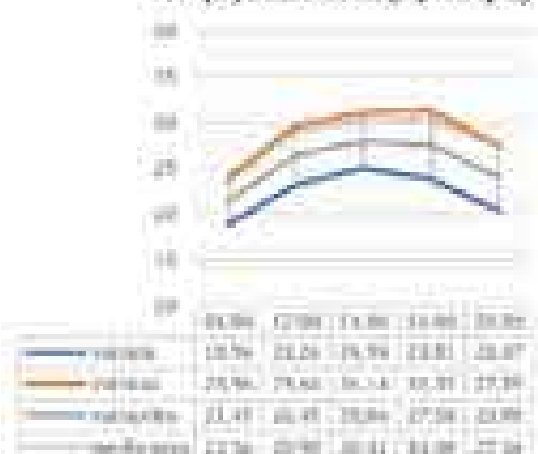
Diagramma PMV-PPD



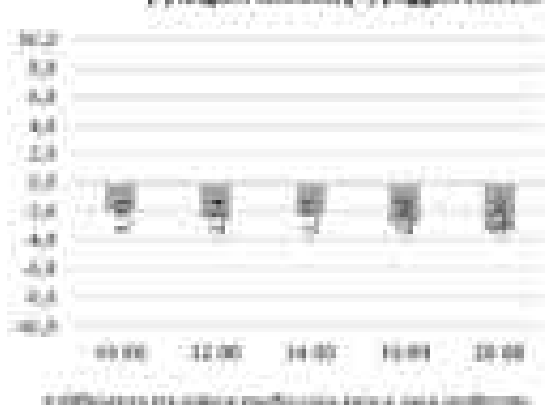




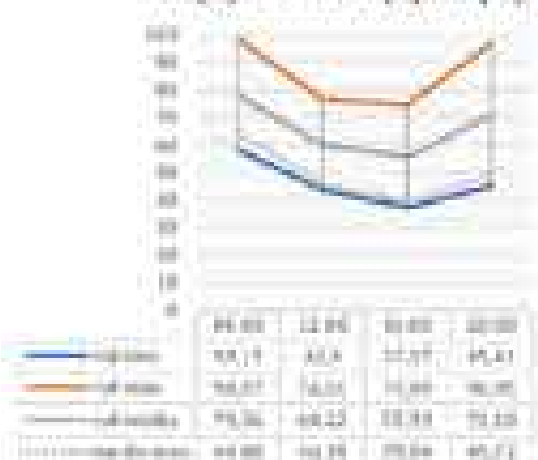
**Ta (C°) lama laterale (LD) con spray**



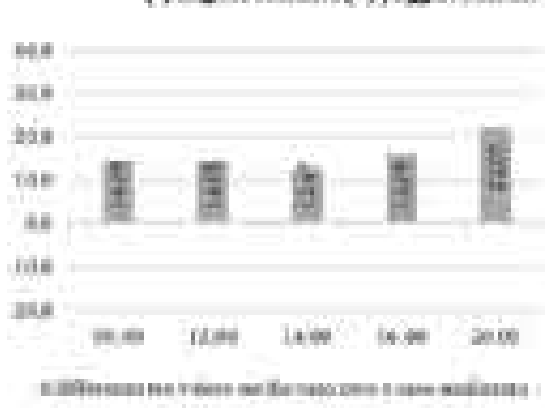
**Ta (C°) lama laterale (LD) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



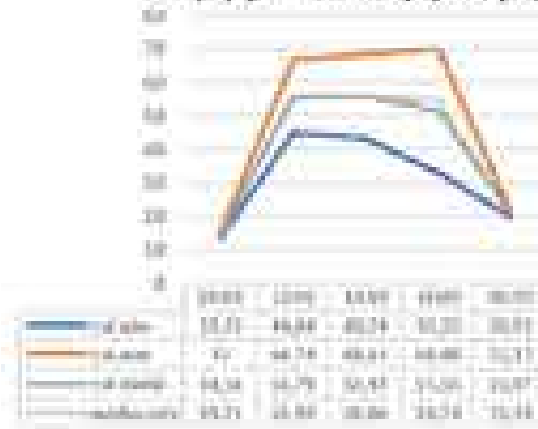
**HR (%) lama laterale (LD) con spray**



**HR (%) lama laterale (LD) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



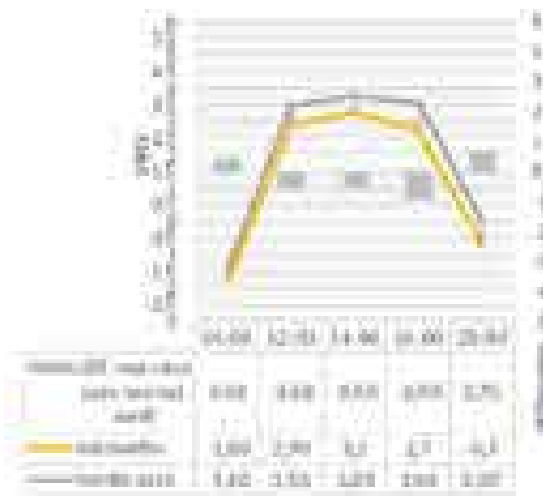
**Tmax (C°) lama laterale (LD) con spray**



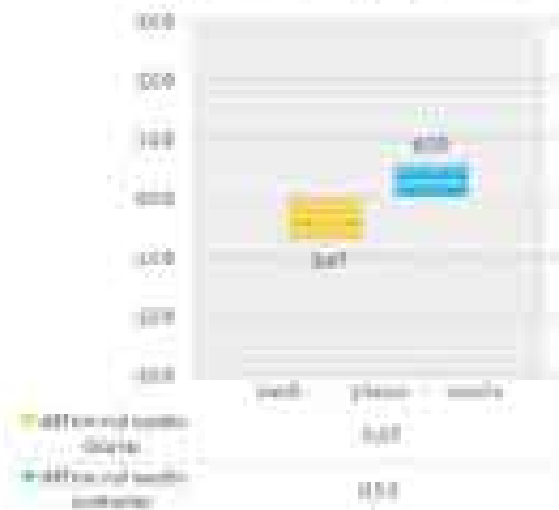
**Tmax (C°) lama laterale (LD) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento**



PMV zona laterale (M) con spray



PMV zona laterale (M) con spray  
 coefficiente di dispersione laterale  
 Variante del caso non  
 miglioramenti (+) peggiore caso



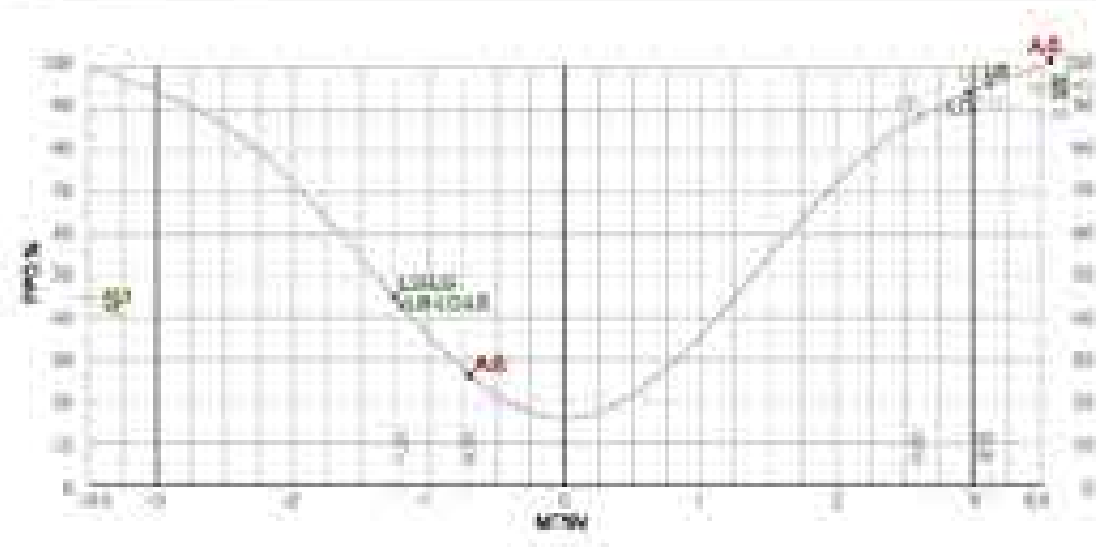
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	giorno	notturno
PPD valori medi Envi-met	68,55	41,25
PPD valori medi RayMan	94,00	40,00

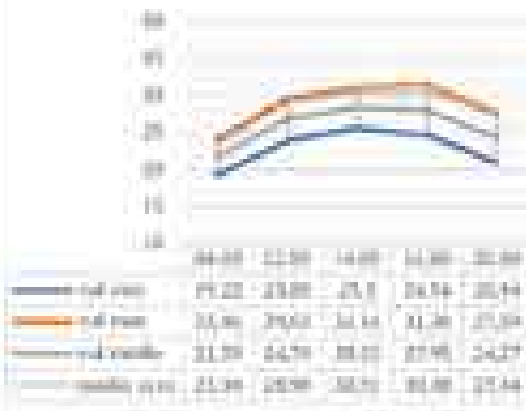
PMV valori del caso analizzato	giorno	notturno
PMV valori medi Envi-met	2,97	-1,08
PMV valori medi RayMan	2,97	-1,25

Diagramma PMV-PPD

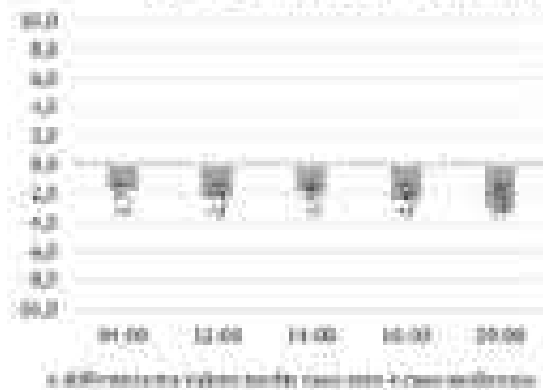




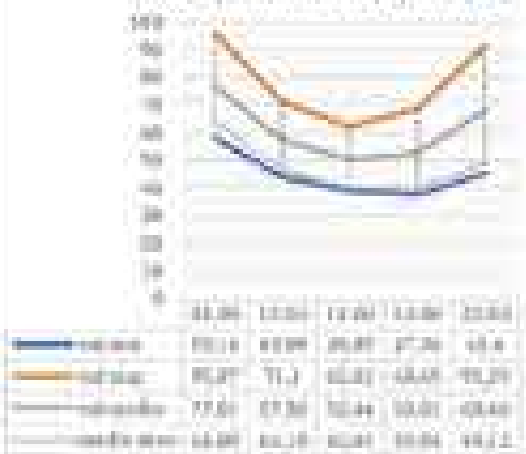
**P<sub>1</sub> (C°) lama laterale (le) con spray**



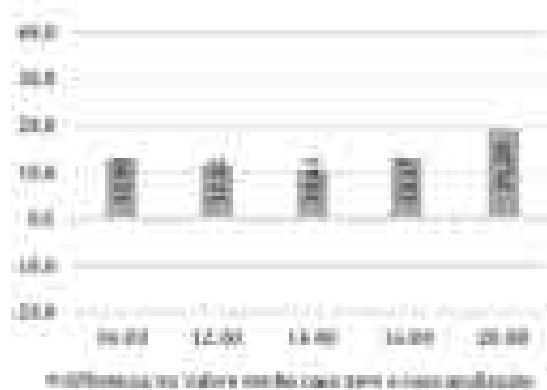
**T<sub>1</sub> (C°) lama laterale (le) con spray  
verticale con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



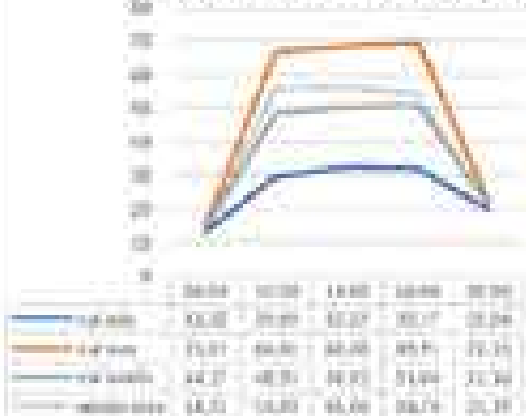
**HR (%) lama laterale (le) con spray**



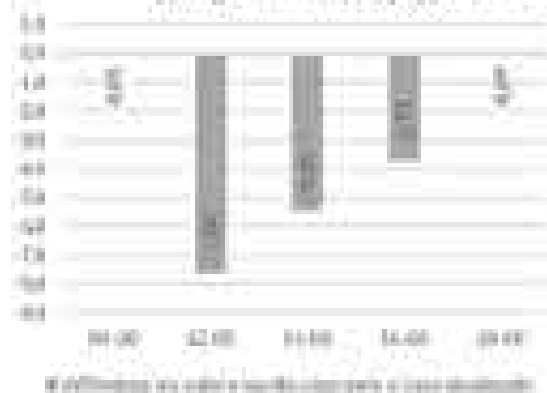
**HR% lama laterale (le) con spray  
verticale con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



