

Francesco Rossi (Pescara, 1992), architetto, ha conseguito la Laurea Magistrale in Architettura presso l’Università degli Studi “G. d’Annunzio” di Pescara (2019). Con la tesi intitolata *Riqualificazione dell’area del fiume Saline: progetto per una centrale di teleriscaldamento a Montesilvano* ha ottenuto, nel 2020, la menzione d’onore al concorso *New Italian Blood*. Dal 2022 collabora con la *Fondazione Alberitalia* e con l’*European Forest Institute* di Roma ed è stato visiting researcher presso lo studio di architettura *Urbanitree* di Barcellona, sotto la supervisione del prof. Vicente Guallart.

La perdita di biodiversità è uno dei principali problemi che affligge il nostro pianeta ed è al centro delle diverse agende politiche delle istituzioni. Stiamo vivendo una vera e propria emergenza che tocca aspetti quali la morfologia della città, aspetti funzionali che si sviluppano nella relazione della città con il territorio circostante e aspetti economici e sociali. La questione ambientale è di fondamentale importanza in quanto, l’ambiente, irrompe prepotente nelle città e rivendica la sua appartenenza ai processi evolutivi. L’obiettivo è quello di preservare e migliorare il paesaggio e l’ambiente attraverso soluzioni che portino al riuso e alla trasformazione dell’esistente. In questo senso, la forestazione urbana e le *nature based solutions* svolgono un ruolo di fondamentale importanza nel mitigamento degli effetti dei cambiamenti climatici, migliorando la qualità dell’aria, la gestione delle acque, la produzione di biomasse e le condizioni di benessere e salute dei cittadini. Accezione dell’inclusione non solo da un punto di vista sociale e culturale ma anche di inclusione “vegetazionale e di specie”.

L’atto quindi di includere la forestazione urbana all’interno dei processi significativi delle città ha come obiettivo sia la gestione territoriale attraverso le *best practices* sia lo sviluppo di nuovi approcci strategici innovativi che attraverso l’utilizzo di piattaforme digitali di progettazione partecipata portino a un modello di gestione della vegetazione urbana più inclusiva

Francesco Rossi

Bioeconomia forestale, nuovi paradigmi per città ecosostenibili: le BioCities

Francesco Rossi

Bioeconomia forestale

nuovi paradigmi per città ecosostenibili: le BioCities



Coordinatrice del Dottorato
Lucina Caravaggi

Collegio dei Docenti

Rita Biasi
Alessandra Capuano
Gianni Celestini
Donatella Cialdea
Daniela Colafranceschi
Piermaria Corona
Isotta Cortesi
Elisabetta Cristallini
Daniela De Leo
Fabio Di Carlo
Laura Valeria Ferretti
Alfonso Giacotti
Cristina Imbroglini
Alessandro Lanzetta
Marco Marchetti
Federica Morgia
Sara Protasoni
Luca Reale
Giuseppe Scarascia Mugnozza
Gabriele Scarascia Mugnozza
Leone Spita
Fabrizio Toppetti

DOTTORATO IN
PAESAGGIO E AMBIENTE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



*Ministero dell'Università
e della Ricerca*



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020

REACT EU

La borsa di dottorato è stata cofinanziata con risorse del
Programma Operativo Nazionale Ricerca e Innovazione 2014-2020, risorse FSE REACT-EU
Azione IV.4 “Dottorati e contratti di ricerca su tematiche dell'innovazione”
e Azione IV.5 “Dottorati su tematiche Green”

DOTTORATO IN
PAESAGGIO E AMBIENTE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Coordinatrice del Dottorato

Lucina Caravaggi

Collegio dei Docenti

Rita Biasi

Alessandra Capuano

Gianni Celestini

Donatella Cialdea

Daniela Colafranceschi

Piermaria Corona

Isotta Cortesi

Elisabetta Cristallini

Daniela De Leo

Fabio Di Carlo

Laura Valeria Ferretti

Alfonso Giancotti

Cristina Imbroglini

Alessandro Lanzetta

Marco Marchetti

Federica Morgia

Sara Protasoni

Luca Reale

Giuseppe Scarascia Mugnozza

Gabriele Scarascia Mugnozza

Leone Spita

Fabrizio Toppetti

Francesco Rossi

Bioeconomia Forestale

nuovi paradigmi per città ecosostenibili: le *Biocities*

Tutor

Giuseppe Scarascia Mugnozza

Marco Marchetti

Fabio di Carlo

Alessandro Lanzetta

Donatella Cialdea

Indice

	Introduzione	10
I.	Premessa. Riflessioni sulla transizione da città a <i>biocity</i>	12
II.	Verso una città biocompatibile: concetti chiave della bioeconomia	19
III.	L'importanza del concetto di <i>biocity</i> nell'attuale contesto ambientale	24
1.	Ambienti urbani sostenibili e ispirati alla natura	30
1.1	Verso la Biocity: transizioni e sviluppi	32
1.1.1	Dal concetto di biophilia allo studio delle bio-città	34
1.1.2	Introduzione al concetto di bioeconomia circolare	43
1.2	Bioeconomia forestale	52
1.2.1	Infrastrutture verdi e il ruolo della forestazione urbana nella creazione di città sostenibili	54
1.2.2	Biomassa e settori industriali: utilizzo come materia prima e riduzione delle emissioni	62

2.	Sviluppi e casi studio	72
2.1	Progetti di bio-distretti	74
2.1.1	Tra natura e cultura del paesaggio Caso studio - <i>The Pinghsban District</i> - Shenzhen, Cina	
2.1.2	Funzioni, forme e valori ambientali Caso studio - <i>The eco-century Project</i> - Ginevra, Svizzera	84
2.2	Sviluppi della forestazione in contesti urbani e peri-urbani	105
2.2.1	Forestazione urbana come infrastruttura ecologica Caso studio - Forestami - Milano, Italia Caso studio - <i>F4R Forest for Rome</i> - Roma, Italia	
2.2.2	Esplorando l'agricoltura rigenerativa nell'industria del tessile Caso studio – <i>Regenerative cotton agroforestry experiment</i> - Bari, Italia	111
2.3	Analisi dei flussi e delle risorse della città di Barcellona	122
2.3.1	Connessione tra ambienti urbani e naturali per lo sviluppo sostenibile <i>MuSLASEM</i> : il caso di Barcellona	

3.	Ripensare l'ambiente urbano: verso un futuro sostenibile delle città	128
3.1	Definizione del modello metabolico delle Città Metropolitana di Roma	130
3.1.1	Descrizione del sistema urbano e dei suoi confini	132
3.1.2	Definizione dei componenti della matrice urbana	134
3.1.3	Matrice dell'utilizzo dell'energia di Roma	144
3.1.4	Biomassa e cemento nel metabolismo urbano: scenari di energia e CO ₂	151
3.2	Un nuovo disegno di paesaggio nella città dinamica	161
3.2.1	Prospettive future del disegno del paesaggio urbano attraverso la forestazione urbana	163
3.2.2	Relazione tra natura e bosco urbano	177
4.	Scenari futuri	184
4.1	Programmi e progetti europei	188
4.2	Città foresta o foresta di città?	195
	Bibliografia	198
	Sitografia	208
	Indice figure	212

Abstract

Bioeconomia Forestale

nuovi paradigmi per città ecosostenibili: le *Biocities*

Ita

La perdita di biodiversità è uno dei principali problemi che affligge il nostro pianeta ed è al centro delle diverse agende politiche delle istituzioni. Stiamo vivendo una vera e propria emergenza che tocca aspetti quali la morfologia della città, aspetti funzionali che si sviluppano nella relazione della città con il territorio circostante e aspetti economici e sociali. La questione ambientale è di fondamentale importanza in quanto, l'ambiente, irrompe prepotente nelle città e rivendica la sua appartenenza ai processi evolutivi. L'obiettivo è quello di preservare e migliorare il paesaggio e l'ambiente attraverso soluzioni che portino al riuso e alla trasformazione dell'esistente. In questo senso, la forestazione urbana e le *nature-based-solutions* svolgono un ruolo di fondamentale importanza nel mitigamento degli effetti dei cambiamenti climatici, migliorando la qualità dell'aria, la gestione delle acque,

la produzione di biomasse e le condizioni di benessere e salute dei cittadini. Accezione dell'inclusione non solo da un punto di vista sociale e culturale ma anche di inclusione "vegetazionale e di specie".

L'atto quindi di includere la forestazione urbana all'interno dei processi significativi delle città ha come obiettivo non solo la gestione territoriale attraverso le *best practices* ma anche lo sviluppo di nuovi approcci strategici innovativi che attraverso l'utilizzo di piattaforme digitali di progettazione partecipata portino a un modello di gestione della vegetazione urbana più inclusiva

The loss of biodiversity is one of the main issues affecting our planet and is at the core of various political agendas of institutions. We are experiencing a true emergency that impacts aspects such as the morphology of cities, functional aspects related to the interaction between cities and their surrounding territories, as well as economic and social dimensions.

The environmental issue is of fundamental importance as nature forcefully reclaims its role in urban areas, asserting its place in evolutionary processes. The goal is to preserve and enhance the landscape and environment through solutions that promote the reuse and transformation of existing spaces.

In this context, urban forestry and nature-based solutions play a crucial role in mitigating the effects of climate

change by improving air quality, water management, biomass production, and the overall well-being and health of citizens. Inclusion is considered not only from a social and cultural perspective but also in terms of “vegetational and species inclusion.”

Thus, integrating urban forestry into key urban processes aims not only at territorial management through best practices but also at the development of new innovative strategic approaches. By leveraging digital platforms for participatory design, this approach fosters a more inclusive model for urban vegetation management.

Introduzione

IAAC, *Tiny House V01 Prototype*, 2019





I. Premessa. Riflessioni sulla transizione da città a bio-città

Questa ricerca si propone di indagare i temi legati alla bioeconomia circolare all'interno delle *biocities*, più nello specifico i nuovi paradigmi di città ecosostenibili. Partendo dalla perdita di biodiversità che è uno dei principali fenomeni che affligge il nostro pianeta, la ricerca, attraverso una approfondita analisi della filiera foresta-legno, si propone di identificare quelle che possono essere le nuove soluzioni basate sulla natura.

Stiamo vivendo una vera e propria emergenza che tocca aspetti quali la morfologia della città, aspetti funzionali che si sviluppano nella relazione della città con il territorio circostante e aspetti economici e sociali. In risposta alle crisi storiche e alla pandemia di COVID-19 del 2020, abbiamo visto come possano emergere nuovi modi di vivere in città e questo momento potrebbe segnare il passo successivo in questa trasformazione in corso.

La questione ambientale è diventata di fondamentale importanza in quanto, l'ambiente, irrompe prepotente nelle città e rivendica la sua appartenenza ai processi evolutivi. L'obiettivo è quello di preservare e migliorare il paesaggio e l'ambiente attraverso soluzioni che portino al riuso e alla trasformazione dell'esistente. In questo senso, la forestazione urbana e le soluzioni basate sul-

la natura (NBS), svolgono un ruolo di fondamentale importanza nel mitigamento degli effetti dei cambiamenti climatici, migliorando la qualità dell'aria, la gestione delle acque, la produzione di biomasse e le condizioni di benessere e salute dei cittadini.

L'espansione delle città oltre i loro confini originari è stata una questione significativa per oltre un secolo. Con l'aumento della popolazione, le città hanno avuto bisogno di più spazio per accogliere nuovi residenti e soddisfare le loro mutevoli esigenze. Tuttavia, questa espansione è spesso avvenuta a spese delle aree naturali, dei terreni agricoli e degli habitat della fauna selvatica.

Dalla rivoluzione industriale, le città sono cambiate costantemente per soddisfare le esigenze in continua evoluzione delle loro popolazioni. Di conseguenza, le aree urbane si sono espanse oltre i loro confini originari, invadendo gli spazi agricoli e naturali ed eliminando gli spazi verdi all'interno dell'ambiente urbano.

Il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro ha portato a un aumento della crescita della popolazione all'interno delle città e si stima che entro il 2050 il 70% della popolazione mondiale vivrà nelle aree urbane¹. Questa crescita ha portato a un aumento dell'inquinamento, del traffico, delle emissioni e del sovraffollamento, con i meno fortunati spesso costretti in aree degradate e pericolose.

Il fenomeno dell'*urban sprawl*, che si riferisce all'espansione non pianificata e incontrollata delle città, è diventato sempre più diffuso negli ultimi decenni. Questo tipo di espansione porta a un paesaggio urbano frammentato, con periferie tentacolari e parchi separati dal centro città da vaste distese di autostrade e parcheggi.

Le conseguenze dell'espansione urbana incontrollata sono di vasta portata. L'espansione urbana porta a una maggiore congestione del traffico, tempi di percorrenza più lunghi e livelli più elevati di inquinamento atmosferico. Contribuisce inoltre alla perdita di biodiver-

¹ *European Environment Agency, Urban adaptation in Europe: what works?* EEA Report 2023.

sità, poiché gli habitat naturali vengono distrutti o frammentati e la fauna selvatica è costretta ad adattarsi a nuovi ambienti, spesso ostili.

Tuttavia, non tutta l'espansione della città è negativa. Se attentamente pianificata e gestita, la crescita urbana può fornire opportunità di sviluppo economico, inclusione sociale e sostenibilità ambientale. Concentrandosi su uno sviluppo compatto, percorribile e orientato al transito, le città possono ridurre la loro impronta ambientale e fornire un migliore accesso a posti di lavoro, alloggi e servizi pubblici.

Una tendenza promettente in questo senso è lo sviluppo delle *biocities*, che privilegiano l'integrazione dei sistemi naturali nell'ambiente urbano². Queste città utilizzano infrastrutture verdi, come parchi, tetti verdi e foreste urbane, una messa in rete di sistemi verdi per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, migliorare la qualità dell'aria e dell'acqua e migliorare la qualità della vita dei residenti.

L'espansione delle città è una questione complessa e sfaccettata che richiede un'attenta riflessione circa la pianificazione. Sebbene la crescita delle città abbia portato a sfide ambientali significative, ha anche fornito opportunità di innovazione e progresso sociale. Adottando pratiche di sviluppo sostenibile e dando priorità all'integrazione dei sistemi naturali, le città possono creare un futuro più vivibile e resiliente per i loro residenti.

In questo senso, la bioeconomia circolare è un approccio allo sviluppo economico che cerca di ridurre gli sprechi e promuovere la sostenibilità integrando i principi dell'economia circolare con i sistemi biologici. Nella bioeconomia circolare, i materiali di scarto e i sottoprodotti di varie industrie vengono utilizzati come input per altri processi, creando un sistema a circuito chiuso che riduce al minimo gli sprechi e massimizza l'efficienza delle risorse. La bioeconomia circolare si basa sull'idea che le risorse biologiche, come i raccolti, le foreste e gli ecosistemi marini, possano fornire

2 Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Guallart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023.

fonti sostenibili e rinnovabili di materie prime per varie industrie. Questo approccio cerca anche di sostituire le risorse non rinnovabili, come i combustibili fossili, con alternative a base biologica prodotte utilizzando metodi sostenibili e rispettosi dell'ambiente.

Nel complesso, la bioeconomia circolare rappresenta un nuovo modo di pensare allo sviluppo economico che enfatizza la sostenibilità, l'efficienza e l'innovazione.

Da qui, ci muoviamo verso le domande di ricerca di questa tesi, chiedendoci se sia possibile gestire in modo sostenibile gli ecosistemi forestali in ambiente urbano; se sia possibile, attraverso lo studio del metabolismo urbano, analizzare quali sono i processi da migliorare, così da gestire attentamente la pianificazione delle città; quali sono i dispositivi innovativi per la valorizzazione dei molteplici servizi ecosistemici in ambiente urbano; quali metodologie possono essere sviluppate per dimostrare la maggior efficienza della produzione legnosa a fini costruttivi. L'obiettivo di questa tesi è quello di rispondere a queste e ad altre domande che si pongono come sfida per lo sviluppo di nuovi ambienti urbani all'interno delle *biocities*.

La struttura della ricerca è organizzata in quattro parti.

La prima parte analizza le diverse teorie che sono state enunciate sul concetto di metabolismo urbano. Questo approccio analitico, che implica una visione della città come organismo vivente, permette, attraverso lo studio del metodo di analisi dei flussi di materia ed energia, di comprendere le diverse attività di una città in un singolo modello con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita dei cittadini. I primi due sotto-paragrafi del primo capitolo approfondiscono quindi alcuni temi fondamentali per muoverci dal processo metabolico della città verso una nuova concezione di economia, la bioeconomia circolare, che non deve riguardare soltanto la scala urbana ma deve necessariamente abbracciare una dimensione più ampia della Città Metropolitana. Da questa prospettiva, siamo in grado di valutare l'efficienza e l'impatto ambientale all'interno del nostro territorio, non solo da un punto di vista pu-

ramente formale e tecnico ma, muovendoci verso il disegno di paesaggio urbano, è possibile aprire strade anche a nuove percezioni visive. Gli ultimi due sotto-paragrafi, quindi, attraverso l'applicazione del concetto di bioeconomia circolare, riflettono lo studio sulla teoria della forestazione urbana e della filiera foresta-legno, per indagare quali siano i principali sistemi attraverso i quali contribuire al miglioramento dell'ambiente e del paesaggio urbano.

La seconda parte è dedicata ad una disamina critica di casi studio di progetti biofilici attraverso i quali è possibile dedurre metodologie e azioni progettuali da impiegare per la realizzazione di nuovi sistemi urbani di paesaggio. I casi studio vengono categorizzati e suddivisi in tre sezioni distinte, ciascuna correlata alla scala di progetto a cui fa riferimento. Nei primi due paragrafi, partendo da una prospettiva a scala territoriale, che consente un'analisi più approfondita dei flussi tra territorio e città metropolitana, passando per la scala del progetto urbano, in cui vengono individuate le dinamiche e le relazioni tra centro abitato e i suoi confini, si arriva ad esplorare quindi la scala di quartiere in cui la qualità dell'intervento può essere valutata attraverso la percezione visiva, offrendo una visione dettagliata delle interazioni a livello locale. Nell'ultimo paragrafo, di tipo più tecnico, si fa riferimento all'analisi dei flussi e delle risorse della città di Barcellona, attraverso lo studio approfondito della matrice *MuSLASEM*, *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism*³, vengono messi in luce le connessioni tra gli ambienti urbani e quelli naturali.

Il terzo capitolo, riguarda la parte applicativa della ricerca, divisa in due paragrafi. Nel primo paragrafo, la matrice *MuSLASEM* viene applicata alla Città Metropolitana di Roma, da qui in poi definita come CMR, definendo i componenti della matrice urbana e descrivendo il sistema urbano. Attraverso lo studio dei *fund* e dei *flow*, è possibile stabilire il consumo energetico della CMR ed intervenire laddove sia necessario.

3 M. Giampietro, L. Pérez -Sánchez, *Characterizing the metabolic pattern of urban systems using MuSLASEM: The case of Barcelona*, Energy Policy 124, 2019.

Il secondo paragrafo del terzo capitolo riguarda la parte applicativa della ricerca e, attraverso lo studio delle metodologie e applicazioni effettuato nei capitoli precedenti, risponde alle domande di ricerca, ponendo le basi per dei possibili sviluppi futuri di progetto. Attraverso un'analisi approfondita delle risorse forestali all'interno della Città metropolitana di Roma e delle connessioni tra Roma Capitale e i contesti peri-urbani, si propone un modello sperimentale di forestazione urbana. Il progetto permetterebbe di realizzare, attraverso flussi di prossimità, una rete del legno, impiegando la materia prima, per fini energetici, quindi produzione di biomassa e trasformazione del legno in materiali per la bioedilizia. Il progetto, inoltre, va ad evidenziare i molteplici benefici ambientali, come l'assorbimento di CO₂, l'aumento della biodiversità e la riduzione dell'inquinamento, nonché i vantaggi sociali che ne derivano da esso, tra cui la creazione di spazi verdi e nuove opportunità economiche per le aziende locali. Lo stesso modello di sviluppo sostenibile può essere replicato in altre aree urbane della CMR contribuendo alla resilienza delle città e alla lotta contro i cambiamenti climatici.

La quarta e ultima parte riguarda gli scenari e gli sviluppi futuri, nonché le conclusioni della ricerca. In risposta all'emergenza climatica che stiamo vivendo, l'attuazione di approcci e politiche innovative che promuovano lo sviluppo urbano sostenibile diventano di notevole importanza. Oggi è necessario rispondere alla crisi climatica attraverso atti e azioni viste come opportunità per riprogettare le nostre città, non soltanto gli oggetti fisici ma anche l'intero ciclo di vita dell'ambiente urbano costruito. È necessario pensare ad un sistema circolare, una gestione del riuso dei rifiuti sia da parte delle industrie che da parte dei consumatori. A questo proposito, diverse sono i programmi europei in sviluppo che affrontano le grandi sfide del nostro tempo, legate all'inequità sociale, al cambiamento climatico, alla perdita di biodiversità e alla salute umana.

La metodologia adottata per la presente tesi di dottorato è essenzialmente di tipo induttivo, fondando il suo approccio sulla raccolta di dati analitici e sull'analisi dettagliata di casi studio relativi

a progetti di paesaggio. Questo approccio consente di sviluppare una comprensione approfondita dei vari aspetti che caratterizzano la progettazione del paesaggio, attraverso l'osservazione e l'analisi empirica di esempi concreti.

La parte applicata di questa tesi costituisce l'elaborazione di un approccio scalabile mirato a trasformare la città di Roma in una *biocity*. L'analisi condotta si spinge oltre il mero ambito teorico, adottando una metodologia applicativa. La ricerca si basa sulla creazione di un modello pratico e replicabile, il cui scopo è fornire una base solida per l'implementazione di strategie sostenibili e innovative all'interno dell'ambiente urbano. Attraverso l'utilizzo di simulazioni, questa tesi mira a tradurre i concetti teorici in soluzioni concrete e ad affrontare sfide reali che potrebbero emergere durante l'attuazione di un progetto di *biocity*. L'approccio pratico non si limita solamente all'identificazione di potenziali problemi, ma cerca anche di proporre soluzioni tangibili attraverso la sperimentazione. Questa fase sperimentale è cruciale per testare l'efficacia delle proposte formulate e per adattare le strategie in base ai contesti specifici dell'area urbana.

Lo studio delle fonti bibliografiche e l'esperienza di tirocinio in Italia nella Fondazione Alberitalia e l'esperienza all'estero a Barcellona nello studio di architettura Urbanitree hanno contribuito alla stesura di questa tesi. Da un lato, la mia esperienza italiana ha fornito un'opportunità unica di approfondire la comprensione dei processi teorici di forestazione urbana e di esplorare le dinamiche della bioeconomia circolare. Dall'altro lato, l'esperienza internazionale mi ha permesso di immergermi nei principali casi studio che vengono approfonditi in questa tesi, offrendomi l'opportunità di confrontare direttamente le teorie analizzate con le sfide e le soluzioni della progettazione pratica. L'integrazione di questi due contesti di apprendimento ha contribuito a creare una visione completa e articolata, arricchendo il mio approccio di studio e fornendo una prospettiva più ampia sulla forestazione urbana e le sue implicazioni pratiche.

II. Verso una città biocompatibile: concetti chiave della bioeconomia

Mentre l'urbanizzazione e l'industrializzazione hanno portato benefici all'essere umano da un punto di vista di progresso tecnologico, dall'altro hanno portato anche diversi problemi a livello ambientale ostacolando lo sviluppo sostenibile delle città. Si è ritenuto quindi necessario ripensare i modelli tradizionali di sviluppo urbano per poter convivere con la crescente urbanizzazione e con le pressioni che derivano dai cambiamenti climatici, dal consumo intensivo delle risorse e dall'immissione di agenti inquinanti nell'atmosfera.

Per comprendere al meglio la transizione verso un ambiente urbano più sostenibile, è necessario un cambiamento sia sistemico-infrastrutturale, sia uno studio e una comprensione profonde dei termini e dei concetti legati a questa trasformazione. Con questo glossario non solo si vuole rispondere alla necessità di superare alcune delle barriere terminologiche che possano ostacolare la comprensione dell'argomento ma anche sensibilizzare e promuovere la consapevolezza su quelle che sono le opportunità che le *biocities* possono offrire anche in termini di pianificazione urbanistica.

Una *biocity* è una città che emula i principi sociali ed ecologici degli ecosistemi naturali per migliorare la connessione tra natura e

uomo⁴. Contribuisce inoltre a mitigare i danni provocati dai cambiamenti climatici, ridurre le emissioni di agenti inquinanti nell'atmosfera e diventa essa stessa un *carbon sink*⁵. Una *biocity* non produce emissioni di carbonio e, rifacendosi all'ecosistema naturale, dialoga con gli alberi, con la foresta, con la vegetazione aumentando la biodiversità all'interno del sistema urbano. La vegetazione diventa parte integrante di essa. Inoltre, una *biocity* funziona su un circuito chiuso, riducendo le energie o materie in entrata e eliminando gli scarti in uscita, attraverso il modello di bioeconomia circolare.

La bioeconomia circolare è un modello economico che deriva dai servizi naturali e rappresenta un sistema che integra i principi della sostenibilità nel ciclo di vita dei materiali e delle risorse⁶.

*“Everything is operating within an interconnected network of systems that are designed to eliminate waste and pollution, circulate products and materials, and regenerate nature”*⁷

Questo approccio si focalizza sui flussi di materiali con lo scopo di conservare e valorizzare il capitale naturale per minimizzare l'impatto ambientale, riducendo la pressione sulle risorse degli ecosistemi ambientali e sulla dipendenza di utilizzo di combustibili fossili. La bioeconomia circolare mira quindi alla riduzione degli sprechi, al riutilizzo dei materiali, al riciclo, in tutti quei settori dove è possibile applicarla, come l'agricoltura, le industrie alimentari, le industrie

4 Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Guallart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023.

5 Anastasovaki A. et al., *Energy Storage in Urban Areas: The Role of Energy Storage Facilities, A Review*, Energies, 2024.

6 Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *L'economia derivata dai servizi naturali: la bioeconomia*, 2019 www.mase.gov.it/

7 “Tutto funziona all'interno di una rete interconnessa di sistemi progettati per eliminare sprechi e inquinamento, far circolare prodotti e materiali e rigenerare la natura”

Ellen MacArthur Foundation, *Circular cities: thriving, liveable, resilient*. Traduzione dell'autore.

www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/cities/overview

tessili e dei prodotti della carta e le industrie dei biocombustibili.

Un biodistretto si riferisce a un'area geografica in cui pratiche agricole, produttive e di consumo sostenibili sono promosse per preservare la biodiversità e promuovere lo sviluppo locale. Viene definita nel *Organic Action Plan* dell'Unione Europea come:

“a geographical area where farmers, the public, tourist operators, associations and public authorities enter into an agreement for the sustainable management of local resources, based on organic principles and practices. The aim is to maximize the economic and sociocultural potential of the territory”⁸.

Questo modello promuove quindi un approccio integrato al territorio, alla pianificazione e alla gestione delle risorse, valorizzando le pratiche agricole sostenibili e la bioeconomia circolare, con l'obiettivo di favorire la qualità della vita in ambiente urbano e la biodiversità.

Il metodo della forestazione urbana mira principalmente a ristabilire il legame tra la popolazione e la natura, sensibilizzando e avvicinando le persone a quelli che sono i processi naturali sempre più lontani dai contesti più urbanizzati.

“In urbanised Europe, urban woodlands are a primary means of keeping city dwellers in touch with nature and natural processes. These woods can offer pleasant environments for rest, relaxation and recreation. We know that visits to woodlands and other green space can improve people's mental and physical health”⁹.

8 “Un'area geografica in cui agricoltori, cittadini, operatori turistici, associazioni e autorità pubbliche stipulano un accordo per la gestione sostenibile delle risorse locali, basata su principi e pratiche biologiche. L'obiettivo è massimizzare il potenziale economico e socioculturale del territorio”.

European Parliamentary Research Service, *Development of organic production in the EU: 2021-2027 action plan*, 2021, p. 3. Traduzione dell'autore.

9 “Nell'Europa urbanizzata, i boschi urbani rappresentano uno dei principali mezzi per mantenere i cittadini in contatto con la natura e i processi naturali. Questi boschi possono offrire ambienti piacevoli per il riposo, il relax e la ricreazione. Sappiamo che le visite ai boschi e ad altri spazi verdi possono migliorare la

Diversi sono i benefici ambientali ma anche sociali che può apportare la forestazione urbana all'interno dell'ambiente urbano, alcuni dei quali sono: mitigamento delle isole di calore causate dalle strutture edificate e dalle superfici asfaltate; una migliore gestione delle acque piovane favorendo il drenaggio dell'acqua nel sottosuolo e il miglioramento della qualità dell'aria e l'aumento della biodiversità.

La bioeconomia forestale rappresenta un approccio innovativo e sostenibile per la gestione delle risorse¹⁰, basato sul ciclo di vita delle foreste e sulla valorizzazione della biomasse ricavate da queste ultime. Questo comprende la gestione sostenibile delle foreste, l'uso di legname e altri materiali forestali in costruzioni ecocompatibili, e l'adozione di pratiche che rispettino il ciclo di vita delle foreste. Questo concetto si basa sulla visione circolare dell'intera filiera foresta-legno nel quale, il ciclo chiuso delle risorse, presenta flussi di materia e di energia che derivano esclusivamente da risorse biologiche rinnovabili. Foreste e biomasse giocano un ruolo significativo all'interno del modello bioeconomico soprattutto nei contesti urbani dove possono contribuire allo sviluppo di ecosistemi circolari che permettano lo sfruttamento delle biomasse per fini differenti, come vedremo nel corso di questa tesi. L'obiettivo è quello di ridurre gli sprechi e massimizzare il riuso del legno arrivato a fine vita, riciclando o utilizzandolo in altre filiere.

La bio-resilienza in ambiente urbano, che affonda le sue radici nel mondo biologico della capacità degli organismi e degli ecosistemi di resistere a disturbi e perturbazioni dal mondo esterno¹¹, è un aspetto fondamentale del sistema urbano che permette allo svilup-

salute mentale e fisica delle persone”.

Konijnendijk C., et al, *NeighbourWoods for better cities, tools for developing multifunctional community woodlands in Europe*, University of Copenhagen, 2024, p 2. Traduzione dell'autore.

¹⁰ Antikainen R, et al., *Renewal of forest based manufacturing towards a sustainable circular bioeconomy*, Reports of the Finnish Institute, 2017, p 89.

¹¹ Zhao Z, Hu Z. et al., *Evaluation of urban resilience and its influencing factors*, Sustainability, 2024.

po delle città di migliorare la propria abilità di resistere e ridurre gli eventi estremi e di disturbo che abbiamo iniziato a conoscere da vicino e che iniziano a toccare tutti noi. Richiede quindi un approccio integrato e interdisciplinare che coinvolga la pianificazione ecologica ma anche un cambio di prospettiva di quelle che sono le infrastrutture verdi con l'obiettivo di favorire un equilibrio tra la crescita urbana e la conservazione della biodiversità.

Definite formalmente dallo *United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme*, le soluzioni basate sulla natura (Nbs) sono

“actions to protect, conserve, restore, sustainably use and manage natural or modified terrestrial, freshwater, coastal and marine ecosystems, which address social, economic and environmental challenges effectively and adaptively, while simultaneously providing human well-being, ecosystem services and resilience and biodiversity benefits”¹².

Sono quindi azioni ispirate dai processi naturali che evidenziano come sia fondamentale conservare e supportare la biodiversità per prevenire i danni causati dai cambiamenti climatici. Azioni che non si limitano a mitigare gli impatti ambientali ma, legate all'ecologia, diventano soluzioni pratiche, soprattutto negli ambienti urbani, integrando aspetti sociali ed economici. Alcuni esempi di NBS sono la realizzazione di corridoi ecologici che permettono di riconnettere quegli spazi naturali che si sono frammentati a causa dell'urbanizzazione.

12 “Azioni per proteggere, conservare, ripristinare, utilizzare in modo sostenibile e gestire ecosistemi terrestri, d'acqua dolce, costieri e marini, naturali o modificati, affrontando in modo efficace e adattivo le sfide sociali, economiche e ambientali. Allo stesso tempo, queste azioni mirano a garantire il benessere umano, i servizi ecosistemici, la resilienza e i benefici per la biodiversità”.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme, *Nature-based solutions for supporting sustainable development*, 2022. Traduzione dell'autore.

III. L'importanza del concetto di biocity nell'attuale contesto ambientale

“Bisognerebbe che le città del futuro, siano esse costruite ex novo o rinnovate, riportassero la natura all'interno del nostro nuovo habitat, trasformando le città in fitopolis, città viventi in cui il rapporto fra piante e animali si riavvicini al rapporto che troviamo in natura: 86,7% piante contro 0,3% animali (uomini inclusi)”¹³.

Il dibattito sulla necessità di concepire le *biocity* emerge in un momento critico per l'ecosistema globale. Le specie animali e le risorse naturali stanno raggiungendo un punto di crisi irreversibile, spingendo a riconsiderare il nostro approccio all'urbanizzazione e alla costruzione. Il settore dell'edilizia, da tempo, si configura come uno dei principali fattori di impatto antropico sull'ambiente, contribuendo significativamente alla degradazione ecologica. Stando agli ultimi studi condotti dall'*International Energy Agency* (IEA), le aree urbane consumano il 75% delle risorse energetiche globali e generano il 70% delle emissioni di gas serra¹⁴. Questi numeri sono destinati a crescere a causa della continua urbanizzazione e della maggiore attività economica nelle aree urbane.

13 Stefano Mancuso, *Fitopolis, La città vivente*, Laterza, 2023, p. 4.

14 International Energy Agency, *Empowering Urban Energy Transitions Smart cities and smart grids*, 2024, p. 10.

Parallelamente, questo settore si è mostrato inadeguato nel soddisfare le esigenze abitative di vasti strati della popolazione, con un'elevata percentuale di individui costretti a vivere in condizioni di povertà e degrado ai margini dell'ambiente urbano.

Le iniziative di sostenibilità attuate finora hanno spesso fallito nel promuovere un'autentica equità sociale e nella tutela ambientale, evidenziando una lacuna nel modello di sviluppo adottato finora. Ciò rappresenta l'eredità problematica dell'*homo faber*, l'uomo che crea senza però necessariamente tenere conto delle conseguenze a lungo termine delle sue azioni. L'uomo dell'antropocene, soprattutto negli ultimi due secoli, dalla rivoluzione industriale ad oggi, si è sempre considerato al di sopra della natura e degli altri animali, guardando al mondo naturale e alle piante come statiche ed inermi, dimenticando di quanto esse siano risorse per la nostra sopravvivenza ma anzi considerandole semplici risorse da utilizzare. È necessario, dunque, un cambio socioculturale importante e chiedersi in che modo sia possibile rispondere a queste problematiche e cosa rende le *bioicity* così importanti nel dibattito sul futuro delle città e del pianeta. Perché è essenziale parlarne proprio ora? Con previsioni che indicano un incremento di circa 2.5 miliardi di abitanti nelle aree urbane entro il 2050, la domanda per nuove costruzioni residenziali e infrastrutture di servizio è destinata a raddoppiare. Questa espansione comporta un inevitabile aggravio sullo sfruttamento delle risorse e del territorio, accelerando i processi di degrado ambientale. Le *bioicity*, come abbiamo potuto vedere nel capitolo precedente, propongono un nuovo paradigma, alternativo alla città tradizionale in cui la natura è solo uno spazio frammentato all'interno del territorio urbanizzato. Diversi sono i programmi europei che mirano a decarbonizzare e modificare gli assetti urbanistici delle città.

“The City of Copenhagen has a dual responsibility to mitigate the effects of climate change and to show that it is feasible to combine growth, development, and an enhanced quality of life with lower CO₂-

*emissions*¹⁵.

Questo l'obiettivo contenuto nel *Climate Plan* della città di Copenhagen, adottato nel 2012, che mira ad essere la prima capitale europea *carbon neutral* entro il 2025, basando il suo progetto su quattro pilastri principali: consumo di energia, produzione di energia, mobilità sostenibile e iniziative di amministrazione della città. Un intervento pioniero che è riuscito a ridurre, fino ad ora, le emissioni di gas serra del 70% rispetto a quelle presenti nel 1990, mentre, a livello europeo, le emissioni di anidride carbonica (CO₂) sono diminuite di oltre il 30% tra il 1990 e il 2020, con una maggiore flessione avvenuta tra il 2019 e il 2020 e questo in stretta correlazione con la pandemia Covid-19¹⁶.

Altro progetto pioniero è quello adottato dalla città di Amsterdam nel 2020 che si pone come obiettivo quello di diventare la prima città al mondo ad adottare il sistema economico circolare entro il 2050 con il quale si eviterà di consumare risorse importanti per il pianeta e materie prime¹⁷. Con il suo programma quinquennale, la città di Amsterdam, inizia questo processo di trasformazione della propria economia focalizzandosi sul cibo, sui rifiuti e sull'ambiente urbanizzato. Durante questa transizione da economia lineare ad economia circolare, vengono analizzate e studiate le diverse statistiche associate agli impatti ecologici, tra cui la diminuzione delle emissioni, il miglioramento della biodiversità e le analisi sull'uso del suolo, che permettono di comprendere maggiormente quali lezioni possono essere apprese e quali punti sono quelle su cui intervenire maggiormente negli step successivi¹⁸.

15 "La città di Copenhagen ha una doppia responsabilità: mitigare gli effetti del cambiamento climatico e dimostrare che è possibile combinare crescita, sviluppo e un miglioramento della qualità della vita con una riduzione delle emissioni di CO₂".

CPH 2025 Climate Plan, *Roadmap 2021-2025*. Traduzione dell'autore.

16 Agenzia europea dell'ambiente.

17 City of Amsterdam, *Circular Economy Programme: Lessons and Recommendations 2020-2021*.

18 City of Amsterdam, TNO and TU Delft, *Amsterdam circular monitor*, 2020.

In questo contesto, diventa imperativo assumersi la responsabilità di iniziare un processo di rigenerazione ambientale e sociale. È fondamentale adottare le migliori pratiche per il benessere del pianeta, che includono la progettazione sostenibile, la manutenzione di edifici e città, e una visione olistica del loro impatto. Affrontare la crisi climatica richiede un ripensamento radicale delle nostre città, non solo in termini di strutture fisiche, ma anche riguardo all'intero ciclo di vita dell'ambiente urbano, dei materiali immessi e degli scarti prodotti. La transizione verso un modello di sviluppo circolare, che prevede il riutilizzo creativo dei rifiuti sia a livello industriale che individuale, rappresenta un approccio strategico. Questa visione, definita come "metabolismo urbano", si pone l'obiettivo di affrontare sfide cruciali come l'ingiustizia sociale, il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e la tutela della salute umana.

Diverse sono le politiche a livello europeo che cercano di affrontare queste problematiche economiche, sociali ma anche naturali come l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite che con i suoi *Sustainable Development Goals* mira a trasformare il modo in cui stiamo vivendo. L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite ha fissato 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile con 169 target associati. L'obiettivo 11 mira proprio al concetto di rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e duraturi. Più nel dettaglio il punto 11.7 dell'Agenda 2030 introduce il ruolo degli spazi pubblici e delle infrastrutture verdi delle aree urbane. E ancora l'obiettivo 13 mira alla lotta contro il cambiamento climatico. In particolare, i primi due punti, il 13.1 e il 13.2 mirano, rispettivamente, a rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali che derivano dal cambiamento climatico e integrare nelle strategie, nei progetti e nelle politiche nazionali, misure atte a contrastare lo stesso cambiamento climatico¹⁹.

Riconsiderare le nostre città e il loro rapporto con la natura circo-

19 United Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, 2015.



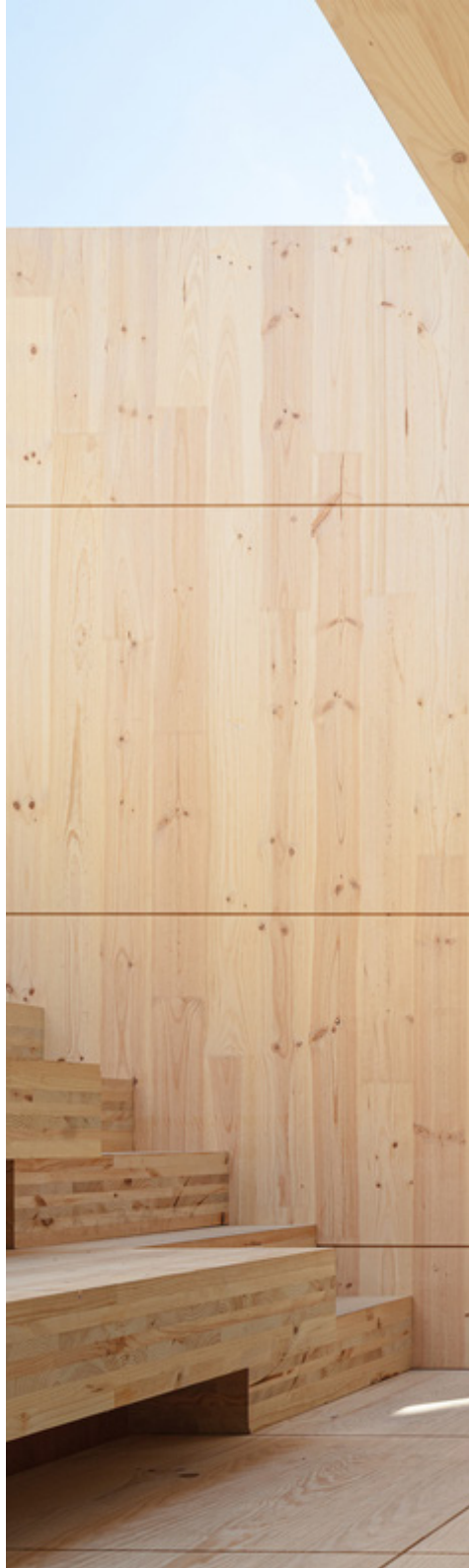
Figura 1_Obiettivi per lo sviluppo sostenibile.

stante diventa quindi imperativo. I principi delle *biocity* dovrebbero orientare la riprogettazione degli spazi condivisi, degli edifici e delle infrastrutture, integrando un'ampia gamma di azioni e strategie che verranno approfondite nei capitoli successivi. Questo processo richiede un impegno collettivo e una visione innovativa, in grado di coniugare progresso tecnologico e rispetto per l'ambiente, delineando un futuro in cui l'urbanizzazione sia in armonia con la natura.

Capitolo 1.

Ambienti urbani sostenibili
e ispirati alla natura

IAAC, *Bauhaus Earth, Mass is more*, 2022





1.1 Verso la Biocity: transizioni e sviluppi

In questa prima parte del primo capitolo si vuole esplorare la transizione verso le *biocity*, un concetto che rappresenta un'evoluzione del modo in cui concepiamo lo spazio urbano e il suo rapporto con la natura. L'obiettivo è creare ambienti urbani che integrino in modo armonioso la natura con le infrastrutture e le attività umane, superando la tradizionale dicotomia tra città e ambiente naturale. Questo approccio implica una visione della città come organismo vivente, in cui le diverse funzioni urbane – dalla mobilità alla gestione delle risorse, fino alla progettazione degli spazi verdi – vengono considerate come parte di un unico sistema interconnesso. La città, vista come un ecosistema complesso, diventa un luogo in cui i processi naturali e quelli umani si intrecciano, creando un equilibrio dinamico che favorisce il benessere sociale, economico e ambientale.

