

ABSTRACT TESI: La tesi si propone di ricostruire l'evoluzione del concetto di flessibilità del progetto architettonico, e di capire come sia cambiato l'approccio al progetto flessibile nel corso del tempo fino ai nostri giorni. La ricerca è costituita dall'elaborazione critica di quadri conoscitivi riferiti al pensiero di studiosi, progettisti e fruitori, che in periodi storici e momenti culturali diversi hanno affrontato il tema della flessibilità, sia in termini teorici che progettuali e realizzativi. Come progettisti e come fruitori di spazi che viviamo quotidianamente, siamo protagonisti di trasformazioni che stanno cambiando radicalmente il volto del mondo conosciuto. Lo spazio, inteso come concetto astratto, fisico ed architettonico, si modella sulle abitudini dell'uomo mentre le stesse nuove abitudini ridefiniscono la realtà in cui viviamo quotidianamente, attraverso le architetture e i nuovi spazi urbani. Gli osservatori, i ricercatori e più in generale gli addetti ai lavori nel campo dell'evoluzione urbanistica, architettonica e ambientale affermano che il momento che stiamo vivendo ora è solo l'inizio di un'epoca che sarà contraddistinta dalla temporaneità, dalla multifunzionalità e dalla virtualità. Quella che ad oggi costituisce di fatto una "nuova normalità" richiede all'architettura azioni che espandano i limiti esistenti a nuove visioni, rispetto ai modelli prestabiliti, ottenendone così la definitiva rielaborazione.

ABSTRACT THESIS: The thesis aims to reconstruct the evolution of the concept of flexibility of the architectural project, and to understand how the approach to flexible design has changed over time up to the present day. The idea that guides the construction of the thesis is to exchange ideas in areas not strictly connected to architecture, using an interpretative and reflective approach. We are protagonists of transformations that are radically changing the face of the world. Space as an abstract, physical and architectural concept, is modeled on the habits of man while the same new habits redefine the reality in which we live. Observers, researchers and more generally those working in the field of urban, architectural and environmental evolution affirm that the moment we are living now is only the beginning of an era that will be characterized by temporariness, multifunctionality and virtuality. What today constitutes in fact a "new normal" requires architecture to take actions that expand existing limits to new visions, with respect to pre-established models, thus obtaining the definitive reworking.

La questione della "flessibilità".
Teorie, ricerche, progetti.

DOTTORANDO
Elena Gualandi

Dottorato di Ricerca
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Sapienza Università di Roma | SAPIENZA UNIVERSITY OF ROME | ciclo CYCLE XXIV | nov. 2018 - jan. 2022
Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura | DOCTORAL SCHOOL IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
Dipartimento di 'Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura' | 'PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE' DEPARTMENT

Dottorato di Ricerca PIANIFICAZIONE, DESIGN, TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA
PHD PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE
Coordinatore | Director
Prof. Fabrizio Tucci

Curriculum PROGETTAZIONE TECNOLOGICA AMBIENTALE
Curriculum ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL DESIGN
Coordinatore Curriculum | Curriculum Chair
Prof. Luciano Cupelloni

La questione della "flessibilità"

Teorie, ricerche, progetti.

Dottorando | PhD Candidate Elena Gualandi
Supervisore | Supervisor Prof. Arch. Luciano Cupelloni
Secondo Supervisore | Prof. Maria Beatrice Andreucci

DOTTORATO DI RICERCA
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura
DIRETTORE DI DIPARTIMENTO
Prof. Arch. Luciano Cupelloni
COORDINATORE
Prof. Arch Fabrizio Tucci
CURRICULUM
Progettazione Tecnologica Ambientale
COORDINATORE CURRICULUM
Prof. Luciano Cupelloni

La questione della “flessibilità”

Teorie, ricerche, progetti.

DOTTORANDO
Elena Gualandi

SUPERVISORE
Prof. Luciano Cupelloni
SUPERVISORE
Prof. Maria Beatrice Andreucci

CICLO XXIV
Novembre 2018 - Gennaio 2022

INDICE

- p. 9 INTRODUZIONE AI CONTENUTI, STRUMENTI E METODOLOGIA DELLA RICERCA
- p. 9 • Motivazioni e obiettivi
- p. 13 • Inquadramento e collocazione scientifica della Ricerca
- p. 16 • Metodo e strumenti di indagine
- p. 19 • Risultati attesi
- Destinatari

CAPITOLO 1 FLESSIBILITA': UN RACCONTO ATTRAVERSO LA STORIA

- p. 25 1.1 PRINCIPI INTRODUTTIVI
- p. 28 1.2 "ARCHITECTURE WITHOUT ARCHITECTS": le forme tradizionali e l'abitare flessibile
- 1.2.1. L'architettura della tradizione
- p. 37 1.3 LA TECNOLOGIA A SERVIZIO DI UNA NUOVA FLESSIBILITA' – l'evoluzione industriale
- 1.3.1 La seconda rivoluzione industriale, l'Ottocento e la definizione del modello industriale
- 1.3.2 Il XX secolo, le nuove configurazioni fisiche e le nuove forme di organizzazione del lavoro e di strutturazione urbana.
- 1.3.3 Sperimentazioni e nuove configurazioni spaziali: le architetture industriali di Albert Khan
- 1.3.4 La struttura a telaio, prime sperimentazioni in cemento armato: Le Corbusier e la Maison Domino
- 1.3.5 La prefabbricazione: dalla Mass Production alla Mass customization
- p. 65 1.4 IL CONCETTO DI FLESSIBILITA' NEL DIBATTITO DEL MOVIMENTO MODERNO
- 1.4.1 Le utopie di rottura: l'avanguardia futurista
- 1.4.2 Il concetto di flessibilità in campo architettonico, le nuove utopie.
- 1.4.3 Le nuove utopie
- 1.4.4 La produzione di massa, il boom economico e la seconda generazione di edifici industriali
- 1.4.5 La prefabbricazione a servizio della flessibilità, l'architettura evolutiva e l'eccesso di "funzionalizzazione"
- p. 88 1.5 FLESSIBILITA' COME STRATEGIA POLITICA
- 1.5.1 Una flessibilità concettuale – Christopher Alexander
- 1.5.2 Yona Friedman – la diversificazione dell'uso dello spazio
- p. 96 1.6 RIDONDANZA - LA "FORMA CHIUSA" E LA FLESSIBILITÀ FUNZIONALE DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA
- 1.6.1 Rem Koolhaas: la "ridondanza" – la flessibilità per eccesso e le potenzialità della forma chiusa
- p. 13 1.7 L'ARCHITETTURA APERTA – LA FLESSIBILITÀ DAL PUNTO DI VISTA FISICO – STRUTTURALE
- 1.7.1 Il principio gerarchico dei livelli: le teorie di Habraken e Brand.
- p. 101 1.7.2 L'organizzazione del processo di progettazione e costruzione a livello ambientale
- 1.7.3 La flessibilità attraverso mezzi tecnici e sistemi di prefabbricazione: Herman Hertzberger
- 1.7.4 La teoria dei Livelli di Stuart Brand.