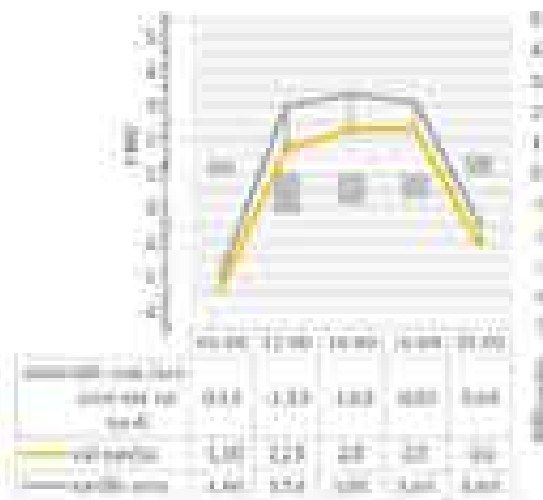
**T<sub>air</sub> (C°) ? lama laterale (le) con spray**



**T<sub>air</sub> (C°) lama laterale (le) con spray  
verticale con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV lama laterale (b) con spray



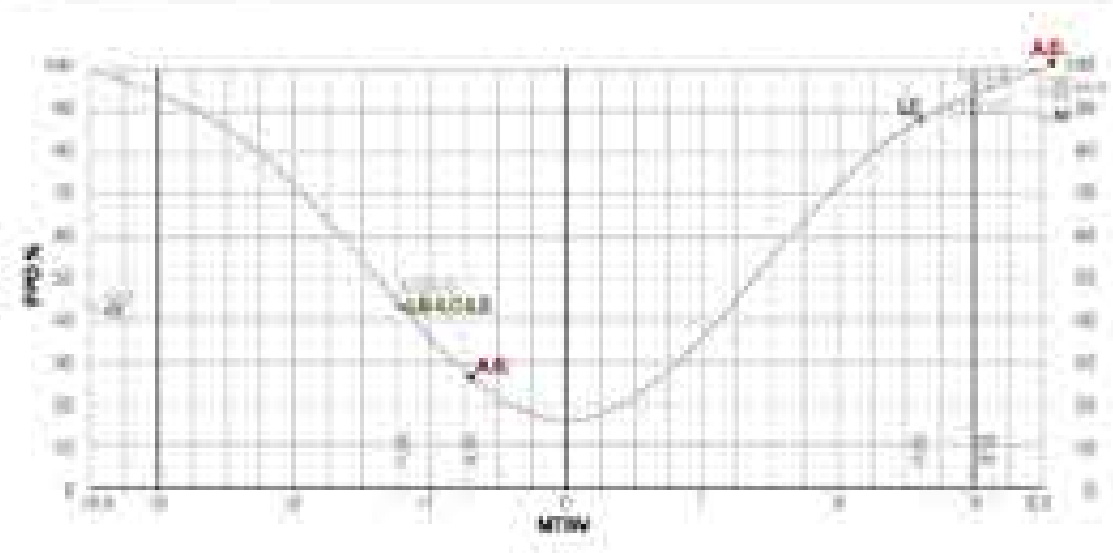
PMV lama laterale (c) con spray  
condizione diurna e notturna  
Variazioni dal caso base  
(-) miglioramenti (+) peggioramenti



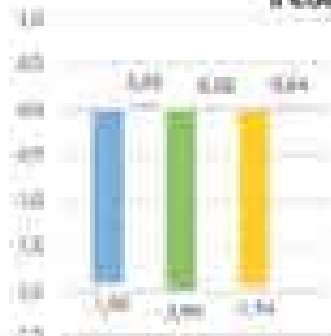
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	55,48	33,87
PPD valori medi RayMan	38,00	43,00
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi Envi-met	2,83	-1,01
PMV valori medi RayMan	2,60	-1,20

Diagramma PMV-PPD



**MOCI (area laterale (le) con spray**  
**h. 9.00**



h. 9.00	
Area laterale (le)	1.70
MOCI area laterale (le) con spray	0.84
Area laterale (le)	2.00
MOCI area laterale (le) con spray	0.90
MOCI area laterale (le) con spray	0.84
MOCI area laterale (le) con spray	0.84

**MOCI (area laterale (le) con spray**  
**h. 11.00**



h. 11.00	
Area laterale (le)	1.00
MOCI area laterale (le) con spray	0.80
Area laterale (le)	1.00
MOCI area laterale (le) con spray	0.80
MOCI area laterale (le) con spray	0.78
MOCI area laterale (le) con spray	0.78

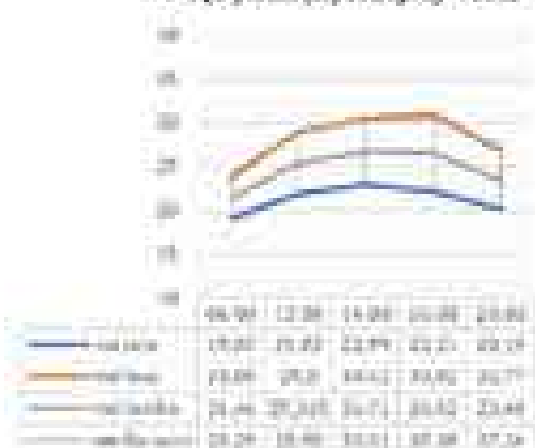
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 10.00**

Area laterale (le) con spray		h. 10.00
1.00	1.00	1.00
0.90	0.90	0.90
0.84	0.84	0.84
0.80	0.80	0.80
0.78	0.78	0.78
0.78	0.78	0.78

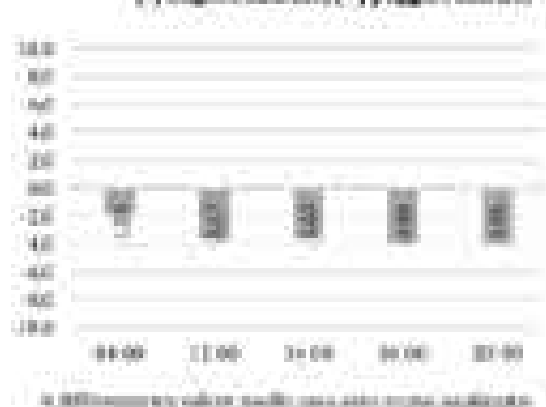
**Calcolo dell'indice MOCI in 6 punti del modello - ore 11.00**

Area laterale (le) con spray		h. 11.00
1.00	1.00	1.00
0.80	0.80	0.80
0.78	0.78	0.78
0.78	0.78	0.78
0.78	0.78	0.78
0.78	0.78	0.78

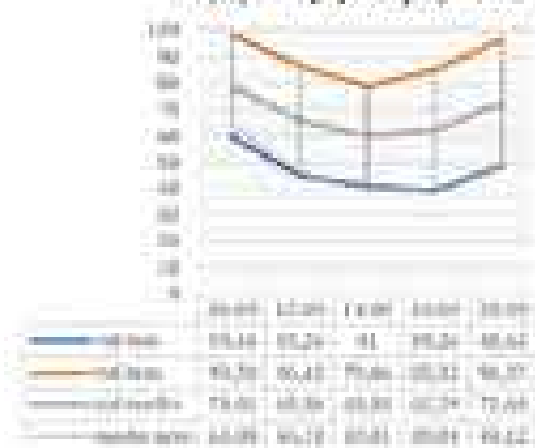
**Ta (C°) lama (L) con spray + 10%**



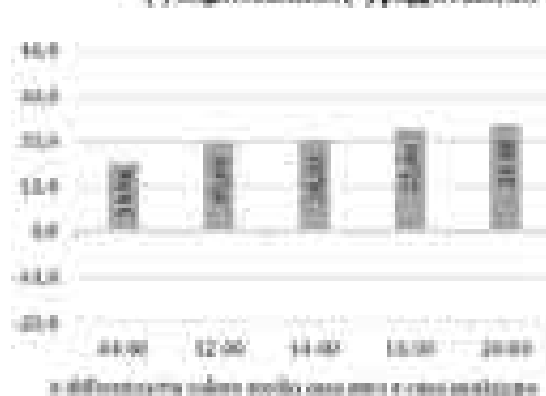
**Ta (C°) lama (L) con spray +10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



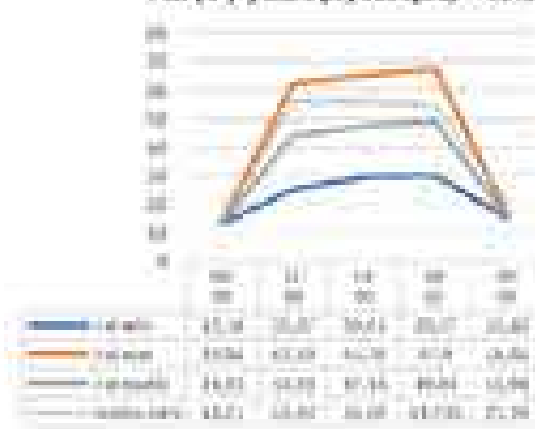
**UR (%) lama (L) con spray + 10%**



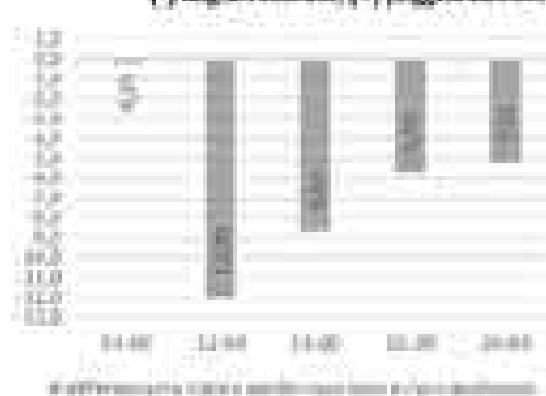
**UR (%) lama (L) con spray + 10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**