Nel corso del capitolo, vengono analizzate le sfide e le opportunità legate a questa trasformazione, evidenziando i cambiamenti necessari nella pianificazione urbana, nella progettazione degli spazi verdi e nelle politiche pubbliche. L'integrazione di soluzioni basate sulla natura (NBS) e di principi di bioeconomia circolare diventa cruciale per ripensare le città come habitat sostenibili, capaci di autoregolarsi e di adattarsi ai mutamenti climatici e sociali.

Per muoverci concretamente verso la trasformazione delle città in *biocity*, è fondamentale accelerare l'innovazione e sviluppare nuovi paradigmi per la pianificazione urbana. Non si tratta solo di aumentare la presenza del verde nelle città, ma di ridefinire completamente il modo in cui gli spazi urbani vengono progettati e vissuti, creando ambienti più verdi, più resilienti e meno soggetti al fenomeno delle isole di calore. Questa transizione non può essere affrontata con un approccio settoriale o frammentario, ma richiede una visione interdisciplinare, capace di superare le tradizionali separazioni tra urbanistica, ecologia, economia e sociologia. Solo attraverso una prospettiva olistica, che tenga conto della complessità dei sistemi urbani e della loro interazione con l'ambiente naturale, sarà possibile realizzare città davvero sostenibili, in grado di rispondere alle sfide del futuro.

1.1.1 Dal concetto di biophilia allo studio delle bio-città

Gli ultimi secoli sono stati caratterizzati dalla migrazione della popolazione rurale verso le aree urbane. Il risultato è che più della metà della popolazione mondiale vive nelle aree urbane e questo dato tenderà a salire portando il 70% della popolazione mondiale, a vivere nelle città entro il 2050²⁰. Questa realtà ha reso urgente una riflessione profonda sulle modalità con cui progettiamo e viviamo gli spazi urbani e questo evento di migrazione verso le aree urbane ha già portato ad una modifica delle città in quanto le stesse si espandono sempre di più oltre i propri confini alterando il paesaggio naturale. Se da un lato il fenomeno dell'urbanizzazione porta ad un miglioramento delle condizioni sociali ed economiche delle persone, dall'altro ne deriva uno sviluppo di alcune condizioni di degrado e di povertà soprattutto delle zone periferiche delle aree urbane. Già alla fine del XIX secolo, l'urbanista e fondatore del movimento *garden city*, Ebenezer Howard, evidenzia i diversi problemi correlati allo spopolamento rurale e alla crescita incontrollata delle grandi città. Howard crea una serie di progetti di piccole città

20 Food and agriculture organization, *How to feed the world 2050*, 2009.

*“planned, self-contained, communities surrounded by greenbelts, containing carefully balanced areas of residences, industry, and agriculture”*²¹,

avvicinandosi e anticipando così quelle che sono le caratteristiche moderne delle infrastrutture verdi e avendo una visione innovativa di quelli che sono oggi i quartieri periurbani. Inoltre, attraverso l'utilizzo delle *green belt*, crea un segno di cesura separando la città in espansione dalle aree circostanti e allo stesso tempo facendo diventare lo spazio naturale parte integrante della città stessa.

Tornando ai nostri giorni, le città contemporanee sono catalizzatori delle attività economiche e ogni anno arriviamo sempre prima ad utilizzare le risorse previste del pianeta. Ogni anno assistiamo ad un raggiungimento più rapido dell'*earth overshoot day*. Quest'anno è scattato il 1 agosto a livello globale, mentre a livello nazio-

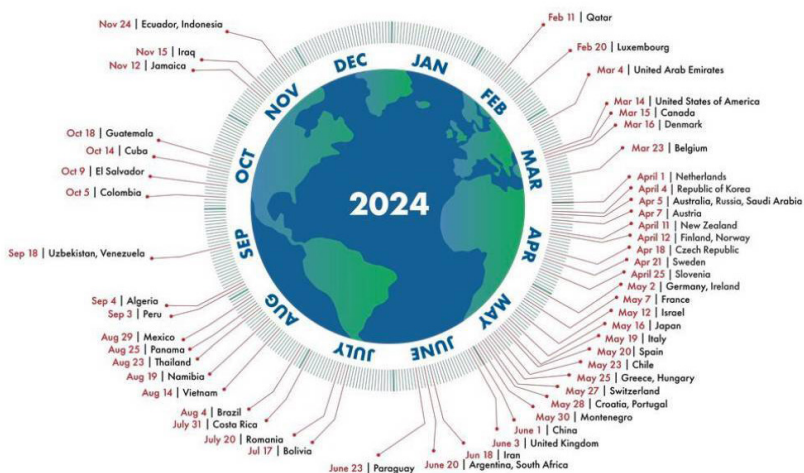


Figura 2_Grafico dell'earth overshoot day nelle principali nazioni.

21 “Comunità pianificate, autosufficienti, circondate da barriere verdi, contenenti aree attentamente bilanciate di residenze, industrie e agricoltura”.

Howard E., *Garden Cities of To-morrow*, 1898 prima *Tomorrow: A Peaceful Path to Social Reform*. Traduzione dell'autore.

nale è scattato il 19 maggio 2024²², indicando come in soli 7 mesi l'umanità abbia già utilizzato ciò che la Terra impiega 12 mesi per rigenerare. Stiamo quindi consumando l'equivalente di 1,7 pianeti all'anno e ciò ribadisce il concetto del crescente squilibrio tra le risorse che consumiamo e quelle che la Terra riesce a rigenerare.

Per poter individuare la complessità delle strategie e delle sfide che stiamo attuando e che continueremo a ricercare nei campi dell'architettura e dell'urbanistica nell'epoca dell'antropocene, è necessario introdurre il concetto di metabolismo urbano. Il metabolismo urbano di una città, proprio come un organismo naturale, dipende da processi complessi per il suo funzionamento. Necessita di input energetici per funzionare (cibo, acqua, ossigeno) e produce output (scarti, CO₂) generando rifiuti. Questa visione del sistema città, in analogia con i processi biologici, è stata ampiamente studiata nel corso degli anni e ha permesso di analizzare criticamente l'inefficienza delle città moderne, adattandosi ad un contesto in continuo sviluppo. Per comprendere appieno il nuovo concetto di *biocity* è necessario introdurre lo studio che Edwars O. Wilson²³ propone nel 1984 come ipotesi scientifica: il concetto di *Biophilia* che viene descritto come

“la tendenza innata a concentrare il proprio interesse sulla vita e sui processi vitali?”.

Con questo testo, sostenne quindi che gli esseri umani possiedono un bisogno innato di connettersi con la natura, un bisogno radicato nella nostra evoluzione e nel lungo rapporto tra la specie umana e l'ambiente naturale. Più che un semplice ideale estetico, la *biophilia* pone le basi per un cambiamento profondo nella progettazione e nella gestione degli ambienti urbani, evidenziando come l'ambiente naturale possa influire sul benessere psicofisico, sulla

22 Giorno del debito ecologico.

Global footprint network, *Estimating the Date of Earth Overshoot Day 2024*, 2024
overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/

23 Wilson E.O., *Biophilia*, Piano B, 1984.

resilienza delle città e sulla capacità di affrontare le sfide ambientali. Ne deriva che il concetto di *biocity* è strettamente connesso con i principi della biomimetica, che è la pratica di guardare alla natura per trovare ispirazione nella progettazione e nella ingegnerizzazione di sistemi creati dall'uomo. Applicando i principi della biomimetica alla progettazione urbana, è possibile creare città che funzionino più come ecosistemi naturali, con sistemi a circuito chiuso che riducono al minimo gli sprechi e promuovono l'efficienza delle risorse.

Mentre gli ecosistemi naturali tendono ad essere ciclici e rigenerativi, il metabolismo urbano attualmente è lineare. Risorse come acqua, cibo ed energia entrano all'interno della città, vengono consumate e producono scarti che non vengono riciclati o riutilizzati. In particolare, l'attenzione all'ambiente naturale e a quello costruito e le connessioni che hanno queste ultime con l'industrializzazione, il degrado ambientale e la crescente consapevolezza dell'impatto che essi possono avere all'interno della città, hanno portato, già nel 1965, Abel Wolman, ad introdurre il concetto di metabolismo urbano. Nel suo articolo *The metabolism of cities*²⁴, descrive il metabolismo urbano come il flusso di materiali, energia e informazioni attraverso i sistemi urbani. Prendendo come esempio un'ipotetica città americana abitata da un milione di persone, analizza tre problemi metabolici principali che sono diventati più acuti con la crescita delle città: la fornitura di un'adeguata riserva d'acqua, lo smaltimento efficace delle acque reflue e il controllo dell'inquinamento atmosferico. Successivamente, Lewis Mumford, con il suo testo *The city in history*²⁵ sviluppò ulteriormente l'idea della città come sistema ecologico, sottolineando la necessità di un approccio più olistico all'urbanistica e al design. Mumford sottolinea come la perdita del contatto con la natura fosse una delle principali cause di alienazione e declino sociale nelle città moderne.

Alla fine degli anni 60, con la necessità di sottolineare che la pia-

24 Wolman A., *The metabolism of cities*, in Scientific american, 1965.

25 Mumford L., *The city in history*, 1961.

nificazione urbana debba essere basata sulla comprensione dei sistemi ecologici, Ian McHarg, pubblica un libro che ha avuto un profondo impatto e ha rivoluzionato il campo dell'architettura del paesaggio e della pianificazione urbanistica. Nel suo lavoro, *Design with nature*, scrive

*“Man is a uniquely conscious creature who can perceive and express. He must become the steward of the biosphere. To do this he must design with nature”*²⁶,

evidenziando come sia necessario, in ogni processo di progettazione, prendere in considerazione l'ambiente naturale e come si debba lavorare con la natura e non contro di essa.

Herbert Girardet, all'inizio degli anni 90, applica al problema progettuale teorie relative alla ricomposizione ecologica dell'inserimento umano, studiando quella che verrà definita l'impronta ecologica della città di Londra²⁷, come un modo per misurare l'impatto ambientale delle città.

*“It will be crucially important to fundamentally reorganise the metabolism of cities – the throughput of raw materials, energy, consumer goods and the treatment of wastes – from the perspective of long-term ecological viability. We cannot afford to continue with a pattern of linear input and output which makes the routine generation of poisonous wastes a ‘normal’ activity”*²⁸.

26 “L'uomo è una creatura unicamente consapevole che può percepire ed esprimere. Deve diventare il custode della biosfera. Per fare ciò, deve progettare in armonia con la natura”.

McHarg I., *Design with nature*, 1969. Traduzione dell'autore.

27 Girardet H., *The Gaia Atlas of Cities. New directions for sustainable urban living*, Gaia Books, 1992.

28 “Sarà di cruciale importanza riorganizzare profondamente il metabolismo delle città – il flusso di materie prime, energia, beni di consumo e il trattamento dei rifiuti – dal punto di vista della sostenibilità ecologica a lungo termine. Non possiamo permetterci di continuare con un modello di input e output lineare che rende i rifiuti tossici, di questa generazione, un'attività normale”.

Girardet H., *The metabolism of cities*, pubblicato in Cadman D., Payne G.K., *The*

Con queste righe, Girardet sottolinea l'importanza di applicare il concetto di metabolismo urbano e comprendere come le città interagiscono con l'ambiente naturale e come il flusso di risorse influenza la sostenibilità urbana. In testi più recenti, spiega come la sfida di questo secolo sia quella di trovare un modo per permettere alle città di funzionare diversamente da come funzionano ora, creando spazi che possano soddisfare i bisogni delle persone che vivono le città ma anche assicurando la propria resilienza ecologica ed economica.

*“Ecopolis is biophilic in that its local environment is enhanced by green spaces for its people to enjoy and benefit from. But it also embraces the wider notion of ‘ecophilia’ in that it ensures a symbiotic, life-enhancing relationship to the world’s ecosystems”*²⁹

Girardet, sottolinea l'importanza di muoverci dalle cosiddette *petropolis*, le città in cui viviamo, città costruite quindi sul paradigma del consumo intensivo di risorse fossili, caratterizzate da un metabolismo urbano lineare, alle *ecopolis*, visione alternativa e sostenibile della città, in cui gli ambienti urbani funzionano come ecosistemi rigenerativi. Il passaggio dal concetto di metabolismo lineare a circolare è di fondamentale importanza, in quanto imitando i processi naturali, è possibile ridurre l'impronta ecologica delle città, rendendole resilienti alle sfide climatiche.

La formulazione teorica e l'approccio metodologico al metabolismo circolare si è sviluppato ulteriormente, nel corso degli anni, con l'introduzione del concetto di bioeconomia circolare, ampliandosi attraverso il contributo interdisciplinare dell'ecologia industriale, della pianificazione urbana, della sociologia, dell'archi-

living city: towards a sustainable future, 1990, cap 8. Traduzione dell'autore.

29 “Ecopolis è biofilica in quanto il suo ambiente locale è valorizzato da spazi verdi pensati per il benessere e il piacere delle persone. Tuttavia, abbraccia anche il concetto più ampio di ecofilia, garantendo una relazione simbiotica e di miglioramento della vita con gli ecosistemi del pianeta”.

Girardet H., *Creating regenerative cities*, Routledge, 2024, p 216-225. Traduzione dell'autore.

tettura del paesaggio, dell'agricoltura, dell'economia e di numerose altre discipline.

“Biocity concept resides in a paradigm change, focused on identifying solutions to climate and health crises by mimicking natural systems, rather than being the cause of these problems due to historically exceptional urban development”³⁰

Il principio delle *biocity* è la loro dinamicità, non sono intese quindi come entità statiche, ma anzi come processi in continua evoluzione, capaci di adattarsi ai cambiamenti climatici, integrandosi con il territorio circostante.

In questo contesto si colloca il *Biocities Manifesto*, che determina i dieci tratti chiave da seguire per trasformare il contesto urbano in una città resiliente e basata su un sistema socio-ecologico naturale: (1) *the biocity as a carbon sink*; (2) *the self-sufficient biocity*; (3) *the multi-layered biocity*; (4) *the healthy living biocity*; (5) *the circular bioeconomy biocity*; (6) *the low-mobility connected biocity*; (7) *the urban-rural balanced biocity*; (8) *the participatory local culture biocity*; (9) *the resilient biocity*; (10) *biocities for all*.³¹

Il manifesto propone un'idea di città capace di integrarsi nel contesto naturale e sociale, sottolineando l'importanza di trasformare gli ambienti urbani in ecosistemi dinamici. Attraverso queste linee guida, il *Biocities Manifesto* si pone l'obiettivo di creare ecosistemi urbani capaci di ridurre gli impatti ambientali, riducendo le

30 “Il concetto di *biocity* si basa su un cambio di paradigma, orientato all'identificazione di soluzioni alle crisi climatiche e sanitarie attraverso l'imitazione dei sistemi naturali, anziché esserne la causa, come accaduto a causa dello sviluppo urbano storicamente eccezionale”.

Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Guallart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023, pp 9-20. Traduzione dell'autore
31 (1) La *biocity* come deposito di carbonio; (2) la *biocity* autosufficiente; (3) la *biocity* stratificata; (4) la *biocity* per una vita sana; (5) la *biocity* basata sulla bioeconomia circolare; (6) la *biocity* connessa con la mobilità dolce; (7) la *bio biocity city* in equilibrio tra urbano e rurale; (8) la *biocity* della cultura locale partecipativa; (9) la *biocity* resiliente; (10) la *biocity* per tutti. Ibidem. Traduzione dell'autore.

City



Biocity

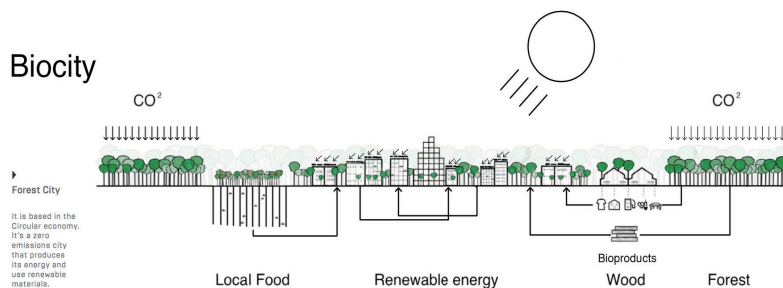


Figura 3_Forestazione urbana in una *biocity*, Vicente Guallart.

emissioni di CO_2 e anzi immagazzinandole maggiormente, ottimizzando le risorse primarie impiegate per favorire quei processi metabolici circolari che mirano all'autosufficienza sia energetica che alimentare.

Negli ultimi anni, abbiamo assistito ad un crescente interesse per nuovi modelli urbani innovativi che adoperano le *green practices* per trasformare le nostre città in quegli ecosistemi capaci di imitare i sistemi e i processi naturali per garantire un ambiente più resiliente e sostenibile. Questi nuovi modelli di città hanno contribuito allo sviluppo delle teorie delle *biocities*, come le *smart cities*, le *green cities*, le *resilient cities*, e le *sponge cities*,³² ma abbiamo anche assistito allo sviluppo di idee concettuali che hanno cercato di reimmaginare la città sulla base delle teorie del *garden city movement* enunciate da

³² Le *smart cities*, le *green cities*, le *resilient cities*, e le *sponge cities* sono tutti esempi di città sostenibili.

Ebenezer Howard³³, come il progetto *Re-imagining the Garden City*³⁴ dello studio scandinavo C.F. Moller Architects che propone un masterplan di Letchworth Garden City, un'idea di città costruita

“around links and synergies between productive, performance and amenity landscapes”³⁵.

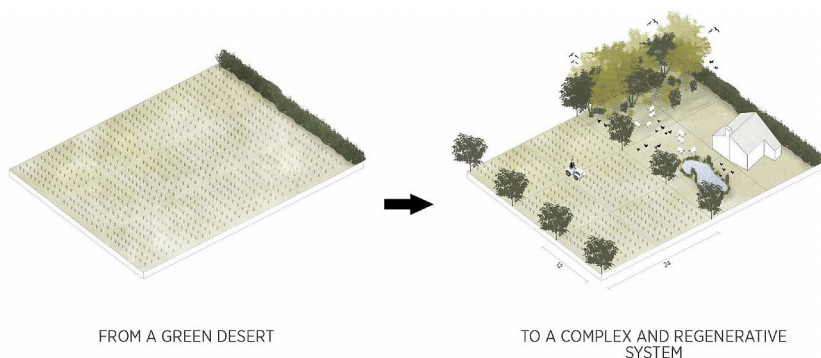


Figura 4_Re-Imagining the garden city, C. F. Moller Architects.

³³ Ivi p. 38.

³⁴ C. F. Moller Architects, *Re-imagining the Garden City*, 2019.

<https://www.cfmoller.com/p/Re-imagining-the-Garden-City-i3551.html>

³⁵ “Attorno ai legami e alle sinergie tra paesaggi produttivi, funzionali e ricreativi”. Ibidem. Traduzione dell'autore.

1.1.2 Introduzione al concetto di bioeconomia circolare

Per comprendere il concetto di bioeconomia circolare, è necessario partire dalle basi teoriche dell'economia circolare, un modello che mira a superare le inefficienze del sistema economico tradizionale, noto come economia lineare. Quest'ultimo si basa sul principio "estrai, produci, consuma e getta" ed è stato il motore principale dello sviluppo industriale del XX secolo. Tuttavia, con l'aumento della pressione sulle risorse naturali, il crescente accumulo di rifiuti e le evidenti conseguenze ambientali e sociali, è emersa la necessità di un nuovo paradigma economico. Questo nuovo modello di produzione e consumo, infatti, sostituisce il concetto di "rifiuto" con quello di "risorsa". Il modello economico circolare mira a ridurre il più possibile la pressione sull'ambiente, lo spreco di materie prime, l'uso dei materiali, le emissioni incorporate dai prodotti e aumentare l'efficienza nell'impiego dei materiali, massimizzando il riciclo e la rigenerazione dei prodotti ma anche la loro vita utile per sviluppare un'economia che sia sostenibile: "estrai, produci, consuma e riproduci"³⁶.

Tuttavia, la transizione verso un modello di bioeconomia circo-

36 Circular economy network, *6° rapporto sull'economia circolare in Italia 2024*.
<https://circularconomynetwork.it/economia-circolare/>

lare su scala urbana si scontra con una serie di resistenze economiche e politiche strutturali. In primo luogo, il sistema economico dominante è ancora fortemente radicato in logiche lineari, supportato da interessi industriali consolidati, filiere produttive globalizzate e incentivi fiscali che favoriscono l'uso di risorse vergini rispetto a quelle rigenerate³⁷. Le grandi multinazionali, soprattutto nel settore dell'energia, dei materiali da costruzione e dell'agroindustria, esercitano pressioni politiche per mantenere lo *status quo*, rallentando l'introduzione di normative più stringenti o di incentivi economici alla circolarità³⁸.

A livello politico, le barriere principali includono la mancanza di un quadro normativo coerente e integrato, la frammentazione delle competenze tra enti pubblici e privati, e una certa inerzia istituzionale che ostacola l'innovazione sistemica³⁹. Spesso le città, pur essendo centri nevralgici per l'implementazione di strategie circolari⁴⁰, faticano a sviluppare *governance* urbane capaci di coordinare attori eterogenei (pubblici, privati, comunità locali) e a strutturare modelli economici territoriali resilienti.

Infine, un ulteriore ostacolo risiede nella difficoltà di misurare e valorizzare economicamente i benefici sistemici della bioeconomia circolare, che spesso non si traducono immediatamente in ritorni economici per gli investitori, ma piuttosto in benefici ambientali e sociali a lungo termine⁴¹.

Il concetto di economia circolare, ovvero l'idea di riutilizzare i materiali in modo sistematico, risale a circa il 1966 quando Kenneth

37 Kirchherr J, et al, *Barriers to the circular economy: evidence from the European Union in Ecological Economics*, 2018, pp 264-272.

38 Skondras A, *Governance strategies for sustainable circular bioeconomy development in Europe: insights and typologies*, 2024, p 11.

39 Taffuri A, et al, *Integrating circular bioeconomy and urban dynamics to define an innovative management of bio-waste: the study case of Turin*, 2021.

40 Koblowski W, et al, *Circular economy and the city: An urban political economy agenda*, 2020.

41 Eric C, et al, *Circular bioeconomy concepts - a perspective*, 2021.

E. Boulding scrisse l'articolo *The economics of the coming spaceship earth*⁴² in cui introduce la metafora della Terra come una “navicella spaziale”. In un mondo con risorse limitate, sosteneva Boulding, è essenziale adottare un sistema economico chiuso e autoregolato, in cui i rifiuti non siano un problema, ma una risorsa. Nel corso degli anni, l'economia circolare ha trovato applicazioni pratiche e teorizzazioni più approfondite, come quelle proposte da Walter Stahel negli anni Ottanta, che sviluppò il concetto di *performance economy*⁴³. L'idea di Stahel è quella di proporre un modello economico basato sulla vendita di servizi e della loro funzionalità abbandonando il concetto di vendita dei beni. Il suo concetto diventa quindi un modello che promuove un cambiamento sistemico nel modo in cui si producono, usano e riutilizzano beni e servizi, permettendo di gestire in modo migliore le risorse, inducendo le aziende a realizzare beni durevoli nel tempo ma soprattutto riparabili e riciclabili in quanto non si è più legati al profitto e, di conseguenza alla quantità di beni venduti, ma al servizio che essi offrono al consumatore.

Negli ultimi anni il concetto di economia circolare è stato ulteriormente approfondito e in risposta ai *Sustainable Development Goals* (SDGs, Obiettivi per lo sviluppo sostenibile), Kate Raworth, economista inglese, nel 2012 introduce le teorie del *doughnut*⁴⁴, più tardi sviluppato nella pubblicazione *a doughnut for the anthropocene*:

42 Kenneth E. Boulding, *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, Environmental Quality in a Growing Economy, 1966, pp 3-14.

43 Walter R. Stahel, *The product-life factor*, in *An inquiry into the nature of sustainable societies: the role of the private sector*, Harc, Houston area research center, 1982, pp 72-104.

Nel 1982, Walter R. Stahel vinse un premio nella prestigiosa competizione statunitense Mitchell Prize. Il suo saggio *The product-life factor* fu la prima pubblicazione a definire l'economia a ciclo chiuso — ciò che oggi viene chiamato economia circolare — e a descrivere l'impatto di un'economia “a cicli chiusi” sul risparmio delle risorse, la prevenzione dei rifiuti, la creazione di posti di lavoro e il ruolo dell'innovazione e del settore privato.

44 Raworth K., *A safe and just space for humanity, can we live within the doughnut?*, Oxfam discussion paper, 2012.

humanity's compass in the 21st century, ovvero le teorie dell'economia della ciambella. Combinando due grafici concentrici, come mostrato nella figura 5, stabilisce due limiti all'interno dei quali l'attività economica deve operare: un confine interno che garantisce il benessere sociale e che riguarda le esigenze sociali e un confine esterno che riguarda i confini ambientali, planetari. Scendendo più nel dettaglio, il limite interno, diviso in 11 dimensioni, fa riferimento alla base sociale, lo spazio delle esigenze sociali oltre il quale si verificano situazioni di carenze in termini di benessere, come il degrado sociale, l'analfabetismo e l'esclusione; il limite esterno, diviso in 9 dimensioni, è invece il tetto ambientale, uscendo dal quale si verificano situazioni di eccesso di degradazione della dimensione ambientale, come la pressione esercitata sull'ambiente, sull'uso del suolo, la perdita di biodiversità. Lo spazio risultante è quello spazio socialmente giusto, di inclusione sociale dove si sviluppino le attività economiche sostenibili per l'umanità. L'immagine della ciambella come modello economico invita a ripensare le città, le economie e i sistemi produttivi in modo tale che esse stesse non eccedano le risorse disponibili della terra mantenendo e assicurando allo stesso tempo il benessere e la giustizia sociale per tutti.

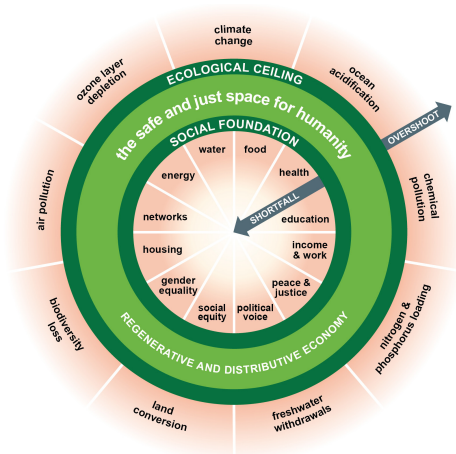


Figura 5_Grafico *The safe and just space for humanity*, Kate Raworth, 2017.

“Il 54% della popolazione mondiale vive in aree urbane, e le città rappresentano l’85% della generazione del PIL globale. Le città sono anche aggregatori di materiali e nutrienti, responsabili del 75% del consumo di risorse naturali, del 50% della produzione globale di rifiuti e del 60-80% delle emissioni di gas serra”⁴⁵.

Gli insediamenti urbani rappresentano il fulcro delle dinamiche sociali ed ambientali proprio perché sono centri di innovazione, tecnologia e interazione sociale, offrendo un’opportunità unica per promuovere un dialogo armonioso e cooperativo tra la tecnosfera⁴⁶, ovvero il sistema artificiale costruito dall’uomo, e l’ecosfera, il sistema naturale che sostiene la vita sulla Terra.

Il passaggio dall’economia circolare alla bioeconomia circolare avviene attraverso l’integrazione sistematica delle risorse naturali nel modello economico, attribuendo loro un valore reale e riconoscendo la loro centralità nei processi produttivi e di consumo. Nel modello economico classico, gli input come energia e materie prime vengono prelevati dall’ambiente naturale senza considerare adeguatamente il loro valore intrinseco e la loro limitatezza⁴⁷. È utile qui introdurre il concetto di entropia⁴⁸ strettamente legato al

45 Ellen MacArthur Foundation, *Cities in the circular economy: an initial exploration*, 2017, p. 4.

46 “The technosphere includes the world’s large-scale energy and resource extraction systems, power generation and transmission systems, communication, transportation, financial and other networks, governments and bureaucracies, cities, factories, farms and myriad other ‘built’ systems, as well as all the parts of these systems, including computers, windows, tractors, office memos and humans”.

La tecnosfera include i sistemi di estrazione di risorse ed energia su larga scala, i sistemi di generazione e trasmissione dell’energia, le reti di comunicazione, trasporto, finanza e di altro tipo, governi e burocrazie, città, fabbriche, fattorie e una miriade di altri sistemi ‘costruiti’, nonché tutte le parti di questi sistemi, compresi computer, finestre, trattori, appunti d’ufficio e umani.

P. K. Haff, *Humans and Technology in the Anthropocene. Six Rules*, in “The Anthropocene Review”, 2014, p. 6. Traduzione dell’autore.

47 Butera F.M., *Affrontare la complessità per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, 2021, pp. 242-250.

48 L’entropia è una grandezza termodinamica che misura il livello di disordine

secondo principio della termodinamica, per comprendere come si comportano i flussi di materia ed energia all'interno di un sistema, in questo caso quello del sistema urbano.

“There is always a price to pay when energy is processed (...) There is a fundamental law of nature that cannot be transgressed, called the second law of thermodynamics, which says that whenever energy is transformed into useful form, it also produces useless energy and degraded by product”⁴⁹.

Secondo questo principio, materia ed energia a bassa entropia, elementi non ancora trasformati perché, ad esempio, prelevati dall'ambiente naturale, entrano in un sistema produttivo, subendo dei processi di trasformazione, che ne aumentano il loro livello di entropia. Questi ultimi, di conseguenza, ne escono con uno stato di maggiore entropia, perché richiedono ulteriore impiego di energia per essere smaltiti o riciclati. Questo concetto di entropia, applicato al modello di bioeconomia circolare, permette di sottolineare come debbano essere ottimizzati i processi di riduzione degli scarti, degli sprechi, degli output, per ridurre il degrado energetico e delle risorse ambientali. Inoltre, questo approccio, che ignora i costi ambientali e sociali associati all'uso delle risorse, non rispecchia la realtà delle cose, contribuendo a squilibri ecologici e a una visione distorta della sostenibilità economica a lungo termine. La bioeconomia circolare, al contrario, riconosce il legame inscindibile tra economia e ambiente, promuovendo l'uso responsabile e rigenerativo delle risorse naturali.

o casualità di un sistema. Rappresenta la tendenza naturale dei sistemi chiusi ad evolversi verso uno stato di maggiore disordine e minore disponibilità di energia utile per compiere lavoro.

49 “C'è sempre un prezzo da pagare quando l'energia viene trasformata (...) Esiste una legge fondamentale della natura che non può essere violata, nota come secondo principio della termodinamica, la quale afferma che ogni volta che l'energia viene convertita in una forma utile, viene anche prodotta energia inutilizzabile e un sottoprodotto degradato”.

West G., *Scale, the universal laws of life and death in organisms, cities and companies*, Weidnfeld & Nicolson, 2017, p. 14. Traduzione dell'autore.

Un esempio concreto di applicazione dei principi espressi da Kate Raworth nelle teorie del *doughnut* è rappresentato dalla città di Amsterdam. Quando nel 2020 l'amministrazione della città di Amsterdam ha lanciato il suo programma *Amsterdam Circular 2020-2025 Strategy*⁵⁰, per impegnarsi a diventare la prima città al mondo ad adottare un modello economico circolare entro il 2050, con l'obiettivo di dimezzare l'uso di materie prime entro il 2030, è stato evidente che fosse l'inizio tangibile di una transizione innovativa che ha accelerato lo sviluppo verso un modello bioeconomico circolare. Attraverso un modello che fornisce un'immagine della città da una prospettiva dell'impatto sociale e ambientale sia a livello locale sia a livello globale, la strategia della città di Amsterdam si è basata su tre settori chiave: flussi di cibo e rifiuti organici, beni di consumo e ambiente costruito. Partendo da una valutazione delle emissioni di CO₂, la città di Amsterdam ha stimato come il 45% delle emissioni deriva dalla produzione di auto, abbigliamento, cibo e altri prodotti di uso quotidiano. Questa percentuale diventa più alta nella stessa città di Amsterdam, nella quale il 63% delle emissioni è causato da prodotti e materiali che sono utilizzati e quindi consumati all'interno della città⁵¹. Inoltre, per poter monitorare i progressi della loro strategia, verificare il peso totale delle risorse naturali e di altre materie che la città consuma e produce come rifiuti, misurare l'impatto delle emissioni di CO₂ e i costi ambientali, la città di Amsterdam ha creato uno strumento di misurazione chiamato *Amsterdam Circular Monitor*. Attraverso questo strumento hanno potuto definire i problemi della città e lavorare su strategie per rimanere all'interno di quello "spazio giusto e sicuro per l'umanità". Una delle diverse pratiche innovative adottate è stata quella di ispirarsi alla natura attraverso lo studio della biomimetica che offre nuove strategie sia a livello di design sia per quanto riguarda le soluzioni basate sulla natura (NBS). Il passo

50 *City of Amsterdam, Amsterdam Circular 2020-2025 Strategy, Circle Economy and the City of Amsterdam*, 2020.

51 *City of Amsterdam, Amsterdam circular monitor, City of Amsterdam, Tno, and Tu Delft*, 2020.

successivo è stato quello di integrare tali strategie nelle iniziative e nella pianificazione della città, con l'obiettivo di migliorare la salute dell'ecosistema naturale ma anche urbano e aumentare la resilienza della città verso i fenomeni estremi delle isole di calore, delle alluvioni, dell'erosione costiera e della siccità⁵².

Un altro esempio di come sia possibile *live within the doughnut*, applicando politiche e adottando strategie per ridurre le emissioni di carbonio nell'atmosfera, è sicuramente quello della città di Copenaghen che era già nota per il suo impegno per la sostenibilità e l'ecologia urbana. Infatti, già nel 2009 l'amministrazione aveva adottato il *Copenhagen Climate Plan 2025*⁵³ con l'obiettivo di diventare *carbon neutral* entro il 2025 riducendo l'impatto del cambiamento climatico e sviluppando soluzioni urbane intelligenti, integrando pratiche di sostenibilità economica, sociale e ambientale. Negli ultimi anni, nella transizione verso il modello di bioeconomia circolare, la città di Copenaghen ha adottato un piano di gestione delle risorse e dei rifiuti⁵⁴ con l'obiettivo di riciclare il 70% dei rifiuti urbani entro il 2024, equivalente a una riduzione di 59,000 tonnellate di CO₂ all'anno.

Le strategie adottate dalle città di Amsterdam e di Copenaghen, rappresentano delle strategie a livello globale per tutte le città che mirano a integrare la sostenibilità ambientale e sociale in una visione circolare e rigenerativa. Guardando al futuro, ciò che potrebbe essere implementato per andare oltre le pratiche e le sfide attuali in un contesto interconnesso è verificare come tali strategie possano essere impiegate anche in contesti più vulnerabili,

“Una eterotopia (...) che sarà possibile se avrà chiaro che green economy significa prima di ogni altra allegoria un capitalismo che incorpori

52 *The city of Amsterdam, The Amsterdam city doughnut, a tool for transformative actions, Doughnut economics action lab, 2020.*

53 *The city of Copenhagen, Copenhagen climate plan 2025, a green, smart and carbon neutral city, the city of Copenhagen, technical and environmental administration, 2009.*

54 *The city of Copenhagen, Circular Copenhagen, resource and waste management plan 2024, City of Copenhagen, 2018.*

*il concetto del limite...Il primo limite da incorporare nella green economy delle imprese è la salute di chi ci lavora e del territorio”*⁵⁵

55 Bonomi A., Masiero R., *Dalla smart city alla smart land*, Marsilio, 2021, p. 41.

1.2 Bioeconomia forestale

Nella seconda parte del primo capitolo vengono approfonditi alcuni temi fondamentali per muoverci dal processo metabolico della città verso una nuova concezione di economia: la bioeconomia forestale. Questo concetto rappresenta un'evoluzione dell'approccio alla gestione delle risorse naturali, ponendo la foresta e i suoi prodotti al centro di strategie integrate per la riduzione dell'impatto ambientale e il miglioramento della qualità della vita urbana. L'analisi di questo modello consente di valutare l'efficienza e l'impatto ambientale del nostro territorio, non solo da un punto di vista puramente formale e tecnico, ma in un'ottica più ampia che abbraccia anche la progettazione del paesaggio urbano e il modo in cui gli spazi verdi vengono percepiti e vissuti dai cittadini.

Adottando il paradigma della bioeconomia circolare, il capitolo esplora il ruolo delle infrastrutture verdi e della forestazione urbana come strumenti essenziali per rendere le città più resilienti e sostenibili. Le teorie sulla forestazione urbana vengono applicate alla scala della pianificazione territoriale, con l'obiettivo di comprendere come gli ecosistemi forestali possano essere integrati negli ambienti urbani, non solo per migliorare la qualità dell'aria e mitigare il cambiamento climatico, ma anche per offrire nuovi spazi di socializzazione e benessere per le comunità. Parallelamente,

viene analizzata la filiera foresta-legno, un settore strategico per la transizione ecologica, che permette di sfruttare le risorse forestali in modo responsabile, valorizzando la biomassa come alternativa ai combustibili fossili e promuovendo materiali sostenibili per l'edilizia e l'industria. Questa visione non si limita alla gestione delle risorse naturali, ma apre a nuovi scenari per il paesaggio urbano, in cui la componente verde non è solo un elemento estetico, ma una parte attiva del metabolismo cittadino. L'integrazione della bioeconomia forestale nei sistemi urbani offre così un'opportunità per ripensare le città come ecosistemi complessi, in cui natura e infrastrutture si fondono in un equilibrio dinamico, capace di generare benefici ambientali, economici e sociali.

1.2.1 Infrastrutture verdi e il ruolo della forestazione urbana nella creazione di città sostenibili

L'espansione delle città ha portato all'aumento della densità della vita urbana nelle stesse. Questo fenomeno ha portato ad una maggiore concentrazione degli agenti inquinanti e ha contribuito al degrado sia nelle aree urbane sia in quelle peri-urbane del sistema ambientale e naturale, continuando a deteriorare il microclima urbano. Un processo che ha avuto un cambio di rotta negli ultimi settanta anni grazie a un trend positivo nella gestione degli ecosistemi forestali.

“Forest resources in the EU expanded significantly over the past 70 years. From 1950 to 2020, there has been an increase in forest area (+37%) and a steep increase in growing stock (+138%), in net annual increment (+95%) and in wood production (+87%)”⁵⁶.

56 “Le risorse forestali nell’Unione Europea sono cresciute significativamente negli ultimi 70 anni. Dal 1950 al 2020 si è registrato un aumento della superficie forestale (+37%), un incremento marcato del volume di legname disponibile (+138%), una crescita del tasso annuo netto di incremento (+95%) e un aumento della produzione di legname (+87%)”.

Mauser H., *How have forest resources in the European Union developed?*, in *key questions on forests in the EU*, European Forest Institute, 2022. Traduzione dell’autore.

<https://efi.int/forestquestions/q15>

Questi dati rappresentano come la forestazione in Unione Europea sia in realtà cresciuta, che si spiega anche con l'abbandono di alcune pratiche agricole tradizionali., anche se i processi di deforestazione continuano a livello globale. Questo dimostra come, attraverso piani, azioni e politiche europee, sia possibile agire sull'uso delle risorse forestali e delle biomasse permettendoci di applicare nuovi modelli di gestione per un uso maggiormente sostenibile delle materie prime.

Facciamo un passo indietro a come Frederick Law Olmsted già nel 1858 ci forniva un spunto di riflessione su come il parco urbano potesse modificare le dinamiche a livello urbano e sociale contribuendo alla ridefinizione dell'identità delle città. Olmsted si ispira al concetto di percezione visiva ma anche paesaggistica dando una nuova identità al sistema del parco che diventa infrastruttura urbana al pari delle altre. Il parco, quindi, non è solamente visto come spazio estetico urbano ma anche come strumento per sensibilizzare e muovere la consapevolezza dei suoi fruitori, trasformandosi in un luogo selvatico, la cosiddetta *wilderness*, che permette la relazione tra le persone che lo vivono e l'ambiente circostante⁵⁷. Il progetto di *Central Park*⁵⁸, oltre a segnare una trasformazione netta all'interno del paese per il livello di degrado igienico e sociale che era presente in quei contesti, definisce per la prima volta il rapporto tra la mobilità veloce e la mobilità lenta. Olmsted infatti progettò il parco distinguendo i diversi tipi di flussi in due sistemi separati che hanno permesso un miglioramento qualitativo dell'esperienza dello spazio urbano. Oggi, il parco, può essere visto non solo come progetto paesaggistico ma effettivamente come progetto di forestazione urbana che integra benefici ecologici, ambientali e sociali, creando uno spazio per lo sviluppo

57 Scheper G. L., *The reformist vision of Frederick Law Olmsted and the poetics of park design*, The New England Quarterly, 1989, Vol. 62, pp. 372-373.

58 Disegnato da Frederick Law Olmsted e Calvert Vaux, Central park è stato progettato nel 1858 ed è diventato nel corso degli anni un capolavoro di architettura del paesaggio influenzando lo sviluppo dei parchi urbani a livello globale.

della biodiversità, per il miglioramento della salute pubblica e per una maggiore produttività economica.

Da qui, nelle maggiori città europee, soprattutto nella pianificazione urbana, si è cercato di dare più attenzione al ruolo che possono giocare i parchi e gli spazi verdi nei contesti urbani. Nel corso degli anni, l'intensità degli eventi meteorologici estremi, la scarsa presenza di aree verdi e l'impermeabilizzazione dei terreni, ha portato ad una trasformazione del concetto di verde urbano che si è evoluto e modificato, diventando lo strumento di resilienza ai cambiamenti climatici, di contrasto alla perdita di biodiversità, e di sviluppo sociale. Abbiamo assistito all'inclusione di nuovi sistemi vegetativi e al fianco dei parchi urbani e dei viali alberati, sono state introdotte nuove tipologie di verde come i *green roof*⁵⁹, le pareti verdi, le foreste urbane, i parchi lineari, i boschi verticali⁶⁰ che prendono parte a quelle che vengono chiamate le *green infrastructure* e le *nature based solution*⁶¹. Un cambiamento tipologico ma anche di pianificazione urbana per rispondere alle esigenze attuali di integrazione tra benessere ambientale e sociale, e fornire i cosiddetti *ecosystem service*⁶² come il sequestro del carbonio, la gestione delle acque piovane e la conservazione della biodiversità. Le infrastrutture verdi possono essere quindi considerate come organi metabolici⁶³ all'interno del modello circolare della città stessa,

59 "Tetti verdi". Ne sono un esempio i progetti nella città di Copenaghen nella quale i tetti verdi sono diventati una caratteristica comune dello *skyline* della città, nella quale molte strutture, compresi edifici pubblici e residenziali, hanno adottato questa pratica. La città offre incentivi e supporto ai proprietari di edifici che vogliono installare tetti verdi, contribuendo così a creare un ambiente urbano più sostenibile e gradevole per i suoi residenti.