- 1.7.5 Dall'industria per l'architettura all'architettura High-Tech: Renzo Piano e Il Beaubourg
- 1.7.6 Identificare la flessibilità: considerazioni sulle teorie e le sperimentazioni individuate
- 1.7.7 L'eredità di Habraken e Brand: Il manifesto "Open Building"

CAPITOLO 2 FLESSIBILITÀ: UN'INDAGINE SPECULATIVA

- p. 127 2.1 Definire la flessibilità: un problema tassonomico
- p. 130 2.2 Flessibilità e adattabilità: un quadro comparativo
- p. 136 2.3 Strategie progettuali flessibili
- p. 142 2.4. Quadro sintetico delle strategie individuate
- p. 145 2.5. Definizioni

CAPITOLO 3

DAL RACCONTO STORICO ALLA RICERCA CONTEMPORANEA, UN INQUADRAMENTO SCIENTIFICO

- p. 152 3.1 Prevedere Il Cambiamento Negli Edifici – Tempo E Uso Nello Spazio
 - 3.1.1 L'approccio Gibbsiano e le "opzioni del ciclo di vita" di Fawcett
- p. 155 3.2 Hans De Jonge e il concetto di obsolescenza: scansione della vita economica, tecnica e spaziale nell'edificio in un arco di 50 anni

CAPITOLO 4

DIREZIONI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA CONTEMPORANEA

- p. 163 4.1 Flessibilità e incertezza: indifferenza funzionale e "lose fit"
- p. 166 4.2 L'eredità di Habraken e Brand: Il manifesto "Open Building"
- p. 171 4.3 Le nuove linee di sviluppo support/ Infill in Europa e nel Mondo
- p. 178 4.4 Flessibilità alla scala di quartiere: il lavoro dello studio Space & Matters
- p. 181 4.5 Prospettive future: flessibilità e architettura intelligente
- p. 183 4.6 Flessibilità e sistemi generativi computazionali
- p. 189 4.7 Flessibilità e modularità: l'approccio in serie
- p. 194 4.8 Flessibilità e ambiente costruito: alcune considerazioni

CAPITOLO 5

CONDIZIONI AL CONTORNO: IL FATTORE AMBIENTALE, ECONOMICO, LEGISLATIVO, SOCIALE

- p. 206 5.1 SOSTENIBILITÀ E CAMBIAMENTO CLIMATICO
 - 5.1.1. Flessibilità ed economia circolare
 - 5.1.2. Flessibilità e PED. (Positive Energy Districts)
- p. 213 5.2 QUADRO NORMATIVO EUROPEO E NAZIONALE PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, CERTIFICAZIONI E PREVISIONI
 - 5.2.1. Limiti e confini normativi del progetto flessibile
 - 5.2.2. La gestione delle responsabilità a livello normativo europeo
 - 5.2.3. Differenze tra la definizione nazionale di standard ed il modello nordico

	5.2.4.	Normative ISO in materia di adattabilità e smontaggio
	5.2.5.	Cenni sulle direttive in ambito di riuso
p. 229	5.3.	IL CAPITALE DELLA FLESSIBILITA' - Economia di mercato e parti interessate
p. 233	5.4	SOCIETÀ FLESSIBILE
	5.4.1.	Verso Una Nuova definizione di "Fluidita' Spaziale"
	5.4.2	I nuovi modelli organizzativi, i cambiamenti in atto pre-pandemia
	5.4.3.	La pandemia e il suo impatto sulla società
	5.4.4.	La pandemia e nuovi modi di vivere lo spazio
	5.4.5.	Gli elementi di criticità e i target al 2050
	5.4.6.	Le trasformazioni "dal basso"

CAPITOLO 6 CASI STUDIO: FLESSIBILITÀ E PROGETTO CONTEMPORANEO

p. 258	6.1	CRITERI DI ANALISI
p. 260	6.2	METODOLOGIA
p. 261	6.3	SELEZIONE DEI CASI STUDIO
p. 316	6.4.	QUADRO COMPARATIVO
p. 318	6.5.	LEZIONI APPRESE E STRATEGIE INDIVIDUATE

CAPITOLO 7 CONCLUSIONI

p. 324	7.1	ANALISI DEI CONTRIBUTI TEORICI E METODOLOGICI
p. 330	7.2.	CRITERI PER LA PROGETTAZIONE FLESSIBILE
P. 334	7.3	LEVE E BARRIERE ALLA DIFFUSIONE DELLA FLESSIBILITA'
p. 335	7.3.1.	Valutazione complessiva
p. 338	7.3.2	Punti di forza: benefici ambientali
p.340	7.3.3.	Punti di forza: benefici sociali
p.342	7.3.4.	Punti di forza: benefici economici
p.343	7.3.5.	Barriere e ostacoli
p.348	7.4.	LIMITI E POSSIBILI SVILUPPI DELLA RICERCA
p.352		<i>References</i>