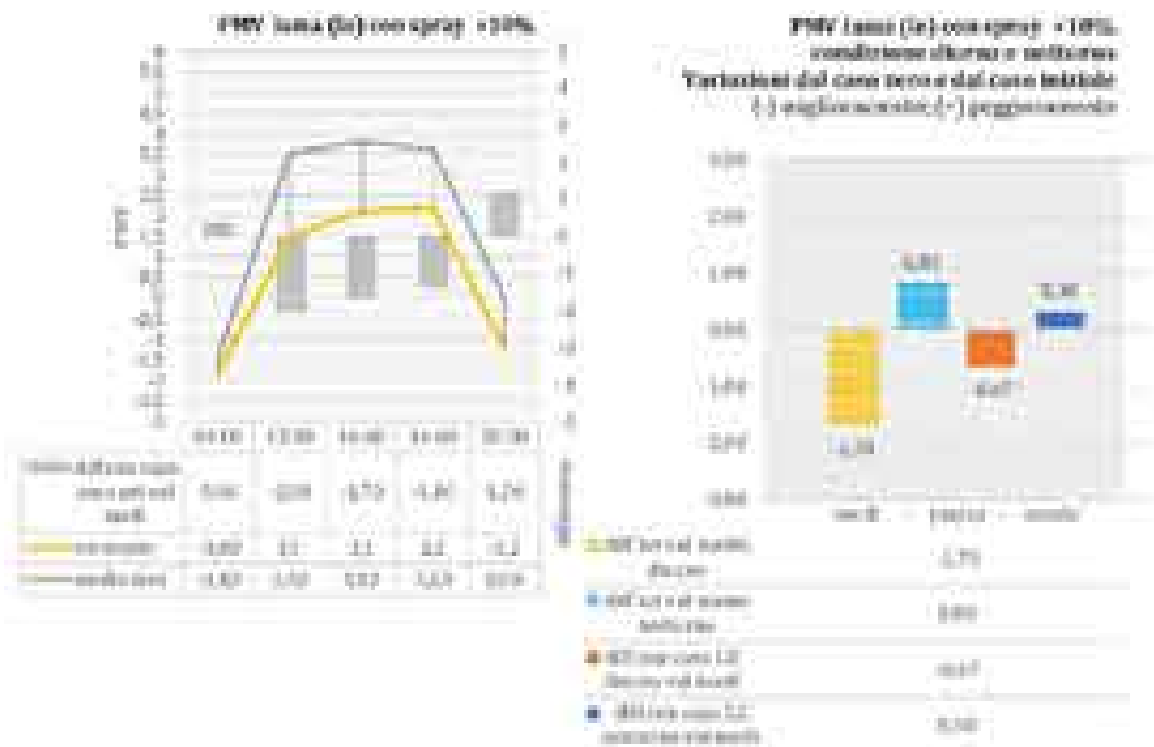


**Tair (C°) lama (L) con spray + 10%**



**Tair (C°) lama (L) con spray + 10%  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



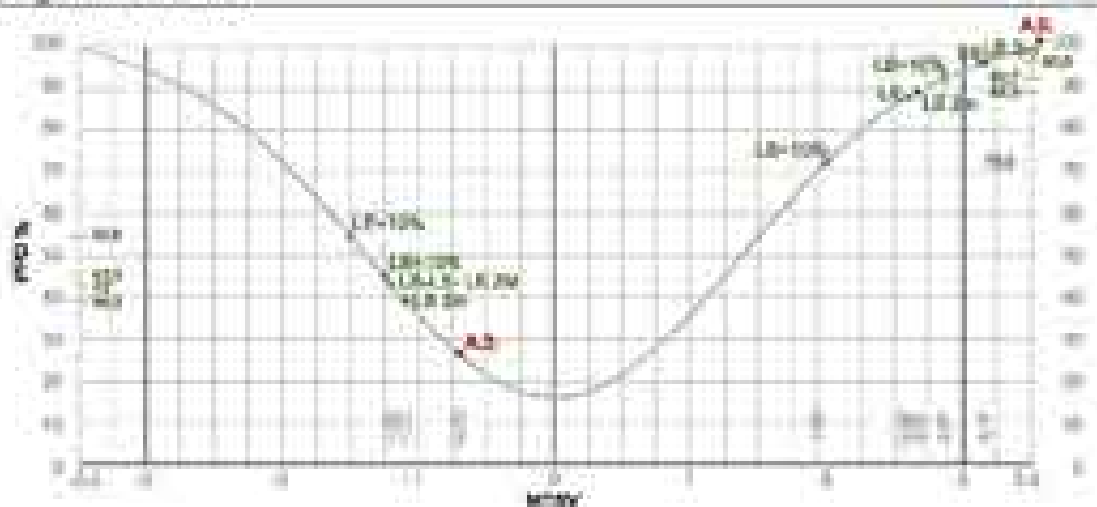


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

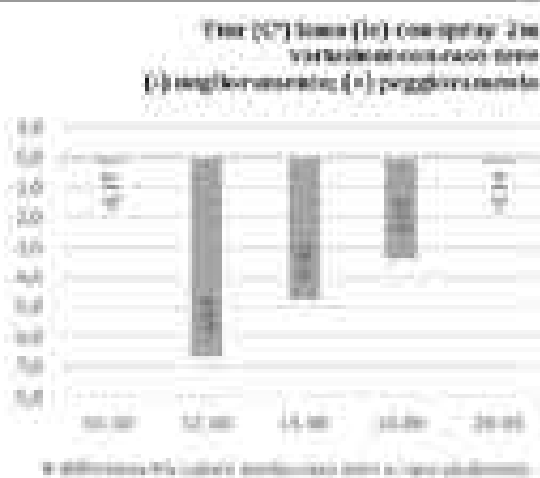
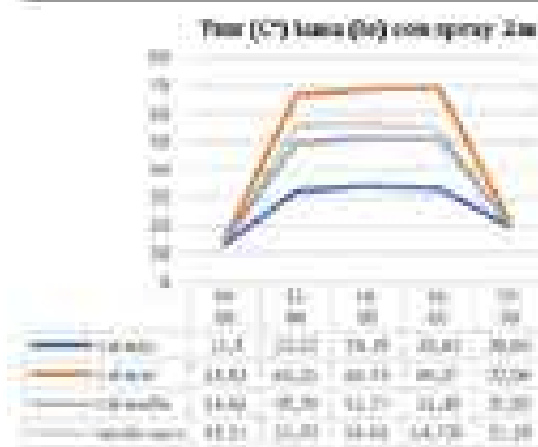
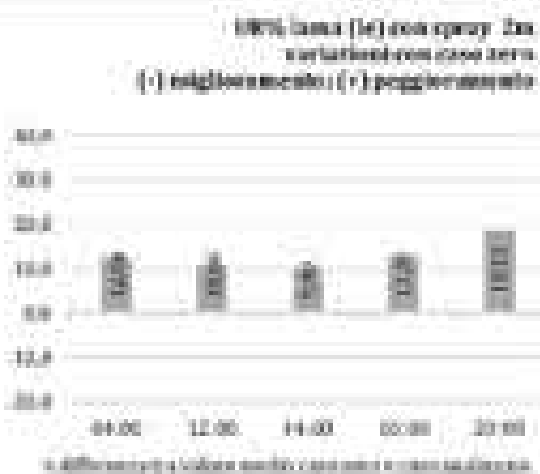
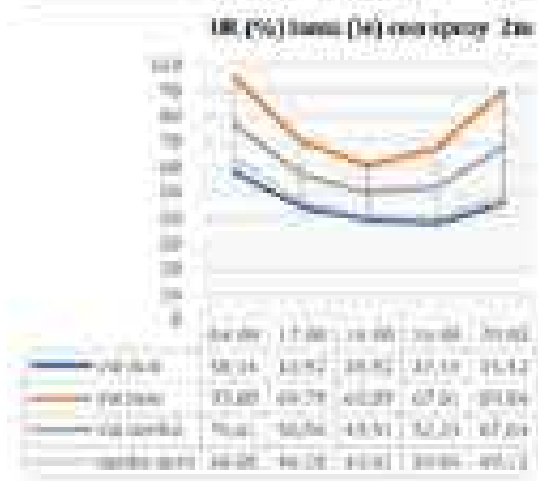
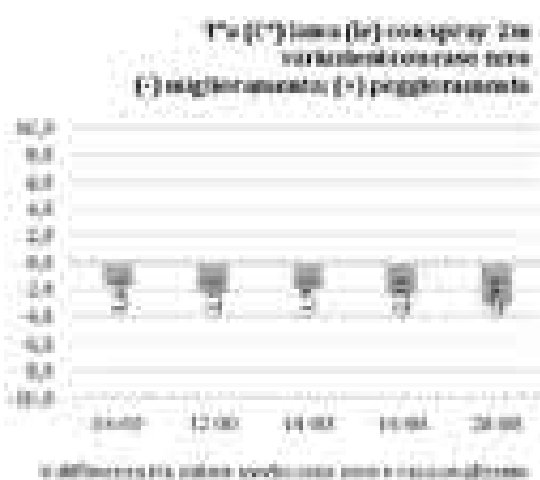
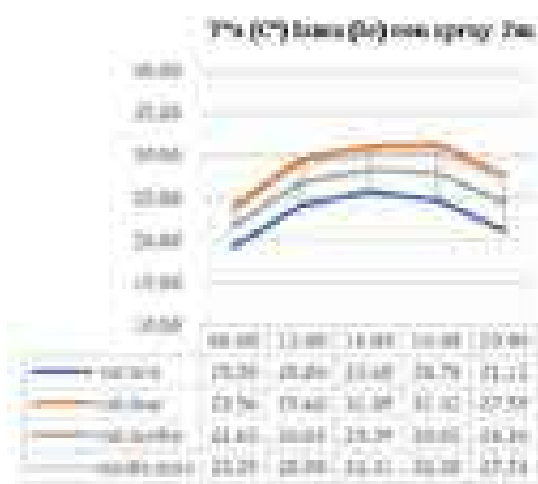
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	72,30	54,60

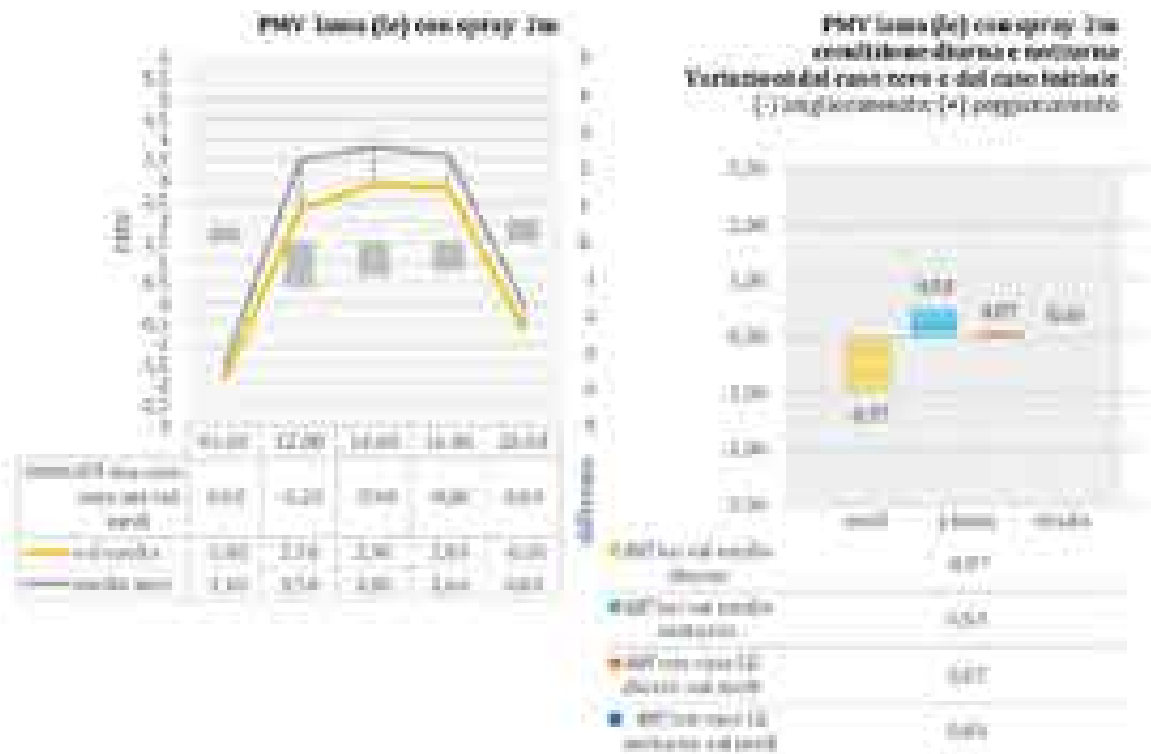
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,01	-1,50

Diagramma PMV-PPD







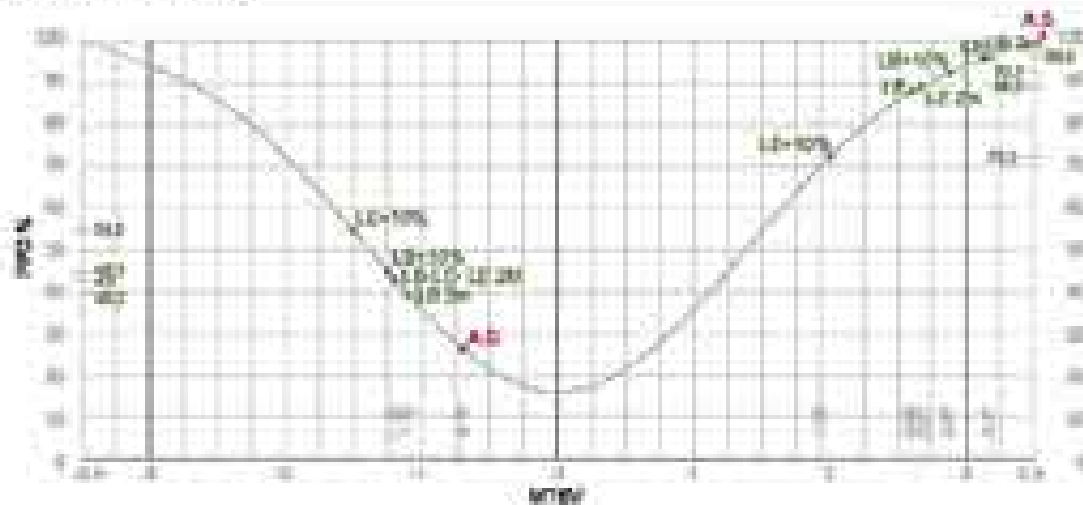


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

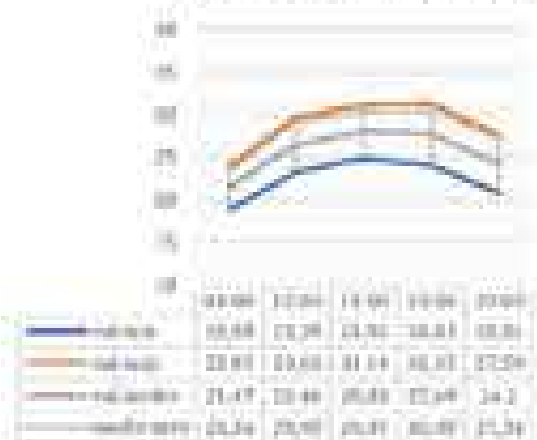
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	99.20	11.00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	2.67	-1.20