60 Il progetto del bosco verticale realizzato da Boeri Studio a Milano si configura come progetto di forestazione metropolitana ed ecosistema vivente che si propone di aumentare la biodiversità vegetale e animale all'interno del sistema urbano. Yiqi L., *Analysis of the Vertical Forest of Milan in Terms of High Rise Architecture and Biodiversity*, Highlights in Art and Design, 2023, Vol. 3, N. 2, pp. 47-51.

61 "Infrastrutture verdi e soluzioni basate sulla natura". Traduzione dell'autore

62 "Servizi ecosistemici". Traduzione dell'autore.

63 Bisogni G. L., intervista in Pulcino P., *La città vivente, introduzione al metabolismo*

che generano processi ecologici in relazione a quelli sociali definiti come servizi ecosistemici.

Come anticipato nel capitolo precedente, gli squilibri ecologici nel sistema urbano sono dati da un consumo eccessivo delle risorse che vengono gestite in un flusso lineare, generando alta entropia in uscita dal sistema. La pianificazione delle aree urbane deve indubbiamente riflettere un approccio attento e ispirato alla scienza dell'ecologia, che emuli i principi degli ecosistemi naturali in quanto l'unica soluzione efficace che permette la riduzione dell'entropia in città è proprio quella di piantare alberi e sviluppare nuove foreste urbane⁶⁴.

Alla luce di quanto detto, tra i diversi benefici della progettazione di foreste urbane, possiamo evidenziare la loro capacità di immagazzinare carbonio sia nella sostanza organica del suolo sia nella loro biomassa, quest'ultima, oltre a contribuire alla riduzione delle emissioni climalteranti può essere impiegata per sostituire i combustibili fossili e essere usata come materiale nelle costruzioni edilizie sostenibili. In questo senso le biomasse rappresentano una concreta alternativa all'utilizzo dei combustibili fossili in quanto presentano la possibilità di essere reperite su tutto il territorio regionale attraverso l'impiego della filiera corta costituita da enti, agricoltori e operatori forestali locali. La biomassa agricola e forestale si configura quindi come risorsa significativa e necessaria alla pianificazione energetica del territorio, come vedremo nel paragrafo successivo.

A livello di gestione delle foreste urbane è necessario tener conto del contesto sociale, economico e ambientale in cui vengono impiegate, adottando modelli sostenibili per massimizzare i benefici che queste apportano.

Nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi modelli per la

urbano circolare, Malcor D' Edizione, 2019, pp. 140-142.

64 Ferrini F., Fini A., *Amico albero, ruoli e benefici del verde nelle nostre città e non solo*, Edizioni Ets, 2017, p. 51.

gestione delle foreste urbane, alcuni destinati alla protezione dei sistemi naturali e altre alla produzione. Tra le diverse forme di governo del bosco tradizionali è possibile citare quella del bosco ceduo⁶⁵. Quest'ultimo è una forma di governo del bosco che permette di avere una regolarità nell'approvvigionamento di biomassa, garantendo una produzione sostenibile delle risorse in breve tempo. Questo modello si inserisce in una visione più ampia, di selvicoltura urbana, un approccio innovativo nella gestione delle foreste urbane. Introdotto per la prima volta dal *Society of American Foresters* come

*“the art, science, and technology of managing trees and forest resources in and around community ecosystems for the psychological, sociological, aesthetic economic, and environmental benefits trees provide society”*⁶⁶,

la selvicoltura urbana può essere considerata un superamento del bosco ceduo, andando oltre la semplice produzione della biomassa, attraverso una prospettiva integrata, mette in relazione sia il benessere ambientale sia quello umano, non distinguendoli più come singoli elementi.

65 “Il ceduo – dal latino *caeduns*, derivato da *caedere* «tagliare» – è un bosco di latifoglie che si taglia a intervalli di tempo ravvicinati ed è costituito da alberi originati dalle ceppaie per rinnovazione agamica, comunemente definiti *polloni*. È coltivato con lo scopo di ottenere, in tempi relativamente brevi, assortimenti con particolari caratteristiche e dimensioni. Il ceduo è una forma culturale basata sulla semplificazione e sullo sfruttamento a fini utilitaristici del “sistema biologico bosco”. Si è diffuso soprattutto nella regione mediterranea, con dimensioni di assoluta rilevanza, e si basa, dal punto di vista fisiologico, sulla riattivazione di gemme proventizie – meristemi preformati – e sulla formazione di gemme avventizie – meristemi di neoformazione – a seguito di azioni di disturbo antropogenico sistematico: la ceduazione”.

Ciancio O., Nocentini S., Il bosco ceduo, Selvicoltura, assestamento, gestione, Accademia italiana delle scienze forestali, 2004, p. 28.

66 “L’arte, la scienza e la tecnologia di gestione degli alberi e delle risorse forestali all’interno e all’intorno dell’ecosistema urbano al fine di promuovere i benefici fisiologici, sociali, economici ed estetici destinati alla società urbana”.

Helms J., *The dictionary of forestry*, Society of American Foresters, Bethesda, 1998 p. 193. Traduzione dell’autore.

Tra i modelli di gestione delle foreste urbane, possiamo distinguere due tipologie principali. Il modello fitto che si distingue per l'appunto per l'alta densità di alberi, permette di essere impiegato anche in aree poco estese e ottimizzando gli spazi in cui le piante vengono impiegate viene massimizzato il sequestro di carbonio. Inoltre, avendo turni di raccolta brevi e grazie alla crescita rapida dei nuovi fusti, il taglio del bosco e il raccolto della biomassa possono essere effettuate tra i due e i quattro anni, (*short rotation coppice*)⁶⁷. Il secondo modello è quello rado che, diversamente dal primo, viene impiegato principalmente in aree più estese e permette di avere una spaziatura maggiore nella messa a dimora degli alberi. Questo modello ha dei turni di raccolta più lunghi, dai 10 ai 20 anni, consentendo quindi un minore impatto sulle attività di gestione (*short rotation forestry*)⁶⁸. Grazie ad una maggiore luce solare che riesce a penetrare tra le chiome degli alberi, si sviluppa una vegetazione diversificata che contribuisce a incrementare la biodiversità dell'ecosistema.

In questo senso la tradizionale concezione del bosco ceduo insieme all'innovativo concetto di selvicoltura urbana, permette di rispondere alle esigenze dei sistemi urbani contemporanei. Il concetto di rigenerazione regolare e ciclica del bosco, tipico del ceduo, si riflette nella capacità della selvicoltura urbana di creare sistemi resilienti che contribuiscono alla mitigazione dei cambiamenti climatici e anche al miglioramento del benessere sociale.

Passando ai benefici che ne derivano dall'applicazione di questo concetto di selvicoltura, ad esempio, per rispondere ai problemi derivanti dalle isole di calore nei contesti urbani, la gestione delle foreste urbane attraverso metodi innovativi, permetterebbe di ridurre i costi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento. I

67 Bacenetti J., Fiala M., “*Short Rotation Coppice in Italy: a model to assess economic, energetic and environmental performances of different crop systems*”, Bioenergy technology, 2011.

68 Ipsra, *Impact of short rotation forestry plantations on environment and landscape in Mediterranean basin*, 2014, p. 15.

dati ci dimostrano come, per diminuire le temperature diurne fino a 2° in meno, sia necessario un aumento nelle chiome degli alberi (*tree canopy cover*) fino al 5% del loro volume⁶⁹.

Nella Strategia forestale europea per il 2030⁷⁰ viene proposto dal *European Forest Institute*⁷¹ il concetto di *closer to nature forest management*⁷², un'idea che nasce dalla volontà di creare una visione e delle direttive per la gestione delle foreste in Europa⁷³.

*"We define Closer-to-Nature Forest Management as an overarching "umbrella" covering all approaches and terminologies which under the auspices of Sustainable Forest Management (SFM) support biodiversity, resilience and climate adaptation in managed forests and forested landscapes"*⁷⁴

Questa pubblicazione propone delle linee guida per pratiche più vicine alla natura contribuendo ad assicurare la multifunzionalità dei servizi ecosistemici delle foreste e combinando i diversi obiettivi di conservazione dei valori delle stesse per garantire la resilienza ai cambiamenti climatici.

Un esempio concreto di applicazione dei principi di selvicoltura urbana, nella creazione di città sostenibili, è il progetto Foresta-

69 Ferrini F, Del Vecchio L., *La terra salvata dagli alberi*, Lit Edizioni, 2020, p. 122

70 *European Commission*, "New EU Forest Strategy for 2030", 2021.

71 *European Forest Institute* è un'organizzazione internazionale istituita dagli Stati europei. Principalmente svolge attività di ricerca e fornisce supporto alle politiche su questioni legate alle foreste, collegando la conoscenza all'azione.

<https://efi.int/>

72 "Selvicoltura più prossima alla natura". Traduzione dell'autore.

73 Publications office of the European Union, "Guidelines on closer-to-nature forest management", 2023.

74 "La selvicoltura più prossima alla natura è un ombrello che riguarda tutti gli approcci e le terminologie che sotto gli auspici della Gestione Forestale Sostenibile (SFM) supportano la biodiversità, la resilienza e l'adattamento climatico a scala di popolamento forestale ed a scala di paesaggio".

European Forest Institute, "Closer-to-Nature Forest Management", from science to policy 12, 2023, p. 8. Traduzione dell'autore.

Mi⁷⁵, che si propone di piantare 3 milioni di alberi nell'area metropolitana di Milano entro il 2030, per contrastare gli effetti della crisi climatica. La città di Milano e le zone limitrofe sono tra le aree più esposte all'inquinamento da polveri sottili, con il superamento della soglia critica dei valori limite di PM10 nell'anno 2024, con una media giornaliera di 100 microgrammi al metro cubo di aria⁷⁶. È evidente la necessità di intervenire per mitigare l'inquinamento atmosferico e operare la transizione ambientale ed ecologica della città metropolitana verso una *green city* che ponga al centro delle strategie la relazione tra abitanti e capitale naturale. Il progetto ForestaMi, che al momento della scrittura di questa tesi, vanta la messa a dimora di oltre 610 milioni di alberi e arbusti⁷⁷, si è sviluppato anche grazie all'obiettivo di strategie di sensibilizzazione della comunità, coinvolgendo i cittadini e partecipanti attraverso iniziative di educazione ambientale. Il punto di forza di questo progetto è la messa in rete di attori e *stakeholders* pubblici e privati che partecipino attivamente alla progettazione. Viene quindi generata una visione sistematica della forestazione urbana dove la rete del verde, della vegetazione, diventa essa stessa una infrastruttura capace di mitigare gli effetti della crisi climatica, come vedremo nel prossimo capitolo.

75 Il progetto, promosso da Comune di Milano, Città metropolitana di Milano, Regione Lombardia, Politecnico di Milano, Parco Nord Milano, Parco Agricolo Sud Milano, ERSAF e Fondazione di Comunità Milano, ha l'obiettivo di conoscere, progettare, mantenere e valorizzare il capitale naturale della Città metropolitana di Milano per pulire l'aria, migliorare la qualità di vita e contrastare gli effetti del cambiamento climatico, attraverso la piantagione di 3 milioni di nuovi alberi entro il 2030.

Forestami, *Report Forestami 2020*, 2020.

<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto/>

76 Arpa Lombardia, *Qualità dell'aria, un primo bilancio dell'anno 2024*, 2025.

77 UN Environmental programme, *Beyond foundations Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*, 2024, p. 17.

1.2.2 Biomassa e settori industriali: utilizzo come materia prima e riduzione delle emissioni

*“In 2022, energy demand in buildings accounts for around 37 per cent of total global energy demand and 37 per cent of energy and process-related CO₂ emissions for buildings operation and materials production”.*⁷⁸

Il settore delle costruzioni presenta un impatto ambientale significativo nelle emissioni globali di CO₂, con un'incidenza del 37% nel 2022, legati sia all'estrazione di materiali sia alla produzione e al trasporto. Materiali come ferro, metallo e cemento, che hanno dominato il settore delle costruzioni soprattutto negli ultimi due secoli, nonostante la loro resistenza e versatilità, contribuiscono alle emissioni inquinanti classificandosi in parte come responsabili del cambiamento climatico. La loro lavorazione, estrazione e produzione richiede un dispendio di energia importante che non combacia più con le dinamiche attuali del mitigamento dei feno-

78 “Nel 2022, la domanda di energia negli edifici rappresenta circa il 37% della domanda energetica globale totale e il 37% delle emissioni di CO₂ legate all'energia e ai processi, derivanti dal funzionamento degli edifici e dalla produzione dei materiali.”

UN Environmental programme, *Beyond foundations Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings*, 2024, p. 17. Traduzione dell'autore,

meni derivanti dalla crisi climatica. In questo contesto, la biomassa e in particolare il legno, si configura come un'alternativa sostenibile e soprattutto rinnovabile per essere impiegata nel settore edile e nella produzione di energia. Con questo capitolo, si vuole analizzare come l'impiego di biomassa nel settore delle costruzioni e nel settore energetico, che sono due ambiti fortemente impattanti e strettamente collegati tra loro, possa impattare positivamente sulla riduzione delle emissioni, sulla gestione del territorio e sul disegno di paesaggio.

La biomassa rappresenta una delle fonti di energia rinnovabile più diffusa e il legno può essere reperito in loco attraverso la filiera corta foresta-legno, abbattendo così la riduzione delle emissioni anche nel settore dei trasporti. Inoltre, essendo il legno in grado di immagazzinare carbonio nel suo ciclo di vita, contribuisce in modo naturale all'abbattimento delle emissioni di CO₂. A livello tecnico, la biomassa legnosa, seppure considerata inferiore rispetto agli altri materiali tradizionali, ha una densità in realtà minore, rendendola particolarmente resistente e adatta anche per essere impiegata nelle costruzioni di edifici multipiano come elemento strutturale⁷⁹. Nella filiera foresta-legno dobbiamo considerare anche l'alto volume di scarti che provengono dalla lavorazione del legno, come ad esempio gli scarti provenienti dalle segherie o parti di tronchi che non possono essere utilizzati in quanto non idonei per la produzione. Questi scarti, possono comunque essere introdotti all'interno della filiera nella produzione di biocarburanti o trasformati, tramite processi di combustione, per la generazione di calore come accade nelle centrali di teleriscaldamento. Sebbene l'utilizzo del legno come materia prima porti benefici in più ambiti, è necessaria l'adozione di un approccio integrato che metta in relazione sia i benefici ambientali sia la gestione sostenibile delle foreste nonché l'ottimizzazione dei processi produttivi attraverso nuove tecnologie.



Figura 6_Installazione “*mass is more*”, progetto realizzato da IAAC.

Con l'installazione temporanea *mass is more*, disegnata da *Institute of advanced technology of Catalonia* per il *German Pavillion* di Barcellona⁸⁰, viene reinterpretato il pensiero di Mies van der Rohe riguardo il concetto di *less is more*. L'idea non è quella di cancellare le tracce del passato ma anzi di manifestare un cambio di paradigma. Quello che si è voluto dimostrare con questa installazione è come il design possa evolversi in risposta alle sfide ambientali attuali. L'uso di materiali naturali e rinnovabili come il legno, estratto e lavorato *in loco*, promuovono l'idea di un'architettura sostenibile che non deve rifiutare il linguaggio estetico ma si configura come manifesto di adattabilità e circolarità, come promotore di nuovi modi di costruire in maniera sostenibile, riflettendo come sia possibile rigenerare le nostre città attraverso pratiche costruttive a basse emissioni.

L'integrazione dell'utilizzo della biomassa nel settore edile rappre-

⁷⁹ Ramage M, H, *The wood from the trees: the use of timber in construction*, Renewable and sustainable energy reviews, 2017, pp. 333-359.

⁸⁰ “Mass is more” è un progetto creato e realizzato da Daniel Ibanez e Vicente Guallart dell'Istitute of Advanced Architecture of Catalonia (IAAC). Realizzato nel 2022 in occasione del lancio di Mass Madera, un network spagnolo che promuove la costruzione in legno, stabilisce il dialogo tra la modernità industriale del XX secolo e il nuovo modo di costruire edifici a basse emissioni del XXI secolo. <https://iaac.net/mass-is-more/>.

senta una fondamentale trasformazione che si riflette anche sul territorio circostante, portando il sistema urbano e il suo contesto periurbano, a diventare una vera e propria infrastruttura di cattura e stoccaggio di carbonio.

“...why cities using wood in construction become carbon capture and storage infrastructures and how urban forests and the strategic placements of trees around buildings decrease the energy consumption in buildings for heating and cooling. But they also reduce the increasing problem of the urban heat island effect and play a major role in human health and wellbeing”⁸¹

Come evidenziato nel testo, l'uso del legno, oltre a ridurre le emissioni inquinanti, si inserisce in una strategia più ampia di mitigazione climatica, in cui la progettazione di boschi di città e una pianificazione attenta dell'ambiente urbano, garantirebbe la riduzione delle isole di calore. Un aspetto importante da tenere in considerazione in questo contesto, è il rischio di incendi boschivi, un fenomeno che in questi ultimi anni si presenta sempre più di frequente a causa dei cambiamenti climatici e di una incorretta o assente manutenzione dei boschi. Un bosco che non viene mantenuto correttamente, non solo riduce la propria capacità di sequestrare carbonio rispetto ad una gestione sostenibile, ma rappresenta anche un pericolo per la propagazione di nuovi incendi⁸². In caso di incendio di un bosco non correttamente gestito, l'intera quantità di carbonio sequestrata nel sottosuolo viene rilasciata nell'atmo-

81 “...perché le città che utilizzano il legno nelle costruzioni diventano infrastrutture di cattura e stoccaggio del carbonio e in che modo le foreste urbane e la collocazione strategica degli alberi intorno agli edifici riducono il consumo energetico per il riscaldamento e il raffrescamento. Inoltre, contribuiscono a mitigare il crescente problema dell'effetto isola di calore urbano e svolgono un ruolo fondamentale nella salute e nel benessere umano”.

Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Gualart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023, p. iv. Traduzione dell'autore.

82 Chadwick Dearing O, et al, Carbon, fossil fuel and biodiversity mitigation with wood and forest, *Journal of sustainable forestry*, 2014, p. 269.

sfera, contribuendo all'aumento delle emissioni climalteranti. Al contrario, la biomassa che proviene da una gestione sostenibile del bosco, cioè la rimozione controllata di materiale legnoso dal sottobosco, limita il carico di combustione potenziale, riducendo il rischio incendi e consentendo di impiegare la biomassa all'interno della filiera produttiva. In questo modo, anche la biodiversità del sottobosco viene migliorata garantendo un equilibrio tra gestione e utilizzo delle risorse naturali.

Un'ulteriore riflessione su cui soffermarsi nella necessità di utilizzo della biomassa è il fine vita del materiale, il suo possibile uso futuro. Qualsiasi elemento in legno, che sia un oggetto d'arredo, un elemento utilizzato nelle costruzioni o altri manufatti più generici, che dopo il proprio uso non è possibile utilizzare, può essere destinato alla produzione di biocarburanti o di energia. Attraverso la combustione o processi di conversione diretta quali gassificazione o trasformazione in biocarburanti, è possibile massimizzare l'utilizzo della biomassa legnosa aumentando il ciclo di vita del materiale, riducendo la dipendenza da fonti non rinnovabili e combustibili fossili, garantendo una gestione sostenibile delle risorse naturali. Ne sono un esempio le diverse centrali di teleriscaldamento nel nord Italia che impiegano la biomassa legnosa per produrre ogni anno energia per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria distribuita direttamente dalla centrale alle unità abitative, eliminando l'utilizzo delle caldaie all'interno delle abitazioni⁸³.

In linea con questa riflessione e con le politiche *green* dell'agenda 2030, gli edifici del villaggio olimpico progettati per ospitare gli atleti dei giochi olimpici di Parigi 2024, sono stati realizzati in legno con l'obiettivo di ridurre l'impronta di carbonio. Una scelta costruttiva e ambientale che rappresenta un esempio concreto di come poter impiegare il legno nel settore edile contribuendo alla decarbonizzazione e alla transizione verso nuovi modelli di sviluppo della città.

83 FTI, Fernheizkraftwerk Toblach, 2005

“The buildings we design are constructed using bio-sourced materials and a structure primarily made of wood. They also benefit from a regular structural framework enabling their adaptability and reversibility, especially during the “Legacy” phase following the 2024 games”⁸⁴.

Le parole degli architetti Cédric Petitdidier e Vincent Prioux dello studio d'architettura *Petitdidierprioux architectes*, evidenziano come non solo abbiano progettato gli edifici per ospitare gli atleti utilizzando materiali di origine biologica, in particolare il legno, ma anche come il progetto di architettura sia adattabile e convertibile nel tempo, sinonimo di un'intenzione di trasformazione, di transizione verso costruzioni maggiormente flessibili nella forma e nelle funzioni, in risposta ad una società in cambiamento continuo.



Figura 7_Rendering degli alloggi del villaggio olimpico per le Olimpiadi di Parigi 2024, Petitdidierprioux architectes.

84 “Gli edifici che progettiamo sono costruiti utilizzando materiali di origine biologica e una struttura prevalentemente in legno. Inoltre, beneficiano di un sistema strutturale modulare che ne garantisce adattabilità e reversibilità, in particolare durante la fase di *Legacy* successiva ai Giochi del 2024”. Traduzione dell'autore.

<https://petitdidierprioux.com/en/portfolio/items/olympic-games-2024/>

Il diagramma illustra il ciclo di vita del legno. A sinistra, una foresta verde è divisa in sezioni etichettate "DIRADAMENTI". Una freccia verde indica la "ROTAZIONE FORESTALE". In basso, un camion porta "LEGNAME DA TAGLIO". A destra, un edificio moderno è collegato a una serie di etichette: "PANNELLI / RIVESTIMENTI / ARREDI", "O₂", "CO₂", "DIRADAMENTI", "ENERGIA TERMICA DA BIOMASSA".

Il dislocamento di questi boschi nelle diverse parti del territorio, promuove inoltre l'idea di una rete ecologica di connessioni verdi che mette in relazione il tessuto frammentato della città, migliorando l'equilibrio tra lo sviluppo urbano e la conservazione della

<https://www.stefano-boeriarchitetti.net/project/casa-bosco/>

natura e della biodiversità.

Attraverso quindi lo sfruttamento dell'intero ciclo del legno, dalla raccolta fino alla produzione e successiva costruzione, viene attivato un ciclo produttivo con un consumo di energia pari allo zero. La collaborazione tra piccole e medie aziende sul territorio permette di creare quei flussi di prossimità che generano da una parte minori costi di produzione e dall'altra mitigano l'impatto che il processo di costruzione avrebbe sull'ambiente, creando un sistema chiuso che è alla base del concetto di *biocity*.

Passando in particolare alla filiera del legno e ai processi di trasformazione e di trasporto della biomassa, negli ultimi anni, gli studi⁸⁶ effettuati hanno permesso di sviluppare un'interessante tecnologia che permette di poter tracciare completamente l'intero processo della filiera foresta-legno attraverso le diverse fasi che vanno dal taglio degli alberi fino al fine vita della materia legnosa per essere riutilizzata o riciclata. Questo processo mette in relazione anche i diversi tipi di attori che prendono parte al lavoro con la possibilità di condividere le informazioni sia nei settori industriali sia in quelli dell'agricoltura. Attraverso l'applicazione di identificazione a radiofrequenza (RFID), *tags*⁸⁷ e *qr code*⁸⁸ applicati inizialmente agli alberi tagliati, è possibile digitalizzare le informazioni principali dell'albero prelevato come la posizione del prelievo, la data, la specie, le dimensioni e la qualità del prodotto. In questo modo, nelle fasi successive di taglio, stoccaggio, trasporto, produzione, vendita e utilizzo finale, è possibile aggiungere nuovi *tags* e quindi maggiori informazioni sempre più specifiche e sempre associate

86 Figorilli S. et al., *A blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain*, Sensor, 2018.

87 I *tags* o sensori gps, sono dei mini dispositivi contenenti dati che possono essere inseriti, come in questo caso, all'interno del tronco e attraverso il sistema di rilevamento tramite gps, possono essere localizzati.

88 I *qr code*, dall'inglese *quick response*, risposta rapida, sono dei codici a barre bidimensionali che contengono informazioni e possono essere stampati, applicati agli oggetti e letti dai dispositivi elettronici tramite scansione.

con l'albero da cui le parti sono state prelevate. I dati, precedentemente inseriti in un database, permettono di velocizzare i processi di selezione, trasporto e produzione. Questo tipo di tecnologia ci permette di poter controllare l'intero complesso delle fasi della filiera foresta-legno in modo da migliorare e velocizzare i processi. Inoltre, l'utilizzo del *Life cycle analysis*⁸⁹ ci permette di misurare l'impronta di carbonio ma anche tutti quei flussi e scambi di energia che impattano sull'ecosistema, andando a quantificare le energie spese e i consumi emessi per generare quel determinato prodotto nella sua completezza.

Le nuove politiche europee come il *Green Deal* e il *New European Bauhaus*, che vedremo con maggiore attenzione nel quarto capitolo di questa tesi, svolgono un ruolo fondamentale nella promozione di nuovi modelli sostenibili e tecnologie innovative da implementare all'interno delle nostre città. In particolare, il *Wood4Bauhaus alliance*⁹⁰ appoggia e anzi promuove, dal punto di vista del vivere gli spazi, le politiche espresse nel *New European Bauhaus*. Questo progetto, come viene definito dai fondatori, mira a sviluppare un futuro migliore e sostenibile con la bellezza, la salute e spazi inclusivi, come parte di un ambiente sostenibile e a basse emissioni⁹¹. Un'iniziativa che nasce per accelerare la transizione nel mondo dell'architettura e dello sviluppo sostenibile introducendo il legno nei processi costruttivi e riducendo allo stesso tempo l'impatto ambientale.

89 *Life cycle analysis* - l'analisi del ciclo di vita, è uno strumento che ci permette di quantificare i potenziali impatti sull'ambiente e sulla salute umana di un bene o di un servizio, a partire dal consumo di risorse ed emissioni immesse per la produzione di quel bene o servizio.

90 *Wood4Bauhaus alliance* è un progetto in collaborazione con diverse organizzazioni: la rete *UE InnovaWood* per la ricerca, l'innovazione e l'educazione nel settore del legno, la Federazione Europea dei Pannelli (EPF), la Confederazione Europea delle Industrie della Lavorazione del Legno (CEI-Bois), la Federazione Europea dei Lavoratori dell'Edilizia e del Legno (EFBWW), l'Organizzazione Europea dell'Industria delle Segherie (EOS).

91 <https://wood4bauhaus.eu/about-us/>

In conclusione, l'approccio alla filiera foresta-legno e all'utilizzo di biomassa nei settori industriali permette di generare un modello economico circolare e sostenibile capace di coniugare la riduzione delle emissioni con una gestione responsabile delle risorse naturali. Questo modello non deve essere limitato solamente al sistema ambientale ma, attraverso nuove politiche innovative e la scalabilità del sistema stesso per adattarsi a nuovi territori, offre un'opportunità sia economica sia sociale. I progetti qui descritti sottolineano come la transizione ecologica sia già avviata e come anche la filiera foresta-legno, insieme ai modelli economici e infrastrutturali visti in precedenza, possa diventare lo strumento per definire quei nuovi paradigmi che ci portano alla creazione delle *biocity*.

Capitolo 2.

Sviluppi e casi studio

Urbanitree, *Pingshan District*, 2023





2.1 Progetti di bio-distretti

2.1.1 Tra natura e cultura del paesaggio

Caso studio - Nature growth cross arteries - Shenzhen, Cina

Il caso studio preso in esame si inserisce all'interno di un progetto al quale ho collaborato durante il periodo di ricerca estera presso lo studio Urbanitree Architects di Barcellona. In questo contesto, ho avuto la possibilità di partecipare all' *International consultation on central area planning and core zone urban design for Pingshan, Shenzhen*, concorso promosso dall'amministrazione della città di Shenzhen, al quale il gruppo di lavoro si è classificato secondo. Il progetto ha richiesto la collaborazione di altri studi di urbanistica e architettura, come l'*Urban Planning Design Institute of Shenzhen*, per sviluppare strategie e approcci multidisciplinari per poter affrontare le sfide della progettazione paesaggistica e urbanistica del distretto di Pingshan. Le motivazioni da cui partire per raggiungere gli obiettivi di concorso hanno riguardato, ad una scala regionale, principalmente la connessione del distretto di Pingshan con il centro di Shenzhen, mentre alla scala locale, è stato necessario adottare una strategia per lo sviluppo del suo centro urbano, con l'obiettivo di accelerare la trasformazione di Pingshan in una città innovativa del futuro. Per raggiungere questo obiettivo è stato necessario coniugare stra-

ategie ecologiche, sostenibili, sviluppo di infrastrutture verdi con una progettazione attenta incentrata sull'adattabilità dello spazio urbano.

Il distretto di Pingshan, situato nella parte più orientale della città di Shenzhen, negli ultimi anni è diventato un importante *hub* dell'innovazione tecnologica e dello sviluppo sostenibile. Storicamente era una area periferica industriale, oggi oggetto di importante strategie di pianificazione territoriale, con una forte connettività con il centro metropolitano, ospita un corridoio innovativo, diventato un polo tecnologico che attrae aziende e industrie specializzate in diversi settori quali informatica, medicina, biotecnologie ma è anche sede di numerosi centri di ricerca.

Questa situazione si riflette anche nell'economia del distretto che negli ultimi anni ha visto crescere il prodotto interno lordo di circa

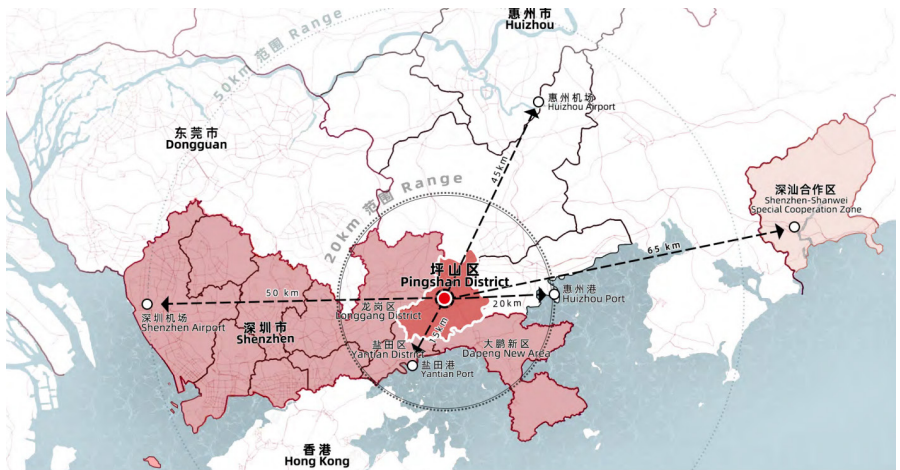


Figura 9_Mappa del sistema delle connessioni tra Pingshan e i distretti limitrofi.

il 9% rispetto all'anno precedente e il valore aggiunto di circa 22% nel corso della prima metà del 2024⁹². Questi dati evidenziano

92 People's government of Pingshan district.

https://www.szpsq.gov.cn/english/News/LocalNews/content/post_11984318.html

come le strategie intraprese dall'amministrazione nella creazione sostenibile di nuove industrie tecnologiche stanno contribuendo a trasformare il distretto di Pingshan in un polo urbano tecnologico.

Scendendo di scala, l'area centrale oggetto del concorso, ha registrato un'espansione significativa di circa dieci volte la sua estensione dal 2009 ad oggi, passando da una dimensione di 4.6 km² a 46.4 km². All'interno di questi, circa il 62% del suolo è consumato dallo sviluppo urbano, con un'alta densità di presenza di edifici industriali e un'insufficienza di alloggi, mentre solo il 5% è destinato ad attività agricole. Questi dati hanno rappresentato il punto di partenza di questo progetto rendendo necessaria la definizione di un piano di implementazione strategica con l'obiettivo di migliorare la relazione tra gli elementi naturali e il tessuto urbano industriale. L'intervento ha posto attenzione sulla relazione tra vuoti e pieni, città e paesaggio, infrastrutture e ambiente, con l'obiettivo di migliorare la connessione tra il sistema ambientale e il tessuto urbano.

Lo sviluppo del progetto è stato possibile grazie ad un approccio multidisciplinare, un'analisi e una ricerca dei principi della piani-

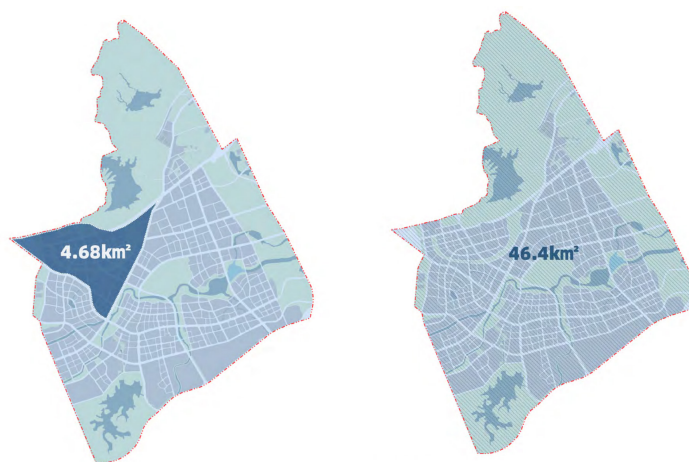


Figura 10_A sinistra la dimensione dell'area centrale del distretto nel 2009. A destra la dimensione dell'area attuale.

ficazione urbana sostenibile e di strategie ecologiche che hanno coinvolto diversi esperti del settore. Il processo si è basato su una metodologia iterativa, adottata già dalle fasi iniziali, prima attraverso la raccolta di dati e analisi preliminari territoriali e ambientali e successivamente attraverso lo sviluppo di elaborati concettuali. Le analisi hanno riguardato principalmente aspetti quali: l'uso del suolo, per l'implementazione di aree verdi all'interno del tessuto urbano; una mappatura delle reti di trasporto esistenti, per l'ampliamento degli snodi ferroviari per il collegamento metropolitano con Shenzhen; la struttura socio-economica, per l'implementazione di servizi con l'obiettivo di bilanciare le funzioni produttive con quelle residenziali; l'analisi territoriale e ambientale, per studiare le dinamiche ecologiche del luogo. La mancanza di connessione tra le aree naturali presenti nel distretto di Pingshan, ha portato alla realizzazione di un progetto che rispondesse a determinate criticità e allo stesso tempo creasse una nuova relazione tra sistema urbano e ambiente naturale, attraverso strategie di pianificazione ecologica e resilienza urbana. Il processo metodologico ha riguardato soprattutto un'analisi multiscalare orientata sia alla scalabilità, un progetto flessibile e adattabile nel tempo, sia alla connessione metropolitana.

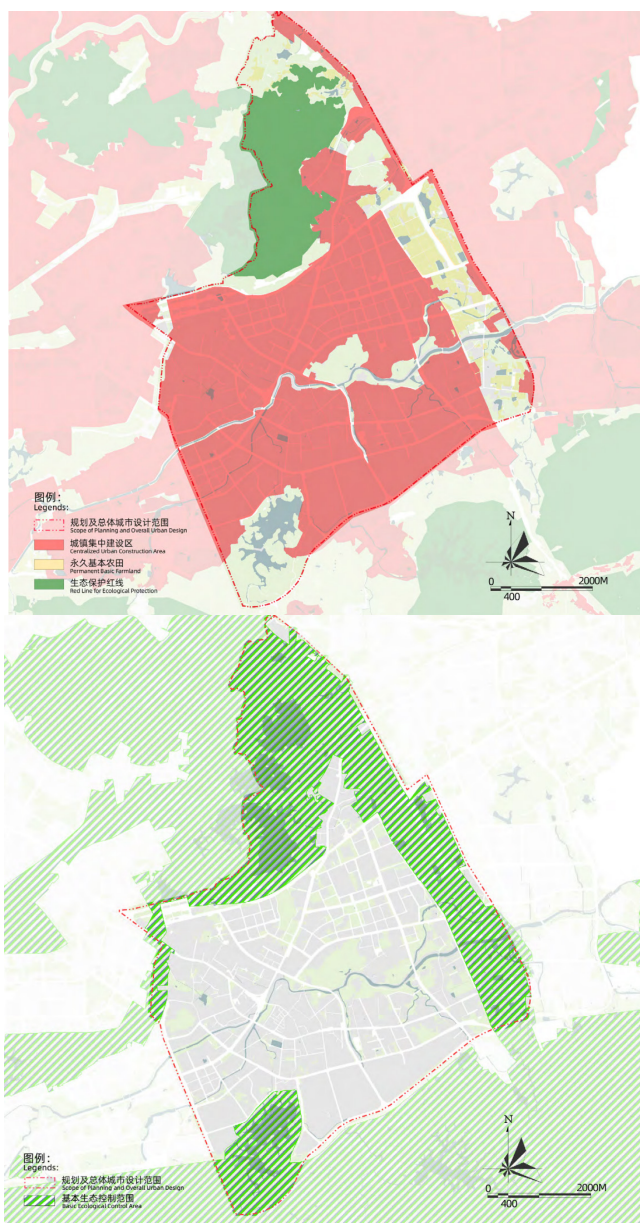


Figura 11-12_In alto, mappa dell'uso del suolo. In basso, mappa della vegetazione.

Il progetto si configura quindi come intervento di riqualificazione strategica con l'obiettivo di migliorare l'accessibilità, le connessioni, gli spazi pubblici e la resilienza ambientale. Il primo punto che è stato affrontato è la connessione tra i grandi centri di questo distretto, risolta attraverso una visione complessiva della rete infrastrutturale. Come è possibile vedere nella figura 13, i tre nodi principali del distretto consentono di ridefinire l'immagine delle dinamiche urbane. Il primo nodo, che è quello dedicato alla transizione e allo sviluppo del quartiere, attraverso lo snodo ferroviario, potenzia i collegamenti locali e quelli verso la città metropolitana; il secondo, più a sud, sfida le connessioni infrastrutturali tradizionali attraverso un percorso sopraelevato che riconnette la città al fiume. Il fiume qui diventa un'infrastruttura paesaggistica che attraverso interventi di riqualificazione delle sponde, è capace di ospitare parchi lineari e percorsi per la mobilità lenta che ne potenziano la sua fruizione, valorizzando il suo carattere naturale e migliorando la biodiversità; il terzo nodo si configura come *hub* sperimentale, un eco distretto capace di ospitare i centri di ricerca, gli edifici dedicati al commercio e le *eco-farm*, trascendendo dal-



Figura 13_Concept delle relazioni tra i tre nodi principali del distretto.



Figura 14_Assonometria dell'infrastruttura verde nel distretto di Pingshan.

la classica zonizzazione della città. Più in particolare, il progetto affronta la sfida della sostenibilità e dell'ecologia attraverso l'inserimento, all'interno del distretto, di un'ampia infrastruttura verde con lo scopo di connettere le diverse aree naturali presenti a Pingshan. Questa infrastruttura diventa il simbolo del nuovo *hub* tecnologico del distretto, un elemento ordinatore del nuovo paesaggio, una rete ecologica che si configura attraverso la creazione di corridoi ecologici e aree verdi, passando all'interno del tessuto urbano. La stessa infrastruttura diviene catalizzatore di nuove sfide urbane, capace non solo di muovere le dinamiche socio-economiche della città ma anche fornire quei servizi ecosistemici per la mitigazione climatica. Il distretto di Pingshan diventa un vero e proprio mosaico, dove si intrecciano le aree naturali sia vecchie sia nuove, terreni agricoli e tessuto edilizio. Questo approccio mira a coniugare lo sviluppo urbano con la tutela ambientale, creando un equilibrio tra lo sviluppo della città e gli elementi storici del paesaggio, ripristinando gli scorci panoramici che ci riconnettono con la natura.

Il progetto sviluppato nell'ambito del concorso dell'area centrale del distretto di Pingshan ha prodotto una serie di proposte progettuali volte alla valorizzazione degli elementi ambientali e paesaggistici presenti sul territorio e a un migliore equilibrio tra i diversi tipi di tessuto urbano, rispondendo alle criticità dell'area e alle sfide ecologiche, urbanistiche e socio-economiche. Sebbene gli effetti concreti del progetto non possono essere valutati in quanto non ancora realizzati, è possibile trarre alcune conclusioni che riguardano i temi della riqualificazione urbana e delle connessioni ecologiche.

A livello infrastrutturale, la ricerca condotta e gli studi effettuati ci mostrano come, il rafforzamento delle connessioni veloci metropolitane e l'aumento di connessioni per la mobilità lenta, percorsi pedonali e ciclabili presenti all'interno dell'infrastruttura verde, potrebbero potenzialmente ridurre la dipendenza dalle automobili private. Questa strategia, a livello ambientale, avrebbe la duplice funzione, da una parte migliorare la qualità dell'aria, riducendo l'emissione di carbonio e mitigando gli effetti prodotti dalle isole di calore, dall'altra incrementare l'accessibilità al distretto di Pingshan e alla città metropolitana di Shenzhen. Allo stesso livello, troviamo il fiume, un'infrastruttura blu rinaturalizzata e valorizzata per aumentare la biodiversità del distretto e il benessere sociale dei cittadini.

Su un piano economico invece, abbiamo visto come Pingshan, negli ultimi anni, abbia già un'economia in forte crescita ed è un polo tecnologico in forte sviluppo ma l'idea di inserire all'interno del tessuto urbano un eco-distretto, potrebbe stimolare maggiormente il rapporto tra tecnologia e innovazione. La visione di un hub della ricerca scientifica e sviluppo tecnologico potrebbe attrarre nell'area maggiori investitori che vogliano promuovere questi nuovi modelli di *bio-city*.

In conclusione, la ricerca svolta all'interno del concorso per il distretto di Pingshan, ha portato ad un esercizio, seppur teorico, di sviluppo di dinamiche e processi ambientali e sociali che pos-

sono influenzare il modo di pianificare gli ambienti urbani. Gli interventi descritti in questo progetto riflettono i possibili sviluppi futuri che potrebbero manifestarsi attraverso l'appoggio delle amministrazioni, politiche e strategie sostenibili per la salvaguardia paesaggistica e ambientale del territorio. Una considerazione da evidenziare è la gestione e la manutenzione a lungo termine dell'infrastruttura e il monitoraggio degli effetti ambientali che potrebbe avere sul territorio. Inoltre, il tema principale che qui viene analizzato, dello sviluppo tecnologico-industriale, può portare a delle contraddizioni intrinseche in quanto da un lato rappresenta una spinta per la trasformazione del distretto in un polo economico di rilievo, dall'altro fa sorgere degli interrogativi sugli impatti ambientali e sul consumo di suolo.

Tuttavia, nel progetto si cercano di conciliare questi due concetti contrastanti attraverso una visione che pone un'attenzione maggiore sul tema della dimensione ecologica e paesaggistica. L'infrastruttura verde e i corridoi ecologici sono interventi mirati non solo per migliorare la qualità ambientale del territorio ma soprattutto per contrastare la forte urbanizzazione già presente nell'area.