Introduzione

1. Venturi Robert, (1980)
“Complessità e contraddizioni
nell’architettura”, Dedalo edizioni,
Bari 2002

1. *Motivazioni e Obiettivi*

La tesi si propone di ripercorrere l’evoluzione del concetto di flessibilità del progetto architettonico, e di capire come sia cambiato l’approccio al progetto flessibile nel corso del tempo fino ai nostri giorni. L’idea che guida la ricerca è quella di creare un terreno fertile per lo scambio di idee in ambiti non strettamente connessi all’architettura, lo sviluppo di una riflessione sul tema di studio, oggi più che mai decisivo rispetto alla dinamica della contemporaneità. Come progettisti e come fruitori di spazi che viviamo quotidianamente, siamo protagonisti di trasformazioni che stanno cambiando radicalmente il volto del mondo conosciuto. Lo spazio, inteso come concetto astratto, fisico ed architettonico, si modella sulle abitudini dell’uomo mentre le stesse nuove abitudini ridefiniscono la realtà in cui viviamo, attraverso le architetture e i nuovi spazi urbani: la qualità della nostra vita è determinata dallo spazio della città e dei luoghi abitati più in generale, nei quali siamo immersi ogni giorno, come d’altra parte in quelli della sfera domestica e privata. Gli osservatori, i ricercatori e più in generale gli addetti ai lavori nel campo dell’evoluzione urbanistica, architettonica e ambientale affermano che il momento che stiamo vivendo ora è solo l’inizio di un’epoca che sarà contraddistinta dalla temporaneità, dalla multifunzionalità e dalla virtualità. *“l’Architettura è invece complessa e contraddittoria, nella misura in cui essa include i tradizionali criteri vitruviani di firmitas, utilitas, venustas, oggi le esigenze di programma, struttura, impianti tecnici ed espressione sono differenti ed entrano in contrasto in modo imprevedibile persino in edifici singoli posti in contesti semplici”*.¹ Questa citazione di Robert Venturi (1980) coglie appieno la complessità e le contraddizioni che accompagnano il progetto architettonico e la sua evoluzione: quello dello spazio flessibile e dinamico è un concetto molto complesso che per sua natura abbraccia aspetti diversi tra loro, imponendo una ricerca che ne valuti tutte le potenzialità e le sfaccettature.

2. Nell'ottobre 1943, in seguito alla distruzione della Camera dei Comuni da parte di bombe incendiarie durante il Blitz, i Comuni discussero la questione della ricostruzione della Camera. Con l'approvazione di Winston Churchill, accettarono di mantenere il suo modello rettangolare contraddittorio invece di cambiarlo in uno spazio semicircolare a ferro di cavallo, consigliato per le assemblee legislative. Churchill insisté sul fatto che la forma della vecchia Camera fosse responsabile del sistema bipartitico che è l'essenza della democrazia parlamentare britannica. [<https://www.parliament.uk/about/living-heritage/building/palace/architecture/palacestructure/churchill/> accessed 2020]

Quella che ad oggi costituisce di fatto una “nuova normalità” richiede all'architettura azioni che espandano i limiti esistenti a nuove visioni, rispetto ai modelli prestabiliti, ottenendone così la definitiva rielaborazione. Per cercare di avviare una riflessione alla scala dell'edificio è necessario considerare i processi creativi, costruttivi e tecnologici ma anche e soprattutto la costante evoluzione della società: *“Prima siamo noi a dare forma agli edifici, poi sono questi a dare forma a noi”* 2 (W. Churchill, 1943).

In questo spazio concettuale dove l'architettura viene costantemente messa in discussione esiste anche uno scenario politico in cui l'architettura si muove, rispondendo a norme e parametri e subendo spesso obsolescenza e decadimento prematuri. La natura del lavoro e della socialità era già cambiata drasticamente prima della pandemia da Covid-19, la cui irruzione nella nostra vita sottolinea ulteriormente la necessità di tipologie e funzionalità dello spazio differenti da quelle finora immaginate. È in questa cornice che la ricerca vuole ribadire e dimostrare l'importanza di processi e programmi, che vadano oltre i procedimenti tecnici complessi delle certificazioni e dei vincoli normativi, che oggi in molti casi costituiscono un limite, più che un incentivo, alla qualità spaziale.

Non si può prevedere con certezza il futuro dello spazio architettonico; possiamo provare invece a progettare spazi che si dimostrino aperti a varie possibilità e includano al loro interno le persone e la società. La interpretazione del futuro deve tradursi in complessità, centralità e qualità del progetto; controllo della definizione degli ambiti (considerando spazi esterni e interni). Quella che ad oggi costituisce di fatto una nuova normalità richiede all'architettura azioni che aprano i limiti esistenti a nuove visioni rispetto ai modelli prestabiliti dai quali ottenere un nuovo significato.

Per questo, edifici concepiti come elementi indipendenti o come singoli gesti di stile dovrebbero oggi essere considerati parte integrante di un sistema più complesso, un ambiente costituito da elementi naturali ed elementi artificiali, nel quale si innesti una sinergia vitale, poiché *“la compenetrazione di uomini e natura implica un sistema di interrelazioni in cui ogni livello può influire sugli altri, seppure in minima misura”*.³ (Calvino, 1994)

La natura ci insegna che non c'è nulla di rigido, nulla di immodificabile che non sia aperto al cambiamento. L'ambiente naturale va oltre gli standard e i cliché, e deve essere conservato affinché le generazioni future possano goderne nella sua forma migliore. In questa ottica gli edifici per l'industria, progettati con criteri che privilegiavano l'ottimizzazione produttiva rispetto a concetti come durabilità o flessibilità, sono diventati campo di interessante sperimentazione e casi simbolo del processo di riqualificazione architettonica. Quella del progetto continuo, aperto al cambiamento nonché a nuove interpretazioni è la nostra sfida come architetti, e l'attualità ci offre l'occasione per guardare ad un nuovo modo di intendere l'architettura, o meglio ancora, un modo di rileggere quella esistente. Il nostro modello attuale richiede un consumo di risorse costante per garantire il buon funzionamento e la manutenzione degli edifici, con conseguente produzione di scarti, di rifiuti e spreco di energie. È un processo “degenerativo”, derivante da un modello di consumo lineare che non è compatibile con una quantità finita di risorse nel mondo. Gli Architetti e il settore delle costruzioni sono chiamati a ripensare questo modello e sfruttare in modo profondo e consapevole l'utilizzo delle nuove tecnologie in favore di un'architettura che sia duratura, organica, mutevole. Una risposta alla densità di popolazione nelle città, al consumo di suolo. Edifici *“capaci di assorbire perturbazioni [...] subendo modifiche ma conservando l'essenziale funzione, struttura, reazione e identità”*⁴ (Walker e Salt, 2006)

3. Italo Calvino citato in Bovati Marco (2017), “Il clima come fondamento del progetto”, Georg W. Reinberg, Marinotti, Milano, pp. 33-34

4. Villarroel Walker R., Beck, M.B., Hall, J.W., Dawson, R.J. and Heidrich, O. (2017). “Identifying key technology and policy strategies for sustainable cities: a case study of London”, *Environmental Development*, Vol. 21, pp. 1-18.