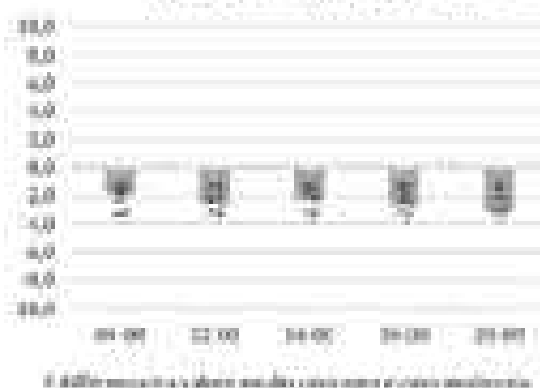
Diagramma PMV-PPD



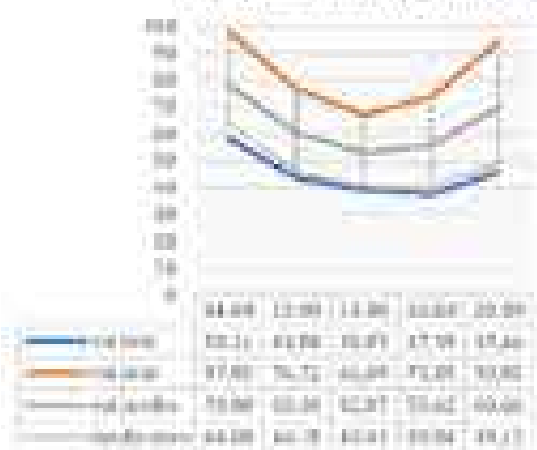
**T% (C°) lama laterale (lg) con spray**



**T% (C°) lama laterale (lg) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



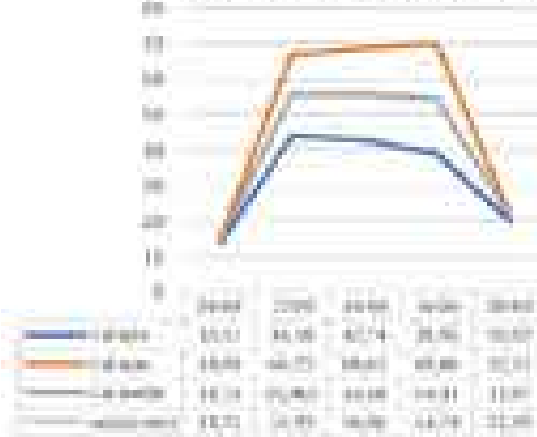
**UR% (lg) lama laterale (lg) con spray**



**UR% lama laterale (lg)  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



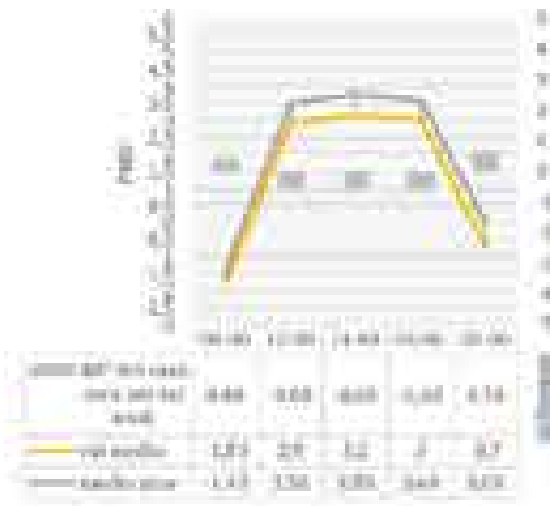
**Tur (C°) lama laterale (lg) con spray**



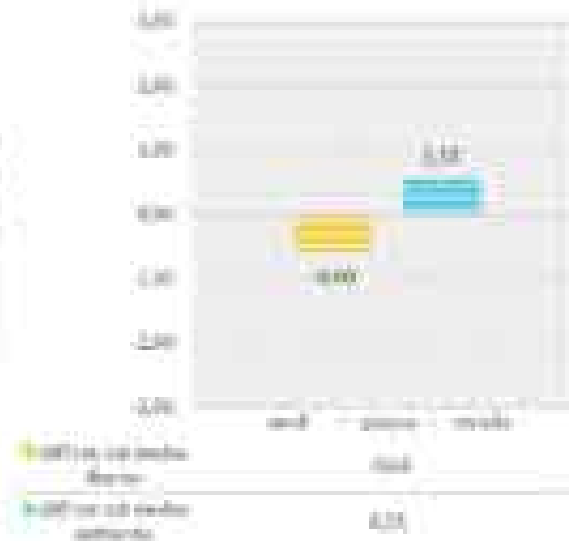
**Tur (C°) lama laterale (lg) con spray  
variazioni con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV laesa laterale (lg) non spray



PMV laesa laterale (lg) non spray  
 condizioni diurne e notturne  
 Variabili del caso base  
 (-) miglioramento, (+) peggioramento



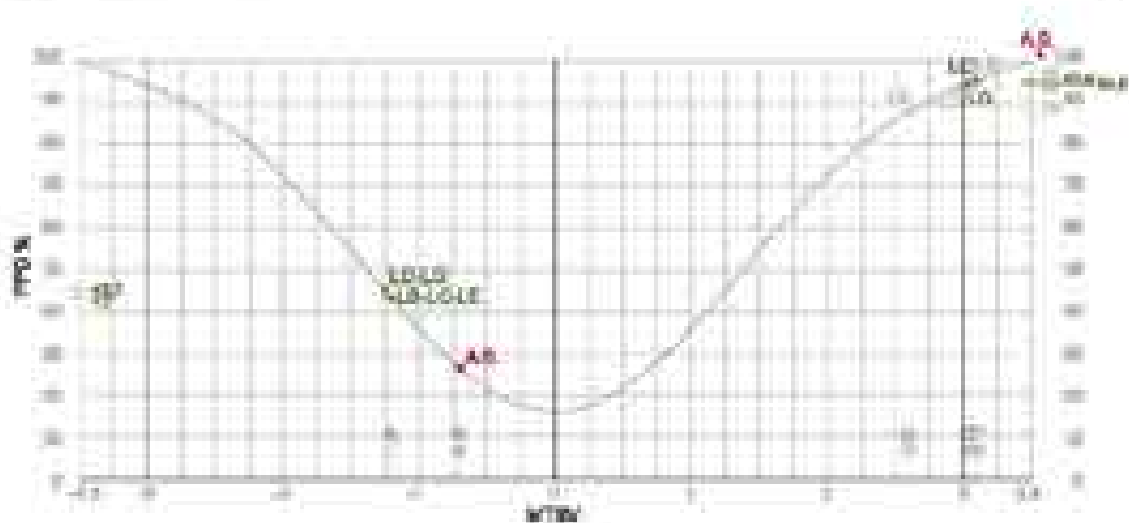
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi Envi-met	75,93	40,22
PPD valori medi RayMan	94,20	40,00

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi Envi-met	1,15	-1,05
PMV valori medi RayMan	1,03	-1,26

Diagramma PMV-PPD



**MCCI lama laterale (lg) con spray  
a 9.00**



a 9.00	
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000

**MCCI lama laterale (lg) con spray  
a 11.00**



a 11.00	
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000
Modello	100
Modello	1000
Modello	10000

**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello a 9.00**

Modello	MCCI
100	0.60
1000	0.65
10000	0.60
100	0.60
1000	0.65
10000	0.60
100	0.60
1000	0.65
10000	0.60

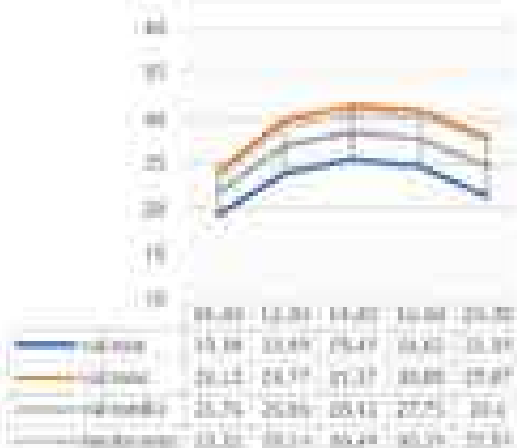
**Calcolo dell'indice MCCI in 6 punti del modello a 11.00**

Modello	MCCI
100	0.70
1000	0.45
10000	0.65
100	0.70
1000	0.45
10000	0.65
100	0.70
1000	0.45
10000	0.65

SCENARI DI INTERVENTO  
SCENARI CON LAMA TRACQUA

SCHEDA DI RIFERIMENTO  
TESSUTO D

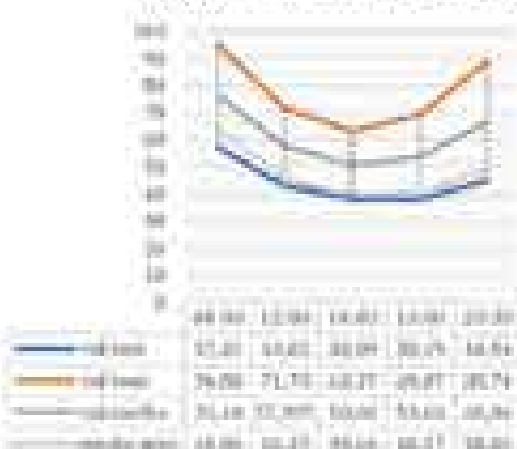
Ta (C°) lama centrale (B) con spray



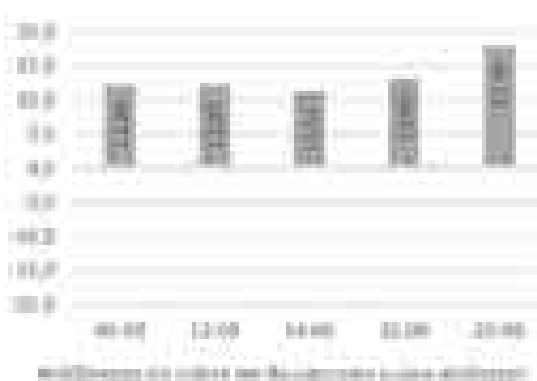
Ta (C°) lama centrale (B) con spray  
variabilesi con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



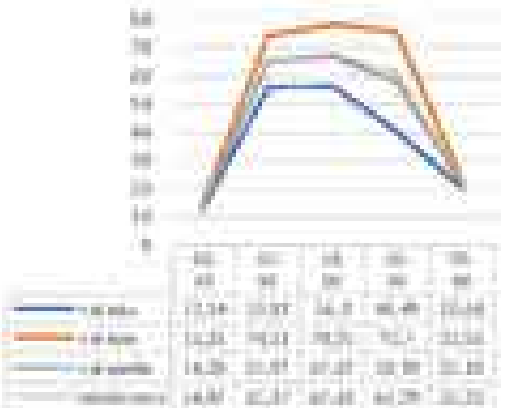
HR (%) lama centrale (B) con spray



HR (%) lama centrale (B) con spray  
variabilesi con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



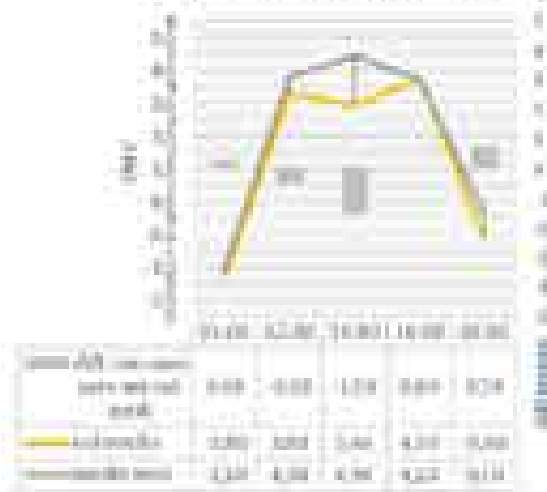
Tau (C°) lama centrale (B) con spray



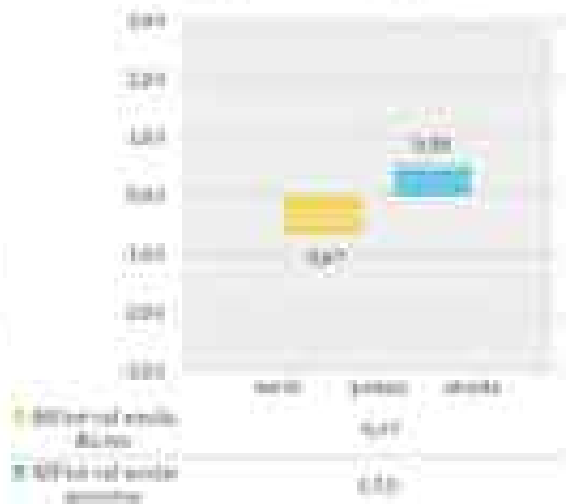
Tau (C°) lama centrale (B) con spray  
variabilesi con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



PMV linea centrale (B) con spray



PMV linea centrale (B) con spray  
condizioni diurne e notturne  
Variazioni dal caso zero  
(-) miglioramento (+) peggioramento