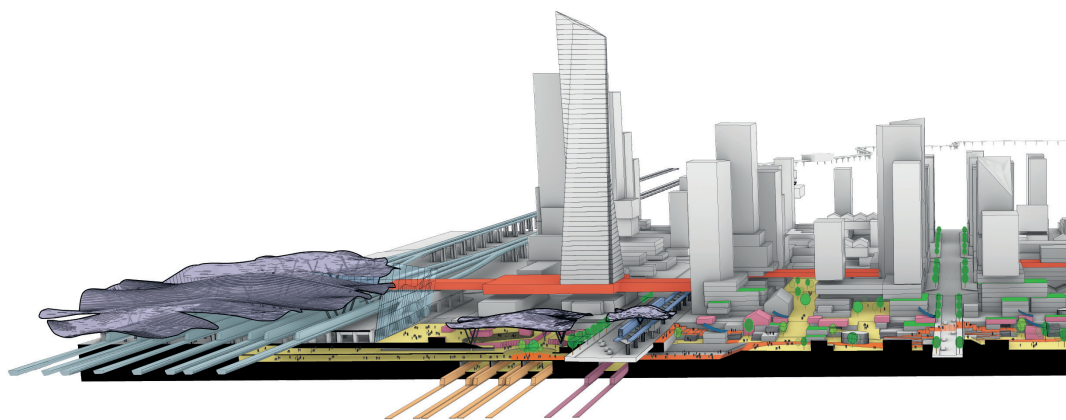
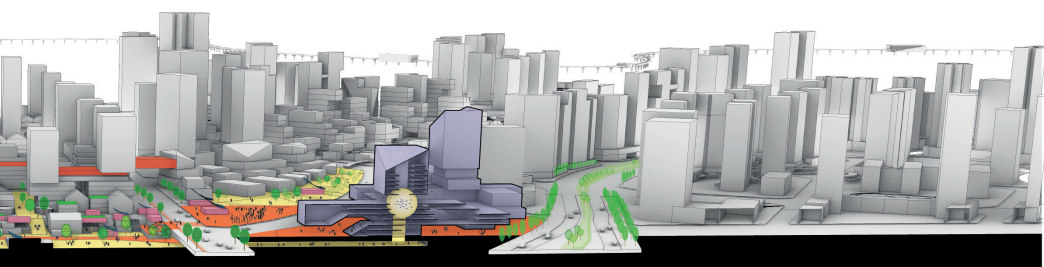


Figura 15_Sezione prospettica dello snodo ferroviario.



2.1.2 Funzioni, forme e valori ambientali

Caso studio - The eco-century Project - Ginevra, Svizzera

Le crescenti problematiche derivanti dalla crisi climatica, la forte urbanizzazione e la necessità di transizione verso modelli di sviluppo urbano più sostenibili hanno aperto una riflessione su come progettare e trasformare gli spazi urbani e il paesaggio per rispondere alle criticità ambientali. Il paesaggio urbano non è più visto come mero spazio fisico da urbanizzare ma, oggi, viene percepito come un sistema integrato tra tessuto urbano, in cui esiste la relazione economico-sociale, e l'ambiente naturale. La consultazione *Prospective visions for Greater Geneva. Inhabiting the city-landscape of the 21st century*⁹³ promossa all'interno del progetto di ricerca *The eco century project*, rappresenta la volontà di rispondere alla crisi ambientale con la coscienza che si debba operare una transizione

93 *Prospective visions for Greater Geneva. Inhabiting the city-landscape of the 21st century* è stata una consultazione lanciata dall'istituto svizzero *Fondation Braillard Architects* all'interno del progetto *The eco century project*, in cui attraverso un concorso che ha riguardato più di quaranta team di architetti, sono stati selezionati sette team, che hanno lavorato sul territorio della *Grand Genève* attraverso lo scambio e la partecipazione diretta con i cittadini e l'amministrazione, per realizzare delle visioni della *Grand Genève* del futuro.

radicale nei nostri stili di vita⁹⁴. Gli obiettivi principali di questa consultazione sono diversi e rispondono a concetti attuali già visti nel primo caso studio, come la gestione sostenibile del territorio attraverso l'innovazione tecnologica. Gli elementi fondamentali in questo caso studio, che raccoglie più concept progettuali di diversi studi di architettura, sono la partecipazione sociale, grazie alla quale è possibile costruire un futuro sostenibile confrontandosi con le comunità locali che abitano il territorio; e le sinergie di queste sette proposte progettuali che sottolineano come un approccio integrato e multidisciplinare possa portare ad una trasformazione complessiva del territorio.

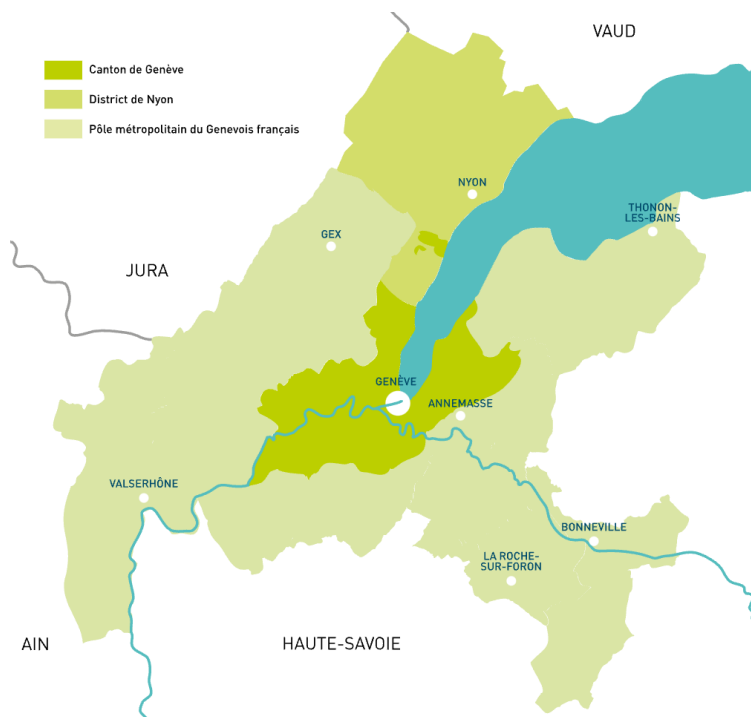


Figura 16_Mappa dei confini del Cantone di Ginevra, del distretto di Nyon e del Polo metropolitano francese di Ginevra.

94 *Fondation Braillard Architects, Consultation internationale pour le Grand Genève*, Espazium, 2021, p. 17.

La *Grand Genève* è un *groupement local de coopération transfrontalière*, un raggruppamento locale di cooperazione transfrontaliera, un gruppo di enti locali sui due lati del confine franco-svizzero che include i 117 comuni del polo metropolitano francese di Ginevra, i 45 comuni del Cantone di Ginevra e i 47 comuni del distretto di Nyon, per un totale di oltre un milione di abitanti.

Il territorio della *Grand Genève* si estende su circa 2.000 km² e la sua urbanizzazione, influenzata dai nuovi confini politici e successivamente dalle dinamiche economiche, evidenzia il contrasto di una struttura urbana particolarmente estesa. Poco più della metà della popolazione vive in aree ben servite sia da infrastrutture sia dai servizi, con una parte significativa che vive nei centri delle principali città, mentre circa il 40% della popolazione vive in aree in cui non sono presenti sufficienti servizi e le infrastrutture dei trasporti sono carenti. Inoltre, il 9% della popolazione, quasi 90 mila abitanti, vive in aree naturali nelle quali sono presenti sono limitate infrastrutture di base, creando una dipendenza da altre zone più servite non solo per i servizi di base ma anche nei settori economici e culturali⁹⁵. Ad oggi, oltre le sfide globali sul cambiamento climatico la *Grand Genève* si trova ad affrontare un profondo sviluppo con la popolazione che cresce rapidamente e la domanda di edifici residenziali sempre più ampia.

Il processo che ha portato allo sviluppo dei progetti per la consultazione per la *Grand Genève*, si è basato su un approccio multidisciplinare che ha coinvolto diversi professionisti del settore quali architetti, urbanisti, ingegneri e paesaggisti, provenienti da diverse realtà europee. Attraverso questi progetti i diversi team hanno cercato di rispondere alle sfide ambientali, sociali ed economiche, elaborando visioni concettuali della città del futuro. In particolare, ciascun team si è occupato di tematiche diverse tra di esse, con approcci differenti, con l'unico fine in comune di trovare nuove soluzioni progettuali sia di natura teorico-concettuale sia soluzioni

95 Bureau Grand Genève, *Territoire des courtes distances : diagnostic et enjeux pour le Canton de Genève et le Grand Genève*, 2022, p. 12.

pratico-operative.

Dai temi trattati nei diversi progetti della consultazione, iniziata nel 2018 e conclusasi nel 2020, emerge che il concetto su cui i diversi progettisti si sono soffermati è la partecipazione e la cooperazione. I temi trattati, suggeriscono un modo di vedere il territorio come un bene collettivo, un territorio condiviso, in cui le diverse decisioni, urbanistiche e paesaggistiche, devono necessariamente essere il risultato di una partecipazione attiva da parte della comunità e una visione comune delle amministrazioni per raggiungere l'obiettivo della sostenibilità e della resilienza del territorio.

In questo paragrafo, non è rilevante conoscere tutti i dettagli di ciascun progetto sviluppato dai sette team di architetti in quanto necessiterebbero di una trattazione approfondita e individuale. Sebbene ogni team abbia avuto un approccio progettuale diverso dagli altri, quello che qui vorrei sottolineare, riassumendo comunque i concetti principali, è il grande tema della progettazione paesaggistica del territorio visto come un bene collettivo.

Grand Genève: un sol commun

Milica Topalović, Karoline Kostka



Figura 17_A sinistra, una nuova immagine del tessuto urbano.

Il progetto propone una visione che bilancia l'equilibrio tra tessuto urbano e spazio naturale. Qui il tema del territorio condiviso passa attraverso la distinzione di cinque strategie progettuali che possono essere sviluppate a diverse scale di progetto sia a livello regionale sia a livello urbano: *cit  naturelle* - la tutela delle aree e delle risorse; *cit  agricole* - la valorizzazione dei sistemi alimentari locali tramite il metodo dell'agroecologia⁹⁶; *cit  de proximit * - l'elaborazione di strategie per la decentralizzazione dei servizi e le opportunit  lavorative; *cit  partagée* - l'incentivazione di pratiche collettive comunitarie; *cit  cyclique* - l'impostazione di una strategia per un modello circolare di flussi e risorse.

⁹⁶ Parlare di agroecologia significa parlare di un'agricoltura resiliente. Un sistema agricolo che si basa sull'uso sostenibile delle risorse per la produzione di cibo a livello locale.

“The new urban figure – in effect, a new kind of city-landscape which emerges at regional scale – dissolves the centre-periphery dichotomy, giving shape to a more equitable, polycentric, self-sufficient and regenerative landscape”⁹⁷.

Inoltre, come viene evidenziato dai progettisti, per trasformare il territorio ribadito in un modello di città policentrica, vengono identificate sette aree per un uso futuro del territorio: *bi-national metropolis*, *global-local territories*, *metropolitan countryside*, *post-fossil infrastructure*, *agri-landscape rooms* e *mountain parks*. In questo modo le strategie potranno essere flessibili e risponderanno ai diversi tipi di uso del suolo proposti.



Figura 18_La visione al 2050 del territorio agricolo che forma un arcipelago di beni comuni.

97 “La nuova configurazione urbana – di fatto, un nuovo tipo di città-paesaggio che emerge su scala regionale – dissolve la dicotomia centro-periferia, dando forma a un paesaggio più equo, policentrico, autosufficiente e rigenerativo”.

Grand Genève et sol sol, *a charter for the socio-ecological transition of a cross-border metropolitan region*, Topalovic Studio Architects. Traduzione dell'autore.

<https://topalovic.arch.ethz.ch/Research/Research-Projects/2018-Grand-Genève-Et-Son-Sol>

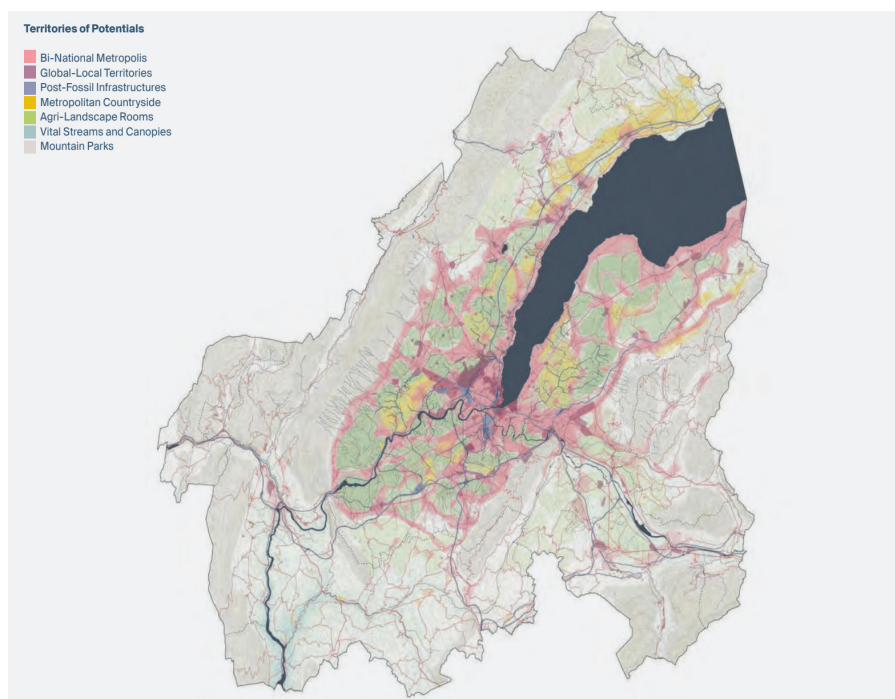


Figura 19_Mappa dei territori futuri utilizzando la strategia per una regione policentrica.

La grand traversée, à la recherche des écologies singulières

Frank Hulliard e Alizée Moreux

In questo progetto il dibattito si concentra su quelle che gli autori chiamano *écologie singolari*⁹⁸, che non fanno riferimento solamente ad una trattazione di una singola soluzione universale per rispondere alle problematiche della crisi climatica. Le ecologie singolari sono le specifiche uniche di un determinato territorio che non riguardano solamente aspetti ambientali ma anche dinamiche sociali, economiche e politiche che caratterizzano ciascun luogo. Attraverso queste ecologie singolari è necessario stabilire nuove regole, nuove norme progettuali del paesaggio con l'aiuto della collaborazione e

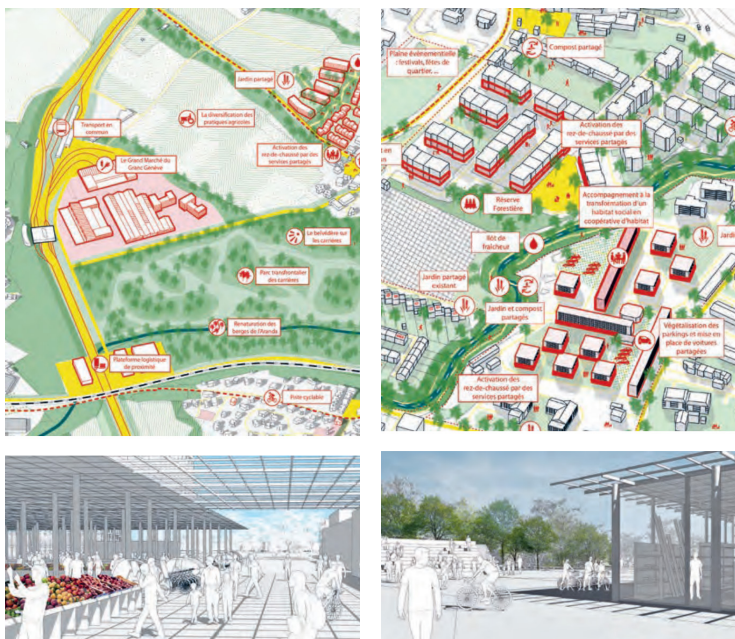


Figura 20-21_A sinistra, l'agro-hub, valorizzazione territoriale del sistema circolare della produzione alimentare. A destra, la *free zone*, spazio sperimentale della condivisione.

98 Progetto di Interland Studio, *La grande traversée, à la recherche des écologies singulières de la métropole du Grand Genève*.

<https://www.interland.info>

dello scambio tra i diversi attori presenti sul territorio. In questo senso, in questo progetto, il concetto di bene comune viene ridefinito attraverso un approccio che ha come obiettivo la gestione equa e sostenibile delle risorse, cosicché le scelte effettuate oggi possano sostenere le nuove generazioni.

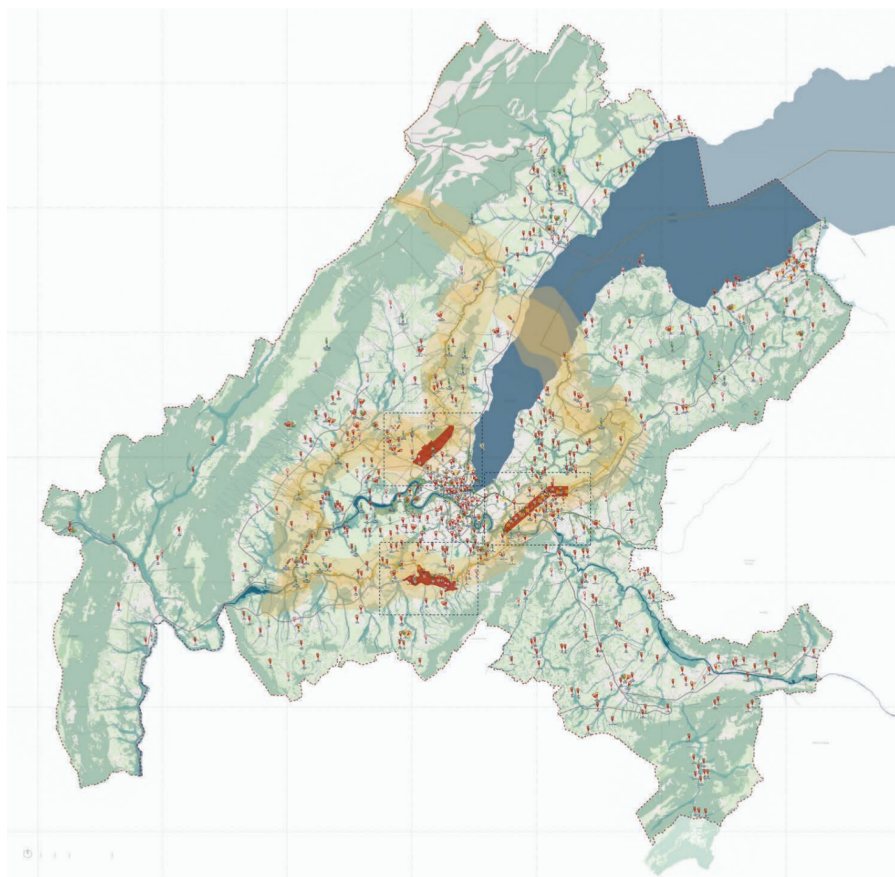


Figura 22_Visione concettuale della Grand Traversée.

Métaboliser les invisibles, prospective des réseaux

*AWP agence de reconfiguration territoriale*⁹⁹

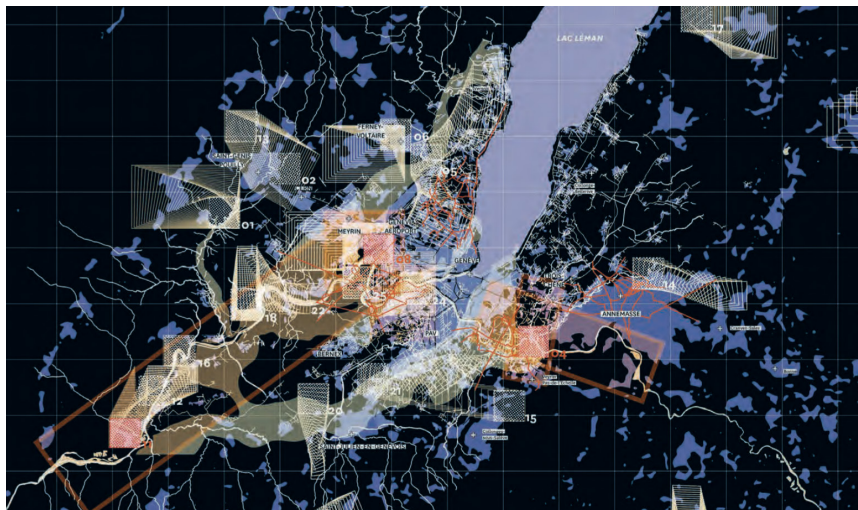


Figura 23_Visione concettuale della Grand Genève, AWP *agence de reconfiguration territoriale*.

In questa visione la proposta progettuale si concentra sulla realizzazione di *living network*, cioè un intervento di recupero di sistemi lineari o puntuali, strade cantoniere, infrastrutture dismesse, aree in disuso e siti tecnici, per innescare un processo di trasformazione e rigenerazione delle reti naturali capace di generare nuove dinamiche sociali e spaziali. Attraverso questo processo, si supera quella rigida dicotomia derivante dall'effetto confine tra ambiente urbanizzato e ambiente naturale e il contrasto tra le aree servite e quelle in cui i servizi non sono sufficienti. L'integrazione di questo *framework plan* nell'attuale sistema territoriale, definisce quegli obiettivi comuni che non si focalizzano sul colmare i vuoti urbani lasciati dall'abbandono di quei vettori, ma anzi mirano a metabolizzarli per garantire un equilibrio sull'effetto metabolico della *Grand Genève*.

⁹⁹ <https://awp.fr/lab/grand-geneve-metaboliser-les-invisibles/>

Energy Landscape

Raum404

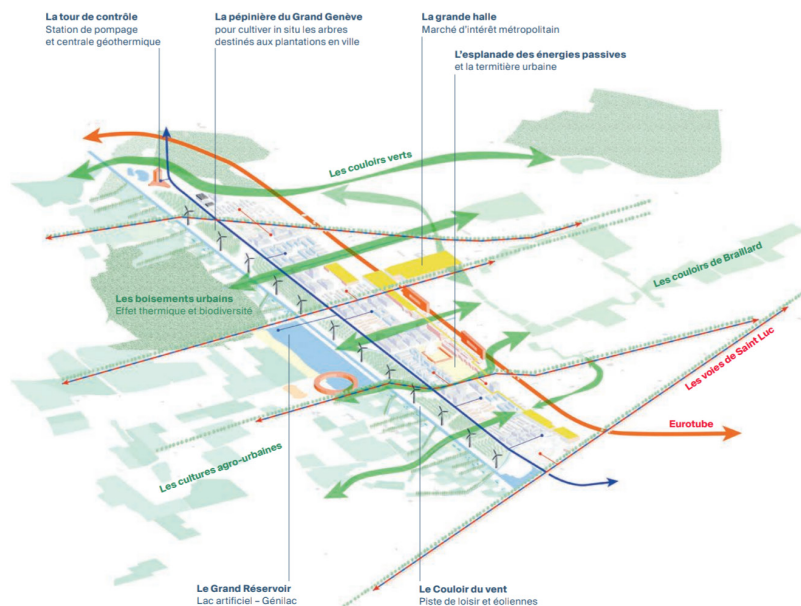


Figura 24_Concept progettuale della rifunzionalizzazione dell'aeroporto di Cointrin in un paesaggio energetico.

Con la pandemia da Covid-19 nel 2020, abbiamo potuto assistere a come il nostro modello economico abbia dei limiti se lo basiamo in particolare sui termini di sviluppo e mobilità illimitata. La dipendenza dalle fonti fossili ci ha garantito un comfort senza precedenti nel settore dei trasporti e non solo ma ha contribuito, con le diverse attività antropiche, al danneggiamento dell'ambiente e della biodiversità. Questo progetto riflette l'attuale sfida globale di transizione verso nuovi modelli di territorio comune, andando oltre la cultura individualista e integrando nel sistema la distribuzione e il consumo di energia. La visione di questo progetto è una completa rifunzionalizzazione dell'area che ospita il comples-

so dell'aeroporto di Cointrin. L'approccio interdisciplinare basato sulle quattro ecologie di Reyner Banham¹⁰⁰, che già all'inizio degli anni 70, considerava che l'identità della città di Los Angeles non potesse essere definita solamente dal suo centro tradizionale, viene qui applicato al territorio della *Grand Genève* per realizzare un'area policentrica. La proposta del progetto scalabile e replicabile dell'eco-distretto, diviene quindi lo strumento attraverso il quale rendere il territorio indipendente dalle fonti fossili e offrendo uno spazio per sperimentare nuovi modi di vivere senza inquinare¹⁰¹.

100 Baham R, *Los Angeles: l'architettura di quattro ecologie*, Einaudi, 1971, ristampa 2009.

101 Progetto No-Oil Cointrin, Ginevra dello studio Raum404.
<https://www.raum404.ch/#no-oil-cointrin-geneva>

Apaar_paysage et architecture

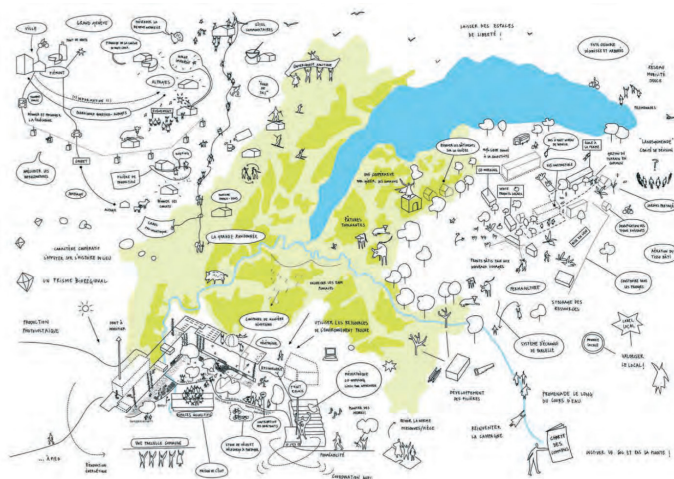


Figura 25_Visione concettuale dei nuovi elementi all'interno della città metropolitana.

La transizione ecologica necessita di essere incentivata attraverso una connessione equilibrata con le risorse naturali. Da qui, nasce il concetto di territori delle risorse maturato dal team di progettazione con l'intento di valorizzare quei beni comuni che danno vita ad un'immagine collettiva del territorio.

Questo approccio è rappresentato da tre applicazioni pratiche puntuali che corrispondono a tre scale distinte del territorio: il quartiere, il *new village*¹⁰² e l'alpeggio. Con questa configurazione, si definiscono dei nuovi centri che innescano meccanismi di reinvenzione del vivere il territorio, creando nuove dinamiche di col-

102 In questo contesto, *new village*, corrisponde ad un nuovo modo di vivere un piccolo centro cittadino al confine con la campagna, per ristabilire una relazione tra sistema urbano e zona agricola, per promuovere una densificazione che sia di qualità.

L'introduzione della scala bioregionale ristabilisce il legame tra città e campagna favorendo una migliore distribuzione della densità urbana, e valorizzando sistemi diversi per natura che co-evolvono in modo coerente.



Du sol et du travail. La transition, un nouveau projet biopolitique

Habitat Research Center - EPFL

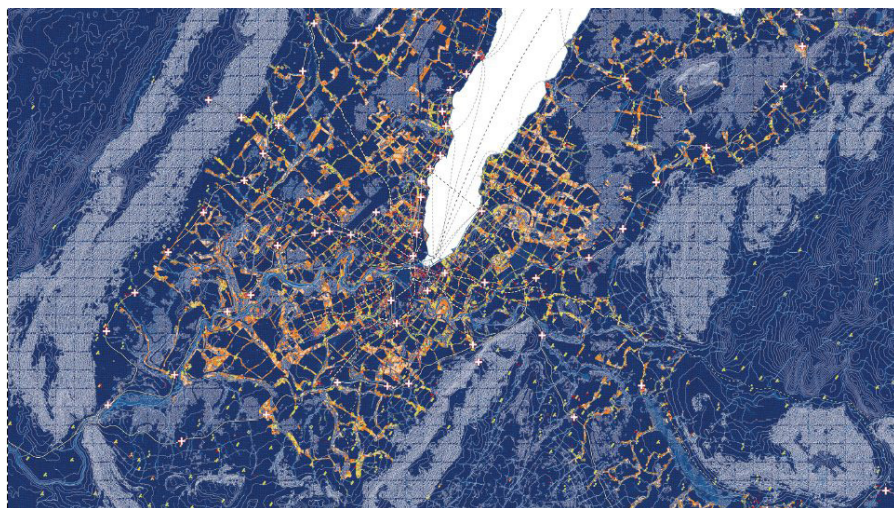


Figura 27_Masterplan della *Grand Genève* equamente abitato nel centro e nella periferia.

Prese in considerazione le disuguaglianze tra le due sponde del confine franco-svizzero all'interno della *Grand Genève*, l'approccio progettuale si basa sulla relazione suolo-lavoro, al fine di valorizzare l'equilibrio tra periferie e aree centrali del territorio. La funzionalizzazione delle aree periferiche esistenti avviene attraverso il rafforzamento della struttura debole, in questo contesto, intesa come la rete di spazi e connessioni che, in un'infrastruttura tradizionale, assiste i centri urbani e le grandi infrastrutture.

L'intervento è orientato al recupero di elementi spesso marginalizzati, come l'acqua, la biodiversità e l'economia sociale, che diventano centrali nello spazio pubblico periferico. Si può dire che la configurazione di un modello territoriale, piuttosto che centralizzato sulle aree principali, rappresenta l'autodeterminazione territoriale e sociale che si riflette sull'intera economia di un'area metropolitana eterogenea.

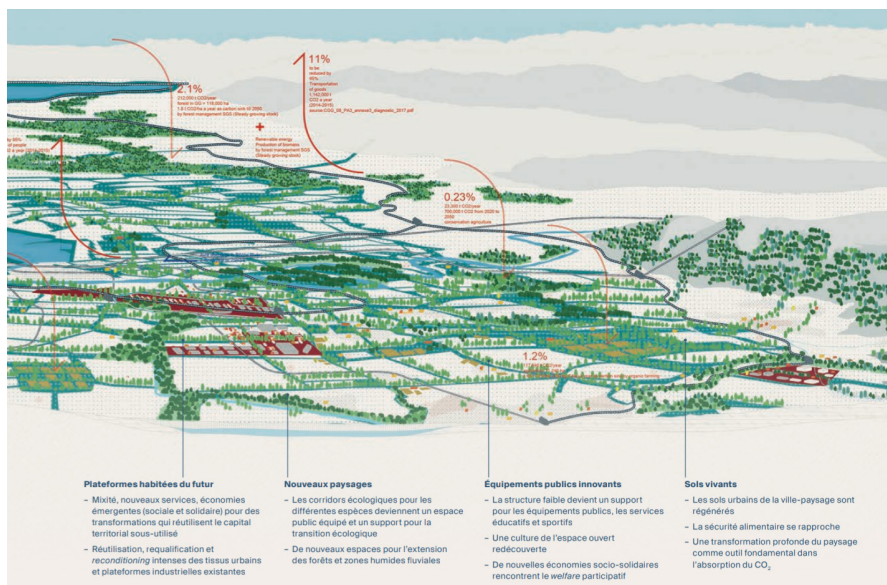
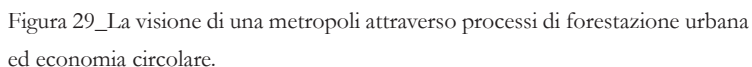


Figura 28_Sezione territoriale che riassume le strategie di una visione territoriale.

Stefano Boeri Architetti



All'interno del dibattito internazionale sulle *biocities*, il progetto della *Metropoli Arcipelago di Ginevra*¹⁰³ offre un esempio particolarmente rilevante di come la forestazione urbana e l'impiego del legno possano diventare strumenti centrali per la trasformazione ecologica delle aree metropolitane. Lo *sprawl* urbano che ha ridisegnato negli ultimi secoli il territorio europeo, con l'espansione dalle campagne verso la città, ha infatti prodotto una frammentazione che ha lasciato indietro vaste aree rurali, spesso prive di un legame funzionale con i centri urbani. In contrasto con questa dinamica, la visione di Ginevra propone un modello in cui l'idea di

103 Stefano Boeri Architetti, Genève, constellation métropolitaine, 2018.
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/ginevra-costellazione-metropolitana/>

bene comune si concretizza in un nuovo sistema urbano-naturale che non coincide con il tessuto costruito, ma si organizza attorno a una nuova centralità ecologica: il massiccio del Salève, trasformato in fulcro della metropoli.

Attorno a questo centro naturale si sviluppa una vasta foresta orbitale di 55.000 ettari, che non svolge soltanto un ruolo di mitigazione ambientale, ma diventa un'infrastruttura ecologica capace di rigenerare il territorio e sostenere un'economia circolare basata sul legno. A livello regionale, la relazione con i centri abitati minori viene garantita attraverso corridoi ecologici della biodiversità¹⁰⁴, che ne tutelano la struttura ambientale e ne rafforzano la funzione all'interno della costellazione urbana. In questo modo le periferie, anziché rimanere aree marginali, si trasformano in quartieri per lo sviluppo sostenibile, dove nuove economie legate alla filiera foresta-legno generano occupazione e opportunità di innovazione, favorendo un modello di coesistenza alternativo alla logica omologante della globalizzazione.

Il legno, proveniente da pratiche di selvicoltura naturalistica, è pensato come materiale cardine sia per le nuove costruzioni sia per il *retrofitting* energetico e funzionale del patrimonio edilizio esistente. Inoltre, la filiera viene organizzata attraverso la creazione di segherie collocate ai margini dell'area metropolitana, così da ridurre tempi e distanze e istituire un ciclo produttivo di prossimità. A completare il sistema, la progettazione prevede soluzioni per il riuso e il riciclo dei componenti lignei a fine vita, sostenute da strumenti digitali di tracciabilità dei materiali. La forestazione diventa così non una misura compensativa, ma un motore di trasformazione economica e sociale, in grado di condurre la regione verso un'economia del legno autonoma.

Questa impostazione mostra come la Metropoli Arcipelago di Ginevra incarni uno dei tratti fondamentali delle *biocities*: la capacità

104 Boeri S., Verso una metropoli arcipelago in "Rassegna di architettura e urbanistica 163, Quodlibet, 2021.

di integrare città e natura in un unico sistema vitale. La natura, lungi dall'essere uno sfondo esterno alla vita urbana, diventa parte costitutiva dell'organizzazione metropolitana, garantendo al tempo stesso resilienza ecologica e nuove forme di prosperità. In questa prospettiva, il progetto si candida a essere una delle prime *biocities* planetarie, un modello di metropoli post-antropocentrica in cui la forestazione, l'economia circolare e la biodiversità non sono elementi accessori, ma fondamenti strutturali della convivenza futura.

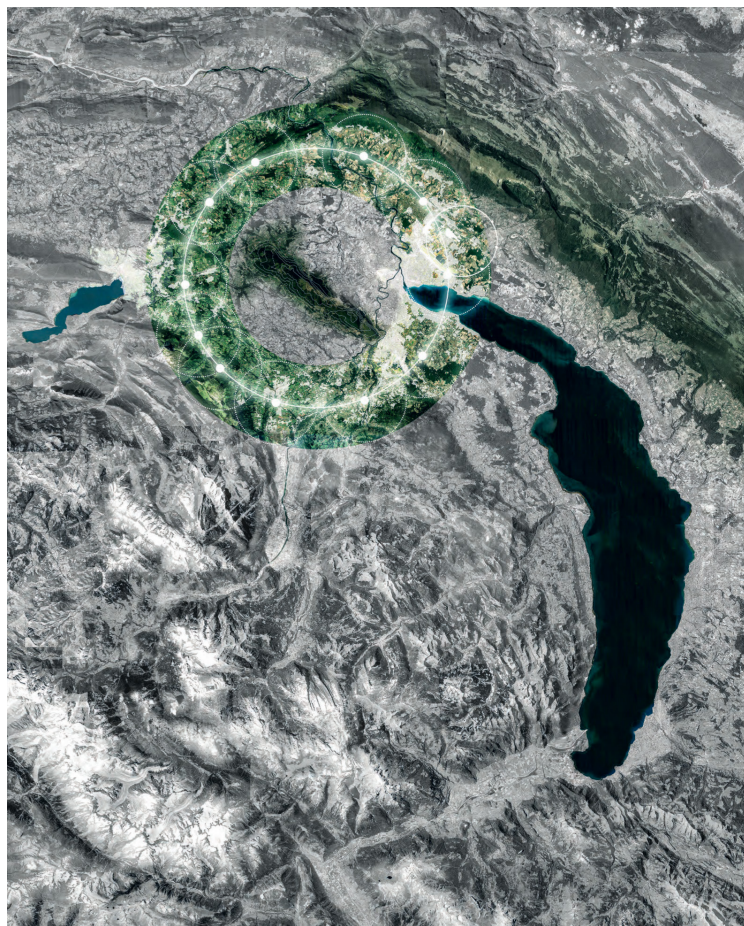


Figura 30_Costellazione metropolitana della Grand Genève.

I casi studio realizzati nel corso del *the eco century project*, e appena analizzati, dimostrano l'importanza di un approccio integrato e multidisciplinare per rispondere alle sfide della crisi climatiche e alle criticità dei modelli economici, sociali e demografici. Gli interventi elaborati, seppure non realizzati, offrono degli spunti

Progetto	Visione	Strategie	Valore Biocities
Un sol commun – Topalović, Kostka	Territorio come bene collettivo, città policentrica e resiliente	Cinque strategie: cité naturelle, agricole, de proximité, partagée, cyclique	Integrazione città-natura, governance comunitaria, approccio bioregionale
La grand traversée Hულიard, Moreux	Valorizzazione delle ecologie singolari di ciascun territorio	Regole progettuali basate su dinamiche sociali, economiche, ambientali	Centralità del contesto locale, risorse come bene comune, equità intergenerazionale
Métaboliser les invisibles AWP	Rigenerazione dei “vuoti” infrastrutturali e marginali	Living network, metabolizzazione di reti dismesse	Ricucitura ecologica e sociale, superamento centro-periferia
Energy Landscape Raum404	Transizione energetica post-fossile, ripensamento mobilità	Riuso aeroporto Cointrin come eco-distretto energetico	Decarbonizzazione, economia circolare dell'energia, resilienza infrastrutturale
Contrées Ressources Apaar	Nuove relazioni città-campagna, valorizzazione dei beni comuni	Tre scale di intervento: quartiere, villaggio, alpeggio	Connessione bioregionale, uso sostenibile delle risorse
Du sol et du travail Habitat research center, EPFL	Equilibrio centro-periferia, valorizzazione della “struttura debole”	Recupero di acqua, biodiversità, economia sociale	Inclusione delle periferie, equità socio-territoriale
Constellation métropolitaine Boeri Architetti	Metropoli-arcipelago basata su forestazione e legno	Foresta orbitale, filiera foresta-legno, economia circolare	Forestazione come infrastruttura, natura come centro urbano

Figura 31_Qadro sinottico degli interventi di progetto.

teorici e strategie pratiche, che evidenziano come la transizione ecologica non possa prescindere da una visione collettiva e partecipativa del territorio, la quale necessariamente deve essere il frutto della relazione tra le diverse dimensioni del paesaggio urbano e naturale. Ciò che è evidente è che la pianificazione territoriale e paesaggistica debba superare quella dicotomia tra ambiente urbano e ambiente rurale, così da favorire un nuovo modello di bioeconomia circolare che permetta una migliore gestione delle risorse. Ciascuna proposta progettuale è stata analizzata e studiata attraverso il concetto comune di gestione del territorio visto come bene comune, nella quale si riflette la volontà di applicare nuove dinamiche economiche e sociali che portino alla visione del territorio, non più come aree frammentate, ma come una bioregione in connessione con ciascuna parte del territorio stesso. In conclusione, i concetti di *cité partagée* e di *ecologie singolari*, sottolineano come approcciarsi alle diverse tipologie di territorio, ciascuno con caratteristiche specifiche e uniche nel proprio genere, che richiedono strategie e soluzioni specifiche.

2.2 Sviluppi della forestazione in contesti peri-urbani

2.2.1 Forestazione urbana come infrastruttura ecologica

Caso studio - Forestami - Milano, Italia

Nel quadro del dibattito sulle *biocities*, numerosi programmi di forestazione urbana si configurano come strumenti centrali per accompagnare la transizione ecologica delle città. Tra questi, particolare rilievo assume il caso di Milano, che si colloca tra le metropoli europee maggiormente esposte a problematiche ambientali quali l'elevato livello di inquinamento atmosferico e la diffusione delle isole di calore urbano, fenomeni strettamente legati alla forte densità edilizia, alla limitata permeabilità del suolo e all'intenso traffico veicolare.

È in questo scenario che si inserisce il progetto Forestami¹⁰⁵ che costituisce non soltanto una risposta tecnica alla necessità di incrementare la dotazione arborea, ma anche un nuovo paradigma di pianificazione urbana, in cui la forestazione si configura come elemento

105 Boeri S., Politecnico di Milano, Forestami, 2019.
<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto>

strutturale e identitario della metropoli. In tale scenario, Forestami si configura come strategia di resilienza climatica, capace di affrontare simultaneamente questioni ambientali, sociali ed economiche.

Inserire questo caso studio all'interno della ricerca permette di mettere in evidenza come pratiche di forestazione urbana possano tradursi in strumenti di rigenerazione ecologica, sociale ed economica, offrendo un modello replicabile per altre città che intendano avvicinarsi alla prospettiva di *biocity*.

Il progetto Forestami si configura come un'iniziativa di forestazione nel panorama europeo, con l'obiettivo di piantare 3 milioni di alberi entro il 2030 sul territorio della Città metropolitana di Milano.

*"We must plant thousands of trees if we want our cities, from being the main responsible for climate change on our planet, to become the protagonists of a challenge that becomes more difficult every day, but which is still open: that of trying, if not to stop, at least to slow down the warming of the planet. With ForestaMi, Milan takes up this challenge - and aims to become one of the most active protagonists"*¹⁰⁶

Avviato nel 2019 come progetto elaborato al Politecnico di Milano sotto la guida di Stefano Boeri e successivamente sviluppato grazie a un accordo tra istituzioni pubbliche (Comune e Città metropolitana di Milano, Regione, Parchi agricoli) e fondazioni, il progetto si è trasformato in un modello di *governance* partecipata e interdisciplinare che ha rischiato la collaborazione di diversi attori.

L'impegno si traduce sia in un aumento quantitativo del numero

106 "Dobbiamo piantare migliaia di alberi se vogliamo che le nostre città, da principali responsabili del cambiamento climatico sul nostro pianeta, diventino protagoniste di una sfida che si fa ogni giorno più difficile, ma che è ancora aperta: quella di tentare, se non di fermare, almeno di rallentare il riscaldamento globale. Con Forestami, Milano raccoglie questa sfida e punta a diventare uno degli attori più attivi".

Boeri S., World Forum on Urban Forests - Milano Calling 2019. Traduzione dell'autore.