L'obiettivo della ricerca è quello di sollevare le giuste domande, **avviare una riflessione sul quadro complesso in cui i processi progettuali/costruttivi/gestionali si muovono oggi** in modo da declinare un pensiero critico sull'argomento. Un **pensiero critico** che porti ad avviare un'analisi sul **potenziale di cambiamento, di adeguamento di un organismo architettonico rispetto alle mutevoli necessità della società**, richieste del variare delle condizioni di partenza. Le modificazioni in campo economico, accompagnate dalla rivoluzione digitale informatica, modificano le strutture organizzative e lavorative dell'uomo e l'attuale pandemia che stiamo vivendo ne è un aspetto eclatante. Uno dei cambiamenti più profondi è relativo alla modificazione del sistema economico-produttivo, che ha inevitabilmente modificato la struttura del lavoro e dell'ambiente nel quale si svolge. Per questo, nella seconda fase la ricerca si propone di rivedere, insieme al prodotto edilizio, la "scatola nera" del processo decisionale che coinvolge aziende private, politiche di investimenti pubblici e comunità di utenti e di progettisti, con l'obiettivo di **ragionare su una metodologia integrata per valutare qualità e sostenibilità spaziale**.

Aree Specifiche	Research Questions
Sintesi critica	Cosa vuol dire flessibilità in architettura? Come si è evoluto il concetto nel corso del tempo?
Sintesi critica	In quale contesto normativo, sociale e culturale opera oggi il progetto architettonico flessibile? Con quali vincoli/prospettive?
Sintesi critica	Quali metodi/soluzioni tecnologiche possono essere ritenute valide e contribuire allo sviluppo dell'architettura nel campo della flessibilità?
Sperimentazione	Su quali processi, sistemi e componenti dovrebbero concentrarsi la ricerca futura e la progettazione flessibile?
Soluzioni	Quali soluzioni/tecnologie sono da ritenersi oggi più appropriate al raggiungimento degli obiettivi generali e specifici?
Impatto delle soluzioni	Quali sono le risposte progettuali più idonee a perseguire gli obiettivi di sostenibilità sociale, ambientale ed economica al 2050?

1bis. Inquadramento e collocazione scientifica della ricerca

La ricerca vuole essere l'avvio di un'indagine di carattere **speculativo** sul concetto di flessibilità in architettura, in ambito **progettuale e costruttivo**. La tesi intende analizzare la flessibilità alla **scala dell'edificio**, dalla concezione dello **spazio architettonico** fino ai processi **costruttivi** adottati nel campo della **nuova costruzione e della riqualificazione architettonica**. L'obiettivo generale della tesi è dunque quello di fornire un **quadro sintetico critico** dello stato dell'arte perseguendo due linee di ricerca principali: la prima indaga su **cosa sia** il concetto di flessibilità in architettura e come si sia evoluto nel corso del tempo; la seconda invece su **come**, nel susseguirsi di teorie e sperimentazioni individuate, sia cambiata la cultura del progetto architettonico e la ricerca contemporanea intorno al concetto di flessibilità in architettura. La ricerca è quindi di **natura esplorativa**, e si preoccupa di raccogliere e trattare in modo critico i vari approcci, identificandone lacune e punti di forza. L'approccio utilizzato nello sviluppo della tesi è di **tipo analitico-interpretativo**⁵ (Wing et al., 1998), guidato dall'idea di riscoprire e dare un ordine alla conoscenza esistente. Tuttavia, per gestire l'ambito dello studio, la ricerca di tale conoscenza è stata guidata dalle domande di ricerca e da considerazioni pragmatiche quali: confine disciplinare, selezione del periodo storico e contemporaneo in cui si sono sviluppate le teorie più rilevanti, selezione di parole chiave pertinenti. Il suo scopo è quello di indagare **l'applicazione della teoria esistente** per risolvere **problemi pratici** della **contemporaneità**. Si può dire che la flessibilità sia un concetto teorico ma che sottintenda a soluzioni **pratiche**, derivate sulla base di alcune **relazioni causa-effetto** empiriche che sono facilmente derivabili da teorie esistenti. In questo caso, il progettista deve scegliere, tra le possibili teorie, quella che in particolare fornisca una soluzione ad hoc al suo problema specifico.

5. Wing, C.K., Raftery, J. and Walker, A. (1998), "The baby and the bathwater: research methods in construction management", *Construction Management and Economics*, Vol. 16 No. 1, pp. 99-104.

6. Knight, A. and Turnbull, N. (2008), "Epistemology", in Knight, A. and Ruddock, L. (Eds), *Advanced Research Methods in the Built Environment*, Edizioni Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 64-74.

Con particolare attenzione agli edifici, sono state prese in considerazione le fonti tecniche e scientifiche relative al campo dell'architettura e della tecnologia, ma per fornire un quadro completo del termine nelle sue declinazioni sono state prese in considerazione fonti letterarie (ad esempio i dizionari) o di ambiti affini. In secondo luogo, parole chiave come **adattabilità, adattamento e flessibilità**, sono state utilizzate nella ricerca da database e motori di ricerca consolidati come Scopus, ISI Web of Knowledge e Google Scholar principalmente in italiano e in inglese, rielaborando semanticamente il concetto in tutte le sue declinazioni. Per gestire l'ambito di ricerca alcune parole chiave correlate come la riqualificazione e il riuso sono state escluse poiché non ritenute pertinenti all'ambito di ricerca.