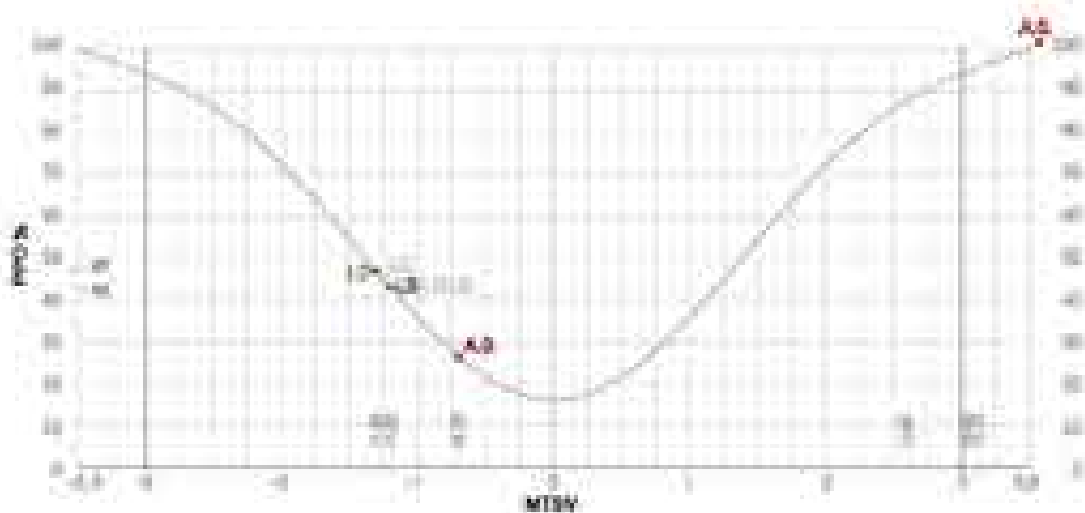


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	43,60

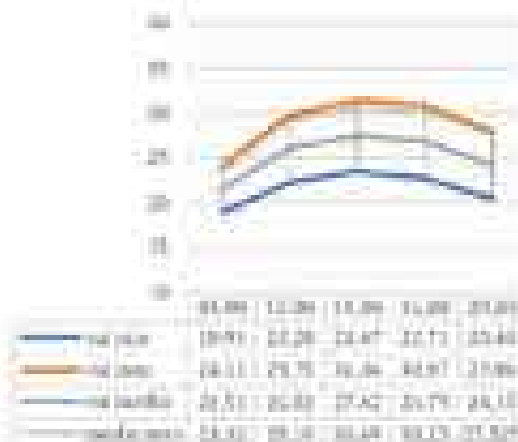
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	3,00	-1,20

Diagramma PMV-PPD

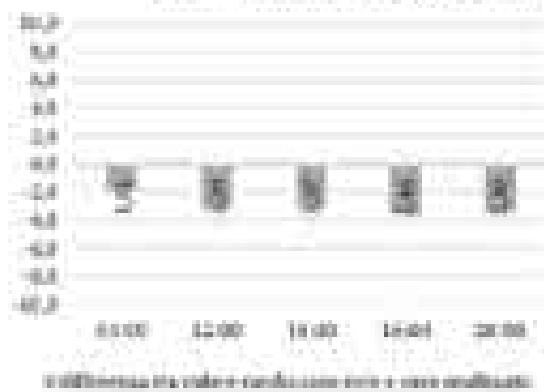




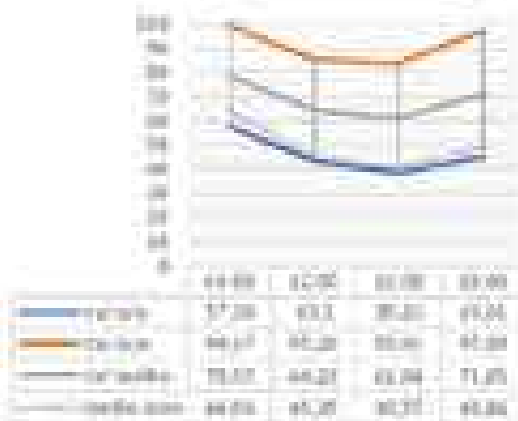
**T<sub>a</sub> (°C) lama (B) con spray 10%**



**T<sub>a</sub> (°C) lama (B) con spray + 10% variabili con caso zero**  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento



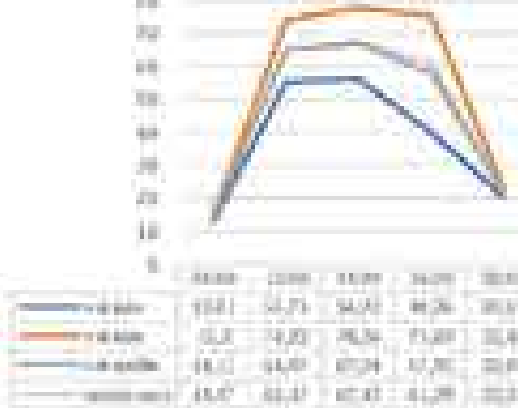
**HR (%) lama (B) con spray 10% nell'area sottile**



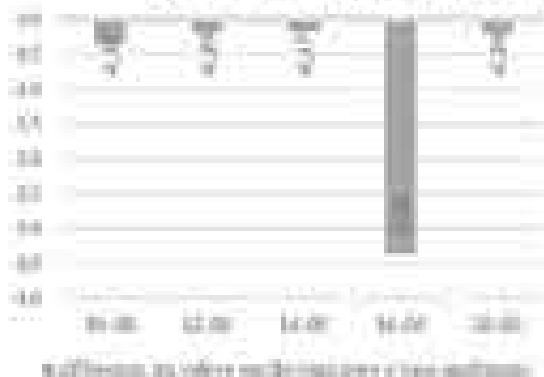
**HR (%) lama (B) con spray + 10% sottile, soleggiata variabili con caso zero**  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento



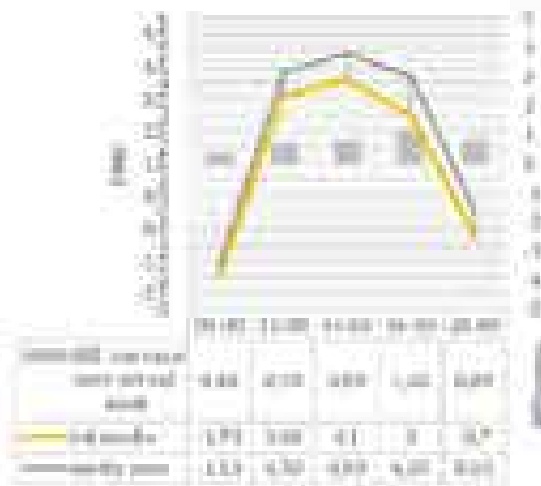
**T<sub>air</sub> (°C) lama (B) con spray + 10%**



**T<sub>air</sub> (°C) lama (B) con spray + 10% variabili con caso zero**  
 (-) miglioramento; (+) peggioramento



PMV (caso [B]) con spray = 10%



PMV (caso [B]) con spray = 10%  
condizioni diurne e notturne  
Variazioni del caso zero e del caso limite  
(-) miglioramenti (+) peggioramenti

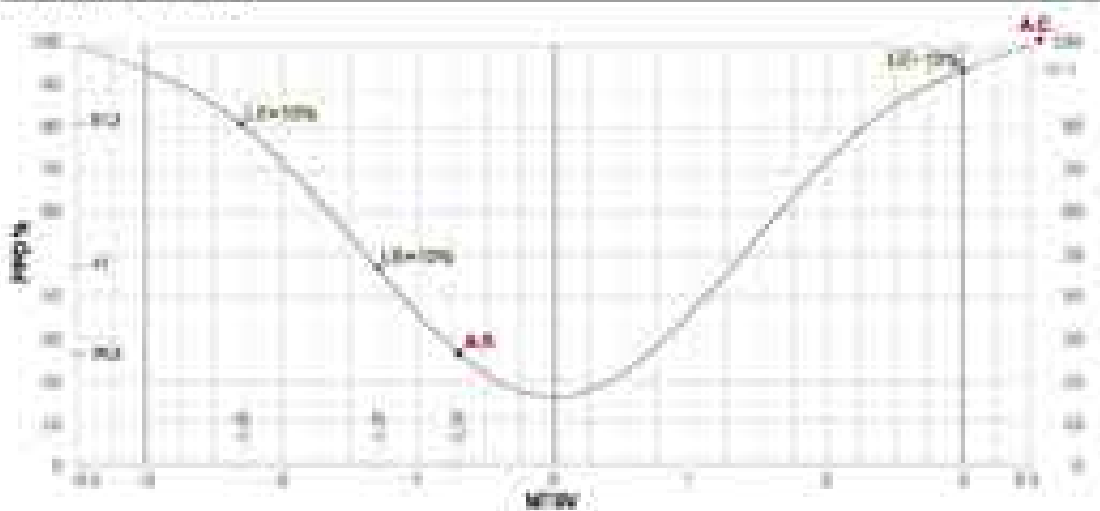


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

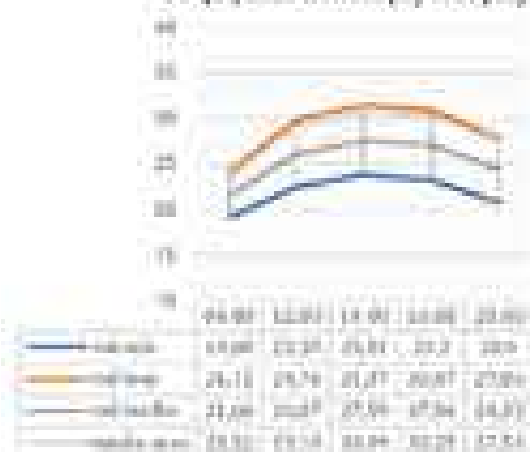
PPD valori del caso analizzato	giorno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	17,00

PMV valori del caso analizzato	giorno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,57	-1,28

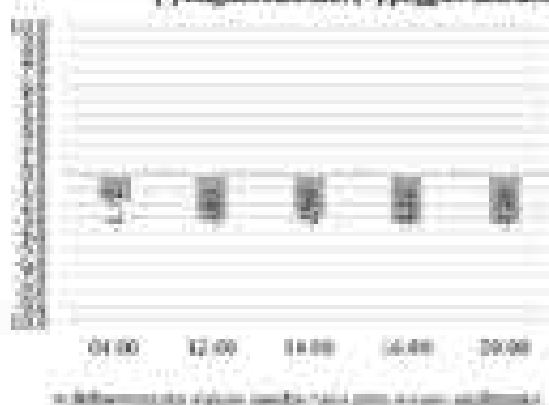
Diagramma PMV-PPD



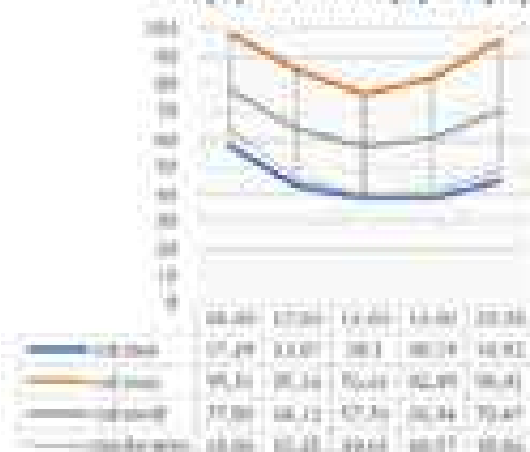
**Ta (C°) lama laterale (lc) con spray**



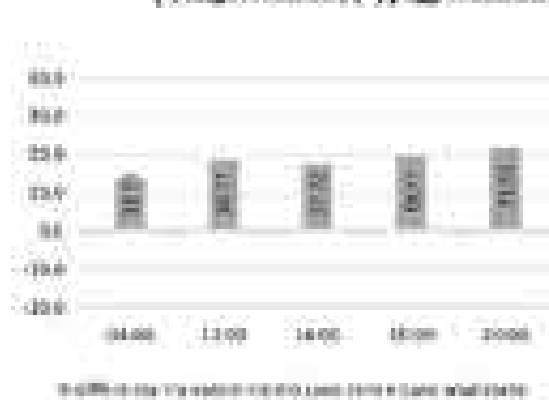
**Ta (C°) lama laterale (lc) con spray  
variazione caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



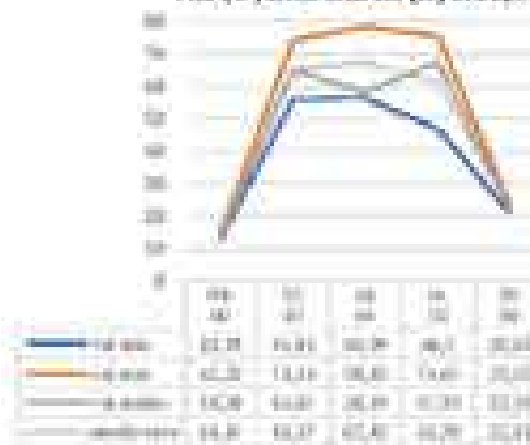
**HR (%) lama laterale (lc) con spray**



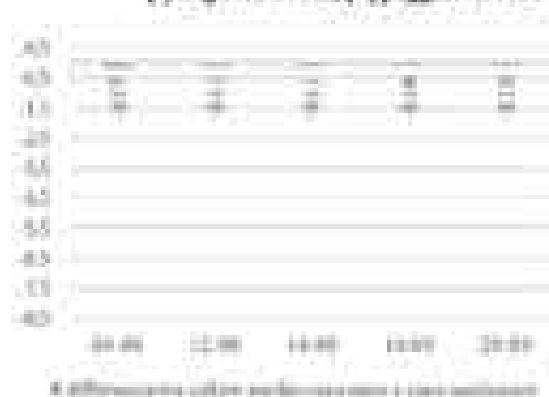
**HR (%) lama laterale (lc) con spray  
variazione caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