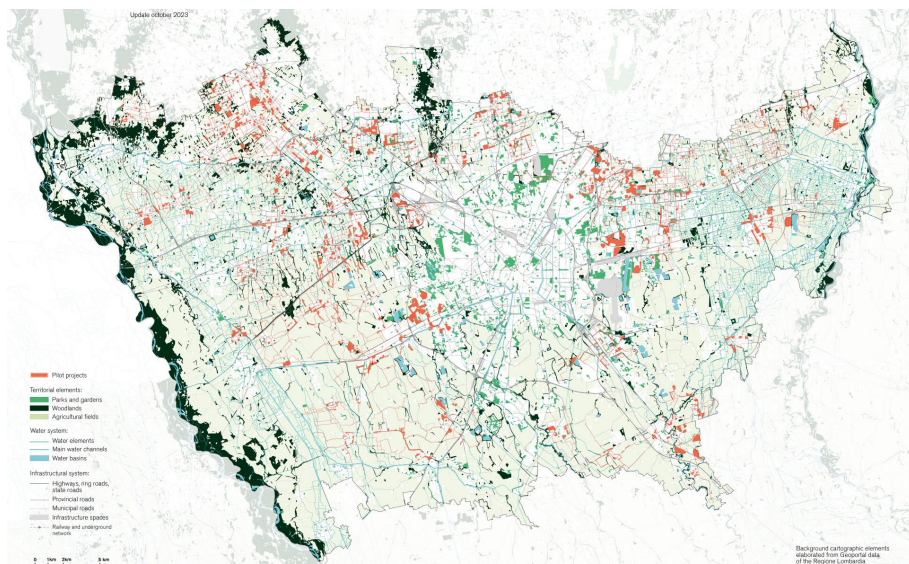


Figura 32_Cartografia di progetto Forestami.

degli alberi sia in una strategia integrata che mira a far crescere la *tree canopy* cover dal 16% attuale a circa 21%, favorendo connettività ecologica, filtraggio dell'aria e benessere urbano¹⁰⁷. Al termine della stagione agronomica 2023–2024, Forestami ha totalizzato 611.459 alberi e arbusti piantati, coinvolgendo 29 comuni della Città metropolitana, 58 interventi, 38 ettari riforestati e 10.000 cittadini attivamente coinvolti. Nella stagione 2022–2023, il totale delle piante messe a dimora ha superato le 560.000 unità, includendo interventi di enti locali e partner esterni. Il piano è inoltre in linea con tappe intermedie significative, come il superamento dei 300.000 alberi nei primi anni¹⁰⁸.

Il progetto di forestazione si fonda su tre temi principali:

- Espansione della superficie verde: piantumazione di alberi in spazi pubblici, lungo infrastrutture, aree agricole periurbane e cortili scolastici;

107 <https://prizes.new-european-bauhaus.europa.eu/application>

108 Forestami, Report 2023.

- Economia circolare del verde: utilizzo di specie autoctone, selezionate per resilienza e adattabilità, con un approccio che riduce la manutenzione e valorizza i servizi ecosistemici;
- Rigenerazione urbana e *retrofitting* ambientale: integrazione della forestazione con interventi di riqualificazione edilizia e infrastrutturale, per una trasformazione complessiva della città verso modelli di *biocity*.

Dal punto di vista operativo, il progetto prevede la realizzazione di corridoi ecologici in grado di connettere parchi, giardini e spazi residuali attraverso nuove piantumazioni, creando così una rete verde continua che restituisca funzionalità ecosistemiche al territorio metropolitano. Gli alberi vengono considerati come infrastrutture naturali, capaci di filtrare l'aria, regolare le temperature, assorbire CO₂ e migliorare la qualità della vita urbana.

Un elemento centrale di Forestami è la relazione tra forestazione e inclusione sociale: le nuove piantumazioni non si limitano a essere elementi ornamentali, ma diventano strumenti per rigenerare quartieri periferici, spazi pubblici e aree industriali dismesse, favorendo la coesione delle comunità locali. La gestione partecipata, con attività di volontariato, programmi educativi e campagne di sensibilizzazione, rafforza il legame tra cittadini e natura urbana. Forestami dimostra come la gestione partecipata, il coinvolgimento della cittadinanza e l'integrazione di strumenti digitali possano rendere la forestazione un processo urbano sistemico, capace di generare benefici ambientali, sociali ed economici. In questa prospettiva, Milano si pone come laboratorio di innovazione urbana, in cui la città diventa un organismo resiliente e biofilico, capace di reinterpretare il rapporto tra uomo e natura.

Analogamente al progetto Forestami, *Forest for Rome* (F4R) si propone di affrontare le sfide ambientali della Città Metropolitana di Roma attraverso una strategia di forestazione diffusa su larga scala.

Il progetto *Forest for Rome* (F4R)¹⁰⁹ si inserisce quindi in un contesto urbano caratterizzato da sfide ambientali significative, come l'elevato inquinamento atmosferico, la formazione di isole di calore e la perdita di biodiversità. In risposta a queste problematiche, F4R promuove una strategia di forestazione urbana diffusa, mirando a trasformare aree inutilizzate in piccoli boschi urbani, con l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria, mitigare gli effetti del cambiamento climatico e promuovere la resilienza ecologica della città.

L'iniziativa F4R si propone di piantare un milione di nuovi alberi e arbusti, utilizzando risorse provenienti anche dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Gli interventi sono stati pianificati in oltre 600 ettari di territorio, estendendosi dal litorale alla campagna romana, dalla valle dell'Aniene ai Monti Sabatini. Questa vasta area comprende 67 nuove aree boschive, con l'obiettivo di contrastare i cambiamenti climatici, migliorare la qualità dell'aria, abbattere i livelli di rumore e favorire la biodiversità urbana. La selezione delle specie vegetali è stata effettuata tenendo conto delle Linee Guida regionali, che privilegiano l'uso di specie autoctone e adatte alle specifiche condizioni ecologiche di ciascuna area.

Il primo intervento di F4R è stato realizzato nel 2022 in via delle Vigne, nel Municipio XI di Roma, dove è stato piantato un piccolo bosco urbano di 400 m², composto da 14 lecci, 2 carrubi, 4 tigli e circa 100 cespugli da sottobosco. Ogni albero è in grado di produrre circa 100 kg di ossigeno all'anno e di assorbire tra i 10 e i 30 kg di CO₂ annualmente, contribuendo significativamente alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e al miglioramento della qualità dell'aria. Successivamente, il progetto è stato esteso a nove municipi della città, con l'obiettivo di realizzare ulteriori boschi urbani in aree inutilizzate. Questi interventi hanno coinvolto la partecipazione attiva della comunità locale, attraverso attività di piantumazione e cura del verde, promuovendo un senso di appartenenza e responsabilità condivisa nei confronti dell'ambiente urbano.

109 https://www.comune.roma.it/web/it/scheda-servizi.page?contentId=INF1027734&stem=verde_urbano

Il progetto *Forest for Rome* rappresenta un modello innovativo di forestazione urbana, che integra aspetti ecologici, sociali e culturali in un approccio sistemico e partecipativo. Attraverso la creazione di piccoli boschi urbani, il progetto contribuisce a migliorare la qualità dell'ambiente urbano, a contrastare i cambiamenti climatici e a promuovere la sostenibilità e la resilienza della città. La replicabilità e l'adattabilità del modello proposto offrono spunti significativi per altre realtà urbane che desiderano intraprendere percorsi simili di trasformazione ecologica e sociale.

2.2.2 Esplorando l'agricoltura rigenerativa nell'industria del tessile

Articolo – Regenerative cotton agroforestry experiment - Bari, Italia



Figura 33_I campi coltivati a cotone nel progetto di Rutigliano.

Sebbene non direttamente collegato agli altri esempi di forestazione urbana e periurbana analizzati in questa sezione, il caso studio *Regenerative cotton agroforestry experiment* sviluppato a Bari è stato incluso in quanto rappresenta un'applicazione concreta dei principi della bioeconomia circolare e della rigenerazione ecosistemica. Questo esperimento, pur afferendo al comparto agricolo e tessile, dimostra come pratiche rigenerative possano essere applicate anche in contesti non urbani, contribuendo alla transizione ecologica e alla riduzione dell'impatto ambientale lungo le filiere produttive. La scelta di includerlo mira a evidenziare la trasversalità dei principi della bioeconomia, che trovano declinazioni specifiche non solo nel contesto urbano ma anche in ambiti rurali o industriali, suggerendo un possibile ampliamento della visione sistemica proposta dal modello di *biocity*.

Con questo articolo, quindi, si vuole porre l'attenzione sulle problematiche relative al fenomeno del *fast fashion* e di come il consumo di indumenti contribuisca al cambiamento climatico e provochi danni al settore agricolo ma anche al suolo agricolo in sé. Attraverso una disamina di pratiche agricole rigenerative, contrapposte all'agricoltura conservativa di tipo intensivo, si fa riferimento al caso studio *Regenerative cotton agroforestry experiment*, come esperimento per la pratica di un nuovo tipo di agricoltura.

Eco-sfide nell'industria della moda: la crisi ambientale e la perdita di biodiversità

L'industria tessile è una delle più inquinanti al mondo, stando ad uno studio dell'*European Environment Agency*, il consumo globale di indumenti è destinato a crescere del 60% entro il 2030. Questo aumento della produzione sta esercitando una forte pressione sulle risorse naturali e sulla biodiversità del nostro pianeta.

Secondo la *Ellen MacArthur Foundation*¹¹⁰, l'industria della moda è

110 Ellen MacArthur Foundation, *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and*

responsabile del 10% delle emissioni globali di gas serra e consuma più energia di quelle del settore aereo e marittimo combinati. Il rapporto *Pulse of the Fashion Industry*¹¹¹ ha stimato che l'industria della moda produce 92 milioni di tonnellate di rifiuti ogni anno. Inoltre, l'industria della moda è spesso associata a condizioni di lavoro precarie e sfruttamento, specialmente nelle nazioni in via di sviluppo.

Pratiche agricole intensive utilizzate per produrre le materie prime necessarie all'industria tessile hanno contribuito alla riduzione globale del benessere dei servizi ecosistemici. Ne conseguono problematiche come la desertificazione dei terreni causata dalla pratica della monocoltura, che può portare alla perdita della fertilità del terreno, all'erosione del suolo e alla diminuzione della capacità del suolo di trattenere acqua. E ancora l'agricoltura intensiva contribuisce alle emissioni di gas serra, con la produzione di metano e ossido nitrico durante la digestione del bestiame e la gestione dei rifiuti¹¹².

In generale, sia l'industria del *fast fashion* che l'agricoltura intensiva hanno un impatto negativo e significativo sull'ambiente. Tuttavia, possono essere adottate diverse soluzioni innovative per ridurre gli impatti negativi che questi hanno sul territorio, come ad esempio l'adozione di pratiche agricole sostenibili, la promozione della bioeconomia circolare nel settore della moda e l'utilizzo di materiali biodegradabili. In risposta a questa urgenza di intervenire nel trasformare l'agricoltura intensiva, l'agricoltura rigenerativa può svolgere un ruolo fondamentale per ridurre l'impatto ambientale dell'industria del tessile.

business rationale for an accelerated transition, 2013.

<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

111 Global fashion agenda, *Pulse of the fashion industry*, 2018, <https://globalfashionagenda.org/product/pulse-of-the-fashion-industry-2018/>

112 Rhodes, C. J, *The imperative for regenerative agriculture*, Science Progress, 2017.

Agricoltura conservativa/Agricoltura rigenerativa come modello innovativo per una produzione sostenibile

L'agricoltura conservativa si concentra sulla massimizzazione della produzione attraverso pratiche intensive, l'utilizzo di fertilizzanti sintetici come pesticidi e fertilizzanti. Inoltre, l'utilizzo di monoculture, ovvero la coltivazione di un'unica specie vegetale in un determinato campo. L'obiettivo principale dell'agricoltura conservativa è la massimizzazione della resa e la riduzione dei costi.

Tradizionalmente, l'industria tessile ha causato danni significativi all'ambiente attraverso la produzione di tessuti sintetici e l'uso di prodotti chimici tossici nella tintura e nella lavorazione dei tessuti che si disperdono nella rete idrica e di conseguenza danneggiano l'ambiente¹¹³.

Al contrario, l'agricoltura rigenerativa si concentra sulla creazione di relazioni tra i diversi elementi dell'ecosistema agricolo e sull'uso di tecniche sostenibili per migliorare la fertilità del suolo e aumentare la biodiversità. Una soluzione promettente per combattere l'inquinamento causato dall'industria tessile.

L'agricoltura rigenerativa offre quindi un approccio sostenibile alla produzione di tessuti, consentendo alle industrie del tessile di coltivare le loro colture in modo ecologico e migliorando la salute del suolo¹¹⁴.

L'agricoltura rigenerativa offre un approccio innovativo olistico che si concentra sulla salute del terreno e sulle pratiche di coltivazione che rigenerano la fertilità del suolo e migliorano la biodiversità. L'utilizzo di sistemi rigenerativi permette di ridurre notevolmente il consumo di acqua per l'irrigazione dei suoli e di sequestrare maggior carbonio. L'obiettivo è creare un ecosistema

113 Gordon E. et al, *Transforming landscapes and mindscapes through regenerative agriculture*, Springer, 2022.

114 Marques A. D. et al, *Homo Sustentabilis: circular economy and new business models in fashion industry*, Sn applied science, 2020.

agricolo sostenibile che miri a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e a ridurre l'impatto ambientale.

Diversi sono i metodi innovativi di coltivazione utilizzati nell'agricoltura rigenerativa, che verranno affrontati nel paragrafo successivo, che aiutano a ridurre l'impatto ambientale dell'industria tessile come la rotazione delle colture, il compostaggio e le colture intercalari per promuovere la biodiversità e migliorare la salute del suolo. L'uso di colture geneticamente modificate e di pesticidi viene limitato o eliminato completamente, contribuendo a ridurre la quantità di prodotti chimici tossici presenti nell'ambiente.

Inoltre, l'agricoltura rigenerativa contribuisce a ridurre l'impatto delle emissioni di gas serra associate alla produzione di tessuti sintetici. L'uso di colture naturali nella produzione di tessuti può infatti assorbire e immagazzinare il carbonio nell'ambiente, riducendo la quantità di gas serra in atmosfera. Ad esempio, l'uso di cotone biologico, canapa e lino, che richiedono meno acqua e sostanze chimiche rispetto al cotone convenzionale, contribuisce a preservare la biodiversità¹¹⁵.

Ci sono diverse aziende che stanno abbracciando il modello di agricoltura rigenerativa come modello di produzione di tessuti sostenibili. Ad esempio, la società di moda americana Patagonia¹¹⁶ ha iniziato a utilizzare cotone biologico certificato nella produzione dei propri tessuti, mentre la società britannica *Grown Alchemist*¹¹⁷ ha sviluppato una gamma di prodotti cosmetici realizzati interamente con materiali naturali e coltivati in modo sostenibile.

Un interessante ed innovativo progetto sperimentale agroforestale, *The Apulia Regenerative Cotton Project*¹¹⁸, è stato lanciato in Puglia

115 Granskog A. et al, *Biodiversity: the next frontier in sustainable fashion*, McKinsey and company, 2020.

116 <https://eu.patagonia.com/it/it/shop/organic-cotton-clothing>

117 <https://grownalchemist.com/philosophy>

118 efi.int/news/efi-coordinates-new-agroforestry-based-regenerative-cotton-project-italy-2023-06-05

a maggio 2023. Il progetto è supportato dall'*Armani Group* e *Circular Bioeconomy Alliance* e coordinato dall'*European Forest Institute* di Roma. L'obiettivo è dimostrare come migliorare la diversità del paesaggio, il risparmio idrico e la fertilità del suolo, nonché i servizi ecosistemici legati alla biodiversità, producendo allo stesso tempo cotone con una bassa impronta di carbonio attraverso l'uso di sistemi agroforestali¹¹⁹.



Figura 34_Campo di cotone in crescita.

L'agricoltura rigenerativa diventa quindi una valida alternativa sostenibile alla produzione di tessuti sintetici e può contribuire a ridurre l'impatto dell'industria tessile sull'ambiente. I metodi innovativi di coltivazione utilizzati nell'agricoltura rigenerativa possono migliorare la salute del suolo e ridurre l'impatto delle emissioni di gas serra, fornendo così un modello di produzione innovativa e sostenibile.

Pratiche rigenerative

Edward O. Wilson nel 1984 propone come ipotesi scientifica il concetto di *Biophilia* che viene descritto come “la tendenza innata

119 <https://circularbioeconomyalliance.org/new-living-lab-in-collaboration-with-the-armani-group-announced/>

a concentrare il proprio interesse sulla vita e sui processi vitali”¹²⁰.

Da qui, ne deriva il concetto di *biomimetica*, che è la pratica di guardare alla natura per trovare ispirazione nella progettazione e nella ingegnerizzazione di sistemi creati dall'uomo. Applicando i principi della biomimetica alla progettazione, è possibile creare ambienti che funzionino più come ecosistemi naturali, con sistemi a circuito chiuso che riducono al minimo gli sprechi e promuovono l'efficienza delle risorse.

In questo senso, le pratiche di agricoltura rigenerativa si basano sull'idea di lavorare rifacendosi a concetti derivati dalla natura stessa, piuttosto che lavorare contro di essa, per costruire un ecosistema agricolo sano e produttivo.

L'utilizzo di scarti agricoli per generare un processo ecologico all'interno dell'industria stessa, la produzione di tessuti sostenibili come canapa, cotone e lino, e la riduzione dell'impatto ambientale delle pratiche tessili sono solo alcune delle possibilità offerte dall'agricoltura rigenerativa¹²¹.

La coltivazione senza lavorazione del suolo attraverso la tecnica del *no-till* prevede di non arare il suolo dopo la semina delle colture, riciclando quindi i resti delle coltivazioni precedenti. Questo processo conferisce nutrienti al suolo evitando l'utilizzo di fertilizzanti chimici, per cui garantisce il mantenimento della fertilità della struttura del suolo, aumentando la biodiversità e riducendo l'erosione.

L'utilizzo di colture intercalari, utilizzate per la copertura vegetale del suolo tra due colture principali, permette il buon mantenimento del terreno, evitando problematiche di desertificazione del suolo. Inoltre, la rotazione delle colture in favore di pratiche di mono-

120 Edward O. Wilson, *Biofilia: il nostro legame con la natura*, Piano B Edizioni, 2021.

121 Rattan Lal, *Regenerative agriculture for food and climate*, Journal of soil and water conservation, 2020.



Figura 35_Il cotone dopo essere stato raccolto viene conservato per essere processato.

coltura aiuta a mantenere intatta la fertilità del suolo e prevenire la comparsa di malattie o parassiti che possono essere specifici di una particolare coltura.

La gestione controllata del bestiame, attraverso rotazione in *pad-dock*, durante le fasi di dismissione della coltura principale, contribuisce a migliorare la fertilità del terreno, aumentando la biodiversità.

Il compostaggio delle materie organiche, come i resti delle piante e gli scarti alimentari, produce un fertilizzante naturale ricco di nutrienti che può essere utilizzato per fertilizzare le colture principali.

Infine, la tecnica dell'agroselvicultura, che prevede la coltivazione di alberi e arbusti in modo integrato con le colture principali, permette di avere una copertura vegetale dei suoli durante tutto l'anno, aiutando a proteggere il suolo dall'erosione, aumentando la biodiversità e fornendo ulteriori fonti di reddito per gli agricoltori.

Queste sono solo alcune delle pratiche e delle tecniche che possono essere utilizzate nell'agricoltura rigenerativa. L'obiettivo è quello di creare un sistema agricolo integrato e chiuso che imiti

l'ecosistema naturale, costruendo relazioni positive tra le colture, il bestiame e l'ambiente circostante. Incentivare pratiche che permettano il riciclo e il riuso delle risorse, minimizzando i flussi di materia in entrata ed eliminando gli scarti in uscita, permettendo così di realizzare un uso delle risorse fondato sulla bioeconomia circolare.

L'importanza della comunicazione nell'industria del tessile

Per affrontare questa sfida è necessario che l'industria della moda divulghi le proprie pratiche di agricoltura sostenibile ai propri consumatori, incentivando l'acquisto da industrie che utilizzano soluzioni basate sulla natura per la produzione dei propri tessuti.

Tuttavia, la comunicazione dell'agricoltura nel campo della moda è spesso trascurata, nonostante la crescente consapevolezza dell'importanza della sostenibilità nella produzione di abbigliamento, la maggior parte dei consumatori non è a conoscenza delle colture agricole utilizzate per la produzione di tessuti e non sa come queste colture influiscano sul territorio e sull'ambiente.

Nel mondo del digitale, l'utilizzo dei *social media* come mezzo di comunicazione di massa può aiutare a raggiungere un pubblico più ampio e a educare i consumatori sensibilizzandoli riguardo i tessuti e i prodotti maggiormente sostenibili. Le grandi aziende nel campo del tessile possono avvicinarsi ai consumatori condividendo informazioni sulle colture agricole utilizzate per la produzione di tessuti, sui produttori agricoli sostenibili e sulle pratiche agricole ecocompatibili.

Inoltre, realizzare una diversa etichettatura dei tessuti che informi i consumatori riguardo la provenienza agricola permetterebbe di comprendere meglio le diverse pratiche utilizzate. L'etichettatura potrebbe includere informazioni sulla coltivazione, sulla lavorazione e sulle certificazioni sostenibili.

Conclusioni

L'agricoltura rigenerativa può svolgere un ruolo fondamentale nell'industria tessile per ridurre l'impatto ambientale, aumentare la biodiversità e incentivare i consumatori ad acquistare da aziende che utilizzano soluzioni basate sulla natura per la coltivazione delle proprie colture.

Una transizione verso l'agricoltura rigenerativa è fondamentale e necessaria e rappresenta una soluzione promettente per affrontare le sfide ambientali, sociali ed economiche connesse alla produzione di tessuti. Tuttavia, sono necessari ulteriori sforzi per migliorare le condizioni attuali attraverso l'adozione di soluzioni basate sulla natura e l'innovazione tecnologica. L'utilizzo di biotecnologie per lo sviluppo di colture resistenti alle condizioni climatiche estreme e tecniche di agricoltura digitale, come l'agricoltura di precisione, possono migliorare l'efficienza delle colture agricole e ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura.



Figura 36_Capsula di cotone appena raccolto.

2.3 Analisi dei flussi e delle risorse della città di Barcellona

2.3.1 Connessione tra ambienti urbani e naturali per lo sviluppo sostenibile MuSIASEM: il caso di Barcellona

Le città sono state sempre centro nevralgico dell'economia e dello sviluppo economico di beni e servizi, consumando sempre più suolo a causa di una rapida urbanizzazione, a discapito dell'ambiente naturale, sono diventate responsabili di un elevato consumo di risorse sia naturali che energetiche. Oggi, con le sfide globali che stiamo affrontando, cambiamento climatico, perdita di biodiversità e innalzamento dei mari, si rende sempre più necessario un cambio di paradigma del modello economico lineare verso un modello di bioeconomia circolare che ci permetta di ridurre lo sfruttamento di risorse e di rifiuti, rispettivamente prelevati o immessi nell'ambiente.

L'analisi del metabolismo urbano, rappresenta uno strumento innovativo, che attraverso un'analisi mirata di flussi di risorse e di energia che si articolano all'interno del sistema urbano, ci permette di comprendere le dinamiche che devono essere migliorate per favorire la transizione verso uno sviluppo sostenibile. La scelta della città di Barcellona, come caso studio sul metabolismo urbano, è motivata dall'esperienza di ricerca all'estero in cui ho potuto

approfondire quali strategie l'amministrazione della città di Barcellona stia applicando al suo territorio.

La città di Barcellona insieme con il suo *binterland* metropolitano è una delle più grandi città della Spagna ed è la capitale della Catalogna. La città metropolitana di Barcellona conta circa 3.3 milioni di abitanti mentre, con 16.354,64 abitanti per chilometro quadrato la città di Barcellona è una delle città più densamente popolate d'Europa con una popolazione di circa 1.6 milioni di abitanti. Il suo territorio si estende su una superficie di 102 km² ed è diviso in 10 distretti amministrativi e 73 *barrios*¹²². Questi ultimi, i quartieri, sono eterogenei sia per dimensione che per età, per tipologia di costruzione e disponibilità di servizi. Con milioni di turisti in visita ogni anno, l'economia di Barcellona e in particolare, il settore dei servizi, è quello che incide maggiormente con il 60% dell'attività economica, seguito dal settore industriale con il 36%¹²³. Barcellona è anche un nodo cruciale per la logistica spagnola, grazie alla presenza dell'aeroporto di El Prat nella città di Barcellona e l'aeroporto di Girona-Costa Brava più a nord. Inoltre, il porto marittimo è uno dei più importanti porti spagnoli che affacciano sul Mar Mediterraneo, sia per volume di passeggeri sia per le rotte commerciali. Per quanto riguarda lo sviluppo sostenibile, l'amministrazione di Barcellona ha adottato il *Barcelona Nature Plan*¹²⁴, un piano decennale per il miglioramento degli spazi verdi e della biodiversità, con il quale si concentra alla conservazione, sviluppo e governance del territorio.

L'analisi del metabolismo urbana della città di Barcellona, prodotto dal Professore Mario Giampietro, è stata realizzata attraverso il metodo MuSIASEM, *Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism*, che consente di esaminare i flussi di risorse

122 Mario Giampietro et al, *Characterizing the metabolic pattern of urban systems using MuSIASEM: The case of Barcelona*, Energy Policy 124, 13-22, 2019.

123 Ajuntament de Barcelona, *El producte interior brut de barcelona 2023*, 2024.

124 Ajuntament de Barcelona, *Barcelona Nature Plan 2021-2023*, Area of Urban Ecology 2021.

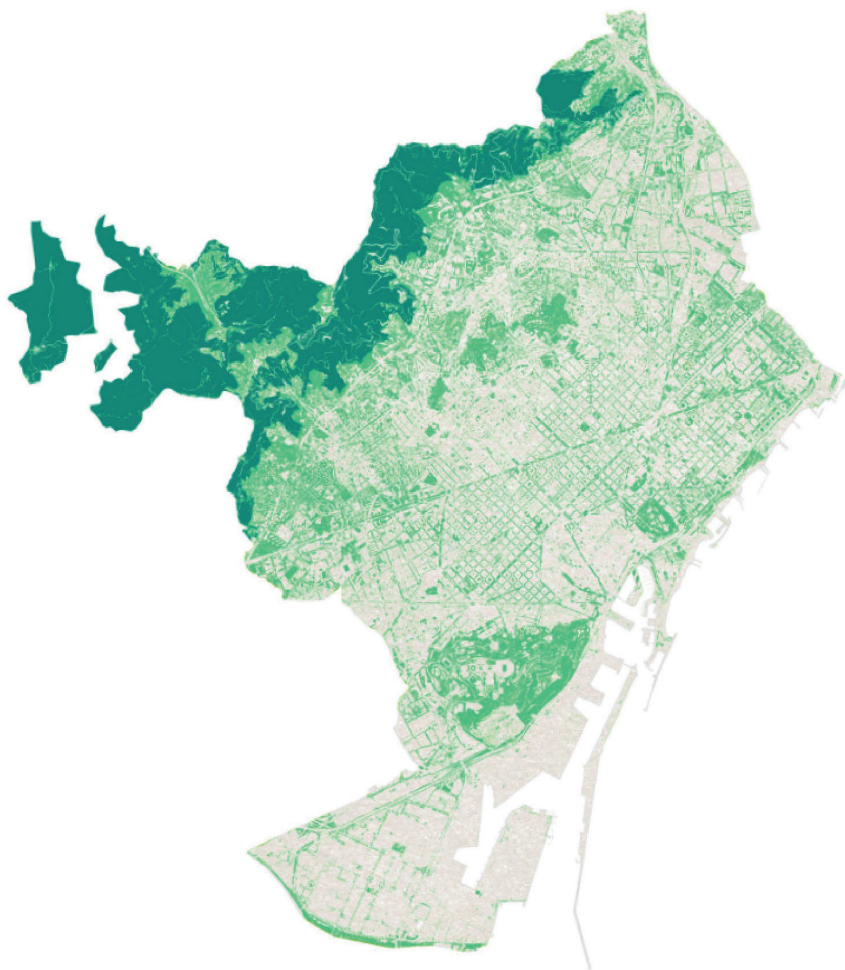
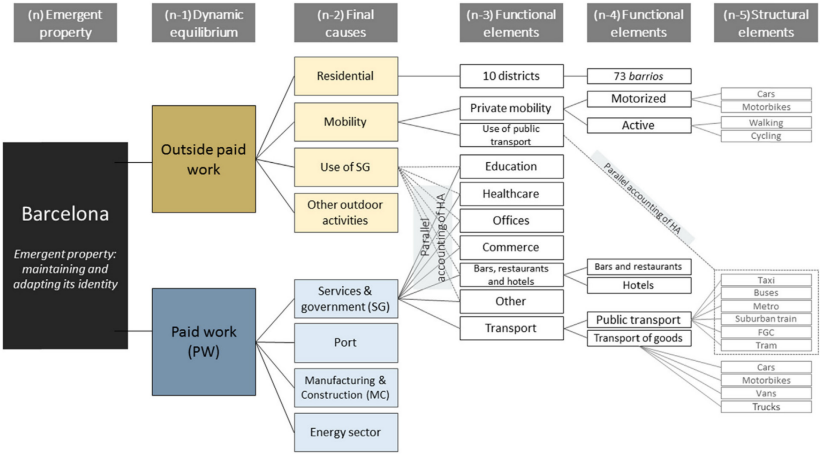


Figura 37_ *Barcelona Nature Plan 2030*.

ed energia del contesto urbano, nei differenti livelli dei settori economici. L'analisi parte dalla scelta degli elementi da inserire all'interno della matrice associati a come l'energia viene consumata. In questo caso, l'analisi ha riguardato quattro differenti flussi: l'energia che viene consumata per fornire elettricità, l'energia per fornire riscaldamento, l'energia per fornire carburante e il valore aggiunto. L'analisi di questi dati viene messa in rapporto con gli elementi che costituiscono la città, l'attività umana e il suolo

del sistema urbano. L'attività umana, calcolata in ore per anno, fa riferimento al tempo che ciascuno di noi spende all'interno dei confini urbani. Ciò si riferisce sia alle attività domestiche e di svago ma soprattutto alle attività spese nel muoverci all'interno della città e a quelle spese nelle occupazioni lavorative. Mentre l'utilizzo del suolo, calcolato in km², fa riferimento a quanta superficie è consumata da un determinato settore economico, scomposto nei suoi sottolivelli.



che il settore predominante nel *paid work* è quello del settore del *service and government*, che assorbe circa 1 milione di ore di lavoro per anno e che presenta un tasso metabolico più elevato per il consumo di elettricità.

Questo dato riflette, come detto in precedenza, l'economia di Barcellona, sviluppata soprattutto nel settore dei servizi e del turismo. Da questo dato, che potrebbe essere più dettagliatamente elaborato in un nuovo sottolivello, possiamo ipotizzare che il consumo di

	HA	US	EMR			EJP
			Elect.	Heat	Fuels	
	Mh	km ²	kWh/h	MJ/h	MJ/h	€/h
TOTAL:	15225	147	0.5	2.2	1.0	5
OUTSIDE PAID WORK	13333	101	0.2	0.6	0.5	0
Residential	9307	51	0.2	0.9	0.0	0
Mobility	593	21	0.1	0.0	11.2	0
Use of Services & Gov.	2864	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Other outdoor act.	570	29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PAID WORK	1892	46	2.7	13.5	4.7	39
Services & Government	1539	32	2.7	2.9	4.1	39
Port	15	8	12.7	78.5	175.1	96
Manufacturing & Const.	334	6	1.7	24.5	0.0	34
Energy sector	4	0	14.7	2879.2	0.0	132

Figura 39_Matrice dell'uso finale dell'energia ai livelli n, n-1 e n-2.

energia indica una dipendenza dalle infrastrutture digitali, dall'illuminazione e dal funzionamento degli edifici amministrativi. Quello che però è evidente dalla matrice, è che il settore dei servizi, seppur con un elevato tasso di consumo di energia elettrica, consuma meno energia termica rispetto ai settori *manufacturing and construction* e *energy sector*, il che ci potrebbe far riflettere su una minore incidenza di attività industriali all'interno dei confini della città.

Inoltre, tornando al *paid work* nel settore dei servizi, vediamo come il 10% delle ore annue vengano impiegate in questo ambito. Que-

sto dato dovrebbe far riflettere in quanto si collega alle dinamiche della mobilità urbana con una forte domanda di trasporti pubblici con impatti sui consumi energetici e dei carburanti.

In conclusione, l'uso della matrice *MuSLASEM* fornisce dati utili e strumenti per comprendere i flussi metabolici all'interno delle dinamiche urbane, andando ad analizzare le attività economiche e il consumo di risorse. Gli scenari elaborati, dovrebbe essere traslati nel contesto urbano, per essere implementati a livello urbano nelle proposte e nelle strategie di progetto¹²⁵. Uno sviluppo futuro po-

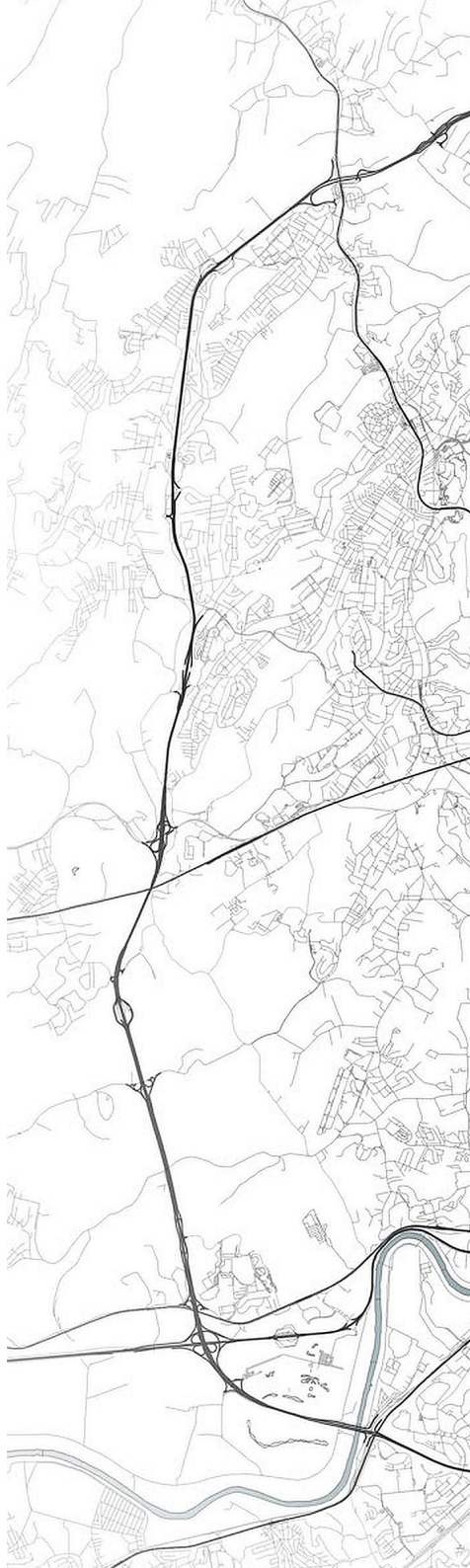
EMD			EUSP	ET			VA
Elect.	Heat	Fuels		Elect.	Heat	Fuels	
kWh/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	€/m ²	GWh	TJ	TJ	M€
50	231	106	501	7401	33914	15576	73441
24	83	66	0	2372	8374	6620	0
46	164	0	0	2326	8374	0	0
2	0	322	0	46	0	6620	0
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
110	558	196	1603	5029	25539	8956	73441
132	139	198	1884	4200	4410	6309	59956
25	152	339	186	192	1187	2647	1450
101	1436	0	2021	577	8170	0	11497
127	24851	0	1136	60	11772	0	538

trebbe consistere nel mettere in relazione i dati elaborati attraverso la matrice con le politiche di sviluppo sostenibile attuate, come il *Barcelona Natur Plan*, per valutarne l'efficacia e gestire in modo più sostenibile il territorio.

125 Grulois G, *Urban project revisited from urban metabolism principles: reflections from the upcycle workshop in Barcelona*, atti di convegno, 8th conference of the international forum on urbanism, 2015.

Capitolo 3.

**Ripensare l'ambiente urbano:
verso un futuro sostenibile della città**





3.1 Definizione del modello metabolico della Città Metropolitana di Roma

Le città più popolate sono oggi al centro dell'agenda per il cambiamento climatico. Avendo la maggioranza della popolazione mondiale che vive in queste, ne derivano maggiori consumi dell'uso di energia e anche la maggior parte delle emissioni di gas serra avendo la maggior parte delle industrie, della richiesta di trasporti e di consumo delle risorse. Si rende quindi necessario adottare uno strumento capace di analizzare le risorse e i flussi presenti all'interno degli ambienti urbani che si esplica nella matrice *MuSLASEM*, per valutare gli impatti dei flussi di scambi di energia sul sistema urbano.

La prima parte del terzo capitolo riguarda la fase applicativa della ricerca. L'applicazione è svolta da un punto di vista tecnico, attraverso la ricerca e l'elaborazione di dati quantitativi e qualitativi della Città Metropolitana di Roma Capitale. Applicando il modello risorse-flussi di Georgescu-Roegen¹²⁶ e basandomi sugli studi effettuati da Mario Giampietro, già applicati nel capitolo precedente nel caso studio della città di Barcellona, lo scopo del capitolo è di

126 Georgescu-Roegen N, *The entropy law and the economic process*, Harvard University press, 1971.

dare una lettura del sistema metabolico romano che possa evidenziare quali sistemi e settori consumano maggiore risorse all'interno del sistema.

Il metodo *MuSLASEM*, come visto nel capitolo precedente, consiste in una matrice di utilizzo finale delle risorse (*end-use matrix*), calcolata attraverso il rapporto integrato, su più livelli di uso, di diverse forme di vettori energetici (elettricità, calore, carburanti) per le varie attività svolte nella città, incluse la mobilità privata e pubblica, il turismo, le attività commerciali e residenziali. La matrice integra dati quantitativi relativi a diverse dimensioni (energia, attività umana, uso del suolo) e scale gerarchiche su diversi livelli (settori economici ed elementi funzionali a livelli inferiori) e spaziali (edifici, quartieri e l'intera città).

Lo scopo di questo lavoro di analisi non è quello di fornire un'unica soluzione definitiva o esaustiva, ma piuttosto offrire un quadro analitico e metodologico che possa servire come base di partenza per sviluppi futuri, da operare in collaborazione con i diversi attori che necessita uno studio così ampio. La flessibilità di questo approccio permette di studiare strategie indipendenti dallo studio individuale di dati che se non connessi tra di essi non riflettono l'insieme dei consumi delle risorse all'interno del sistema urbano¹²⁷.

127 Kovacic Z, Giampietro M, *Between theory and quantification: an integrated analysis of metabolic pattern of informal urban settlements*, Energy Policy 100, 2017, p. 385.

3.1.1 Descrizione del sistema urbano e dei suoi confini

La Città Metropolitana di Roma è l'area metropolitana più popolata d'Italia con una popolazione di 4.230.292 abitanti nell'anno 2024¹²⁸ e una superficie di 5.355 chilometri quadrati. La CMR include, oltre Roma Capitale, anche i 121 comuni compresi nella precedente provincia di Roma. Nel suo territorio sono distinguibili tre fasce altimetriche, quella dei comuni di pianura, estesa per 1.775 chilometri quadrati e di cui fa parte la città di Roma, quella dei comuni di collina estesa per 2.718 chilometri quadrati e quella dei comuni di montagna estesa per 870 chilometri quadrati¹²⁹.

Il sistema di confini scelto per la sperimentazione dell'analisi *Mu-SLASEM* è quello dell'amministrazione della CMR e il riferimento dei dati principali è all'anno 2023. All'interno della città metropolitana di Roma un ruolo fondamentale lo riveste la città di Roma che ha un'incidenza maggiore rispetto ai comuni dell'*hinterland* metropolitano. Oltre ad essere la capitale, è anche capoluogo della regione Lazio ed è anche una delle città più popolate in Europa con

128 Istat, *Popolazione residente al 1° gennaio, 2024*.

<http://dati.istat.it>

129 Dipartimento per gli Affari Regionali e le Autonomie Presidenza del Consiglio dei Ministri, *I dossier delle Città Metropolitane*, 2017.

una popolazione di 2.813.544 abitanti¹³⁰. Il 66% della popolazione regionale vive a Roma Capitale.

Il settore economico più sviluppato di Roma capitale è il settore terziario con una percentuale del 88% sia in termini economici sia in numero di lavoratori occupati. Le attività economiche più sfruttate sono quelle del settore immobiliare e dei servizi alle imprese, con un tasso di occupati che raccoglie la quota maggiore con il 16,5% del totale servizi, alle quali seguono la sanità e i servizi di assistenza sociale, mentre sono abbastanza ridotte le quote degli occupati nel settore delle costruzioni¹³¹.

Di particolare importanza è il settore dei trasporti e della logistica all'interno della CMR. Gli aeroporti di Fiumicino¹³² e Ciampino presenti sul territorio rappresentano due snodi fondamentali per il traffico aereo nazionale e internazionale mentre le stazioni ferroviarie di Roma Termini e Roma Tiburtina sono considerate snodi nevralgici del centro Italia con collegamenti ad alta velocità verso Milano e Napoli. Non da ultimo il porto di Civitavecchia che svolge un ruolo importante nelle rotte commerciali e turistiche e soprattutto noto per il suo ruolo importante per i diversi corridoi mediterranei per Sardegna e Sicilia e per la Spagna e la Tunisia supportando il tessuto economico locale e nazionale.

La CMR inoltre si distingue anche per il suo patrimonio ambientale e naturale. All'interno del territorio infatti sono presenti diversi parchi e riserve naturali, come la Riserva Naturale di Monte Mario, il Parco Naturale Regionale di Bracciano e tra le altre, la Riserva Naturale Statale di Castel Porziano, che offrono un equilibrio, seppur frammentario, tra urbanizzazione e tutela della biodiversità.

130 Ufficio di statistica di Roma Capitale, *Annuario statistico*, 2023, cap. 2, p. 4.

131 Ufficio di statistica di Roma Capitale, *I numeri di Roma Capitale, mercato del lavoro*, 2023, pp. 18-19.

132 L'aeroporto di Fiumicino è uno degli scali più importanti per il centro-sud della penisola ma anche in tutta Europa, premiato per la sesta volta nella categoria scali per aver accolto più di 40 milioni di passeggeri
<https://www.comune.roma.it>

Non da ultimo il patrimonio storico, artistico e architettonico, che è presente in tutta la CMR, e che fa di Roma una delle città con il maggior numero di opere artistiche e beni architettonici al mondo. Ogni anno attrae milioni di turisti tanto da essere risultata la prima città europea per crescita turistica¹³³ nel 2023 con un +45,2% sull'anno precedente.