Sono state inoltre verificate/tracciate le fonti originali attraverso le bibliografie di riferimento di alcuni libri e articoli scientifici. Il metodo adottato è stato quello di sviluppare prima un quadro storico, poi una definizione operativa e infine dei requisiti per identificare in modo preciso la flessibilità date le diverse prospettive e percezioni del concetto. Ciò ha delineato un quadro teorico di sostegno per analizzare i casi studio e delineare una panoramica di soluzioni in linea con le domande di ricerca poste all'inizio. La sua validità si basa sul fatto l'analisi delle fonti considerate offre spazio per nuovi spunti di ricerca, che di per sé è un contributo di conoscenze sul campo, vista la dinamica e mutevole natura della conoscenza.⁶ (Knight e Turnbull, 2008) La ricerca si colloca all'interno del settore scientifico disciplinare della **progettazione tecnologica ambientale** (ICAR-12), trattando nello specifico teoria e pratica riferita alle logiche di innovazione del progetto e del processo edilizio in ambito di flessibilità, ed in particolare della **flessibilità progettuale, costruttiva e gestionale**. Nello specifico, la tesi ricerca **progetti e processi** virtuosi nell'ambito di una progettazione/costruzione che dia valore agli edifici in una prospettiva temporale, ovvero soluzioni considerate **innovative** perché ragionano su un **uso versatile degli spazi** e implementano **l'attuale ciclo di vita degli edifici stessi**, cercando un equilibrio tra le crescenti dinamiche di cambiamento

sociali, economiche ed ambientali. Un edificio flessibile tiene in considerazione indicatori chiave di prestazione come **i costi e i benefici delle soluzioni** durante la sua intera vita utile. Stimola la richiesta sul mercato di prodotti ed elementi costruttivi facilmente disassemblabili e mantenibili, impone una gerarchizzazione degli elementi costruttivi e una nuova visione sui processi costruttivi.⁷ Tra gli aspetti legati ai benefici ambientali, in particolare quelli riguardanti il **consumo di suolo** e di **risorse (nel caso della riqualificazione architettonica o della rigenerazione urbana)**, ma anche i principi dell'architettura sostenibile quali l'utilizzo di *materiali bio-based*, di *gestione efficiente del ciclo dei rifiuti* e dei *processi di demolizione/ricostruzione*. Infatti utilizzando tecniche di costruzione come quella della *disassemblabilità*, a seconda della frequenza delle esigenze di manutenzione è possibile **definire diverse fasi di reversibilità per le diverse parti dell'edificio**, attraverso la loro **riparazione e trasformazione**. A livello di componenti edili inoltre le linee di ricerca che includono la flessibilità includono anche la scelta di materiali sostenibili da riutilizzare nel processo di costruzione, che possano cioè avere un impatto positivo sulla qualità della produzione e della gestione del ciclo di smaltimento dei rifiuti. I punti citati richiamano dunque gli obiettivi di sviluppo sostenibile al 2050, la centralità del progetto architettonico e della sua **qualità realizzativa** e la circolarità dei processi.

7. Green Building Council Italia (2020) Linee guida per la progettazione circolare di edifici, Gruppo di lavoro Economia Circolare di GBC Italia, Rovereto, pp. 25-26

2. Metodo e strumenti di indagine

La ricerca adotta un metodo misto, dunque utilizza criteri analitici e interpretativi comparati per rispondere a domande di ricerca alle quali si ritiene che né i metodi quantitativi né quelli qualitativi, se usati singolarmente, potrebbero efficacemente trovare risposta. Il suo svolgimento intende articolarsi nelle seguenti fasi consequenziali:

- **Una fase preliminare conoscitiva;** di inquadramento del tema e del programma di ricerca in cui si costruisce la base bibliografica dei diversi ambiti e di interlocutori per verificarne la validità,
- **Una fase istruttoria;**
- **Una fase analitico descrittiva** in cui viene estrapolato un quadro di sintesi critica in relazione allo scenario attuale ed alle sue variabili.

In particolare, ci si concentrerà su **parametri qualitativi** dei casi studio come indagine empirica, condotta per analizzare la risposta ad esigenze della società contemporanea. A sua volta, la costruzione dei casi studio si baserà sulle seguenti fasi:

- Definizione ambito di ricerca;
- Raccolta di materiale e documentazione;
- Valutazione e analisi;
- Sintesi critica;

In relazione al suo approccio multidisciplinare, la fase conoscitiva si pone come obiettivi la determinazione del **problema di ricerca e delle principali sfide caratterizzanti** il tema della flessibilità e delle sue declinazioni e l'estrapolazione di un quadro di sintesi con variabili di approccio ed effetti correlati in relazione ai processi, agli attori coinvolti e ai differenti contesti di intervento. La tesi vuole cercare di individuare, attraverso un'approfondita analisi storica e un'analisi dei casi studio, una metodologia che indirizzi l'attuale processo edilizio verso un'architettura sostenibile e aperta al cambiamento.

La ricerca si struttura come segue:

- **La fase preliminare conoscitiva** mira a definire i contorni teorici della ricerca, fornendo un quadro storico generale sulle innovazioni a partire dal XX secolo e fornendone definizione, potenzialità in atto e criticità del concetto di flessibilità nella cultura del progetto architettonico e del suo sviluppo nel tempo. Ai fini dell'obiettivo, è stato svolto lo studio di teorie, letteratura e ricerca applicata nell'ambito della flessibilità spaziale e architettonica, legata sia a processi progettuali che costruttivi, per ricostruire un quadro di sintesi criticando teorie e sperimentazioni dal XX secolo ad oggi, e appropriarsi di un apparato teorico in grado di sostenere una successiva analisi e una proposta metodologica. Sono stati inoltre classificati i diversi approcci spaziali/costruttivi in base alle definizioni storico-critiche rilevate nel corso degli studi.

- La fase **istruttoria** in quanto seconda fase mira alla definizione degli obiettivi generali e specifici, delle strategie di intervento e delle soluzioni tecnologiche adottabili. Per questo intende definire lo scenario normativo, sociale, tecnologico e ambientale tramite la raccolta di dati e la sistematizzazione delle conoscenze nei diversi ambiti, per sottolineare l'importanza e l'attualità della flessibilità nel contesto in cui si muovono oggi il progetto architettonico e i processi costruttivi. Possiamo pensare alla flessibilità come un sistema complesso, ovvero composto da diversi sottosistemi che tipicamente interagiscono tra loro, descrivibili e che si muovono in un contesto dato. L'obiettivo della fase istruttoria è quindi quello di fornire un quadro di riferimento sul tema, individuando limiti e possibilità della flessibilità attraverso l'individuazione dei comportamenti dei diversi sottosistemi e delle reciproche interazioni. A fine del raggiungimento di questo obiettivo sono stati raccolti documenti, dati e review sul tema, materiale normativo per la costruzione di un quadro generale di riferimento a livello europeo e nazionale. Sono inoltre state definite le condizioni al contorno del progetto di architettura flessibile e le linee teoriche più recenti o considerate rilevanti ai fini della disamina.