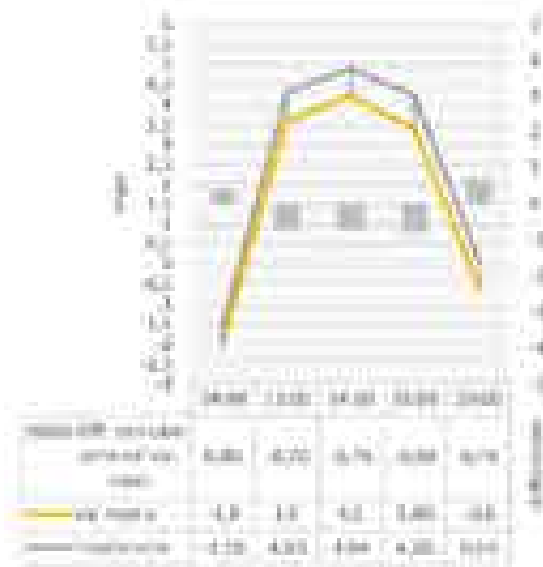
**Tmax (C°) lama laterale (lc) con spray**



**Tmax (C°) lama laterale (lc) con spray  
variazione caso zero**  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



PMV linea laterale (a) con spray



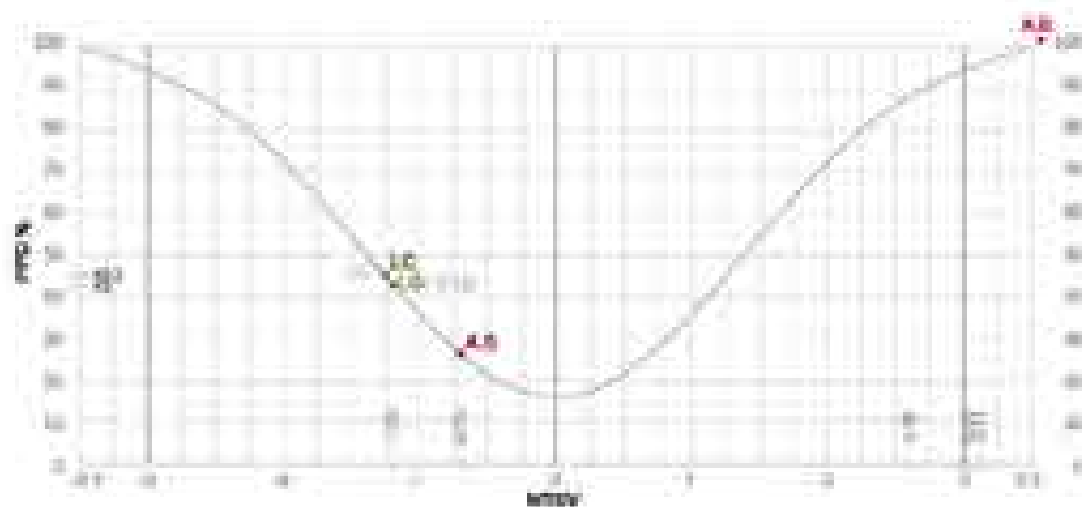
PMV linea laterale (c) con spray  
condizione diurno e notturno  
Tabelle del caso LC  
(-) miglioramenti; (+) peggioramenti



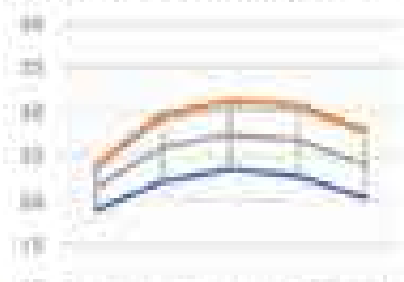
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	45,50
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,75	-1,25

Diagramma PMV-PPD



**T<sub>a</sub> (°C) lastra laterale (M) con spray**

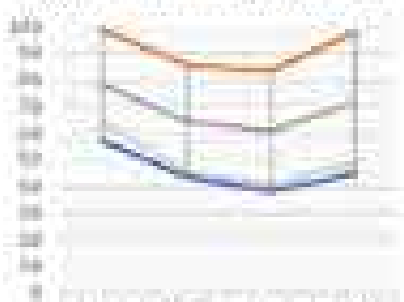


	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
caso base	19,07	22,24	23,4	22,71	20,21
caso spray	25,16	28,71	31,49	28,81	27,26
caso suolo	22,24	25,28	27,42	26,86	24,22
caso terra	22,21	25,18	26,49	26,23	23,24

**T<sub>a</sub> (°C) lastra laterale (M) con spray  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**

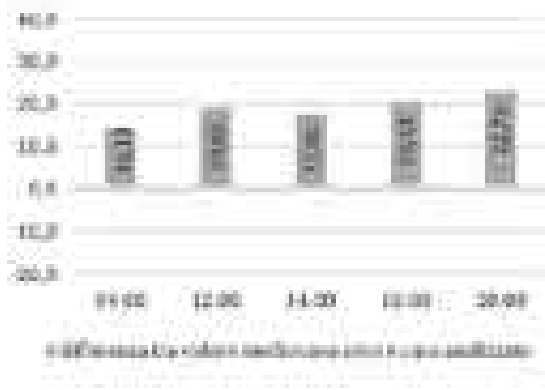


**HR (%) lastra laterale (M) con spray**

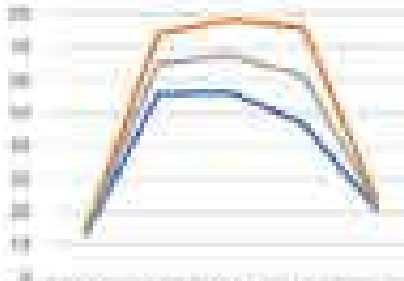


	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
caso base	57,66	62,23	65,44	61,26	61,26
caso spray	66,8	67,42	69,15	66,12	66,12
caso suolo	59,18	64,21	66,78	64,74	61,74
caso terra	64,24	65,21	66,17	64,26	61,26

**HR (%) lastra laterale (M) con spray  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**

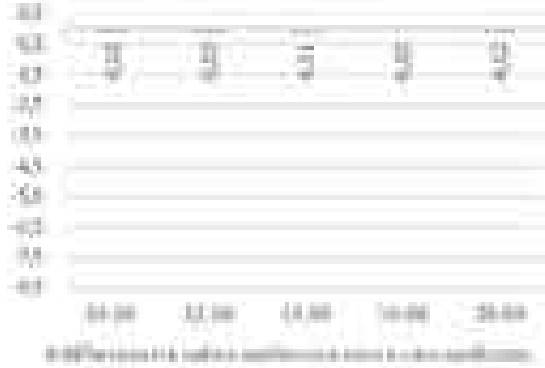


**T<sub>sur</sub> (°C) lastra laterale (M) con spray**

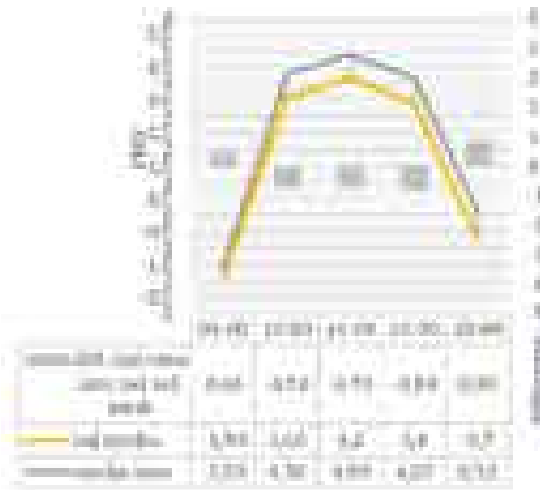


	09:00	12:00	14:00	16:00	19:00
caso base	15,12	22,79	26,79	24,7	20,22
caso spray	21,28	28,29	30,12	27,66	23,22
caso suolo	18,28	25,28	27,21	25,21	22,22
caso terra	18,27	25,27	27,27	25,27	22,22

**T<sub>sur</sub> (°C) lastra laterale (M) con spray  
variazioni con caso base  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV lato laterale (h) con spray



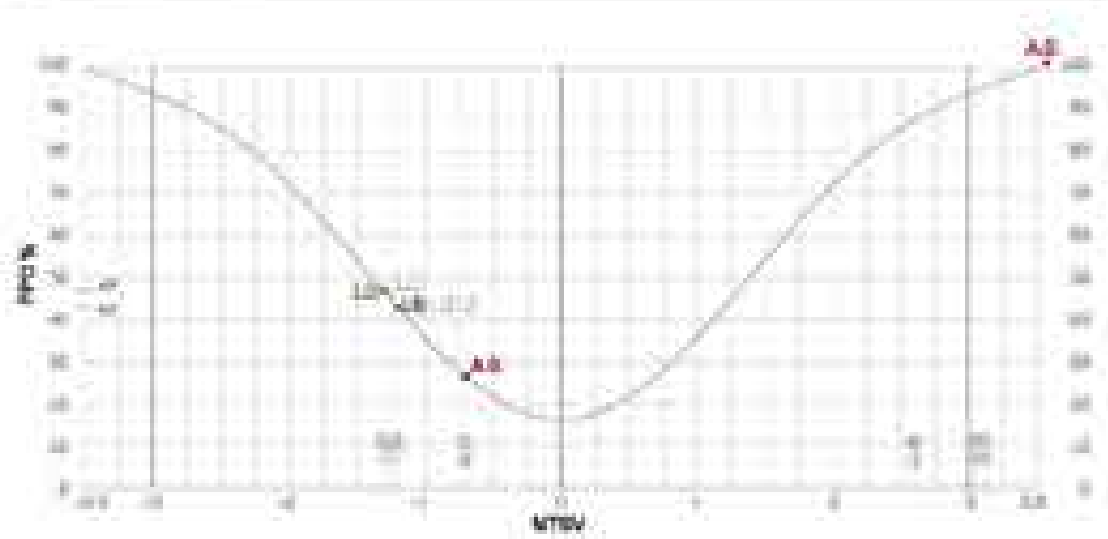
PMV lato laterale (h) con spray  
condizione diurna e notturna  
Variazioni dal caso reale  
(-) maggioramento (+) peggioramento



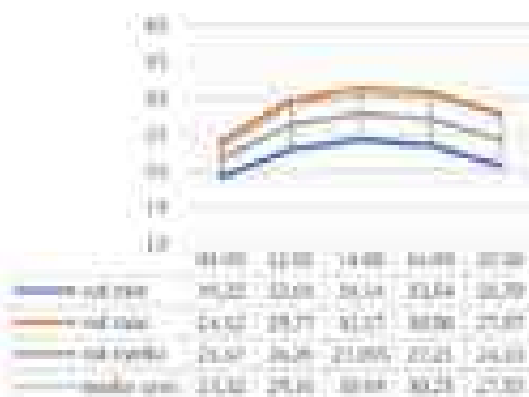
Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	108,00	47,00
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	0,70	-1,00

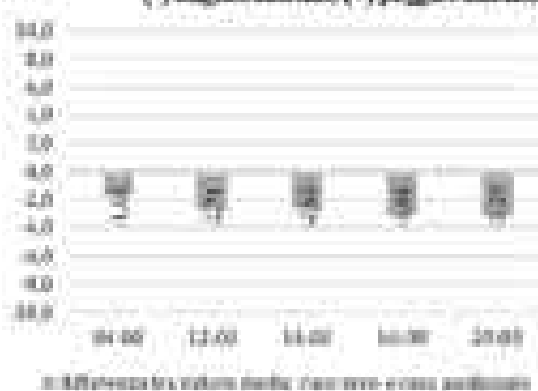
Diagramma PMV-PPD



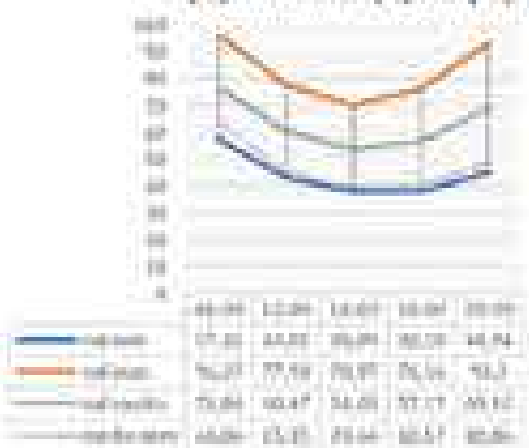
**Ta (°C) lastra laterale (L2) con spray**