3.1.2 Definizione dei componenti della matrice urbana

Raccolta dei dati

La maggior parte dei dati utilizzati per la realizzazione della matrice della CMR sono stati ottenuti dai Rapporti Annuali sulle statistiche della CMR¹³⁴ e dagli Enti che si occupano della distribuzione delle principali energie analizzate nella matrice (elettricità e gas). In particolare, i dati sul calcolo del totale delle attività umane sono stati raccolti sia dal rapporto statistico sull'area metropolitana romana¹³⁵ sia dalle statistiche Istat. I dati sull'uso del suolo sono stati ottenuti tramite il rapporto sull'ambiente di Città Metropolitana di Roma Capitale¹³⁶ nel quale i suoli sono inizialmente classificati come suolo consumato e suolo non consumato e più in particolare tramite analisi Gis del sistema *Corine Land Cover*, nel quale i diversi usi del suolo sono stati categorizzati nelle categorie di settore economico (primario, secondario e terziario). Per i dati sul consumo della componente elettrica sono stati utilizzati i dati raccolti nelle statistiche regionali 2023 di Terna¹³⁷, all'interno delle quali sono presenti i dati divisi per Provincia. Mentre, per i dati sul consumo della componente gas, sono stati combinati i dati regionali del Lazio, suddivisi per settore economico, ottenuti tramite la

133 City Dna, *Executive summary of the City travel report*, 2023 - 2024.

134 <https://www.cittametropolitanaroma.it>

135 Città metropolitana di Roma capitale, *il mercato del lavoro*, 2023.

136 Report Ambiente, *L'uso e il consumo di suolo di Roma Capitale*, 2021.

137 Terna Driving Energy, *Statistiche regionali*, 2023, p. 153.

Relazione Annuale 2023 dello stato dei servizi di Arera¹³⁸, e quelli Provinciali 2023 della CMR ottenuti dal sito del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica¹³⁹.

Questi valori sono delle stime basate sulle percentuali regionali del Lazio. Poiché la Città Metropolitana di Roma rappresenta una parte significativa della popolazione e dell'economia del Lazio, è possibile che la distribuzione dei consumi nei diversi settori non sia esattamente uguale. Tuttavia, queste stime forniscono un quadro ragionevolmente accurato in assenza di dati settoriali specifici per la CMR.

I dati riguardo il valore aggiunto della CMR sono stati raccolti dal Bilancio di previsione 2024-2026¹⁴⁰ redatto dall'amministrazione romana e confrontati con quelli dell'ultimo rapporto statistico prodotto¹⁴¹.

Il primo passo per la realizzazione dell'analisi della matrice del metabolismo urbano della CMR è l'individuazione e la definizione di componenti che costituiscono il sistema urbano, quali “risorse” e “flussi”. Le risorse che sono state selezionate fanno riferimento all'attività umana, HA: *human activity* (in ore per anno) e all'uso del suolo, LU: *land use* (in km²). Le risorse servono quindi al compimento di un processo e sono usate nel sistema ma non consumate durante il processo. Dall'altro lato abbiamo i flussi che sono quegli elementi che vengono trasformati dalle risorse. In particolare abbiamo due tipi di flussi, i flussi che vengono consumati all'interno del sistema, cioè entrano nel processo di trasformazione e ne escono in uno stato diverso, e quelli generati dal sistema che però escono dal sistema sotto forma di altri prodotti o di scarti, come

138 Arera, Autorità di regolazione Energia Reti e Ambienti, *Relazione Annuale*, 2023, pp. 307-308.

139 <https://sisen.mase.gov.it>

140 Città Metropolitana di Roma Capitale, *Bilancio di previsione*, 2024, p. 94.

141 Città Metropolitana di Roma Capitale, *Rapporto statistico sull'area metropolitana romana 2019*, 2019, p. 3.

l'energia, l'acqua, i rifiuti e anche i flussi economici in generale¹⁴².

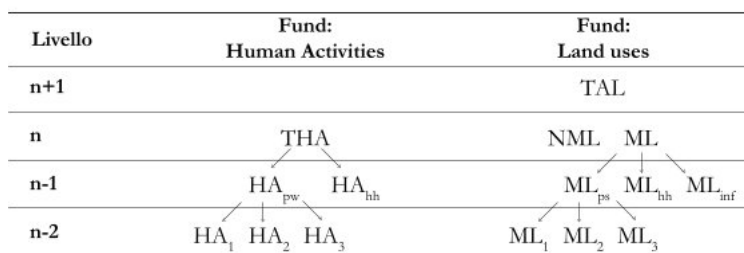


Figura 40_Dendrogramma della dualità delle risorse ai diversi livelli di *human activity* e *land uses*.

La figura 40 mostra in modo analitico la dualità del sistema delle risorse alle diverse scale di livello. In termini di attività umana, il totale dell'attività umana (THA, livello n) deriva da una divisione al livello n-1 tra *paid work* (HA_{pw}) e *household sector* (HA_{hh}), e scendendo ancora più nel particolare, troviamo il settore del *paid work* categorizzato attraverso la divisione per settori economici HA1, settore primario; HA2 settore secondario, HA3 settore terziario.

Lo stesso principio viene utilizzato per l'uso del suolo, dove il totale delle aree (TAL, Livello +1) che corrisponde ai confini della CMR, viene diviso tra suolo consumato (ML, livello n) e suolo non consumato (NML, livello n). Il suolo consumato viene poi suddiviso in suolo dedicato al settore produttivo (ML_{ps}, livello n-1), settore relativo alla famiglia (ML_{hh}, livello n-1) e settore relativo alle infrastrutture (ML_{inf}, livello n-1). Il settore produttivo può ulteriormente essere suddiviso nei diversi settori economici, come nel caso dell'attività umana: settore primario (ML1, livello n-2), settore secondario (ML2, livello n-2) e settore terziario (ML3, livello n-2).

Attraverso questi due dati, attività umana e uso del suolo, possia-

142 Miranda R., Grottera C., Giampietro M, *Understanding slums: analysis of the metabolic pattern of the Vidigal favela in Rio de Janeiro, Brazil*, Springer Science+Business, 2016, pp. 1300-1301.

mo mappare la quantità di componenti costituenti i flussi prodotti dal sistema urbano.

Categorie dell’attività umana (HA) - Human activity

Il totale dell’attività umana (THA: *total human activity*) è determinata dalla popolazione all’interno dei confini della CMR e il tempo speso dagli stessi abitanti in un anno. I dati della popolazione sono stati moltiplicati per 8760 ore per calcolare il totale dell’attività umana usando convenzionalmente 365 giorni per 24 ore al giorno¹⁴³. La popolazione della CMR è di 4.230.292 abitanti. Per cui il totale dell’attività umana per la CMR è di 37.057 Milioni di ore in un anno (4.227.059 abitanti x 8760 ore) come si evince dalla figura 41.

Popolazione	Ore / Anno	THA [Mh/y]
4.230.292	8.760	37.057

Figura 41 _Calcolo del *total human activity* all’interno della Città Metropolitana di Roma Capitale.

L’attività umana totale viene quindi suddivisa, in base alle attività svolte dalle persone all’interno di una giornata, in tre diverse categorie:

HApo: *physiological overhead*, il tempo dedicato al dormire, al mangiare e alla cura della persona;

HAhc+le: *household chores - leisure- education*; il tempo dedicato alle faccende domestiche, al tempo libero e all’educazione;

HApw: *paid work*; il tempo dedicato al lavoro retribuito nelle attività economiche.

Per semplicità, l’attività umana totale (**THA**, *total human activity*)

143 Yangsiyu Lu et al, *Changes of human time and land use pattern in one mega city’s urban metabolism: a multi-scale integrated analysis of Shanghai*, Journal of Cleaner Production 133, 2016, pp 391-401.

viene suddivisa in due macro categorie: **HAhh**: *household sector* - l'attività umana di cui si ha bisogno all'interno della famiglia (la somma di HApo e HAhc+le) e HA_{pw}: *paid work* - l'attività umana di cui si ha bisogno per muovere l'economia.

Settore	Occupazione (%)	[Mh/y]
Agricoltura, silvicoltura e pesca	1	45
Industria	7,2	324
Costruzioni	5,1	230
Commercio	12,2	549
Alberghi e ristoranti	6,5	293
Trasporto e magazzinaggio	7	315
Servizi di informazione e comunicazione	7,6	342
Attività finanziarie e assicurative	3,6	162
Attività immobiliari	16	720
Pubblica amministrazione e difesa	9	405
Istruzione, sanità e assistenza sociale	14,9	671
Altri servizi collettivi e personali	9,9	446
TOTALE		4.503

Figura 42_Occupazione percentuale per settore.

Inoltre, a livello n-2 di HA_{pw}, l'attività umana assegnata alle attività economiche è stata ulteriormente divisa nei principali settori delle attività economiche come agricoltura, industria e commercio e servizi.

Una divisione basata sui diversi settori primario, secondario e terziario come mostrato in figura 42.

Per avere una più accurata visione del tempo utilizzato, l'attività umana è stata divisa separatamente per fasce di età come mostrato in figura N: 0-14 anni, bambini e ragazzi impegnati nello studio; 15-24 anni ragazzi e giovani adulti che studiano, lavorano o entrambe le combinazioni contemporaneamente ma anche chi è in cerca di un lavoro; 25-64 anni, adulti che lavorano, che rappresenta la fascia con più incidenza del numero degli occupati; 65 anni o

più, persone che non lavorano e pensionati.

Fasce di età	N. Abitanti	Occupati [%]	N. Occupati	N. Inoccupati
0-14	523.148	0	0	523.148
15-24	410.516	3.6	14.779	395.737
25-64	2.322.520	93.6	2.173.879	146.641
65+	974.108	2.8	27.275	946.833
TOTALE	4.230.292		2.215.932	1.491.212

Figura 43_Tabella numero persone occupate e inoccupate nell’anno 2023.

Il valore di **HApo** è stato calcolato come 11 ore al giorno per persona basandosi su 365 giorni l’anno. Nella figura 44 notiamo come la fascia che va dai 25 ai 64 anni è quella che consuma più ore, in rapporto al numero di persone, con un totale di 9.325 milioni di ore spese in un anno per il tempo dedicato al dormire, al mangiare e alla cura della persona.

Fasce di età	N. Abitanti	Ore/Anno	HA _{po} [Mh/y]
0-14	523.148	4.015	2.100
15-24	410.516	4.015	1.648
25-64	2.322.520	4.015	9.325
65+	974.108	4.015	3.911
TOTALE			16.985

Figura 44_Actività umana calcolata sul *physiological overhead*.

Le ore di attività umana spese nel *paid work* sono state calcolate in base ai giorni lavorati in media in un anno, 254 giorni lavorativi all’anno con 8 ore al giorno di lavoro. Nella Figura 45 si può vedere come anche qui la fascia che va dai 25 ai 64 anni sia quella che incide maggiormente sul settore del tempo dedicato al lavoro retribuito nelle attività economiche., con 4.417 milioni di ore spese in un anno.

Fasce di età	N. Occupati	Ore/Anno	HA _{pw} [Mh/y]
0-14	0	2.032	0
15-24	14.779	2.032	30
25-64	2.173.879	2.032	4.417
65+	27.275	2.032	55
TOTALE			4.503

Figura 45_Actività umana calcolata sul *paid work*.

Per quanto riguarda la valutazione di **HA_{hc+le}** il calcolo è stato ottenuto attraverso la differenza tra:

$$THA - (HA_{po} + HA_{pw})$$

Fasce di età	THA	HA _{po} [Mh/y]	HA _{pw} [Mh/y]	HA _{hc+le} [Mh/y]
0-14	37.057	2.100	0	34.957
15-24	37.057	1.648	30	35.379
25-64	37.057	9.325	4.417	23.315
65+	37.057	3.911	55	33.091
TOTALE				126.742

Figura 46_Le diverse categorie di *human activity*.

Dalla figura 46, possiamo notare come tutte le fasce di età siano simili nel totale delle ore impiegate nelle faccende domestiche, nel tempo libero e nell'educazione, anche se possiamo vedere una piccola contrazione della fascia di età 25-64 anni che è poi la fascia più impegnata nell'occupazione lavorativa.

Categorie dell'uso del suolo (US) - Useful surface

La Città Metropolitana di Roma (CMR) si estende su una superficie complessiva di 5.355 km². Attraverso l'analisi della mappa del consumo di suolo del sistema *Corine Land Cover* (GIS), il territorio è stato suddiviso in due macro-categorie principali:

NML (Non-Managed Land): aree non utilizzate o non gestite;

ML (Managed Land): aree soggette a utilizzo antropico.

A un livello di dettaglio superiore (livello n-1), la suddivisione viene ulteriormente articolata tra:

Household Sector: aree occupate da edifici residenziali;

Paid Work Sector: aree destinate ad attività produttive, tra cui agricoltura, industria, commercio e servizi.

Quest'ultima categoria, al livello n-2, include una specifica classificazione dei settori economici che impattano sul consumo di suolo.

Dall'analisi della figura 47 emerge con chiarezza che il settore primario, in particolare l'agricoltura, rappresenta la principale destinazione d'uso del suolo nella CMR, con un'incidenza significativa sul territorio. A seguire, le aree residenziali mostrano un'espansione rilevante, soprattutto nell'area di Roma Capitale, riflettendo la pressione urbana e demografica della zona.

Settore	Km²	%
Residenziale	537	14
Agricoltura	3.073	81
Industria e Commercio	114	3
Servizi	75	2
TOTALE	3.799	100

Figura 47_Categorie del consumo di suolo.

Categorie dei consumi (ET) - Energy throughput

Le categorie dei consumi utilizzate per generare il metabolismo della CMR sono i flussi metabolizzati dal sistema urbano per poter riprodurre le sue funzioni. In questo caso, i dati sui consumi che sono stati selezionati, sono quelli dell'energia elettrica e del riscaldamento derivante da gas metano. I dati circa il consumo dei carburanti, non sono stati presi in considerazione in questa fase,

in quanto non sono presenti documenti e rapporti che esponano i consumi della Città Metropolitana di Roma.

Per quanto riguarda i dati sul consumo di energia elettrica è possibile notare come il settore dei servizi incida del 42% sul totale dell'energia consumata, seguito dal settore residenziale con il 33%. Si deve tenere in considerazione che la domanda di energia elettrica della CMR e più in generale del Lazio, supera le potenzialità di produzione regionale, per la quale si rende necessaria una quota di energia ceduta da altre regioni¹⁴⁴. È inoltre importante sottolineare che la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è pari solo a 965,4 GWh/anno, con più della metà dell'energia prodotta dal fotovoltaico per 619,8 GWh/anno rispetto ai 13.239 GWh/anno prodotti dalle fonti tradizionali. Da questi dati si può dedurre come la struttura energetica della CMR riflette la sua conformazione urbana e la presenza delle attività predominanti.

Settore	GWh	%
HOUSEHOLD SECTOR	4.755	33
Residenziale	4.755	
PAID WORK	9.450	67
Agricoltura	104	1
Industria e commercio	3.351	24
Servizi	5.995	42
TOTALE	14.205	100

Figura 48_ Categorie del consumo di energia.

Inoltre, non avendo dei dati concreti sul consumo di gas per settore nella CMR, è stato necessario effettuare una stima che prende in considerazione il consumo per settore della regione Lazio messo a confronto con il consumo totale della CMR, calcolando un peso maggiore per via della presenza della città di Roma. Come è possibile vedere dalla figura 49, i dati riguardano il settore residenziale, il settore industriale - commerciale e il settore dei servizi. Da

144 Terna Driving Energy, *Statistiche regionali*, 2023, p. 151.

questa analisi emerge come il settore residenziale e quello industriale - commerciale consumino quote maggiori di gas rispetto al settore dei servizi. Rispettivamente il consumo percentuale è del 48% per quanto riguarda il settore residenziale e del 38% per il settore secondario. Questi dati rilevano come l'alta densità edilizia presente soprattutto nella capitale, giochi un ruolo determinante nel modellare i consumi energetici, riflettendo anche quanto le unità abitative e quelle produttive incidano maggiormente rispetto a quelle dei servizi.

Settore	TJ	%
HOUSEHOLD SECTOR	25.977	41
Residenziale	25.977	
PAID WORK	36.724	59
Agricoltura	0	0
Industria e commercio	23.958	38
Servizi	12.766	20
TOTALE	62.701	100

Figura 49_Categorie consumo di gas.

Categorie del valore aggiunto lordo (VA) - Value added

Il Valore aggiunto lordo, che rappresenta un indicatore per misurare la capacità di un sistema economico di creare nuovi beni e servizi disponibili per impieghi finali, riflette, in questa matrice, la ricchezza prodotta dai singoli settori, calcolata come la differenza tra i valori della produzione e i costi sostenuti per realizzarla. Dall'analisi condotta, la figura 50, ci mostra come la spesa maggiore viene impiegata nel settore dei servizi, con un'incidenza del 78%.

Settore	M€	%
HOUSEHOLD SECTOR	0	0
Residenziale	0	0
PAID WORK	148.160	100
Agricoltura	1.634	1
Industria e commercio	30.817	21
Servizi	115.708	78
TOTALE	148.160	100

Figura 50_Categorie valore aggiunto.

Questo dato, inoltre, ci indica come nella CMR, l'economia ruota principalmente intorno al settore terziario attraverso il commercio, il turismo e i servizi in generale. In particolare, soprattutto nella città di Roma, centro politico e amministrativo della penisola, è possibile identificare questo dato nella presenza di diverse istituzioni pubbliche e private, nonché nel patrimonio storico - artistico, che ogni anno attrae milioni di turisti e che muove l'economia del settore turistico e alberghiero.

3.1.3 Matrice dell'utilizzo dell'energia di Roma

L'identificazione dei componenti costituenti la matrice sono stati ricercati in base alla composizione delle caratteristiche settoriali della CMR e in base ai dati resi disponibili dalle amministrazioni e dagli enti.

È necessario sottolineare che l'analisi è stata effettuata a livello dei tre principali settori economici ma che, in realtà, la ricerca può essere approfondita ad un'analisi più dettagliata attraverso dei sotto-livelli. Una ricerca più dettagliata, infatti, porterebbe ad un'analisi più completa e soprattutto più precisa di ciascuno dei microsettori che caratterizzano il sistema urbano.

La matrice, infatti, seppur elaborata con dati reali e documentabili, non rispecchia la completezza per definire tutti gli aspetti su cui

intervenire della CMR. Dati più specifici e un’analisi interdisciplinare, attraverso la collaborazione di diversi attori, genererebbero uno studio completo che non è stato possibile mettere in campo in questa sede.

Una simile estensione dell’analisi avrebbe richiesto una disponibilità di dati molto più dettagliata e disaggregata di quella attualmente accessibile attraverso le fonti istituzionali, in particolare da parte della Città Metropolitana di Roma e dell’ISTAT. Tali enti non mettono a disposizione database sufficientemente specifici per rappresentare i singoli microsettori economici urbani in modo affidabile e coerente. La mancanza di una struttura informativa integrata e aggiornata, capace di restituire le specificità dei flussi energetici e materiali a livello sub-settoriale, costituisce un ostacolo metodologico significativo per l’implementazione di un modello metabolico urbano ad alta risoluzione.

Questa limitazione è ben documentata in letteratura, dove numerosi autori evidenziano come la frammentazione dei dati urbani e la scarsa interoperabilità tra istituzioni rendano complessa l’applicazione operativa di strumenti come *MuSLASEM* su scala finale.

In assenza di *dataset* strutturati e condivisi, un’analisi di questo tipo richiederebbe la costruzione *ex novo* di una base conoscitiva multidisciplinare, fondata sulla cooperazione tra enti locali, centri di ricerca e attori territoriali. Tale collaborazione, pur auspicabile, non è stata possibile nell’ambito di questa ricerca per ragioni legate a limiti di tempo, risorse e accesso ai dati.

Indicator	Definition	Unit
HA	Human Activity	time invested in the end-use per year
US	Useful Surfaces	quantity of area devoted to the end-use
EMR _i	Exosomatic Metabolic Rate	ET _i /HA: amount of energy carrier <i>i</i> metabolized per hour of work allocated to the end-use
EJP	Economic Job Productivity	GVA/HA: value added per hour invested in the end-use
EMD _i	Exosomatic Metabolic Density	ET _i /US: amount of energy carrier <i>i</i> metabolized per quantity of area devoted to the end-use
EUSP	Economic Useful Surfaces Productivity	GVA/US: value added per area of end-use
ET _i	Energy Throughput	Amount of energy throughput metabolized in the form of energy carrier <i>i</i> (electricity, heat or fuel) by the end-use.
GVA	Gross Value Added	Value of goods and services produced by the end-use
		€/year

Figura 51_Legenda indicatori matrice MuSLASEM.

Prima di elaborare i dati della matrice, è utile descrivere brevemente quelli che sono i dati che derivano dal rapporto tra le risorse e i flussi.

Abbiamo visto come gli elementi principali costituenti il sistema urbano siano l'attività umana e l'uso del suolo, e come, per calcolare il metabolismo urbano sia necessario introdurre i diversi consumi prodotti dall'energia. In questo contesto, è necessario introdurre i rapporti che ci sono tra questi elementi che ci permettono di verificare e confrontare, con altri sistemi urbani, i cosiddetti *benchmarks* dei diversi consumi.

LIVELLI	ROMA CITTA METROPOLITANA	HA	US	EMR			EJP
				Elect.	Heat	Fuels	
		Mh/y	km ²	kWh/h	MJ/h	MJ/h	€/h
n TOTAL		37.057	5355	0,4	1,7	n.a.	4,0
n-1 HOUSEHOLD SECTOR		32.555	537	0,1	0,8	n.a.	n.a.
n-2 Residenziale		32.555	537	0,1	0,8	n.a.	n.a.
n-1 PAID WORK		4.503	4818	2,1	8,2	n.a.	33
n-2 Agricoltura		45	3073	2,3	n.a.	n.a.	36
n-2 Industria e commercio		1.103	114	3,0	21,7	n.a.	28
n-2 Servizi		3.355	75	1,8	n.a.	n.a.	34

Con EMR, *exosomatic metabolic rate*, il tasso metabolico esosomatico che è un dato che dipende dal comportamento di ogni individuo¹⁴⁵, si introduce la quantità di energia consumata e metabolizzata all'interno della città da ogni individuo. Questi dati dipendono sia dal consumo di energia elettrica sia dal consumo di energia termica e sono in stretta correlazione con le ore spese nei due settori principali, cioè *household sector* e *paid work sector*. Parallelamente, EMD, *exosomatic metabolic density*, la densità metabolica esosomatica, fa riferimento al rapporto tra l'energia consumata metabolizzata, in questo caso, per la quantità, la dimensione di aree devote a quello specifico settore che si sta analizzando. Infine, vengono

145 Ramos-Martin J, Canellas-Bolta S, *Why Catalonia will see its energy metabolism increase in the near future: an application of MuSLASEM*, 2008.

introdotto gli elementi EJP e EUSP, rispettivamente, come negli altri casi, derivano dai rapporti tra l'attività umana e la quantità di suolo utilizzato. Il rapporto in questo caso dipende dalla quantità di valore aggiunto prodotto da ciascun settore.

Dalle analisi condotte risulta che, al livello n-2, il settore predominante è il settore che fa riferimento all'industria e al commercio con un consumo annuo di 23.9580terajouole, per cui parliamo di circa il 20% del consumo della della regione Lazio.

EMD			EUSP	ET			VA
Elect.	Heat	Fuels		Elect.	Heat	Fuels	
kWh/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	€/m ²	GWh	TJ	TJ	M€
3	11,7	n.a.	28	14205	62701	n.a.	148160
9	48,4	n.a.	n.a.	4755	25.977	n.a.	n.a.
9	48,4	n.a.	n.a.	4755	25.977	n.a.	n.a.
2	7,6	n.a.	31	9450	36.724	n.a.	148160
0	n.a.	n.a.	1	104	n.a.	n.a.	1634
29	209,7	n.a.	270	3351	23.958	n.a.	30817
80	n.a.	n.a.	1543	5995	12.766	n.a.	115708

Figura 52_Rappresenta la matrice di utilizzo finale completa nelle sue parti, includendo all'interno di essa l'attività umana, l'uso del suolo, il valore aggiunto e i corrispondenti rapporti tra risorse e flussi.

Considerando che la regione Lazio incide del 5.4% sul consumo totale italiano, rispetto alla regione Lombardia che incide del 22%, possiamo dedurre che si posiziona in una fascia media di consumi. Sebbene il 20% sia una quota significativa, il dato, confrontato con i consumi generali di altre città metropolitane italiane, evidenzia che la CMR ha un consumo medio, e se pur non essendo un polo industriale-commerciale di primo piano, ha comunque una presenza significativa sul territorio. Inoltre, la matrice evidenzia come, sempre al livello n-2, il consumo nel settore residenziale sia molto simile se confrontato con quello industriale-commerciale,

con un consumo di circa 26.000 terajoule annui. Possiamo dire che, questa incidenza del 40% nel settore residenziale, rispecchia la forte densità abitativa all'interno della città metropolitana, soprattutto nella capitale. La distribuzione del gas nelle abitazioni è ancora una delle fonti di riscaldamento per soddisfare i bisogni domestici, soprattutto in un'area dove l'energia non sostituisce completamente il consumo di gas. A questo, si aggiunge la componente del clima freddo che, anche se non rigido, richiede un consumo maggiore di gas per il comfort abitativo. Un altro fattore che potrebbe spiegare un maggiore consumo di gas è l'assenza nel centro e sud Italia di centrali di teleriscaldamento, che permetterebbero di generare calore sfruttando le risorse rinnovabili e limitando la produzione di calore dai combustibili fossili.

Passando al consumo di energia elettrica totale, l'analisi condotta mostra, al livello n, che la città metropolitana consuma circa il 70% di energia elettrica della regione. Se confrontata con la città metropolitana di Milano, che conta circa 1 milione di abitanti in meno, i consumi sono simili, in quanto Milano si attesta su circa 16.000 GWh annui. Seppur Milano, presenta una popolazione inferiore, ha sicuramente una maggiore concentrazione delle imprese industriali e commerciali. Questo confronto è interessante dal punto di vista della transizione energetica e ci mostra come la città metropolitana di Roma, produca solamente il 7%¹⁴⁶ di energia elettrica da fonti rinnovabili, la maggior parte dai sistemi fotovoltaici. Questo dato è sinonimo di un ritardo significativo nello sviluppo della transizione energetica e dell'innovazione tecnologica soprattutto per quanto riguarda la produzione di energie da fonti rinnovabili.

Scendendo più nel dettaglio, a livello n-2, possiamo notare come il settore dei servizi abbia una maggiore incidenza sul consumo totale di energia e soprattutto nel *paid work*. Con un consumo annuo di circa 6.000 GWh, circa il 42% del totale della città metropolitana, rispecchia il sistema economico e produttivo del territorio

146 Terna Driving Energy, *Statistiche regionali*, 2023, p. 151.

romano, caratterizzato dai settori più sviluppati che sono quelli relativi al turismo, alla mobilità e alle amministrazioni pubbliche. Nel settore turistico, devono essere considerate tutte quelle attività connesse come alberghi, ristoranti, musei che, con un numero elevato di turisti durante tutto l'arco dell'anno e soprattutto nella stagione estiva, amplificano la domanda di energia elettrica. In relazione al flusso di turisti, dobbiamo tener conto anche di tutti i residenti e i pendolari che ogni giorno si muovono con i trasporti pubblici. Nonostante si stiano promuovendo soluzioni più sostenibili, come il trasporto pubblico elettrico e ci siano diverse aziende che investono nel *car sharing*, la domanda di mezzi pubblici rimane comunque elevata. Data la tipologia di sottosuolo presente a Roma e il valore storico e archeologico che esso presenta, le linee metropolitane non possono rispecchiare i sistemi della mobilità come in altre grandi città europee. Tuttavia, possiamo affermare che questa forte dipendenza dal settore dei servizi solleva anche alcune criticità. Da un lato, rende l'economia locale vulnerabile a shock esterni, come nel caso della pandemia da Covid-19, dall'altro, potrebbe limitare le opportunità di diversificazione economica, soprattutto in settori come l'industria manifatturiera o l'agricoltura, che potrebbero contribuire a una maggiore resilienza del sistema produttivo.

Scendendo ad un livello n-3, relativo al settore residenziale e ai servizi, è possibile confrontare i tassi di mobilità all'interno della città metropolitana. L'analisi dei flussi evidenzia come la città presenti ancora una forte dipendenza dai mezzi di trasporto privati. In particolare, risultano in circolazione circa 1.820.000 autovetture (662 ogni 1.000 abitanti) e 389.000 motocicli (141 ogni 1.000 abitanti), con una densità complessiva di veicoli privati di circa 803 ogni 1.000 abitanti, considerando un tasso di motorizzazione attiva pari a 949 su 1.000¹⁴⁷. Questi dati indicano che una quota significativa della mobilità urbana è ancora gestita attraverso mezzi individuali, contribuendo a congestione, emissioni e consumo energetico elevato.

1457 Città Metropolitana di Roma, Rapporto mobilità Roma, 2024.

Al contrario, il trasporto pubblico urbano appare meno sviluppato in termini quantitativi: la città dispone di 2.592 mezzi pubblici, dei quali solo il 38% è elettrico, evidenziando margini significativi per l'elettrificazione e l'ottimizzazione della rete di trasporto collettivo. L'analisi, in questo caso, permetterebbe di collegare questi dati alla gestione dei flussi energetici e all'impatto ambientale della mobilità, suggerendo che una progressiva riduzione dei mezzi privati a favore di un trasporto pubblico più efficiente e maggiormente elettrificato potrebbe avere effetti positivi sul metabolismo urbano di Roma, migliorando l'efficienza energetica e riducendo le emissioni complessive.

Da questa analisi emerge quindi che la maggior parte degli spostamenti quotidiani è ancora dominata dai mezzi privati, mentre l'uso del trasporto collettivo, pur concentrato nelle principali direttrici urbane, risulta limitato rispetto al potenziale della rete. Ciò indica che, a livello di quartieri e servizi locali, esistono significative opportunità per incrementare l'uso del trasporto pubblico e per promuovere soluzioni di mobilità sostenibile, riducendo così il carico energetico e ambientale associato agli spostamenti individuali.

Tornando a livello n-1, il tasso metabolico esosomatico e la densità metabolica esosomatica, sia nell'*household sector* sia nel *paid work sector*, nonostante non seguano il medesimo schema della matrice MuSIASEM applicata alla città metropolitana di Barcellona, analizzata nel capitolo precedente, possono essere confrontati. Si evince che il comportamento del sistema metabolico della CMR sia simile a quello della città di Barcellona, se non minore in alcuni settori. Possiamo dunque concludere che il comportamento della CMR non sia totalmente negativo anche in rapporto con le altre città metropolitane europee¹⁴⁸.

In conclusione, l'analisi della matrice MuSIASEM applicata alla Città metropolitana di Roma Capitale, rappresenta un approccio

149 Velasco-Fernandez R, *The pattern of socio-ecological systems: a focus on energy, human activity, value added and material products*, Tesi di dottorato, 2017

integrato e multidisciplinare più consapevole e sostenibile nella pianificazione urbana, attraverso il quale promuovere la transizione energetica e lo sviluppo sostenibile. A livello economico, il passaggio da un modello lineare ad un modello che, potremmo definire di bio-economia circolare, ci consentirebbe di applicare un approccio maggiormente incentrato sulla gestione del territorio.

3.1.4 Biomassa e cemento nel metabolismo urbano: scenari di energia e CO₂

Considerando, inoltre, che la ricerca si concentra sulla forestazione urbana e sul ruolo delle aree verdi nella sostenibilità ambientale ed energetica, ho cercato di stimare la quantità di biomassa legnosa presente nella Città Metropolitana di Roma, attraverso l'analisi della carta forestale.

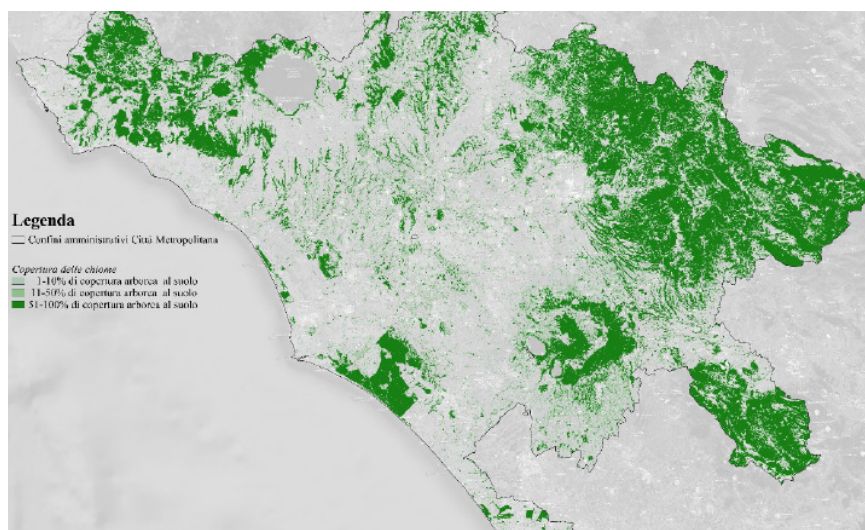


Figura 53_Carta forestale dei boschi.

Questa analisi è stata resa possibile grazie alla collaborazione con l'*European Forest Institute* (EFI), che mi ha dato la possibilità di utilizzare dati e cartografie specifiche, fondamentali per lo sviluppo

di questa parte della ricerca. La stima ottenuta permette di quantificare sia il carbonio immagazzinato nelle foreste periurbane sia l'energia potenzialmente ricavabile dalla biomassa, fornendo una valutazione integrata del contributo della forestazione urbana al metabolismo energetico della città.

L'analisi è stata condotta a partire da una stima della biomassa legnosa secca (*dry matter*) presente nelle sole superfici forestali a bosco della Città Metropolitana di Roma, pari complessivamente a 17.659.567 tonnellate annue. Tale valore è stato calcolato considerando la superficie forestale complessiva di 144.883 ettari, con una disponibilità media stimata di 182 m³ di biomassa legnosa per ettaro, equivalente a una produttività compresa tra un minimo di 0,70 t/ha annua e un massimo di 2,68 t/ha annua e considerando una densità media della biomassa pari a 0,67 t/m³¹⁴⁹.

Indicatore	Simbolo	Valore	Formula
Superficie forestale	A	144.833 ha	-
Biomassa media per ha	V_{ba}	182 m ³ /ha	-
Volume totale	V_{tot}	26.368.706 m ³	$V_{tot} = A \cdot V_{ba}$
Densità	ρ	0,67 t/m ³	-

Figura 54_Calcolo della biomassa totale. Dati di base e verifica volume.

$$V_{tot} = 144.833 \text{ ha} \times 182 \text{ m}^3/\text{ha} = 26.368.706 \text{ m}^3$$

Per la verifica di conversione in massa secca è stato effettuato il seguente calcolo:

$$\begin{aligned} M_{tot} &= V_{tot} \times \rho \\ &= 26.368.706 \text{ m}^3 \times 0,67 \text{ t/m}^3 = 17.659.567 \text{ t} \end{aligned}$$

È importante sottolineare che la stima fa riferimento unicamente ai boschi come funzione produttiva ed esclude tutte le altre tipo-

¹⁴⁸ Apat, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, *Le biomasse legnose*, p. 27, 2003.

logie di copertura arborea: alberi in ambiente urbano, boschi non produttivi (ailanteti e robinieti), alberi camporili, frutteti, oliveti e altre formazioni vegetali prive di valore forestale produttivo, al fine di garantire una stima scientificamente robusta e circoscritta alle sole risorse forestali effettivamente disponibili per usi energetici.

Indicatore	Simbolo	Valore	Formula
Carbonio nella biomassa	fc	50 %	-
Carbonio nello stock	C_{tot}	8.829.783 t	$M_{tot} \cdot fc$
Rapporto molecolare CO ₂ /C	r	44/12 = 3.67	-
CO ₂ immagazzinata	Co_{tot}	32.405.304 t	$C_{tot} \cdot r$

Figura 55_CO₂ immagazzinata nella biomassa.

Questo enorme stock di biomassa costituisce un importante serbatoio di carbonio, immagazzinando all’incirca 32.405.304 milioni di tonnellate di CO₂ annue, calcolate assumendo che il 50% della massa secca sia carbonio e applicando il rapporto molecolare CO₂/C (44/12).

$$C_{tot} = 17.659.567 \text{ t} \times 0,50 = 8.829.783 \text{ t}$$

$$CO_2 = 8.829.783 \text{ t} \times 3,67 = 32.405.304 \text{ t}$$

Dal punto di vista energetico, l’intera biomassa contiene circa 77.702 GWh di energia termica stimando un potere calorifero del legno di 4,4 MWh, che potrebbe teoricamente essere convertita in circa 13.986 GWh di energia elettrica, considerando un’efficienza tipica del 18%¹⁴⁷ per le centrali a biomassa. Tale quantità è quasi pari al consumo energetico totale della Città Metropolitana di Roma nel 2024, stimato in 14.205 GWh¹⁴⁸.

147 Provincia di Cuneo, Settore risorse naturali, Linee guida per l’utlizzazione energetica delle risorse forestali, p. 11

148 ivi p. 142

Indicatore	Simbolo	Valore	Formula
Potere calorifero del legno	P_c	4,44 MWh	-
Efficienza di conversione	μ	0,18 %	-
Energia termica totale	E_{tb}	77.702 GWh	$M_{tot} \cdot P_c$
Energia elettrica totale	E_{el}	13.986 GWh	$E_{tb} \cdot \mu$
Percentuale fabbisogno		0,98 %	0,98 %

Figura 56_Energia potenziale della biomassa.

$$E_{tb} = 17.659.567 \text{ t} \times 4,44 \text{ MWh} = 77.702 \text{ GWh}$$

$$E_{el} = 77.702 \text{ GWh} \times 0,18 = 13.986 \text{ GWh}$$

$$13.986 \text{ GWh} / 14.205 \text{ GWh} \times 100 = 0,98\%$$

Indicatore	Simbolo	Valore	Formula
Potere calorifero del legno	P_c	4,44 MWh	-
Efficienza di conversione	μ	0,18 %	-
Energia termica totale	E_{tb}	77.702 GWh	$M_{tot} \cdot P_c$
Energia elettrica totale	E_{el}	13.986 GWh	$E_{tb} \cdot \mu$
Percentuale fabbisogno		0,98 %	0,98 %

Figura 57_Confronto consumi.

Per garantire la sostenibilità forestale, non tutta la biomassa può essere raccolta ogni anno, ma solo una parte del suo incremento annuale. Considerando un prelievo annuo dell' 1-2% della biomassa totale, la quantità utilizzabile si riduce a 176.596 - 353.191 tonnellate annue, con un potenziale energetico di 141 - 282 GWh elettrici annui.

$$E_{el \ 1\%} = 176.596 \text{ t} \times 4,44 \times 0,18 = 141 \text{ GWh}$$

$$E_{el \ 2\%} = 353.191 \text{ t} \times 4,44 \times 0,18 = 282 \text{ GWh}$$

Riducendo quindi la biomassa utilizzabile per fini energetici, si riuscirebbe a coprire solo l'1 - 2% del fabbisogno energetico annuo della città.

$$\text{Copertura}_{1\%} = 141 \text{ GWh} / 14.205 \text{ GWh} \times 100 = 1\%$$

$$\text{Copertura}_{2\%} = 282 \text{ GWh} / 14.205 \text{ GWh} \times 100 = 2\%$$

Questa analisi mostra come la biomassa forestale rappresenti un enorme serbatoio di carbonio e una risorsa energetica teorica significativa. Tuttavia, il prelievo sostenibile limita notevolmente l'energia effettivamente disponibile. Nonostante ciò, la biomassa può contribuire in maniera concreta alla mitigazione delle emissioni di CO₂ e alla produzione locale di energia rinnovabile, soprattutto se integrata con altre strategie di gestione urbana e periurbana delle risorse energetiche.

Inoltre, la produzione e l'uso di cemento rappresentano un nodo critico del metabolismo urbano, sia per le emissioni di CO₂ collegate al materiale sia per il fabbisogno elettrico associato alla sua produzione. In questo paragrafo propongo una stima teorica, ottenuta applicando valori percentuali medi al caso della Città Metropolitana di Roma (CMR), per valutare: (i) quanta CO₂ annuale “da cemento” potrebbe essere sostituita con legno (assunto 1:1), (ii) quanti anni sarebbero necessari utilizzando lo stock o un prelievo sostenibile dell'1–2%, e (iii) come si confrontano il fabbisogno elettrico del cemento e l'elettricità generabile dalla biomassa locale.

Ho ritenuto importante inserire nella tesi un paragrafo dedicato all'impiego della biomassa, in particolare del legno strutturale, come alternativa al cemento nei materiali da costruzione. Questa scelta risponde sia a motivazioni ambientali sia a esigenze pratiche e strutturali, che rendono il legno un materiale di grande interesse nella progettazione contemporanea. Nell'ambito edilizio il materiale effettivamente impiegato nei cantieri è il calcestruzzo, miscela di cemento, acqua e inerti (sabbia e ghiaia). Tuttavia, ai fini dell'analisi energetica e ambientale, si fa riferimento principalmente al cemento, in quanto è la produzione di quest'ultimo a determinare la gran parte delle emissioni di CO₂ e dei consumi energetici del settore.

Dal punto di vista della sostenibilità, l'utilizzo del legno comporta notevoli benefici ambientali. In primo luogo, esso funge da serbatoio di carbonio: durante la crescita, gli alberi assorbono anidride carbonica dall'atmosfera e la immagazzinano nella propria massa, continuando a conservarla anche quando vengono impiegati come elementi edilizi. Inoltre, la produzione di materiali in legno lamellare o pannelli multistrato (come il CLT, *Cross-Laminated Timber*) genera emissioni di gas serra nettamente inferiori rispetto ai processi industriali richiesti per il cemento o l'acciaio. Anche la fase di prefabbricazione riduce sensibilmente gli scarti di cantiere e l'impatto ambientale legato alla gestione dei rifiuti.

Dal punto di vista tecnico e costruttivo, il legno presenta una serie di vantaggi che lo rendono competitivo rispetto al cemento. Si tratta di un materiale leggero, facilmente trasportabile e reperibile localmente, che riduce i costi e i tempi di approvvigionamento¹⁵². La sua leggerezza comporta inoltre carichi minori sulle fondazioni, consentendo strutture più snelle e meno costose. Grazie alla prefabbricazione, le costruzioni in legno possono essere assemblate rapidamente, con tempi di cantiere ridotti e minori disagi per il contesto urbano circostante.

Un ulteriore aspetto di rilievo riguarda la sicurezza strutturale. Il legno possiede un eccellente rapporto resistenza/peso e ha dimostrato una notevole capacità di dissipare l'energia sismica, garantendo prestazioni elevate in caso di terremoto e riducendo i danni alle strutture. Le tecniche moderne di ingegnerizzazione del legno hanno inoltre reso possibile la realizzazione di edifici multipiano, inclusi grattacieli, grazie a prodotti innovativi come il CLT.