La fase analitica interpretativa si propone di verificare l'efficacia dei metodi e delle soluzioni tecnologiche individuate nelle fasi precedenti nello scenario attuale, per estrapolare una riflessione critica dalla selezione di casi-studio rilevati nell'ambito dell'evoluzione del progresso tecnologico. Il metodo di analisi tiene conto delle condizioni di possibilità del progetto e delle sue conseguenze sull'esistente, comprese le condizioni sociali ed economiche, il naturale e il geografico, antropologico e culturale. Questa fase pertanto si propone di valutare la variazione del progetto dalla sua concezione alla manutenzione e (ove presente) alla trasformazione nel tempo, ai fini della sua possibile descrizione obiettiva. In questa fase, ogni caso studio costituirà un modello, analizzato attraverso l'Identificazione e la sistematizzazione dei suoi requisiti e delle sue componenti. In particolare, ci si concentrerà su parametri qualitativa dei casi studio come indagine empirica condotta per analizzare fenomeni contemporanei.

Ai fini dell'analisi verranno identificate le criticità maggiori di ogni progetto e le relative soluzioni proposte, analizzate attraverso la sintesi e la sistematizzazione dei requisiti ritenuti pertinenti all'ambito della flessibilità. Selezione e analisi critica di casi studio rilevanti nell'ambito dell'evoluzione del progresso tecnologico. In questa fase, ogni caso studio costituirà un modello, analizzato attraverso l'Identificazione e la sistematizzazione dei suoi requisiti e delle sue componenti. In particolare, ci si concentrerà su parametri qualitativi dei casi studio come indagine empirica.

3. Risultati Attesi

Alla fine della fase **preliminare conoscitiva** si intende determinare il problema di ricerca e le principali sfide caratterizzanti il tema della flessibilità e delle sue applicazioni, attraverso la costruzione di un **quadro storico-critico** che evidenzia i principali approcci progettuali in base al loro contesto storico, politico e sociale. Questa fase fornirà l'output per determinare e comprendere, in una visione generale, cosa sia e come sia stato messo in pratica il concetto di flessibilità applicato all'architettura, in modo da avere una chiave di interpretazione e di comprensione per le linee di ricerca contemporanee nelle fasi successive della ricerca. Sarà inoltre importante fornire delle definizioni del termine attraverso un'**indagine tassonomica** delle varie specifiche declinazioni e di come vengono individuati e trattati nella letteratura scientifica i termini flessibilità, sostenibilità e durabilità, considerati centrali ai fini della trattazione. Questa fase intende ricostruire lo stato dell'arte sul concetto di flessibilità e le sue lacune. Intende inoltre chiarire quale sia la posizione dell'autore e cosa vogliono dire, ai fini della disamina di ricerca, i suddetti termini in modo da fornire un punto di vista univoco e personale nell'individuazione delle problematiche e dei casi studio.

Nella **fase istruttoria**, si intende analizzare e comprendere le linee di ricerca contemporanee ritenute più innovative rispetto al quadro già delineato nella prima fase, quali siano gli sviluppi e i problemi più sfidanti della contemporaneità, andare a definire in modo sintetico-critico lo scenario attuale in cui il progetto flessibile può e deve operare a livello sociale, normativo, tecnologico e ambientale. **La fase analitica interpretativa** si propone di verificare le linee di ricerca individuate e i progetti considerati più innovativi, in modo da estrapolare un quadro di sintesi con variabili di approccio ed effetti correlati in relazione allo scenario attuale e alle sue variabili. In particolare i casi studio serviranno ad estrapolare le **strategie più frequenti e le relative soluzioni tecnologiche associate**, in modo da definire un modello teorico valido per lo sviluppo di progetti più flessibili, anche in ambito di sostenibilità e durabilità.

4. Destinatari

concetto di flessibilità e le sue lacune. Intende inoltre chiarire quale sia la posizione dell'autore e cosa vogliano dire, ai fini della disamina di ricerca, i suddetti termini in modo da fornire un punto di vista univoco e personale nell'individuazione delle problematiche e dei casi studio. Nella fase analitica interpretativa, si intende analizzare e **comprendere le linee di ricerca contemporanee ritenute più innovative** rispetto al quadro già delineato nella prima fase, quali siano gli sviluppi e i **problemi più sfidanti della contemporaneità**, andare a definire in modo sintetico-critico lo scenario attuale in cui il progetto flessibile può e deve operare a livello sociale, normativo, tecnologico e ambientale. La fase applicativa si propone di verificare le linee di ricerca individuate e i progetti considerati più innovativi, in modo da estrapolare un quadro di sintesi con variabili di approccio ed **effetti correlati in relazione allo scenario attuale e alle sue variabili**.

ABSTRACT (INGLESE)

The following chapter is intended to be a story about the concept of Flexibility and its evolution over time, starting from the 20th century up to High-Tech architecture. The analysis deals with projects and processes in a critical way, trying to reconstruct a complete theoretical framework, which achieves the objectives set by the research. Specifically, the thread that guides the chapter is the vision that each project is the fruit of the political thought and technological culture of its time. The analysis that is carried out on flexible architecture deals with the overall characteristics of the architectures and their link with the context. The study focused on the elements of definition and qualification of the strategies and design approaches with which the concept of flexibility is manifested.

CAPITOLO 1 FLESSIBILITA': UN RACCONTO STORICO

ABSTRACT

Il seguente capitolo vuole essere un racconto sul concetto di Flessibilità e la sua evoluzione nel tempo, a partire dal XX secolo fino all'architettura High-Tech. La disamina affronta progetti e processi in modo critico, cercando di ricostruire un quadro teorico completo, che raggiunga gli obiettivi posti dalla ricerca. Nello specifico il filo conduttore che guida il capitolo è la visione che ogni progetto sia il frutto del pensiero politico e della cultura tecnologica del suo tempo. L'analisi che viene svolta sull'architettura flessibile si occupa dei caratteri d'insieme delle architetture e del loro legame con il contesto. Lo studio si è concentrato sugli elementi di definizione e di qualificazione delle strategie e degli approcci progettuali con quali si manifesta il concetto di flessibilità.