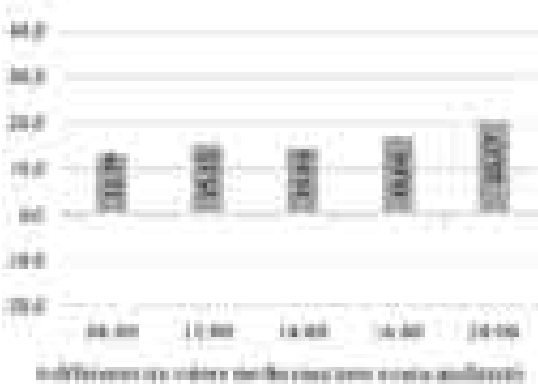
**Ta (°C) lastra laterale (L2) con spray  
variazione con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



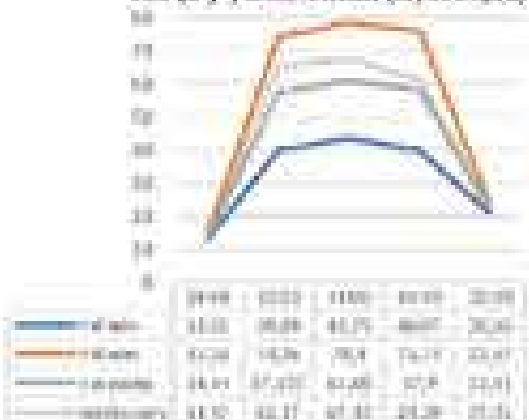
**RH (%) lastra laterale (L2) con spray**



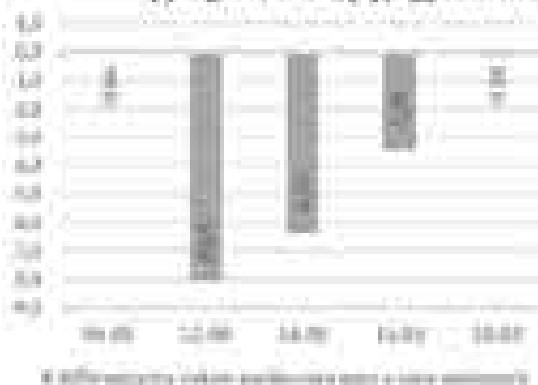
**RH (%) lastra laterale (L2) con spray  
variazione con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



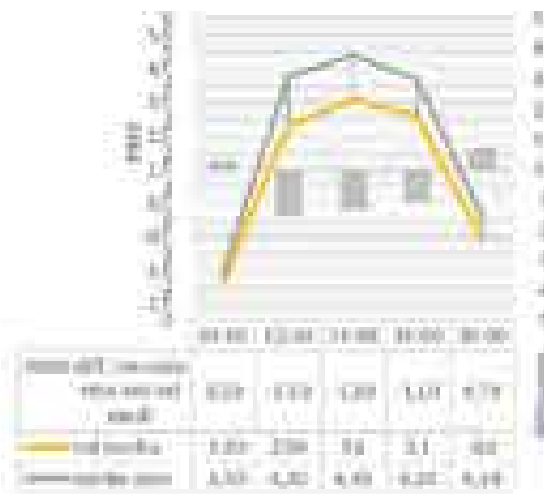
**Tair (K) lastra laterale (L2) con spray**



**Tair (K) lastra laterale (L2) con spray  
variazione con caso zero  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV linea laterale (a) con spray



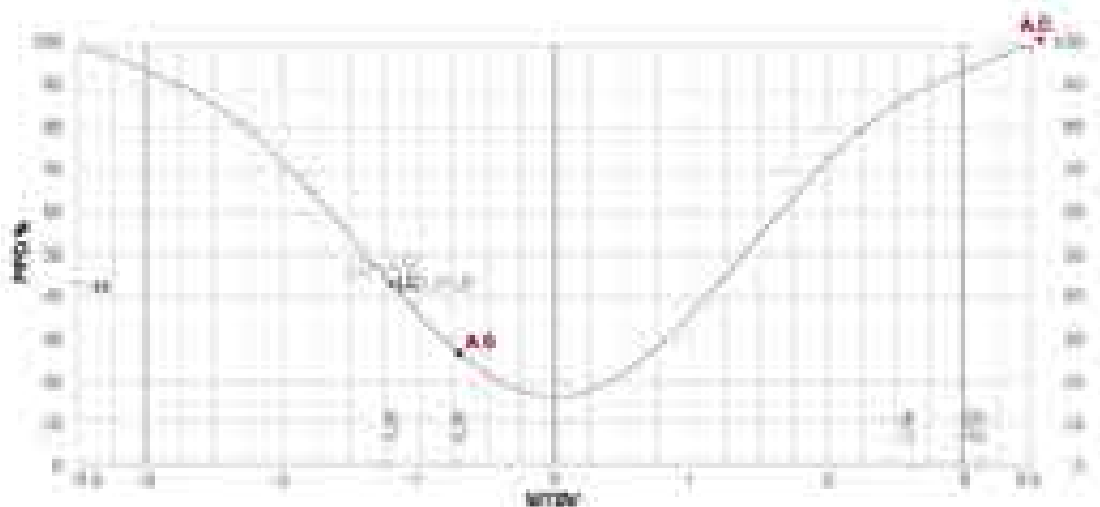
PMV linea laterale (a) con spray condizionatore d'aria e ventole. Variazioni dal caso base (-) miglioramento (+) peggioramento



Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

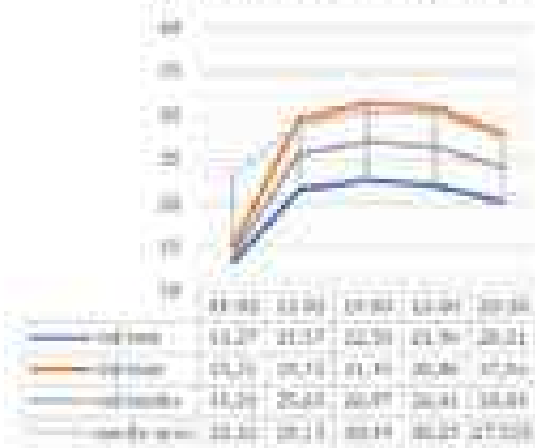
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	41,09
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	3,17	-1,20

Diagramma PMV-PPD

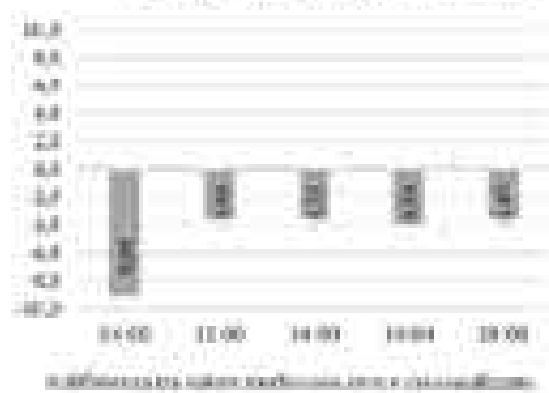




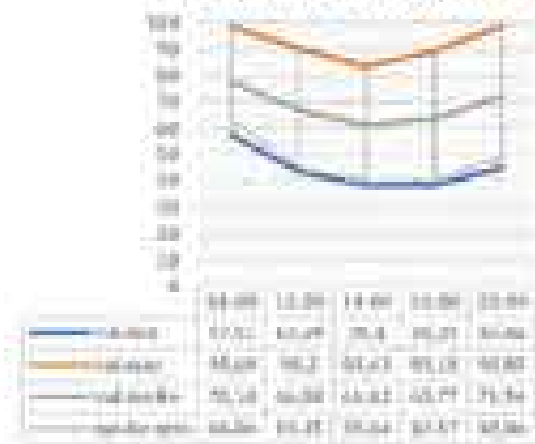
**Pa (C) lama (lc) con spray + 10%**



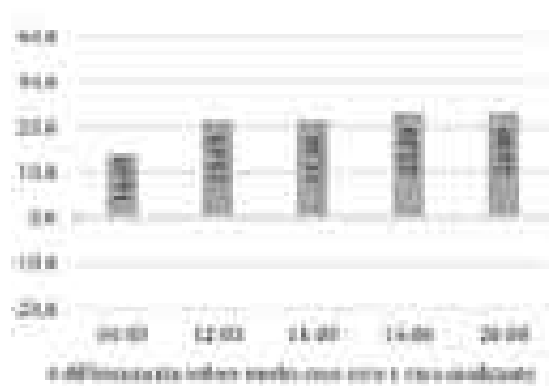
**Pa (C) lama (lc) con spray + 10% variabile con caso serie (-) miglioramento (+) peggioramento**



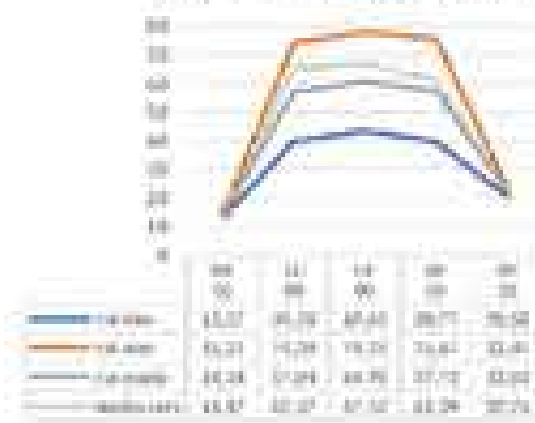
**DR (%) lama (lc) con spray + 10%**



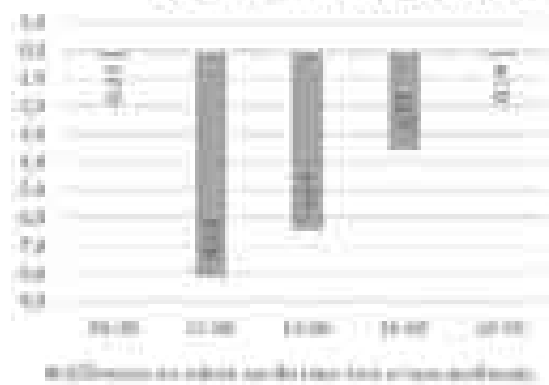
**DR (%) lama (lc) con spray + 10% variabile con caso serie (-) miglioramento (+) peggioramento**