Naturalmente, l'impiego del legno comporta anche alcune sfide, tra cui la necessità di adeguata protezione al fuoco e agli agenti

152 D'Amico B., et al, Global potential for material substitution in building construction: The case of cross laminated timber, *Journal of Cleaner Production* 279, 2021

biologici, nonché il rispetto delle normative edilizie che, in alcuni contesti, possono limitare il suo utilizzo. Tuttavia, i benefici ambientali e strutturali ne fanno un materiale di grande potenziale per il futuro dell’edilizia sostenibile.

È importante sottolineare che i dati qui presentati hanno un valore prevalentemente teorico, in quanto derivano dall’applicazione di valori percentuali medi nazionali al contesto della Città Metropolitana di Roma. Si tratta dunque di stime indicative, utili non come misure puntuali, ma come base concettuale per formulare un assunto teorico su come i flussi possano essere interpretati e modificati all’interno del metabolismo urbano.

Popolazione	Consumo pro capite	Consumo totale	Consumo totale
4.230.298 ab	336 kg/ab	1.421.380.128 kg	1.421.380 t

Figura 58_Consumo totale annuo di cemento.

Secondo i dati nazionali, il consumo annuo di cemento in Italia è pari a 18,1 milioni di tonnellate, corrispondente a un consumo medio pro capite di 336 kg/abitante¹⁵³.

Applicando questo valore alla popolazione della CMR (4.230.298 abitanti):

$$C_{Roma} = 336 \text{ kg/ab} \times 4.230.298 \text{ ab} = 1.421.380.128 \text{ kg}$$

$$C_{Roma} = 1.421.380 \text{ t/anno}$$

Un aspetto cruciale nel dibattito sulla sostenibilità dei materiali da costruzione riguarda il cosiddetto *substitution effect*: diversi studi di *Life Cycle Assessment* (LCA) dimostrano che la sostituzione di una tonnellata di cemento con un metro cubo di legno strutturale consente di evitare circa una tonnellata di emissioni di CO₂. Ciò avviene sia perché la produzione di cemento è molto energivora

153 Rapporto di filiera 2023, Federbeton Confindustria, 2023.

e produce emissioni legate alla clinkerizzazione¹⁵⁴, sia perché il legno, oltre ad avere un impatto minore nella sua lavorazione, immagazzina carbonio atmosferico fissato attraverso la fotosintesi.

Applicando questo principio alla CMR, l'intero consumo annuo di cemento (1.421.380 t) equivarrebbe ad una potenziale riduzione di circa 1.421.380 t di CO₂ se fosse sostituito con biomassa.

Stock biomassa	Cemento annuo	Anni equivalenti
17.659.567 t	1.421.380 t	12,42

Figura 59_Sostituzione cemento con biomassa.

Poiché lo stock forestale disponibile (in t DM) è 17.659.567 t e il cemento annuo è 1.421.380 t, posso stimare quanti anni di emissioni annue da cemento sarebbe possibile sostituire utilizzando tutto lo stock una sola volta:

$$\text{Anni equivalenti} = \text{Stock biomassa} / \text{Cemento annuo}$$

$$17.659.576 / 1.421.380 \approx 12.42 \text{ anni}$$

Considerando un prelievo sostenibile delle risorse del 1 - 2% in quanto non è possibile né sostenibile prelevare la quantità totale di biomassa a disposizione, come abbiamo visto nelle pagine precedenti, possiamo effettuare un calcolo della percentuale annua di

Scenario	Biomassa prelevabile	% cemento annuo sostenibile	Anni
1%	176.569 t/anno	12,42%	8,05
2%	353.191 t/anno	24,85%	4,03

Figura 60_Anni per la sostituzione cemento con bioamssa.

154 La clinkerizzazione è la fase centrale della produzione del cemento, in cui la miscela di calcare e argilla viene cotta in forno rotante a circa 1.450 °C, con conseguente decarbonatazione del carbonato di calcio ($\text{CaCO}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) e formazione dei composti del clinker; è il passaggio più energivoro e responsabile delle principali emissioni di CO₂ del settore cementizio.

<https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2023/cement>

sostituzione e degli anni necessari per sostituire la produzione di cemento annuale.

$$\text{Percentuale sostituibile (1\%)} = 176.596 / 1.421.380 \approx 12,42\%$$

$$\text{Anni necessari (1\%)} = 1.421.380 / 176.596 \approx 8,05$$

$$\text{Percentuale sostituibile (2\%)} = 353.191 / 1.421.380 \approx 24,85\%$$

$$\text{Anni necessari (2\%)} = 1.421.380 / 353.191 \approx 4,03$$

Un altro aspetto da considerare riguarda il fabbisogno elettrico necessario per la produzione del cemento. La lavorazione del clinker e la macinazione richiedono infatti grandi quantità di energia, in parte sotto forma di calore, ma anche in forma elettrica. Secondo l'*International Energy Agency* (IEA) e diversi studi di settore, il fabbisogno elettrico medio del settore cementiero è di circa 100 kWh per tonnellata di cemento prodotto, con un range compreso tra 90 e 120 kWh/t in base alla tecnologia e all'efficienza degli impianti¹⁵⁵.

Intensità	Fabbisogno elettrico
90 kWh/t	128 GWh/anno
100 kWh/t	142 GWh/anno
120 kWh/t	171 GWh/anno

Figura 61_Range fabbisogno elettrico annuo.

Applicando questo valore al consumo della CMR, pari a 1.421.380 t/anno, si ottiene un fabbisogno elettrico annuo di circa 142 GWh, con un range plausibile tra 128 e 171 GWh.

$$E_{Cemento} = C_{Roma} \times 100 \text{ kWh/t}$$

$$E_{Cemento} = 1.421.380 \text{ t} \times 100 \text{ kWh/t} \approx 142 \text{ GWh}$$

155 International Energy Agency, *Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry*, 2018.

Infine, la valutazione energetica della biomassa forestale della CMR, condotta sulla base di prelievi sostenibili annui, mostra che è possibile ottenere quantità di energia elettrica significative. In particolare, come abbiamo detto nelle pagine precedenti, un prelievo pari all'1% dello stock complessivo (corrispondente a circa 176.596 t/anno) consentirebbe di generare circa 141 GWh di elettricità. Raddoppiando il prelievo al 2% (circa 353.191 t/anno), l'energia prodotta arriverebbe a circa 282 GWh/anno.

Questi valori derivano dal potere calorifico inferiore del legno e da un'efficienza media di conversione elettrica, e rappresentano quindi una stima prudentiale ma realistica del potenziale energetico annuo del patrimonio forestale locale.

Per concludere, possiamo dire che la CMR consuma circa 1,42 Mt di cemento/anno. Lo stock totale di biomassa (17,66 Mt) corrisponde a circa 12,4 anni di emissioni annue da cemento, se impiegato una sola volta. Con prelievi sostenibili dell'1–2%, si sostituirebbe ogni anno tra il 12,4% e il 24,9% del cemento annuo, richiedendo 8 anni (1%) o 4 anni (2%) per coprire un anno di emissioni. Sul piano energetico, il fabbisogno elettrico del cemento (~142 GWh/anno) è sostanzialmente coperto dal prelievo 1% (~141 GWh) e ampiamente superato dal 2% (~282 GWh). Queste evidenze mostrano come la gestione sostenibile della biomassa possa assumere un ruolo strategico nella riorganizzazione dei flussi del metabolismo urbano e nella transizione verso una bioeconomia circolare.

3.2 Un nuovo disegno di paesaggio nella città dinamica

Nella seconda parte del terzo capitolo la ricerca si concentra sulla progettazione concettuale di un intervento di forestazione urbana all'interno di un'area caratterizzata da un'elevata densità industriale. Attraverso un'analisi di carattere paesaggistico e ambientale, viene sviluppata un'ipotesi progettuale mirata alla creazione di una rete di infrastrutture verdi e una rete ecologica che metta in relazione le aree attualmente frammentate. L'obiettivo è quello di integrare la vegetazione all'interno di un contesto fortemente antropizzato, valutando le potenzialità della forestazione urbana come strumento per la rigenerazione ecologica e sociale.

La ricerca affronta le implicazioni di un bosco urbano all'interno in un'area a carattere industriale densamente edificata, evidenziando sia i benefici ecologici – quali il miglioramento della qualità dell'aria, la regolazione microclimatica e l'incremento della biodiversità – sia le sfide legate alla gestione e alla manutenzione di queste nuove aree verdi in un contesto urbano complesso.

A completamento del capitolo, viene introdotto un approfondimento critico sulla relazione tra uomo e natura, con particolare riferimento al ruolo del “bosco di città” come spazio di interazione e mediazione tra l'ambiente naturale e quello costruito. In questa

sezione si analizzano i benefici psico-fisici della presenza di aree forestali in ambito urbano, le potenziali criticità legate all'accettazione sociale e alla *governance* del verde, nonché le strategie per una progettazione inclusiva e resiliente.

L'analisi proposta intende contribuire al dibattito sulla forestazione urbana come leva per la sostenibilità ambientale e il benessere collettivo, sottolineando l'importanza di approcci interdisciplinari e di processi partecipativi nel governo del territorio.

3.2.1 Prospettive future del disegno del paesaggio urbano attraverso la forestazione urbana

Scelta dell'area di studio



Figura 62_Ortofoto area di studio.

L'area oggetto di studio si colloca all'interno del Municipio XI di Roma, un territorio caratterizzato da una forte identità storica e sociale, ma anche da significative criticità legate alla frammentazione urbana e alla mancanza di integrazione tra le diverse componenti del paesaggio. Il quartiere, nella scala urbana, è in relazione con la borgata storica Trullo nata nel 1939 con l'esigenza di alloggi per i rimpatriati dalle colonie straniere. Questa borgata è storicamente connotata da un edificato di tipo popolare e da una forte presenza di spazi verdi, tra cui spicca il Parco di Monte di Cucco, un'area di grande valore paesaggistico e storico. Il parco, inoltre, ospita i ruderi della Villa Baccelli e un complesso sistema di cavità sotterranee, ambienti ipogei e reticoli caveali, che furono chiusi dopo la Seconda Guerra Mondiale. Questi elementi contribuiscono a creare un paesaggio stratificato, in cui natura, storia e antropizzazione si intrecciano in modo complesso. Un'area particolarmente frammentata nelle sue parti, sia dal punto di vista morfologico che funzionale, per la presenza di grandi infrastrutture, come strade a scorrimento veloce e ferrovie, edifici industriali e militari parzialmente in disuso e grandi aree verdi poco integrate con le zone abitate circostanti.

Gli obiettivi generali di riqualificazione di tutto il compendio, da parte di Roma Capitale, puntano alla trasformazione e ridefinizione della qualità architettonica attraverso interventi di demolizione, recupero, ricostruzione e sistemazione delle aree verdi. La realizzazione di un nuovo sistema di connessioni urbane, potrebbe potenziare il ruolo sociale della borgata e riconnetterla al Parco di Monte di Cucco, creando un dialogo tra il tessuto urbano e il paesaggio naturale.

Il Piano Regolatore Generale (PRG) di Roma, approvato con Del. A.C. n.18 del 2008, sul modello degli Schemi direttori della legislazione di altri Paesi Europei, indica, nell'impostazione generale, il superamento della logica della città in espansione e punta alla sua riqualificazione. Più specificatamente, il Piano applica alla città esistente, la complessa strategia di rigenerazione urbana, attraver-

so la ricomposizione dei tessuti in un sistema di città contigue, che condividono al loro interno regole comuni, per la riqualificazione e la rivitalizzazione a livello locale.

Un aspetto importante da considerare nella progettazione è il microclima locale, che gioca un ruolo fondamentale nella definizione del comfort ambientale e nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico. Nella provincia di Roma, il microclima è influenzato da fattori come la vicinanza al mare, la presenza di aree verdi e la morfologia del territorio. Tuttavia, l'area di studio è caratterizzata da un effetto isola di calore particolarmente accentuato, dovuto alla presenza di superfici asfaltate, edifici industriali e una scarsa vegetazione. Questo fenomeno contribuisce ad aumentare le temperature locali, riducendo il comfort termico e peggiorando la qualità dell'aria.

Analisi dell' area di studio

Scendendo di scala, l'area di studio presa in esame si delinea come un contesto fortemente caratterizzato da elementi naturali e antropici che ne definiscono i confini e le dinamiche. A sud, il territorio è delimitato dal fiume Tevere, un elemento paesaggistico di grande valore che, tuttavia, risulta scarsamente integrato con il tessuto urbano circostante. A nord, invece, l'area è confinata da una serie di infrastrutture di grande impatto, tra cui l'Autostrada A91 Roma - Fiumicino, la ferrovia e l'area degli ex capannoni militari, che contribuiscono a creare una barriera fisica e visiva tra l'area di studio e i territori limitrofi.

L'area si estende su una superficie complessiva di 129 ettari, all'interno della quale coesistono diverse tipologie edilizie e funzionali. Sono presenti edifici residenziali, che rappresentano il cuore abitativo del quartiere, e insediamenti industriali, alcuni ancora attivi mentre altri dismessi o in fase di riconversione. A questi, si aggiungono le grandi infrastrutture della mobilità, arterie stradali e la ferrovia, che frammentano il territorio, ponendo un segno di cesura e

influenzano la mobilità e l'accessibilità al parco fluviale. Non mancano aree verdi e zone agricole, che offrono opportunità per la creazione di nuovi spazi pubblici e per la riconnessione ecologica. Tuttavia, una parte significativa del territorio è occupata da aree in disuso o in attesa di trasformazione, che versano in condizioni di degrado e rappresentano una criticità ma, al tempo stesso, un'opportunità per interventi di rigenerazione urbana e paesaggistica.

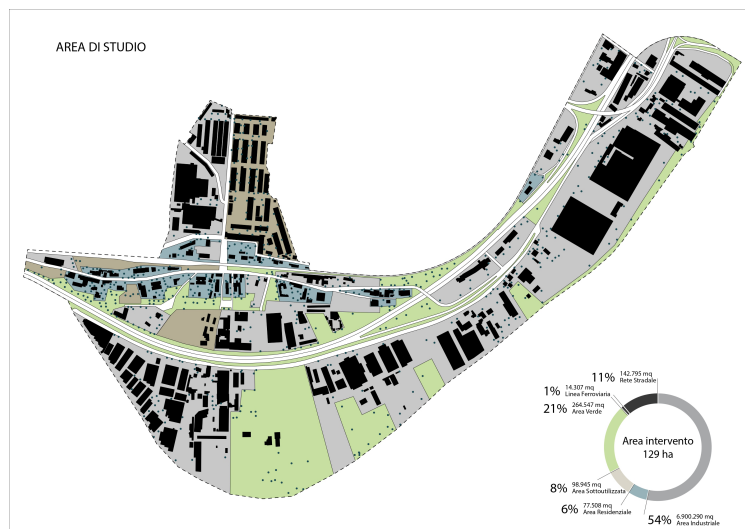


Figura 63_Mappa uso del suolo area di studio. I dati quantitativi sono stati calcolati in base alla sovrapposizione di layer quali Ctr di Roma, uso del suolo *Corine Land Cover* e ortofoto.

La figura 64 mostra il rapporto tra il suolo edificato e il suolo non edificato, con una percentuale del 72% della superfici coperte, sinonimo di una ridotta capacità ecologica dell'area, il dato indica una forte criticità riguardo la permeabilità del suolo. I problemi che derivano dalla copertura del suolo, creano, soprattutto nelle stagioni più calde, fenomeni come quelli delle isole di calore urbano. Inoltre, l'elevata artificializzazione e la stretta vicinanza al bacino fluviale, potrebbe avere ripercussioni anche a livello idrogeologico.

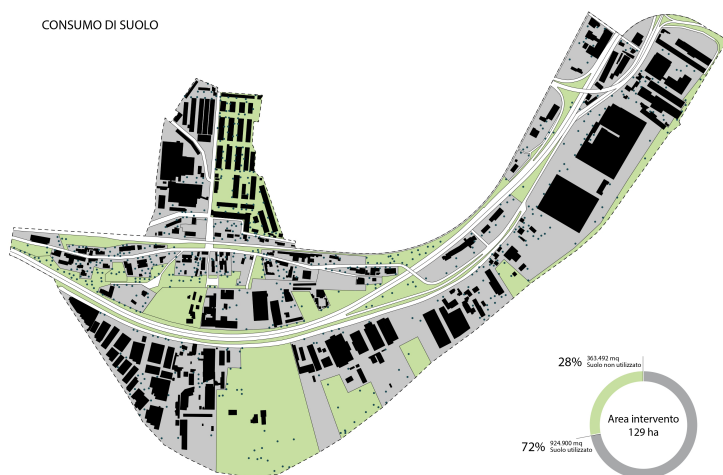


Figura 64_Mappa del consumo di suolo permeabile e non permeabile.

Una prima criticità dell'area è rappresentata dalla zona industriale, in parte dismessa, che si attesta a ridosso del fiume. Questa area crea un segno di cesura netta tra l'abitato circostante e il fiume stesso, generando problemi di inquinamento ambientale e acustico e limitando l'accessibilità delle sponde fluviali. Inoltre, se gli edifici industriali occupano il 34% della superficie coperta, le aree impermeabili arrivano fino al 66%, con un totale di aree impermeabili industriali pari al 54% dell'intera area. L'emergenza su cui si intende intervenire è proprio la mancanza di connessione tra il tessuto urbano esistente e il fiume, cercando di colmare i grandi salti di scala che si creano tra le aree industriali, l'abitato e gli spazi vuoti.



Figura 65_Mappa uso del suolo area industriale.

Inoltre, l'area di studio presenta diversi terreni in disuso o sottoutilizzati, l'8% dell'area totale, che versano in condizioni di degrado e abbandono, di cui fanno parte anche i capannoni dell'ex caserma militare. Il punto di partenza di questo progetto si concentra proprio sul ripristino, riutilizzo e rifunzionalizzazione di queste aree, che hanno un potenziale significativo dal punto di vista ambientale, sociale ed economico. Attraverso interventi mirati, è possibile trasformare questi spazi in luoghi di valore per la comunità, contribuendo alla creazione di un paesaggio urbano più coeso, e in linea con le politiche europee per la transizione ecologica.

L'area verde all'interno del contesto analizzato rappresenta una componente significativa, seppur limitata, del tessuto urbano. Questo patrimonio verde è costituito da una varietà di elementi, tra cui terreni agricoli, verde non utilizzato e interstizi urbani, che, nonostante il loro potenziale, risultano spesso marginalizzati e poco integrati con il resto della città. I terreni agricoli e le aree verdi abbandonate rappresentano una risorsa, non solo per la loro funzione produttiva, ma anche per il loro ruolo ecologico e paesaggistico. Queste aree, spesso situate ai margini del tessuto urba-

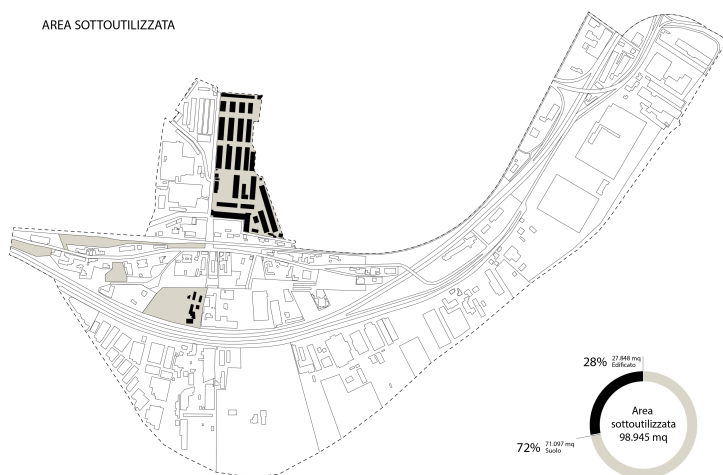


Figura 66_Mappa uso del suolo area sottoutilizzata.

no, contribuiscono a preservare la biodiversità, e fungono da connessione tra ambiente naturale e sistema urbano. Tuttavia, il loro utilizzo è spesso limitato e poco valorizzato, con il rischio di essere progressivamente erosi dall'espansione urbana o dall'abbandono.

L'erosione del suolo, causata dagli agenti atmosferici, porta ad una sempre maggiore diminuzione della produttività dello stesso e del degrado della sua fertilità. Inoltre, nell'area sono presenti diversi spazi residuali di piccole dimensioni che chiameremo interstizi urbani, che sono considerati spesso di scarso valore, ma che hanno invece un potenziale enorme come micro-aree verdi. Nonostante la presenza di queste aree verdi, il loro 21% risulta insufficiente rispetto agli standard urbanistici e alle esigenze di una città sostenibile. La loro efficacia nel migliorare il microclima, a livello di quartiere, è limitata a causa della mancanza di relazione tra le aree a carattere più agricolo e le aree naturali presenti all'interno del tessuto urbano. La frammentazione delle aree crea un mosaico di spazi verdi non connessi. È evidente come l'ambiente urbano diventi sinonimo di disturbo per lo sviluppo della biodiversità nella realizzazione di connessioni ecologiche tra le aree naturali.



Figura 67_Mappa uso del suolo area verde.

La ricerca, a partire da un'indagine conoscitiva dell'area di intervento, che è stata oggetto di studio nel corso delle mie esperienze passate professionali e di ricerca, si basa, riguardo l'aspetto metodologico, sulla documentazione disponibile sui portali del comune di Roma. I principali documenti che sono stati consultati sono il Piano Regolatore di Roma e il Piano di Assetto Idrogeologico¹⁵⁶ per verificare le destinazioni urbanistiche dell'area e il rischio idrogeologico del bacino idrografico. È stato eseguito un confronto tramite tecnologia Gis, a partire dalle analisi sul consumo di suolo e sull'utilizzo del suolo, da cui sono stati prodotti gli elaborati di questo capitolo. Quindi, sono state valutate le criticità ambientali dell'area per comprendere le dinamiche ecologiche e urbane. Da qui, attraverso la definizione degli obiettivi progettuali, è stato elaborato un *concept* di progetto per proporre strategie e interventi, ripetibili e scalabili dalla dimensione di quartiere a quella di città, per creare una rete di infrastrutture naturali all'interno della città.

¹⁵⁶ Piano di assetto idrogeologico.

<http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg/aggiornamenti/prg-aggiornamenti-rischioidrologico/piano-stralcio-pai.html>

Concept di progetto

Gli sviluppi futuri consentiranno di valutare l'aumento dimensionale principalmente delle aree verdi e dei corridoi ecologici, della copertura arborea e la riduzione delle aree permeabili. Il progetto, che si ferma ad una dimensione di elaborato concettuale, in quanto vuole principalmente dimostrare quali interventi e strategie poter utilizzare per promuovere lo sviluppo ecologico del quartiere, ha riguardato in particolare quelle aree strategiche in disuso, sottoutilizzate o interstizi, urbani. L'obiettivo è quello di preservare e migliorare il paesaggio e l'ambiente attraverso soluzioni che portino al riuso e alla trasformazione dell'esistente.

In questo senso, la forestazione urbana svolge un ruolo fondamentale per il mitigamento degli effetti dei cambiamenti climatici. L'approccio è basato sulla capacità che gli interventi di forestazione urbana permettono di sviluppare una connessione ecologica naturale tra le aree migliorando la percezione degli spazi. Questo approccio non deve essere visto solamente dal punto di vista fisico dell'intervento, ma anzi, come ogni progetto di paesaggio, porta con sé obiettivi che vanno oltre il disegno tecnico. Possiamo quindi parlare di un intervento che ha un'accezione dell'inclusione non solo da un punto di vista sociale e culturale ma anche di inclusione di vegetazione e di specie. Inoltre, dal punto di vista climatico, una maggiore presenza di aree verdi, alberi e arbusti, consente di diminuire i fenomeni di isole di calore, migliorando la qualità dell'aria, in un'area fortemente industrializzata.

La strategia principale di intervento è la messa a dimora di alberi e arbusti per la realizzazione di boschi cedui a rapida rotazione. Questa soluzione si basa sulla capacità di alcune specie arboree di rigenerarsi rapidamente dopo il taglio, emettendo nuovi polloni. Come abbiamo visto nel primo capitolo, questo approccio consente di piantare alberi ad alta densità anche in aree di dimensioni ridotte e di raccoglierne la biomassa prodotta in cicli brevi, per un massimo di venti anni prima di procedere alla nuova piantumazione.

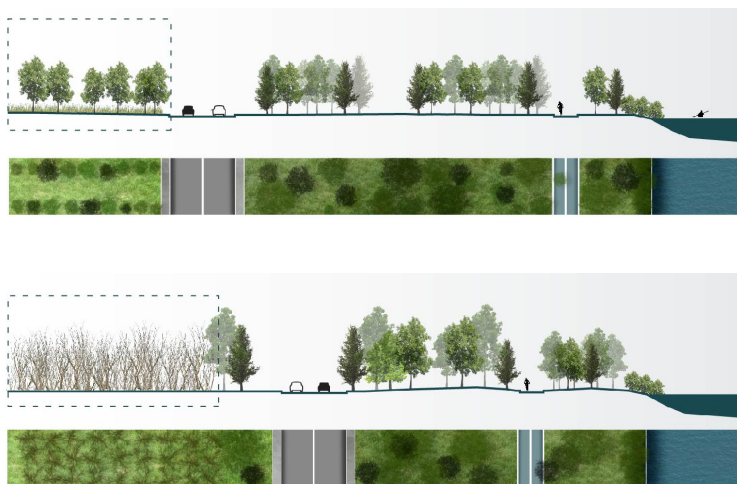


Figura 68_Rotazione forestale del bosco ceduo e stoccaggio della biomassa. Disegni dell'autore.

RIPRISTINO DEL VERDE

PERCORSO CICLABILE

PERCORSO PEDONALE

GOVERNO DEL BOSCO

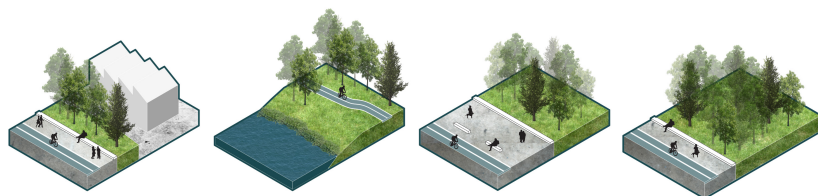


Figura 69_Strategie progettuali. Disegni dell'autore.

Il bosco di città, in questo contesto, ha la duplice funzione di trasformare l'ambiente urbano e di contribuire alla produzione di biomassa. La biomassa raccolta, attraverso una rete di aziende che aderiscono alla filiera-corta, potrebbe diventare un elemento chiave per la produzione di energia.

L'esempio trattato nei capitoli precedenti del caso studio della costellazione metropolitana per la *Grand Genève*, elaborata dal team di Stefano Boeri, prevede che

“la lavorazione del legno viene centralizzata a livello regionale: nuove

segherie sono collocate ai margini dell'area metropolitana in modo da stabilire una catena corta tra le attività di raccolta, i siti di produzione e gli spazi di utilizzo, per ridurne le distanze, i tempi e l'impatto ambientale. I prodotti di questo processo sono destinati alla costruzione di nuovi edifici così come al retrofitting e all'adeguamento energetico e funzionale del patrimonio edilizio esistente nell'area'¹⁵⁷.

Questo sistema chiuso, che si rifà al modello economico circolare, che è stato discusso nei capitoli precedenti, crea un processo di modifica del territorio, in cui la cura del territorio e la produzione di energia si intrecciano, offrendo nuove dinamiche economiche e opportunità lavorative. La presenza delle diverse industrie nell'area, permetterebbe di applicare delle strategie di compensazione del suolo consumato attraverso l'implementazione di interventi di rinverdimento dei tetti, negli edifici che lo permettono, come spe-



Figura 70_Progetto di forestazione. *The Metro-Forest Project*, progettato da TK Studio, 2021.

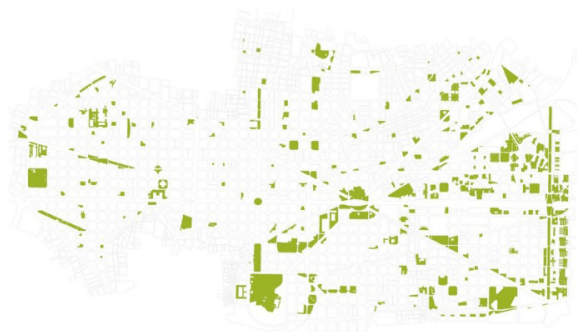
Il progetto, realizzato su un sito abbandonato, mirava a recuperare 2 ettari di terreno e a invertire le tendenze di espansione suburbana, isola di calore urbano e sviluppo in aree soggette ad alluvioni, attraverso l'utilizzo di specie Il progetto non è concepito come un parco statico modellato dall'uomo, ma piuttosto come un'evoluzione dinamica guidata dai processi ecosistemici.

157 Costellazione Metropolitana di Ginevra, progetto Stefano Boeri Architetti. <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/ginevra-costellazione-metropolitana/>

rimentato già dal 2010 nella città di Copenaghen¹⁵⁸.

In aggiunta, la connessione delle aree frammentate, naturalizzate, tramite una rete ecologica, favorirebbe un migliore sviluppo della biodiversità. La presenza di corridoi ecologici permette di migliorare il benessere dei cittadini che vivono quegli spazi ma anche della fauna e della flora presente, come dimostrato anche negli interventi in corso di realizzazione dei Superblocks di Barcellona.

A



B



Figura 71_Progetto Superblocks, Barcellona.

158 La politica di rinverdimento degli edifici è stata applicata a tutte le tipologie di edifici, dai ricoveri per biciclette, scuole ed edifici a uso misto ai parcheggi sotterranei. L'obiettivo è rafforzare la resilienza climatica, la biodiversità urbana e il benessere dei cittadini di Copenaghen, sfruttando i benefici offerti dai tetti verdi, come la ritenzione delle acque piovane e l'assorbimento del calore.

“The Superblock model foresees the development of public open and green space throughout the city, consisting of plazas, parks, green corridors, green patches and general greening in and outside the Superblocks”¹⁵⁹.

L'intervento prevede, inoltre, la creazione di barriere verdi lungo i confini delle aree industriali, con l'obiettivo di mitigare l'inquinamento atmosferico e acustico, migliorando al contempo la qualità visiva del paesaggio. Queste barriere, costituite dalla vegetazione, agiscono sia come filtri naturali per la cattura degli inquinanti atmosferici, limitando le emissioni climalteranti, sia come schermi fonoassorbenti. Le foglie delle alberature, creando un effetto tamponamento, consentono di catturare le onde sonore, limitando i rumori generati dalle industrie, proteggendo le aree circostanti da elementi di disturbo.



Figura 72_Sezione territoriale del nuovo rapporto tra industrie e barriere verdi. Disegno dell'autore.

In conclusione, seppur rimanendo una visione concettuale di valorizzazione dell'area di intervento, mira a delineare alcune strategie e interventi che possono essere adottati per migliorare la qualità del tessuto urbano esistente. Con questi studi, si intende favorire una modifica dell'approccio con cui le amministrazioni intervengono sul territorio, considerando la vegetazione e le aree verdi, non più come singoli elementi di decoro urbano, o come elementi puntuali ed isolati dal contesto, ma anzi un insieme interconnesso di elementi capace di poter dialogare con il costruito.

159 “Il modello dei Superblock prevede lo sviluppo di spazi pubblici aperti e verdi in tutta la città, comprendenti piazze, parchi, corridoi verdi, aree verdi e interventi di rinverdimento sia all'interno che all'esterno dei Superblock”.

Muller N, et al, *Changing the urban design of cities for health: The superblock model*, Environmental International, 2020. Traduzione dell'autore.

3.2.2 Relazione tra natura umana e bosco urbano

Fin qui abbiamo visto come l'analisi del metabolismo urbano di una città e come un progetto di forestazione urbana integrato ad un modello bioeconomico di città possano permetterci di gestire l'ottimizzazione delle risorse di un sistema urbano. Questo approccio ci permette di gestire da un lato l'economia di un sistema urbano, evitando lo spreco di energie e l'emissione di rifiuti e scarti, dall'altro ci conferma come una pianificazione mirata e una gestione del territorio attenta possano portare non solo ad un disegno estetico di paesaggio ma anche alla fornitura di quei servizi ecosistemici essenziali che ci permettono di mitigare gli effetti della crisi climatica e migliorare le condizioni di vivibilità nelle città. Quello sui cui è necessario soffermarsi, in aggiunta allo studio effettuato, è che il cambiamento e la modifica del paesaggio non si limita solamente ad una questione puramente estetica ma è una questione che fa leva sull'attivazione di processi di percezione visiva, sensoriale nonché psicologica che trasformano profondamente l'esperienza degli spazi urbani. La forestazione urbana incide sull'estetica del paesaggio urbano tanto quanto uno scorcio visivo in un bosco urbano impatta positivamente sull'umore del suo osservatore, riducendo lo stress e permettendo di ritrovare quel senso di connessione con la natura. La trasformazione di aree grigie e asettiche in ambienti naturali e accoglienti, da una parte

risponde alle esigenze ecologiche ed economiche e dall'altra riconosce il ruolo che la natura ha sul miglioramento del benessere delle persone.

Lo stress psicologico, infatti, ha un impatto significativo sulla salute mentale e fisica delle persone. Soprattutto negli ultimi anni, in particolare dopo il *lockdown* portato dalla pandemia di Covid-19, abbiamo assistito a una crescente attenzione verso il tema della salute mentale, anche da parte delle istituzioni. Questo fenomeno, attraverso diversi aspetti, arriva a toccare diverse fasce della popolazione, anche i più giovani, che in parte a causa dell'uso dei *social media* si vedono sempre più pronti a mettersi a confronto con modelli di vita spesso idealizzati. Diversi studi multidisciplinari sono stati effettuati sull'effetto psicologico che le foreste possono avere per migliorare il benessere delle persone. Uno di questi studi, che possiamo definire di "foresta terapia", aggiornato con esperimenti più recenti, è noto come *shinrin-yoku*¹⁶⁰.

*"It can be defined as making contact with and taking in the atmosphere of the forest: a process intended to improve an individual's state of mental and physical relaxation"*¹⁶¹.

Dall'esperimento è emerso come il trascorrere del tempo nella natura diminuisca notevolmente i livelli di cortisolo, la pressione sanguigna e la frequenza cardiaca, rispetto a coloro che trascorrono il tempo in ambiente urbano. L'idea quindi di progettare boschi di città gioca un ruolo fondamentale sui temi legati alla biodiver-

160 Il termine *shinrin-yoku* - *shinrin*, "foresta" e *yoku*, "bagno", è stato coniato nel 1982 da Tomohide Akiyama, direttore del Ministero dell'Agricoltura, delle Foreste e della Pesca del Giappone. Dopo numerosi studi condotti in Giappone negli anni '80, il bagno nella foresta è stato riconosciuto come un metodo terapeutico efficace.

161 "Può essere definito come entrare in contatto e assorbire l'atmosfera della foresta: un processo pensato per migliorare lo stato di rilassamento mentale e fisico di un individuo".

Park B. J., et al, *Physiological effects of Shinrin-yoku, Taking in the atmosphere of the forest*, Journal of physiological anthropology, 2006. Traduzione dell'autore.

sità e all'ecologia ma soprattutto su quelli associati al benessere psico-fisico personale, che coinvolgono, ad una scala più ampia, anche l'esclusione sociale, il degrado urbano e fenomeni di frammentazione comunitaria.

Il bosco urbano, come abbiamo visto anche nel primo capitolo riguardo il progetto di *Central Park* di *New York*, agisce come strumento di contrasto alle dinamiche di esclusione sociale e degrado, promuovendo un senso di appartenenza, di coesione sociale e di inclusività. In contesti urbani caratterizzati da degrado e marginalizzazione, il bosco di città rappresenta quindi un elemento rigenerativo, configurandosi come un dispositivo socio-spaziale. Le aree abbandonate o non utilizzate, spesso protagoniste di episodi di criminalità e associate al disagio sociale, attraverso la trasformazione in parchi, boschi urbani o spazi verdi attrezzati, contribuiscono a ridurre il senso di abbandono rendendo i quartieri più vivibili e garantendo il miglioramento della qualità della vita. Inoltre, nelle aree in cui la mancanza di spazi di condivisione può acuire la divisione in gruppi sociali e la carenza di accesso ai servizi rappresenta aspetti di disuguaglianza sociale, la progettazione estetica di spazi verdi non è sufficiente, ma è necessario agire utilizzando strumenti partecipativi e di sensibilizzazione della comunità locale alle dinamiche di forestazione urbana. Sebbene progetti di sensibilizzazione siano già ampiamente promossi, è necessario però non rischiare di ridursi in mere campagne di *greenwashing*¹⁶², nelle quali la retorica della sostenibilità perde il suo aspetto significativo a causa della mancanza di un impegno strutturale. L'inclusività deve essere quindi promossa attraverso il coinvolgimento reale e la partecipazione attiva della comunità locale, evitando soluzioni progettuali standardizzate e tenendo sempre in conto il contesto di riferimento e le esigenze della popolazione. Alla luce di quanto

162 Il termine *greenwashing* (*green*, “verde”) e (*washing*, “lavare”) è una pratica di comunicazione che promuove un'immagine di sostenibilità ambientale senza un reale impegno ecologico, spesso attraverso dichiarazioni ambigue o iniziative simboliche.

detto, possiamo dire che la capacità del bosco urbano di rigenerare spazi marginali e migliorare il benessere ambientale e sociale passa attraverso strategie progettuali multidisciplinari e un approccio integrato che comprende ecologia, equità sociale e partecipazione attiva dei cittadini come nel caso del progetto per l'*High Line* di New York¹⁶³.



Figura 73_ *High Line* di New York, Diller & Scofidio + Renfro, New York, 2009. Vista dall'alto.

Anche se ciò che ha prodotto la *High Line* può portare a delle contraddizioni in termini di equità sociale, che viene meno quando i fenomeni di *gentrification*¹⁶⁴ prendono piede, può essere comunque

164 L'*High Line* di New York, viene progettata dallo studio statunitense Diller & Scofidio + Renfro, insieme ai paesaggisti James Corner Field Operations e Piet Oudolf, a seguito della vincita di un concorso internazionale di idee promosso dal movimento di conservazione Friends of the High Line e l'approvazione del sindaco Michael Bloomberg.

<https://www.thehighline.org/>

165 Con il termine *gentrification* (letteralmente borghesizzazione, più comune gentrificazione) si indica il processo di trasformazione di un'area, solitamente abitata dalla classe operaia, in un imborghesimento della stessa grazie o a causa di un crescente interesse, di nuovi progetti e finanziamenti per il quartiere con il

considerato un progetto pionieristico. Il concetto di complessità sta alla base della storia dell'attuale *High Line*, un'infrastruttura ferroviaria sopraelevata che nel secolo scorso veniva percorsa dai treni merci che muovevano l'economia di New York. Realizzata per rimediare alla sicurezza dei cittadini e abbandonata negli anni '80, divenne un'infrastruttura decadente e selvaggia, in cui la natura si stava riprendendo i suoi spazi. Con il concorso di idee internazionale messo al bando nel 2003 e vinto dallo studio americano Diller & Scofidio + Renfro, la linea ferroviaria viene convertita in un parco lineare sopraelevato, uno spazio pubblico capace di ospitare giardini, vegetazione autoctona ma anche eventi e opere d'arte. L'*High Line* è diventata nel corso degli anni uno dei simboli di New York e di rigenerazione sostenibile urbana, ma sotto un altro aspetto, c'è da chiedersi se il fenomeno di *gentrification*, che ha portato il quartiere ad essere sempre più preso d'assalto dai turisti e abitato da persone abbienti, abbia contribuito all'esclusione di molti artisti e abitanti che avevano reso l'area molto popolare.

"...already was a park, taken over by nature with xeroscape, completely self-sustaining ecosystems that changed from block to block depending on the weather conditions. It was also a place of the city and as such a place that offered the kind of illicit behavior that only trespassing can bring (...) Our Design solution tried to take those inputs that were already there and to coalesce them into a wholly new design approach that codified trespass, letting the green grow through the gray, letting culture and nature become a new unified whole"¹⁶⁵.

conseguente sfollamento o migrazione della popolazione.

165 "Era già un parco, riconquistato dalla natura con uno stile *xeroscape*, ecosistemi completamente autosufficienti che cambiavano da un isolato all'altro in base alle condizioni meteorologiche. Era anche un luogo della città e, in quanto tale, offriva quel tipo di comportamenti illeciti che solo l'intrusione può portare (...) La nostra soluzione progettuale ha cercato di prendere quegli elementi già esistenti e di unirli in un approccio progettuale completamente nuovo che codificasse "l'intrusione", permettendo al verde di crescere attraverso il grigio, lasciando che cultura e natura diventassero un nuovo insieme unificato". Traduzione dell'autore.

Il discorso che sostiene uno dei due progettisti, Charles Renfro, è che anche a causa dell'infrastruttura lasciata all'abbandono, il quartiere fosse diventato un'area degradata e frequentata da criminali. Il progetto dell'*High Line* rappresenta un esempio contemporaneo di *gentrification* in quanto privilegia spazi verdi specifici a discapito di una distribuzione più ampia e accessibile di aree verdi per tutti i residenti¹⁶⁶.



Figura 74_ *High Line* di New York, Diller & Scofidio + Renfro, New York, 2009. Vista della città di Manhattan.

166 Renfro C, *Contingent City*, Conferenza *Ideas City*, San Paolo, Brasile, 2013.

167 Millington N, *From urban scar to 'park in the sky': terrain vague, urban design, and the remaking of New York City's High Line Park*, Environment and Planning A, 2015, v. 47, pp. 2324 - 2338.

“...cities begin to feel less dynamic, less hopeful, less inspirational to their residents”¹⁶⁷.

Dunque il pensiero su cui riflettere è in che modo sia possibile coniugare la rigenerazione sostenibile, ecologica e ambientale, con i fenomeni di gentrificazione e giustizia sociale.