1.1 FLESSIBILITA': PRINCIPI INTRODUTTIVI

Gli spazi flessibili ovvero spazi in grado di modificarsi e di adattarsi alle attuali risorse, attirano un crescente interesse da parte dei progettisti e dei ricercatori. Spazi che, influenzati da diverse circostanze, possono essere adattati senza perdere le loro qualità intrinseche, restando fedeli a sé stessi e diventando non solo più sostenibili, ma anche più democratici¹ (Hertzberger, 2014). Questo perché uno spazio flessibile si adatta meglio nel tempo alle esigenze del singolo come della collettività, preserva l'identità dei luoghi, risponde al cambiamento a costi più bassi e riducendo il consumo di materiale. Dal punto di vista della sostenibilità consuma meno risorse, energia e costituisce una perturbazione minima per l'ambiente: "l'adattabilità è la capacità intrinseca di adattarsi ai cambiamenti soddisfacendo i diversi usi, consentendo varie configurazioni spaziali e funzionali e aggiornando le tecnologie senza richiedere interruzioni significative dell'edificio, le attività in corso e l'ambiente."² (Kronenburg, 2007) Essa si basa sul principio che le varie componenti di una struttura possano essere interpretate dagli utenti stessi, generando opportunità di variare le funzioni all'interno dell'edificio senza alterare la qualità degli ambienti e ottimizzandone l'uso durante il suo ciclo di vita. Dal punto di vista sociale questo stabilisce una forte connessione tra lo spazio e l'utente, cui viene proposta una situazione dinamica ed espressiva che si evolve nel tempo, senza danneggiare le relazioni di vicinato o compromettere le generazioni future, di conseguenza consente di mantenere una coerenza con le tendenze sociali e culturali e quindi di preservare l'identità del luogo e le sue specificità. Dal punto di vista etimologico il termine flessibilità allude alla capacità di far fronte a differenti soluzioni fisiche e meccaniche³. (Groak, 1992). Infatti il termine flessibilità deriva dal latino [*flexibilitas, -atis*] e nel suo significato originario si accosta al concetto di "elasticità" in quanto capacità di resistere ad una perturbazione e tornare alla sua condizione di partenza senza sostanziali variazioni. Nell'accezione figurata invece, allude alla sua inclinazione a "variare, a modificarsi, ad adattarsi a

1. Hertzberger H., (2014). Architecture and Structuralism: The Ordering of Space, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam

2. Kronenburg R., (2007). Flexible: Architecture that Responds to Change, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain.

3. Groak S., (1992). The Idea of Building, London, E&FN Spon, p. 154.

4. Kronenburg R, (2007). *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain.

5. Fiore C., (2018). *Accogliere il cambiamento: la flessibilità in architettura*, Articolo IFAU '18 - International Forum on Architecture and Urbanism, Pescara

situazioni o condizioni avverse". Per il suo potenziale dinamico e trasformista, da sempre il concetto di flessibilità appare come sfida, come chimera a cui tendere per contrastare l'incontrovertibile natura permanente e statica dell'architettura e della *"firmitas"* vitruviana. Per questo motivo, nel corso degli ultimi anni, il concetto di flessibilità è stato declinato dai progettisti come possibile risposta al continuo progresso culturale, sociale e tecnologico dei nostri tempi. Se guardiamo all'antichità e alle popolazioni nomadi lo spazio "abitato" era tale ancora prima che si definisse l'atto di costruire in modo durevole. L'abitazione tipo era concepita per essere mobile, leggera e minimale, pensata per spostarsi di luogo in luogo con facilità insieme agli abitanti e alle loro necessità: Bernard Rudolfsky nella sua ode all'architettura vernacolare la definisce come *"architettura senza architetti"*. Oggi siamo abituati a vivere lo spazio in maniera statica, lavorando e vivendo in edifici costruiti per persone (apparentemente) standardizzate, tarate su funzioni standardizzate. La logica che regola la costruzione e le leggi dell'edilizia è quella degli interessi di speculazione più che della ricerca di qualità.

L'edilizia è principalmente un'industria di produzione di massa, sebbene stia ancora lottando per ottenere i vantaggi reali della produzione di massa (esempio: efficienza nella produzione e nella consegna), con i leader del settore che fanno continuamente ipotesi sulla gamma di attività e parametri operativi con il solo obiettivo di ridurre i costi di produzione e massimizzare il guadagno⁴. (Kronenburg, 2007) è necessario un cambio di paradigma in cui il principio di efficienza non coincida più con l'economicità e l'ottimizzazione, quanto con la potenzialità di generare diversità di usi e di produrre soluzioni resilienti al mutare delle condizioni al contorno⁵. (Fiore, 2018)

Gli edifici hanno una vita lunga e complicata, durante la quale i loro parametri di utilizzo possono cambiare ampiamente. Sono per lo più costruiti su siti permanenti, ma l'ambiente che li circonda cambia in continuazione. La sfida della flessibilità nell'abitare ruota proprio intorno al cambiamento, e l'edificio deve poter accogliere principalmente tre categorie di cambiamento: la funzione degli spazi, la capacità dei sistemi tecnici e il flusso di persone e di perturbazioni ambientali⁶(Slaughter, 2001) Possiamo parlare di flessibilità attraverso la capacità dello spazio

6. Slaughter, E. (2001). *Design strategies to increase building flexibility*. *Building Research and Information* - vol. 29, n. 3: pp. 208-217.

di rispondere ad esigenze e circostanze diverse durante il tempo, e questo risultato può essere raggiunto o attraverso cambi di configurazione dal punto di vista fisico-strutturale – quindi la flessibilità dei singoli elementi strutturali fino all'autocostruzione e all'architettura modulare, oppure attraverso la capacità dello spazio di rispondere ad esigenze e circostanze funzionali diverse durante il tempo – la flessibilità funzionale-programmatica.