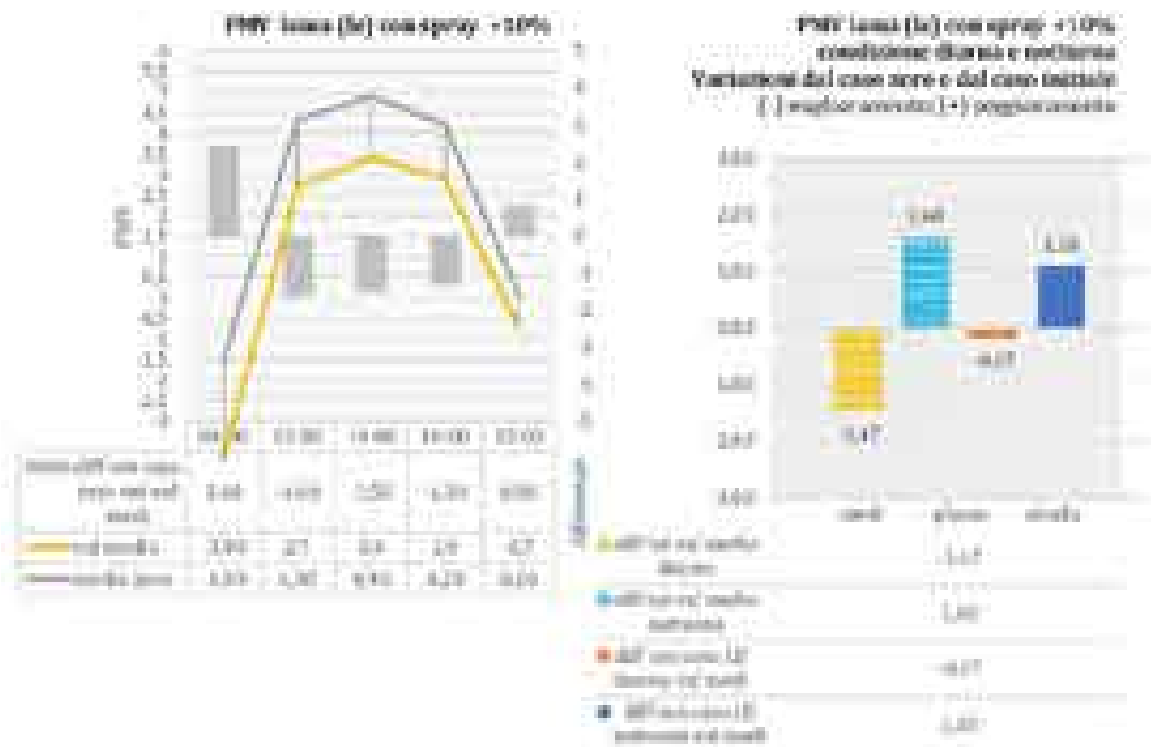


**Tmax (C) lama (lc) con spray + 10%**



**Tmax (C) lama (lc) con spray + 10% variabile con caso serie (-) miglioramento (+) peggioramento**



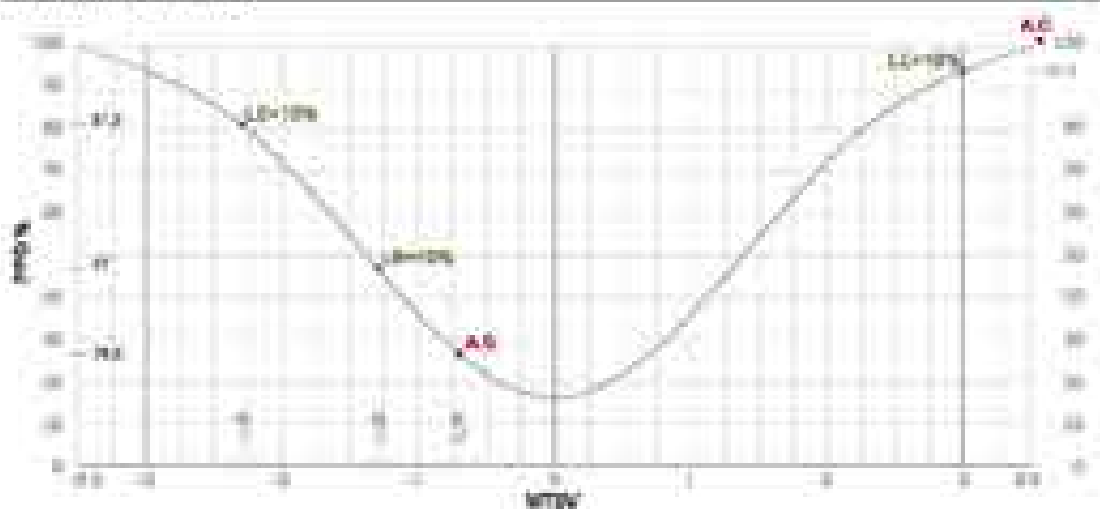


Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

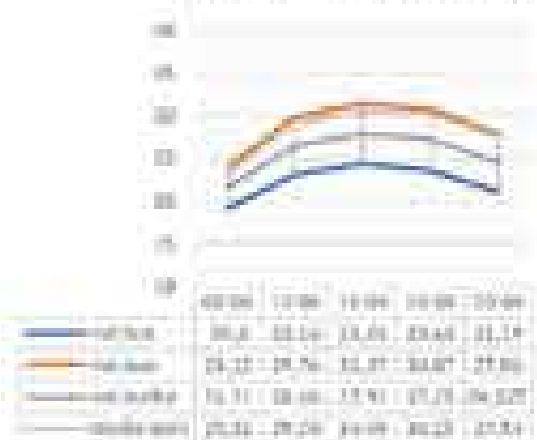
PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan		

PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	1,07	-2,28

Diagramma PMV-PPD



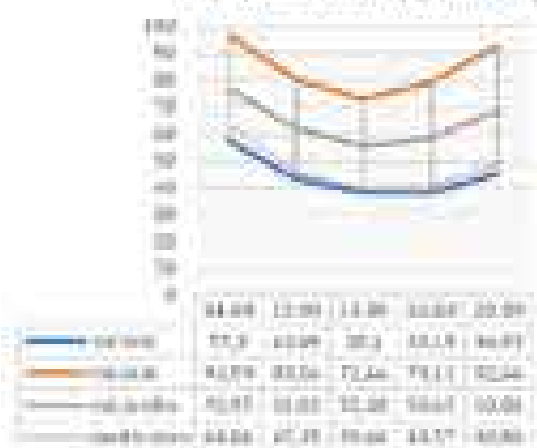
**T<sub>pa</sub> (°C) lama laterale (lg) con spray**



**T<sub>pa</sub> (°C) lama laterale (lg) con spray  
variazioni con caso terra  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



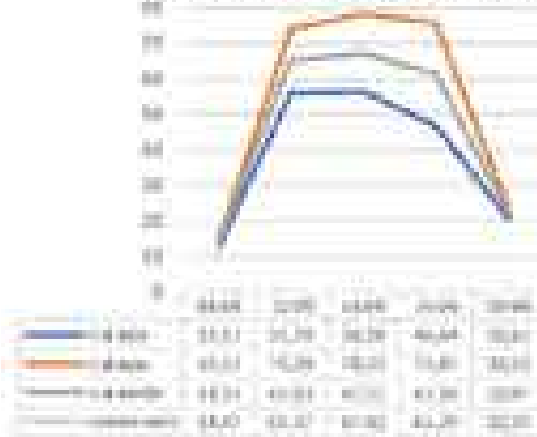
**HR (p/s) lama laterale (lg) con spray**



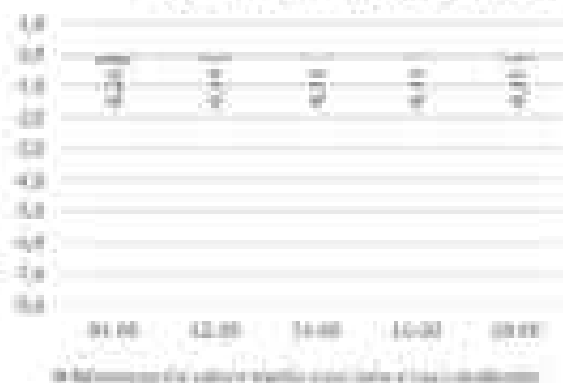
**HR (p/s) lama laterale (lg)  
variazioni con caso terra  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



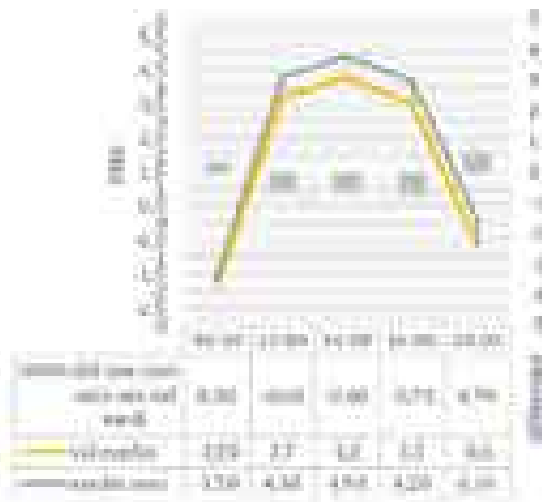
**T<sub>pr</sub> (°C) lama laterale (lg) con spray**



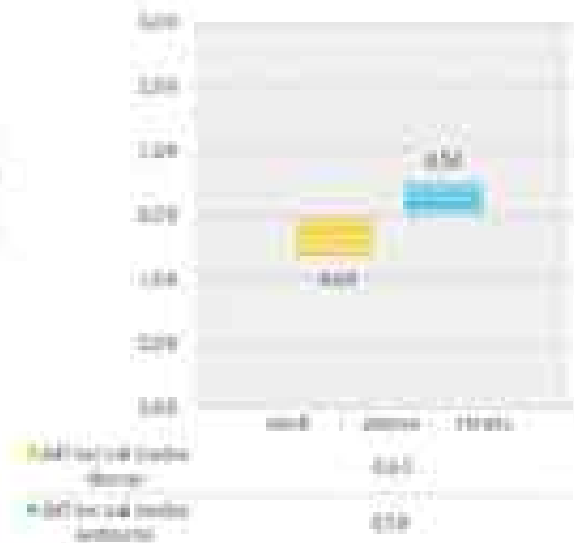
**T<sub>pr</sub> (°C) lama laterale (lg) con spray  
variazioni con caso terra  
(-) miglioramento; (+) peggioramento**



PMV base laterale (g) con spray



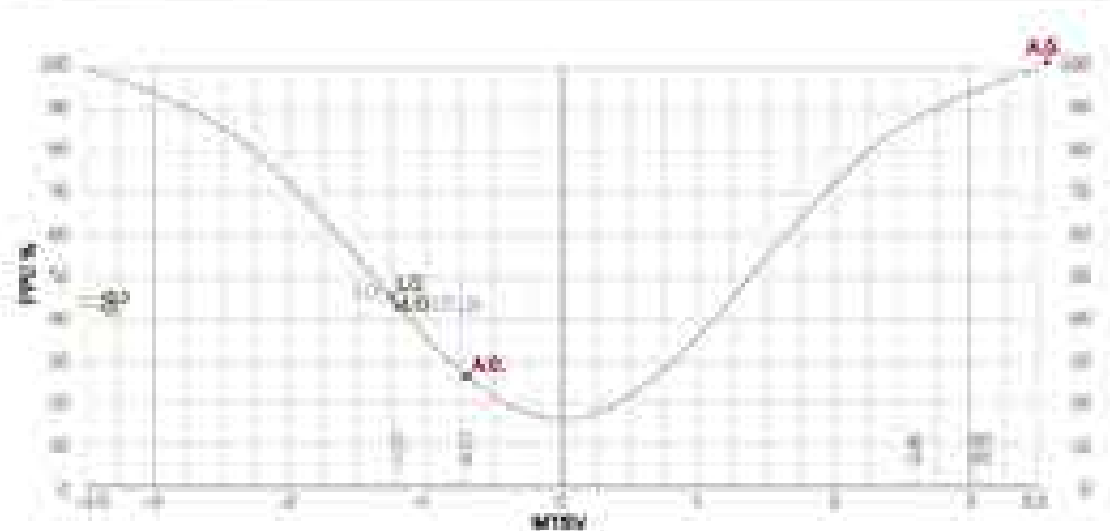
PMV base laterale (g) con spray  
condizioni diurna e notturna  
Variazioni dal caso reale  
(-) miglioramento; (+) peggioramento



Valori medi indici PMV e PPD calcolati con programma RayMan ed Envi-met

PPD valori del caso analizzato	diurno	notturno
PPD valori medi RayMan	100,00	45,00
PMV valori del caso analizzato	diurno	notturno
PMV valori medi RayMan	0,03	-1,30

Diagramma PMV-PPD





## Ringraziamenti

*Fortuna volle...*

*"vòlli, e vòlli sèmpre, e fortissimaménte vòlli" (V. Alfieri)  
giungere a questo traguardo.*

Questo lungo percorso di crescita professionale e personale, spero punto di partenza per successivi altri obiettivi, è disseminato di persone che hanno guidato e sostenuto questo mio lavoro e a cui vanno i miei ringraziamenti.

Ringrazio il supervisore, il *Prof. Luciano Cupelloni*, Dip. PDTA, Sapienza Università di Roma, per la sua guida;

Ringrazio il *Prof. Ivo Di Menno di Bucchianico*, associato CNR-IDASC, Scuola di specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio, Sapienza Università di Roma, che mi ha costantemente seguito nella parte sperimentale.

Ringrazio il *Prof. Fabrizio Tucci*, Coordinatore del dottorato, Dip. PDTA, Sapienza Università di Roma.

Ringrazio il *Prof. Emerito Giovanni Carbonara*, Sapienza Università di Roma, per il suo incoraggiamento e sostegno.

Ringrazio inoltre tutti i professori e professionisti che ho incontrato o contattato, seppur brevemente, in questo mio percorso: *Prof.ssa A. Battisti*, Dip. PDTA, Sapienza Università di Roma; *Prof. F. Salata*, Dip. DIAEE - Area Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale, Sapienza Università di Roma; *Prof. Ignacio Enrique Guillén Guillamón*, Dpto. de Física Aplicada, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València (Spagna); *Dr. Arq.*

*Cesar Jiménez Alcañiz*, Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio, Dirección General de Vivienda, Rehabilitación y Regeneración Urbana, Valencia (Spagna); la *Dott.ssa Maria Carmen Beltrano*, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'Agricoltura (CREA-CMA); *Dott. Matteo Morelli*, ARPA Lazio - servizio tecnico, Divisione Atmosfera e Impianti; *Dott. Arch. Filippo Calcerano* e *Dott. Arch Valeria Cecafozzo*.

Infine ringrazio la Sovrintendenza Capitolina Beni Culturali e l'Acea per avermi permesso di effettuare le misurazioni in alcune piazze monumentali del centro città, e la direzione del Shopping Village Castel Romano, Roma, per avermi permesso di effettuare le misurazioni in situ nell'area commerciale.

Ringrazio, inoltre, gli amici e colleghi che mi hanno sostenuto, in particolar modo Enrico, Tania ed Enzo.

Dedico infine questo lavoro a mia madre per tutto, per avermi supportato e 'sopportato' in questo percorso, a mio padre per la sua 'sopra' visione, e a Manuel per il suo continuo e costante appoggio.