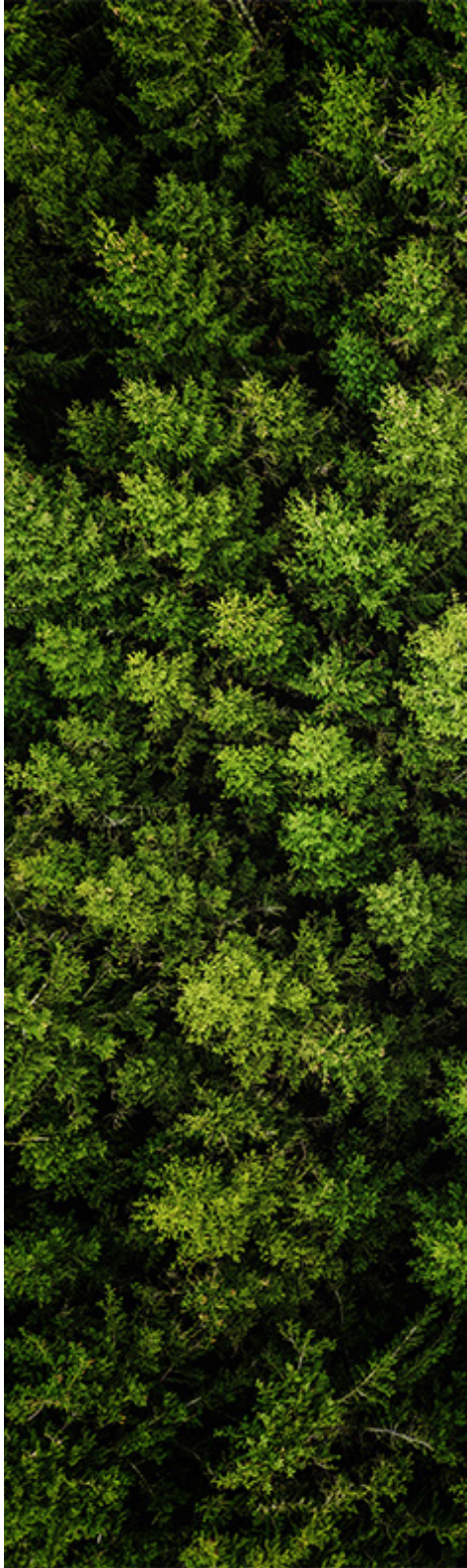
Sebbene l'aspetto della gentrificazione non rientri negli obiettivi principali di questa tesi, sarebbe opportuna un'analisi sulla gestione del territorio maggiormente approfondita, non sviluppabile in questa sede. Tuttavia è possibile delineare alcune strategie di gestione del territorio. Attraverso politiche urbane che prevedano misure di salvaguardia delle comunità locali, il controllo dei prezzi sulle locazioni degli appartamenti e creazioni di fondi per il sostentamento delle attività locali, insieme a un approccio integrato multidisciplinare che abbracci ecologia, equità sociale e partecipazione attiva, è possibile rispondere alle sfide che la gentrificazione ci presenta trasformando le città, o parte di esse, in spazi verdi capaci non solo di migliorare l'ambiente urbano ma anche il benessere delle persone che lo abitano.

168 “Le città iniziano a sembrare meno dinamiche, meno promettenti e meno fonte di ispirazione per i loro residenti”.

Moskowitz, P.E., *How to kill a city: gentrification, inequity, and the fight for the neighborhood*, Bold Type Books, 2017, p. 4. Traduzione dell'autore

Capitolo 4.

Scenari futuri





4. Scenari futuri

L'ultimo capitolo della tesi è dedicato alle conclusioni e alle riflessioni critiche emerse nel corso della ricerca. Nella prima parte, attraverso un'analisi dettagliata dei principali programmi e progetti europei, si ripercorrono i temi affrontati nel primo capitolo, evidenziando come ciascuno sia strettamente collegato ai singoli sotto capitoli. Il concetto di *biocity* viene espresso attraverso il progetto *BiodiverCity* che promuove la transizione ecologica con la creazione di strumenti capaci di trasformare gli attuali modelli urbani; i modelli di economia circolare rimandano al programma *Circular Cities & Regions Initiative* che sottolinea come il passaggio da un modello economico lineare ad un modello bio-economico circolare sia essenziale e necessario per contribuire ad un migliore utilizzo delle risorse; gli interventi di forestazione urbana e la creazione delle *green infrastructure*, trattati attraverso l'approccio del *European Green Deal*, sottolineano come la trasformazione del paesaggio deve passare attraverso la collaborazione e la partecipazione di cittadini e *stakeholders*; in ultimo, il *New European Bauhaus*, che promuove soluzioni innovative basate sull'impiego dei *new based materials*, il legno come materia prima.

Nella seconda parte del capitolo si esplorano i possibili ulteriori sviluppi che potrebbero derivare dal lavoro svolto e le risposte alle

questioni che hanno guidato l'avvio della ricerca. Si pongono delle riflessioni critiche sui casi studio analizzati, i quali, pur rappresentando spunti per lo sviluppo della transizione ecologica, rilevano anche dei limiti e delle contraddizioni. Inoltre, sebbene gli attuali progetti europei promuovano la transizione, si discute la complessità dell'applicazione del concetto di metabolismo applicato alle città.

4.1 Programmi e progetti europei

Per giungere ad una sintesi conclusiva della ricerca, è necessario riprendere i presupposti teorici affrontati nel primo capitolo. Ciò che è emerso è come tutti noi stiamo vivendo un'epoca storica caratterizzata da diverse sfide globali, quali la crisi climatica, la perdita di biodiversità e l'urbanizzazione crescente. In questo contesto è necessario agire con strategie e politiche mirate per cercare di mitigare i danni che questi fenomeni stanno causando.

Nel corso degli anni, l'Unione Europea ha promosso una serie di progetti per ridurre questi fenomeni con l'obiettivo di diminuire l'impatto ambientale derivante dalle attività antropiche migliorando il benessere e la qualità della vita dei cittadini. Le iniziative più rilevanti, selezionate in questa ricerca, mirano alla creazione di città più verdi e più resilienti, ma è necessario abbracciare una scala più ampia, una dimensione di tipo bioregionale, che permetta la relazione tra urbano e periurbano, tra città metropolitana e regioni.

La pianificazione urbana e ambientale, come abbiamo visto nel capitolo precedente, non può dipendere da singoli flussi che si muovono all'interno del sistema urbano. La pianificazione deve necessariamente basarsi su uno spettro più ampio in quanto il valore delle risorse locali deve confrontarsi con gli elementi del patrimonio territoriale ambientale e paesaggistico per il superamento

delle criticità di cui abbiamo parlato in precedenza.

“grande e potente” come una metropoli: anzi è più potente del sistema metropolitano centro-periferico o del sistema post metropolitano diffuso perché produce più ricchezza attraverso la valorizzazione e la messa in rete, nello scambio multipolare, di ogni suo nodo ‘periferico’; peraltro, attraverso la realizzazione di equilibri dimensionali, relazionali e ecologici delle sue componenti territoriali policentriche, riduce congestioni, emergenze ambientali, inquinamenti, diseconomie esterne, sprechi energetici, di suolo agricolo e di mobilità di persone e di merci; contribuisce in questo modo a ridurre l'impronta ecologica ovvero l'insostenibilità dovuta al prelievo di risorse da regioni lontane e impoverite”¹⁶⁸.

Secondo Alberto Magnaghi, è essenziale che si riconosca una coscienza di luogo nel quale il bioregionalismo trova la sua forma attraverso azioni multisettoriali dal locale al globale¹⁶⁹. In questo senso diversi sono i progetti europei che si occupano sia della scala locale sia della scala regionale come ad esempio il progetto *circular cities and regions initiative* riportato in questo capitolo.

I principali programmi europei evidenziano come l'ambiente costruito possa essere trasformato attraverso progetti di infrastrutture verdi, di forestazione urbana e impiego di fonti rinnovabili nei settori dell'energia e delle costruzioni, ma anche come possiamo combattere le sfide globali applicando nuovi modelli economici e ambientali.

168 Magnaghi A, *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, 2010.

169 Magnaghi A, *La bioregione urbana, strumento multidisciplinare del progetto eco-territorialista*, Firenze University Press, 2023, pp. 89-90.

BiodiverCity

“However, the crisis also affected our common view on nature and urban green spaces. European citizens have rediscovered protected areas, nearby ecosystems and urban nature. In times where for many citizens the only form of recreation is outside walking or cycling, we have realised how valuable nature in around cities is for our mental and physical well-being”¹⁶⁷.

La pandemia da Covid-19 ha segnato un momento importante non solo per la salute pubblica ma anche per l’economia mondiale. Abbiamo assistito ad una situazione di stallo in cui le restrizioni ci hanno costretto in casa. Abbiamo quindi capito quanto lo spazio esterno, soprattutto l’ambiente naturale sia importante sotto l’aspetto psico-fisico di ciascuno di noi.

Il programma *BiodiverCity* mira a promuovere la biodiversità urbana

167 “Tuttavia, la crisi ha anche influenzato la nostra visione comune della natura e degli spazi verdi urbani. I cittadini europei hanno riscoperto le aree protette, gli ecosistemi vicini e la natura urbana. In un momento in cui, per molti cittadini, l’unica forma di svago è camminare o andare in bicicletta all’aperto, ci siamo resi conto di quanto sia preziosa la natura intorno alle città per il nostro benessere mentale e fisico”.

European Commission, BiodiverCities: a roadmap to enhance the biodiversity and green infrastructure of European cities by 2030, Jrc Technical Report, 2021. Traduzione dell’autore.

e a sviluppare strategie per la conservazione della natura nell'ambiente urbanizzato. I progetti promossi da *BiodiverCity*, favoriscono la creazione e riqualificazione degli spazi naturali, in particolare le aree degradate, attraverso la collaborazione e la partecipazione attiva delle comunità. I brani di città degradati, non sono spazi vuoti, ma gli si riconosce un valore intrinseco che, se valorizzato, può diventare parte dell'ambiente urbano.

Attraverso questi interventi sul paesaggio urbano, si restituisce valore al territorio consentendo lo sviluppo dell'ambiente naturale e la conservazione degli ecosistemi.

Circular cities and regions initiative

“The transition to a circular economy requires a systemic change where provision of services is carried out by ensuring an efficient use of primary resources and giving priority to their reuse; economic activities are planned from a life cycle perspective and carried out in order to close, slow and narrow loops across value-chains and infrastructures are designed and built to avoid linear locks-in”¹⁷¹.

Le iniziative del *Circular Cities and Regions Initiatives* rappresentano un paradigma innovativo nello sviluppo urbano e regionale, che si basa sui principi dell'economia circolare. Questo progetto, in particolare è orientato a ridefinire i modelli economici tradizionali per promuovere una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e del riciclo dei rifiuti. L'obiettivo primario di questo progetto è la messa a sistema di una connessione tra aree urbane e quella che

171 “La transizione verso un'economia circolare richiede un cambiamento sistemico in cui la fornitura di servizi avviene garantendo un uso efficiente delle risorse primarie e dando priorità al loro riutilizzo; le attività economiche sono pianificate secondo una prospettiva di ciclo di vita e svolte in modo da chiudere, rallentare e ridurre i cicli lungo le catene del valore, e le infrastrutture sono progettate e costruite per evitare blocchi lineari”.

Circular Cities & Regions Initiative, *Methodology for the implementation of a circular economy at the local and regional scale*, 2022. Traduzione dell'autore.

potremmo definire una bioregione. Ritorna qui il tema della filiera-corta, attraverso la quale poter trasformare il territorio creando nuovi ecosistemi in cui il ciclo di vita dei materiali e l'utilizzo delle risorse viene monitorato ed esteso il più possibile.

Questo approccio non solo riduce l'impatto ambientale, ma promuove anche una gestione più responsabile e delle risorse naturali, riducendo la pressione sugli ecosistemi.

Questo progetto, applicato alle città metropolitane e alle regioni, rappresenterebbe un passo in avanti verso lo sviluppo sostenibile. Dobbiamo però evidenziare la complessità di questo intervento che richiederebbe sia la collaborazione di diversi attori pubblici e privati e sia un'approccio di gestione scalabile dalla dimensione cittadina a quella regionale.

European Green Deal

“...protect, conserve and enhance the EU's natural capital, and protect the health and well-being of citizens from environment-related risks and impacts. At the same time, this transition must be just and inclusive. It must put people first, and pay attention to the regions, industries and workers who will face the greatest challenges”¹⁷².

L'*European Green Deal* è un programma dell'Unione Europea con l'obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 e trasformare l'Europa in un'economia sostenibile. L'obiettivo principale è quello di rispondere alle sfide dei cambiamenti climatici attraverso interventi capaci di ridurre le emissioni di gas serra e promuovere nuovi modelli economici, influenzando positivamente

172 “...proteggere, conservare e valorizzare il capitale naturale dell'UE e salvaguardare la salute e il benessere dei cittadini dai rischi e dagli impatti legati all'ambiente. Allo stesso tempo, questa transizione deve essere giusta e inclusiva. Deve mettere al primo posto le persone e prestare attenzione alle regioni, ai settori industriali e ai lavoratori che affronteranno le sfide più grandi”. European Commission, *The European Green Deal*, 2019. Traduzione dell'autore.

sulle dinamiche socio-culturali.

Inoltre, favorire la transizione ecologica vuol dire attivare dei processi e applicare strategie che possano ridurre l'inquinamento atmosferico, proteggendo la biodiversità e promuovendo la sostenibilità.

L'*European Green Deal* prevede, tra i diversi progetti, azioni e iniziative per i diversi elementi del sistema urbano (l'energia, l'agricoltura, i trasporti, l'industria e la finanza) incentivando la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, la mobilità sostenibile ed elettrificata e buone pratiche per la produzione agricola.

Inoltre, tra i progetti promossi dalle politiche del *European Green Deal*, viene presentato il progetto *3 billion trees by 2020*¹⁷³ per la strategia forestale europea. L'obiettivo della commissione europea è quello di aumentare la copertura arborea del territorio, attraverso la partecipazione attiva e la collaborazione di diversi *stakeholders* promuovendo al tempo stesso l'applicazione di tecnologie innovative per il tracciamento degli alberi.

New European Bauhaus

*“There is a need to go beyond a human-centred to a life-centred perspective, getting inspired by nature and learning from it (...) from making cities greener and using sustainably sourced nature-based materials to innovative solutions based on “mimicking” elements found in nature; from taking care of the soil to re-using or recycling waste; from building urban green corridors for active mobility to rethinking transport infrastructure”*¹⁷⁴.

173 BiodiversCity, *3 Billion trees by 2030*, 2021.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869927/3billion_trees_factsheet_EN.pdf

174 “È necessario andare oltre una prospettiva centrata sull'uomo per abbracciare una visione centrata sulla vita, traendo ispirazione dalla natura e imparando da essa (...) dal rendere le città più verdi e utilizzare materiali di origine naturale

Il *New European Bauhaus* è un'iniziativa lanciata dalla Commissione europea nel 2020. Si ispira ai principi del *Bauhaus* con l'obiettivo di combinare insieme, sostenibilità e inclusione per trasformare l'ambiente antropizzato europeo. Il progetto cerca di creare una connessione tra il mondo della cultura, della scienza e della tecnologia, proponendo una visione olistica per trasformare gli spazi di vita quotidiana in ambienti più sostenibili

L'obiettivo principale del *New European Bauhaus* è quello di promuovere una transizione verso un ambiente costruito più sostenibile, in armonia con la natura e che risponda alle esigenze e alle aspettative delle persone. Cerca di superare la dicotomia tra estetica e sostenibilità, integrando entrambi gli aspetti per creare soluzioni innovative e attraenti.

Il progetto si concentra su quattro obiettivi principali: design, promuovendo un design basato sui principi del modello economico circolare, con l'obiettivo di sviluppare soluzioni che siano ecologicamente responsabili, funzionali e al contempo esteticamente gradevoli; sostenibilità, attraverso progetti che si impegnano a ridurre l'impatto ambientale dell'ambiente costruito, promuovendo l'efficienza energetica degli edifici, l'uso di energie rinnovabili e la riduzione delle emissioni di gas serra; inclusione, attraverso il coinvolgimento attivo delle comunità locali e dei cittadini.

Inoltre, promuove l'integrazione di principi di sostenibilità e design ecologico nei programmi educativi, al fine di formare una nuova generazione di professionisti che possano contribuire a una trasformazione positiva dell'ambiente costruito. Il *New European Bauhaus* non si limita solo a teorie e idee, ma si impegna anche a sostenere e finanziare progetti concreti in diversi settori.

ottenuti in modo sostenibile, a soluzioni innovative basate sull'imitazione degli elementi presenti in natura; dal prendersi cura del suolo al riutilizzo o al riciclo dei rifiuti; dalla creazione di corridoi verdi urbani per la mobilità attiva al ripensamento delle infrastrutture di trasporto". *New European Bauhaus, Beautiful, Sustainable, Together*, 2021. Traduzione dell'autore.

4.2 Città foresta o foresta di città?

A questo punto, per rispondere alle domande di ricerca c'è da chiedersi se il sistema urbano del futuro sia una città di foresta o una foresta di città. Questa domanda non è meramente un esercizio teorico, ma rappresenta una riflessione profonda sul futuro delle nostre città e sul rapporto che c'è tra uomo e natura, tra ambiente urbano e ambiente naturale. Da qui la scelta di discutere di due concetti di città del futuro.

Il concetto di “città foresta” viene riferito in questo caso ad una città che presenta, nel suo tessuto urbano, diversi boschi di città. Questo modello di forestazione urbana, promuove l'idea di una città in cui gli alberi e la vegetazione non sono semplici elementi decorativi, ma componenti strutturali e funzionali del paesaggio urbano. Possiamo pensare che la città foresta si caratterizza per l'integrazione di boschi, filari alberati, aree naturali, creando quella rete ecologica che rende l'ambiente urbano più verde, salutare e resiliente.

Il concetto di “foresta di città” si concentra sulla creazione di aree forestali all'interno o intorno ai centri urbani. Questo approccio, più orientato verso gli studi del bosco di vicinato, ha come obiettivo il ripristino degli spazi naturali e dei confini città-campagna.

Una foresta di città può assumere diverse forme: un parco naturale, una riserva protetta, una cintura verde periurbana o un'area riqualificata all'interno dell'paesaggio urbano.

In realtà la domanda “città di foresta o foresta di città” non ha una risposta univoca, ma invita a riflettere su un cambiamento radicale nella pianificazione e gestione del sistema urbano, che ci permetta, attraverso una visione olistica e innovativa, di uscire dall'epoca dell'antropocene superando l'attuale dicotomia tra ambiente urbano e ambiente naturale.

In conclusione, i modelli di bioeconomia forestale e di *bio-city* delineati in questa tesi, pur essendo stati applicati con particolare attenzione al contesto della Città Metropolitana di Roma, possono rappresentare un riferimento operativo anche per altri territori, a condizione che vengano rispettati alcuni prerequisiti strutturali, culturali e istituzionali.

In primo luogo, la replicabilità del modello presuppone l'esistenza (o la costruzione) di una *governance* multilivello integrata, capace di connettere le diverse scale — dal quartiere urbano fino alla bioregione — e di coinvolgere in modo stabile amministrazioni locali, cittadini, enti di ricerca, attori economici e realtà del terzo settore. La transizione verso un modello bioeconomico urbano richiede infatti processi decisionali inclusivi, che garantiscano continuità nelle politiche e nei finanziamenti, e che incentivino la partecipazione attiva della popolazione nella definizione degli obiettivi di sostenibilità.

Secondariamente, è fondamentale che i territori interessati dispongano di strumenti adeguati di analisi territoriale e di raccolta dati. L'esperienza condotta su Roma ha evidenziato come la scarsa disponibilità di dati disaggregati a livello di microsettori rappresenti un limite rilevante per un'analisi sistemica accurata del metabolismo urbano. Per questo motivo, le città che intendano adottare il modello *bio-city* dovrebbero dotarsi di sistemi di monitoraggio avanzati, capaci di raccogliere e interpretare informazioni rela-

tive ai flussi di materia, energia, biomassa e servizi ecosistemici. Un altro elemento chiave per la replicabilità è la presenza di una cultura territoriale sensibile alla questione ecologica, in grado di valorizzare le risorse naturali, agricole e forestali locali come elementi attivi nella progettazione dello spazio urbano. In tal senso, la diffusione di pratiche di educazione ecologica, progettazione biofilica e uso responsabile delle risorse naturali risulta cruciale per stimolare la consapevolezza collettiva e orientare le scelte politiche e imprenditoriali.

Infine, per una reale diffusione del modello, è indispensabile promuovere forme di adattamento del paradigma biocittadino ai diversi contesti geografici e socioeconomici. I territori caratterizzati da forte urbanizzazione, quelli agricoli o montani, o ancora le aree in declino demografico, richiederanno strategie differenziate per implementare efficacemente il modello: ad esempio, nei piccoli comuni interni, la rigenerazione ambientale e forestale potrà assumere forme legate alla multifunzionalità agricola e alla filiera corta, mentre nelle grandi aree urbane l'obiettivo sarà probabilmente la riqualificazione del patrimonio costruito attraverso infrastrutture verdi e materiali biocompatibili.

Il modello delineato in questa ricerca non propone quindi una formula rigida, ma piuttosto un insieme di principi e strumenti flessibili, orientati a riconnettere l'uomo alla natura, l'economia al paesaggio, e l'ambiente urbano al territorio vivo. La sua efficacia, nei futuri contesti applicativi, dipenderà dalla capacità di ogni luogo di interpretarlo alla luce delle proprie specificità ambientali, storiche e culturali.

Bibliografia

Introduzione

Agenzia europea dell'ambiente

Anastasovaki A. et al., *Energy Storage in Urban Areas: The Role of Energy Storage Facilities, A Review*, Energies, 2024

Antikainen R, et al., *Renewal of forest based manufacturing towards a sustainable circular bioeconomy*, Reports of the Finnish Institute, 2017, p 89

City of Amsterdam, *Circular Economy Programme: Lessons and Recommendations 2020-2021*

City of Amsterdam, TNO and TU Delft, *Amsterdam circular monitor*, 2020

CPH 2025 Climate Plan, *Roadmap 2021-2025*

Ellen MacArthur Foundation, *Circular cities: thriving, liveable, resilient*

European Environment Agency, *Urban adaptation in Europe: what works?* EEA Report 2023

European Parliamentary Research Service, *Development of organic production in the EU: 2021-2027 action plan*, 2021, p 3

Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *L'economia derivata dai servizi naturali: la bioeconomia*, 2019

Giampietro M, L. Pérez -Sánchez, *Characterizing the metabolic pattern of urban systems using MuSLASEM: The case of Barcelona*, Energy Policy 124, 2019

Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Gualart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023

International Energy Agency, *Empowering Urban Energy Transitions Smart cities and smart grids*, 2024, p 10

Konijnendijk C., et al, *NeighbourWoods for better cities, tools for developing multifunctional community woodlands in Europe*, University of Copenhagen, 2024, p 2

Stefano Mancuso, *Fitopolis, La città vivente*, Laterza, 2023, p 4

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme, *Nature-based solutions for supporting sustainable development*, 2022

United Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, 2015

Zhao Z, Hu Z. et al., *Evaluation of urban resilience and its influencing factors*, Sustainability, 2024

1. Ambienti urbani sostenibili ed ispirati alla natura

Arpa Lombardia, *Qualità dell'aria, un primo bilancio dell'anno 2024*, 2025

Bacenetti J., Fiala M., “*Short Rotation Coppice in Italy: a model to assess economic, energetic and environmental performances of different crop systems*”, Bioenergy technology, 2011

Bisogni G. L., intervista in Pulcino P., *La città vivente, introduzione al*

- metabolismo urbano circolare*, Malcor D' Edizione, 2019, pp. 140-142
- Bonomi A., Masiero R., *Dalla smart city alla smart land*, Marsilio, 2021, p. 41
- Butera F.M., *Affrontare la complessità per governare la transizione ecologica*, Edizioni ambiente, 2021, pp. 242-250
- Casa Bosco, progetto di *social housing* dello studio Stefano Boeri Architetti, 2011, Milano
- C. F. Moller Architects, *Re-imagining the Garden City*, 2019
- Chadwick Dearing O, et al, *Carbon, fossil fuel and biodiversity mitigation with wood and forest*, Journal of sustainable forestry, 2014, p. 269
- Ciancio O., Nocentini S., Il bosco ceduo, Selvicoltura, assestamento, gestione, Accademia italiana delle scienze forestali, 2004, p. 28
- Circular economy network, *6° rapporto sull'economia circolare in Italia 2024*
- City of Amsterdam, *Amsterdam circular 2020-2025 Strategy*, Circle Economy and the City of Amsterdam, 2020
- City of Amsterdam, *Amsterdam circular monitor*, City of Amsterdam, Tno, and Tu Delft, 2020°
- Ellen MacArthur Foundation, *Cities in the circular economy: an initial exploration*, 2017, p. 4
- Eric C, et al, *Circular bioeconomy concepts - a perspective*, 2021
- European Commission, “*New EU Forest Strategy for 2030*”, 2021
- European Forest Institute, “*Closer-to-Nature Forest Management*”, from science to policy 12, 2023, p. 8
- Ferrini F., Del Vecchio L., *La terra salvata dagli alberi*, Lit Edizioni, 2020, p. 122

Ferrini F., Fini A., *Amico albero, ruoli e benefici del verde nelle nostre città e non solo*, Edizioni Ets, 2017, p. 51

Figorilli S. et al., *A blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain*, Sensor, 2018

Food and agriculture organization, *How to feed the world 2050*, 2009

Forestami, *Report Forestami 2020*, 2020

Girardet H., *Creating regenerative cities*, Routledge, 2024, p 216-225

Girardet H., *The Gaia Atlas of Cities. New directions for sustainable urban living*, Gaia Books, 1992

Girardet H., *The metabolism of cities*, pubblicato in Cadman D., Payne G.K., *The living city: towards a sustainable future*, 1990, cap 8

Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Guallart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023, p. iv

Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, Vicente Guallart et al, *Transforming biocities, design urban spaces inspired by nature*, Springer, 2023, pp 9-20

Global footprint network, *Estimating the Date of Earth Overshoot Day 2024*, 2024

Haff P. K., *Humans and technology in the anthropocene. six rules*, in “The anthropocene review”, 2014, p. 6

Helms J., *The dictionary of forestry*, Society of American Foresters, Bethesda, 1998 p. 193

Howard E., *Garden Cities of To-morrow*, 1898 prima *Tomorrow: A Peaceful Path to Social Reform*

Ispira, *Impact of short rotation forestry plantations on environment and landscape in Mediterranean basin*, 2014, p. 15

Kebblowski W., et al, *Circular economy and the city: An urban political*

economy agenda, 2020

Kenneth E. Boulding, *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, Environmental Quality in a Growing Economy, 1966, pp 3-14

Mass is more, Institute of Advanced Architecture of Catalonia

Kirchherr J, et al, *Barriers to the circular economy: evidence from the European Union in Ecological Economics*, 2018, pp 264-272

Mauser H., *How have forest resources in the European Union developed?*, in key questions on forests in the EU, European Forest Institute, 2022.

McHarg I., *Design with nature*, 1969

Mumford L., *The city in history*, 1961

Publications office of the European Union, “*Guidelines on closer-to-nature forest management*”, 2023

Ramage M, H, *The wood from the trees: the use of timber in construction*, Renewable and sustainable energy reviews, 2017, pp. 333-359

Raworth K., *A safe and just space for humanity, can we live within the doughnut?*, Oxfam discussion paper, 2012

Skondras A, *Governance strategies for sustainable circular bioeconomy development in Europe: insights and typologies*, 2024, p 11

Taffuri A, et al, *Integrating circular bioeconomy and urban dynamics to define an innovative management of bio-waste: the study case of Turin*, 2021

The city of Amsterdam, *The Amsterdam city doughnut, a tool for transformative actions*, Doughnut economics action lab, 2020

The city of Copenhagen, *Copenhagen climate plan 2025, a green, smart and carbon neutral city*, the city of Copenhagen, technical and environmental administration, 2009

The city of Copenhagen, *Circular Copenhagen, resource and waste ma-*

nagement plan 2024, City of Copenhagen, 2018

Scheper G. L., *The reformist vision of Frederick Law Olmsted and the poetics of park design*, The New England Quarterly, 1989, Vol. 62, pp. 372-373

UN Environmental programme, *Beyond foundations Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*, 2024, p. 17

Walter R. Stahel, *The product-life factor*, in An inquiry into the nature of sustainable societies: the role of the private sector, Harc, Houston area research center, 1982, pp 72-104

West G., *Scale, the universal laws of life and death in organisms, cities and companies*, Weidnfeld & Nicolson, 2017, p. 14

Wilson E.O., *Biophilia*, Piano B, 1984

Wolman A., *The metabolism of cities*, in Scientific american, 1965

Yiqi L., *Analysis of the Vertical Forest of Milan in Terms of High Rise Architecture and Biodiversity*, Highlights in Art and Design, 2023, Vol. 3, N. 2, pp. 47-51

2. Sviluppi e casi studio

Ajutament de Barcelona, *Barcelona Nature Plan 2021-2023*, Area of Urban Ecology 2021

Ajuntament de Barcelona, *El producte interior brut de barcelona 2023*, 2024

Baham R, *Los Angeles: l'architettura di quattro ecologie*, Einaudi, 1971, ristampa 2009

Boeri S., *Verso una metropoli arcipelago* in "Rassegna di architettura e urbanistica 163, Quodlibet, 2021

Boeri S., Politecnico di Milano, *Forestami*, 2019

- Boeri S., *World Forum on Urban Forests* - Milano Calling 2019
- Bureau Grand Genève, *Territoire des courtes distances : diagnostic et enjeux pour le Canton de Genève et le Grand Genève*, 2022, p. 12
- D'Amico B., et al, *Global potential for material substitution in building construction: The case of cross laminated timber*, Journal of Cleaner Production 279, 2021
- Edward O. Wilson, *Biofilia: il nostro legame con la natura*, Piano B Edizioni, 2021
- Ellen McArthur Foundation, *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*, 2013
- European environment agency, *Textiles in Europe's circular economy*, 2019
- Fondation Braillard Architects, *Consultation internationale pour le Grand Genève*, Espazium, 2021, p. 17
- Forestami, Report 2023
- Global fashion agenda, *Pulse of the fashion industry*, 2018
- Gordon E. et al, *Transforming landscapes and mindscapes through regenerative agriculture*, Springer, 2022
- Grand Genève et sol sol, *a charter for the socio-ecological transition of a cross-border metropolitan region*, Topalovic Studio Architects
- Granskog A. et al, *Biodiversity: the next frontier in sustainable fashion*, McKinsey and company, 2020
- Grulois G, *Urban project revisited from urban metabolism principles: reflections from the upcycle workshop in Barcelona*, atti di convergo, 8th conference of the international forum on urbanism, 2015
- International Energy Agency, *Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry*, 2018.

Mario Giampietro et al, *Characterizing the metabolic pattern of urban systems using MuSLASEM: The case of Barcelona*, Energy Policy 124, 13-22, 2019

Marques A. D. et al, *Homo Sustentabilis: circular economy and new business models in fashion industry*, Sn applied science, 2020

Progetto di Interland Studio, *La grande traversée, à la recherche des écologies singulières de la métropole du Grand Genève*

Rapporto di filiera 2023, Federbeton Confindustria, 2023

Rattan Lal, *Regenerative agriculture for food and climate*, Journal of soil and water conservation, 2020

Rhodes, C. J, *The imperative for regenerative agriculture*, Science Progress, 2017

Stefano Boeri Architetti, *Genève, constellation métropolitaine*, 2018

3. Ripensare l'ambiente urbano: verso un futuro sostenibile

Arera, Autorità di regolazione Energia Reti e Ambienti, *Relazione Annuale*, 2023

Apat, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, *Le biomasse legnose*, p. 27, 2003

Città Metropolitana di Roma Capitale, *Bilancio di previsione*, 2024, p. 94

Città metropolitana di Roma capitale, *il mercato del lavoro*, 2023

Città Metropolitana di Roma, *Rapporto mobilità Roma*, 2024

Città Metropolitana di Roma Capitale, *Rapporto statistico sull'area metropolitana romana 2019*, 2019, p. 3

City Dna, *Executive summary of the City travel report*, 2023 - 2024

Dipartimento per gli Affari Regionali e le Autonomie Presidenza del Consiglio dei Ministri, *I dossier delle Città Metropolitane*, 2017

Georgescu-Rogen N, *The entropy law and the economic process*, Harvard University press, 1971

Istat, *Popolazione residente al 1° gennaio*, 2024

Kovacic Z, Giampietro M, *Between theory and quantification: an integrated analysis of metabolic pattern of informal urban settlements*, Energy Policy 100, 2017, p. 385

Millington N, *From urban scar to 'park in the sky': terrain vague, urban design, and the remaking of New York City's High Line Park*, Environment and Planning A, 2015, v. 47, pp. 2324 - 2338

Miranda R., Grottera C., Giampietro M, *Understanding slums: analysis of the metabolic pattern of the Vidigal favela in Rio de Janeiro, Brazil*, Springer Science+Business, 2016, pp. 1300-1301

Moskowitz, P,E, *How to kill a city: gentrification, inequity, and the fight for the neighborhood*, Bold Type Books, 2017, p. 4

Muller N, et al, *Changing the urban design of cities for health: The superblock model*, Environmental International, 2020

Park B. J., et al, *Physiological effects of Shinrin-yoku, Taking in the atmosphere of the forest*, Journal of physiological anthropology, 2006

Provincia di Cuneo, Settore risorse naturali, *Linee guida per l'utilizzazione energetica delle risorse forestali*, p. 11

Ramos-Martin J, Canellas-Bolta S, *Why Catalonia will see its energy metabolism increase in the near future: an application of MuSLASEM*, in , 2008

Renfro C, *Contingent City*, Conferenza Ideas City, San Paolo, Brasile, 2013

Report Ambiente, *L'uso e il consumo di suolo di Roma Capitale*, 2021

Ufficio di statistica di Roma Capitale, *I numeri di Roma Capitale, mercato del lavoro*, 2023, pp. 18-19

Ufficio di statistica di Roma Capitale, *Annuario statistico*, 2023, cap. 2, p. 4

Terna Driving Energy, *Statistiche regionali*, 2023, p. 151

Terna Driving Energy, *Statistiche regionali*, 2023, p. 151

Velasco-Fernandez R, *The pattern of socio-ecological systems: a focus on energy, human activity, value added and material products*, Tesi di dottorato, 2017

Yangsiyu Lu et al, *Changes of human time and land use pattern in one mega city's urban metabolism: a multi-scale integrated analysis of Shanghai*, Journal of Cleaner Production 133, 2016, pp 391-401

4. Scenari futuri

Magnaghi A, *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, 2010

Magnaghi A, *La bioregione urbana, strumento multidisciplinare del progetto eco-territorialista*, Firenze University Press, 2023, pp. 89-90

New European Bauhaus, *Beautiful, Sustainable, Together*, 2021

European Commission, BiodiverCities: a roadmap to enhance the biodiversity and green infrastructure of European cities by 2030, Jrc Technical Report, 2021

BiodiversCity, *3 Billion trees by 2030*, 2021

Circular Cities & Regions Initiative, *Methodology for the implementation of a circular economy at the local and regional scale*, 2022

Green Surge, *What benefits does green infrastructure in cities offer?*, Seventh Framework Programme, 2017

Sitografia

BiodiversCity, *3 Billion trees by 2030*, 2021

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869927/3billion_trees_factsheet_EN.pdf

Boeri S., Costellazione metropolitana di Ginevra

<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/ginevra-costellazione-metropolitana/>

Boeri S., progetto Forestami

<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto>

Casa Bosco, progetto di *social housing* dello studio Stefano Boeri Architetti, 2011, Milano

<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/casa-bosco/>

C. F. Moller Architects, *Re-imagining the Garden City*, 2019

<https://www.cfmoller.com/p/Re-imagining-the-Garden-City-i3551.html>

Circular Bioeconomy Alliance

<https://circularbioeconomyalliance.org/new-living-lab-in-collaboration-with-the-armani-group-announced/>

Circular economy network, *6° rapporto sull'economia circolare in Italia 2024*

<https://circulareconomynetwork.it/economia-circolare/>

Città metropolitana di Roma
<https://www.cittametropolitanaroma.it>

Comune di Roma
<https://www.comune.roma.it>

Costellazione Metropolitana di Ginevra, progetto di Stefano Boeri
Architetti
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/ginevra-costellazione-metropolitana/>

European environment agency, *Textiles in Europe's circular economy*, 2019, <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy/textiles-in-europe-s-circular-economy>

European Forest Institute
<https://efi.int/>

European Forest Institute
efi.int/news/efi-coordinates-new-agroforestry-based-regenerative-cotton-project-italy-2023-06-05

Ellen MacArthur Foundation, *Circular cities: thriving, liveable, resilient*
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/cities/overview>

Ellen McArthur Foundation, *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*, 2013, <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

Fondazione per lo sviluppo sostenibile, *L'economia derivata dai servizi naturali: la bioeconomia*, 2019
<https://www.mase.gov.it/>

Forestami, 2019
<https://prizes.new-european-bauhaus.europa.eu/application>

Forestami, *Report Forestami 2020*, 2020
<https://forestami.org/chi-siamo/il-progetto/>
Global fashion agenda, *Pulse of the fashion industry*, 2018, <https://>

globalfashionagenda.org/product/pulse-of-the-fashion-industry-2018/

Grand Genève et sol sol, *a charter for the socio-ecological transition of a cross-border metropolitan region*, Topalovic Studio Architects
<https://topalovic.arch.ethz.ch/Research/Research-Projects/2018-Grand-Geneve-Et-Son-Sol>

International Energy Agency
<https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2023/cement>

Istat, *Popolazione residente al 1° gennaio*, 2024
<http://dati.istat.it>

Mass is more, Institute of Advanced Architecture of Catalonia
<https://iaac.net/mass-is-more/>

Mauser H., *How have forest resources in the European Union developed?*, in key questions on forests in the EU, European Forest Institute, 2022.
<https://efi.int/forestquestions/q15>

Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica
<https://sisen.mase.gov.it>

Overshoot Day Observatory
<https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>

People's government of Pingshan district
https://www.szpsq.gov.cn/english/News/LocalNews/content/post_11984318.html

Piano di assetto idrogeologico
<http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg/aggiornamenti/prg-aggiornamenti-rischioidraulico/piano-stralcio-pai.html>

Progetto High Line di New York
<https://www.thehighline.org/>

Progetto di Interland Studio, *La grande traversée, à la recherche des écologies singulières de la métropole du Grand Genève*
<https://www.interland.info>

Progetto No-Oil Cointrin, Ginevra dello studio Raum404
<https://www.raum404.ch/#no-oil-cointrin-geneva>

Sito ufficiale Grown Alchemist
<https://grownalchemist.com/philosophy>

Sito ufficiale Patagonia
<https://eu.patagonia.com/it/it/shop/organic-cotton-clothing>

Studio Awp
<https://awp.fr/lab/grand-geneve-metaboliser-les-invisibles/>

Studio di Architettura Petitdidierprieux
<https://petitdidierprieux.com/en/portfolio/items/olympic-games-2024/>

Wood4Bauhaus
<https://wood4bauhaus.eu/about-us/>

Indice figure

Figura 1_Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Figura 2_Grafico dell'earth overshoot day nelle principali nazioni

Figura 3_Forestazione urbana in una biocity, Vicente Guallart

Figura 4_Re-Imagining the garden city, C. F. Moller Architects

Figura 5_Grafico “the safe and just space for humanity”, Kate Raworth, 2017

Figura 6_Installazione “mass is more”, progetto realizzato da IAAC

Figura 7_Rendering degli alloggi del villaggio olimpico per le Olimpiadi di Parigi 2024, Petitdierprieux architectes

Figura 8_Elaborato progettuale del sistema di rotazione forestale dello studio Stefano Boeri Architetti

Figura 9_Mappa del sistema delle connessioni tra Pingshan e i distretti limitrofi

Figura 10_La dimensione dell'area centrale del distretto nel 2009 e la dimensione dell'area attuale.

Figura 11_Mappa dell'uso del suolo

Figura 12_Mappa della vegetazione

Figura 13_Concept delle relazioni tra i tre nodi principali del distretto

Figura 14_Assonometria dell'infrastruttura verde nel distretto di Pingshan

Figura 15_Sezione prospettica dello snodo ferroviario

Figura 16_Mappa dei confini del Cantone di Ginevra, del distretto di Nyon e del Polo metropolitano francese di Ginevra

Figura 17_Una nuova immagine del tessuto urbano.

Figura 18_La visione al 2050 del territorio agricolo che forma un arcipelago di beni comuni

Figura 19_Mappa dei territori futuri utilizzando la strategia per una regione policentrica

Figura 20_ L'agro-hub,valorizzazione territoriale del sistema circolare della produzione alimentare

Figura_21_ La free zone, spazio sperimentale della condivisione

Figura_22_Visione concettuale della Grand Traversée

Figura 23_Visione concettuale della Grand Genève, AWP agence de reconfiguration territoriale

Figura 24_Concept progettuale della rifunzionalizzazione dell'aeroporto di Cointrin in un paesaggio energetico

Figura 25_Visione concettuale dei nuovi elementi all'interno della città metropolitana

Figura 26_Il margine tra campagna e città viene valorizzato e messo in connessione

Figura 27_Masterplan della Grand Geneve equamente abitante nel centro e nella periferia

Figura 28_Sezione territoriale che riassume le strategie di una visione territoriale

Figura 29_La visione di una metropoli attraverso processi di forestazione urbana ed economia circolare

Figura 30_Costellazione metropolitana della Grand Genève

Figura 31_Quadro sinottico degli interventi di progetto

Figura 32_Cartografia di progetto Forestami

Figura 33_I campi coltivati a cotone nel progetto di Rutigliano

Figura 34_Campo di cotone in crescita

Figura 35_Il cotone dopo essere stato raccolto viene conservato per essere processato

Figura 36_Capsula di cotone appena raccolto

Figura 37_Barcelona Nature Plan 2030

Figura 38_Schema delle categorie funzionali attraverso i differenti livelli gerarchici

Figura 39_Matrice dell'uso finale dell'energia ai livelli n, n-1 e n-2

Figura 40_Dendrogramma della dualità delle risorse ai diversi livelli di human activity e land uses

Figura 41_Calcolo del total human activity all'interno della Città Metropolitana di Roma Capitale

Figura 42_Occupazione percentuale per settore

Figura 43_Tabella numero persone occupate e inoccupate nell'anno 2023

Figura 44_Attività umana calcolata sul physiological overhead

Figura 45_Attività umana calcolata sul paid work

Figura 46_Le diverse categorie di human activity

Figura 47_Categorie del consumo di suolo

Figura 48_Categorie del consumo di energia

Figura 49_Categorie consumo di gas

Figura 50_Categorie valore aggiunto

Figura 51_Legenda indicatori matrice MuSIASEM

Figura 52_La matrice di utilizzo finale completa nelle sue parti, includendo all'interno di essa l'attività umana, l'uso del suolo, il valore aggiunto e i corrispondenti rapporti tra risorse e flussi.

Figura 53_Carta forestale dei boschi produttivi

Figura 54_Calcolo della biomassa totale

Figura 55_CO2 immagazzinata nella biomassa

Figura 56_Energia potenziale della biomassa

Figura 57_Confronto consumi

Figura 58_Consumo totale annuo di cemento

Figura 59_Sostituzione cemento con biomassa

Figura 60_Anni per la sostituzione cemento con biomassa

Figura 61_Range fabbisogno elettrico annuo

Figura 62_Ortofoto area di studio. Fonte Google Earth

Figura 63_Mappa uso del suolo area di studio

Figura 64_Mappa del consumo di suolo permeabile e non permeabile

Figura 65_Mappa uso del suolo area industriale

Figura 66_Mappa uso del suolo area sottoutilizzata

Figura 67_Mappa uso del suolo area verde

Figura 68_Strategie progettuali

Figura 69_Rotazione forestale del bosco ceduo e stoccaggio della biomassa

Figura 70_Progetto di forestazione. The Metro-Forest Project

Figura 71_Progetto Superblocks, Barcellona

Figura 72_Sezione territoriale del nuovo rapporto tra industrie e barriere verdi

Figura 73_High Line di New York, Diller & Scofidio + Renfro, New York, 2009

Figura 74_High Line di New York, Diller & Scofidio + Renfro, New York, 2009