1.2 “ARCHITECTURE WITHOUT ARCHITECTS”: l’abitare flessibile

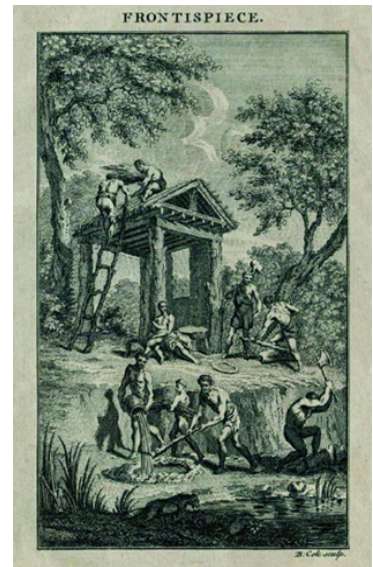
7. C. De Carli, Ricerca in architettura, s.d., pubblicata con altri scritti nel 1968, e ora in G. Ottolini (a cura di), (1997). Carlo De Carli e lo spazio primario, Quaderni del Dipartimento di Progettazione dell’Architettura del Politecnico di Milano, Laterza, Roma-Bari

8. R. Kronenburg (2007), Flexible: Architecture That Responds to Change, Laurence King Pub; London

L’architettura è un sistema in cui più elementi si compongono per definire un luogo aperto all’accoglienza dell’attività umana. La forma dell’architettura è definita dunque dallo spazio, dai margini e dalle attrezzature di cui l’uomo ha bisogno. Identifichiamo la spazialità come prima caratteristica dell’architettura: questa esiste nel momento in cui circoscrive un luogo, poiché lo spazio dell’architettura è uno spazio interno, circoscritto da margini, costruiti o naturali. Questo concetto può valere alla scala urbana o a quella domestica: “uno spazio può essere definito da pavimenti e soffitti così come dal piano di calpestio della terra e dal cielo che la sovrasta. Lo spazio dell’architettura acquisisce un senso nel momento in cui è praticabile, ovvero è capace di accogliere la persona.”⁷ Carlo De Carli definisce molto chiaramente l’idea dello spazio primario. Possiamo dire che il senso del luogo e dello spazio, nell’essere umano, arriva prima dello stesso atto di costruire. Il filosofo tedesco Martin Heidegger lo descrive con tre parole “costruire, abitare pensare”. Fin dall’alba della preistoria l’uomo si è adattato ad un’esistenza nomade in cui si doveva necessariamente muovere con il cambiare delle stagioni, delle condizioni climatiche, dell’esaurirsi delle risorse, trasportando strumenti mobili, leggeri e multiuso (incluso lo stesso edificio).⁸ (R. Kronenburg, 2007). Nella sua introduzione al suo libro A. Stocchetti osserva: “Parlare di architettura vuol dire parlare di spazi: gli spazi in cui l’uomo vive tutti i giorni, e gli anni che gli è concesso vivere sulla terra con tutte le sue battaglie, angosce, piaceri, soddisfazioni, dolori, paure, felicità”. Spazi ricavati e costruiti in quel più grande spazio, comune a tutta l’umanità, che è lo spazio terrestre, ricco di tutte le meravigliose risorse necessarie alla vita. Ed ogni spazio che l’uomo organizza lo rapporta alla sua misura. “Spazi a misura umana”, dunque, nel senso che l’uomo vi si deve sentire a suo agio, sia per abitare che per lavorare, divertirsi, studiare, curarsi ecc”.

R. Kronenburg invece sceglie, nell’ambito dell’architettura non progettata, di iniziare il suo racconto sulla flessibilità in

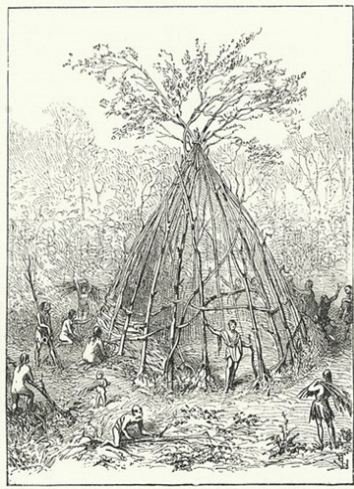
architettura con un viaggio in treno: nel suo interrail per l'Europa infatti i vagoni diventano una sorta di casa temporanea per i passeggeri, luoghi di condivisione dove trascorrere il tempo del viaggio insieme ma anche momenti di quotidianità. Uno spunto per ripensare all'architettura come a qualcosa di temporaneo e flessibile, che si adatta alle esigenze e ai tempi del momento. La flessibilità si declina secondo tre diversi aspetti: La "Mobilità" – ovvero la capacità di effettuare rapidi cambi di spazio su una base istantanea virtuale di riconfigurazione giorno per giorno; L'"Evoluzione" ovvero una capacità insita nel progetto di prevedere modifiche nel lungo termine, ed "Elasticità", ovvero l'espansione o contrazione dello spazio abitabile. Nell'architettura primordiale schemi e associazioni naturali mettevano in relazione l'ambiente e l'uomo, che costruiva con i materiali locali per proteggersi dalle avversità. Dalla lavorazione dei materiali e dall'osservazione dell'ambiente naturale derivano tre forme archetipiche *"...ossia le caverne (che la natura aveva messo a disposizione dell'uomo e che l'uomo aveva imitato scavando la roccia), i ripari realizzati in argilla; le capanne (che riproducevano la struttura ramificata degli alberi); e le tende (originate dalla consuetudine di giacere a terra coprendosi con pelli o pellicce di animali)* il lettore è spinto a considerare queste "evoluzioni" dei "prototipi naturali", come i modelli archetipici di tutte le successive forme architettoniche"⁹ Possiamo considerare le tende e le capanne la primordiale forma di architettura documentata sulla terra.¹⁰ (Schmidt et al.; 2016) La forma primordiale della capanna può essere scomposta in due componenti: rami (supporto, struttura) e foglie (protezione, pelle). Quatremere de Quincy (1788) classifica due altri archetipi: la grotta (cacciatori, egiziani) e la tenda (pastori, cinesi) - Fletcher (1946) osserva che tutti e tre gli archetipi sono un unico spazio in cui si svolgono una varietà di attività (nutrirsi, dormire, rilassarsi, "lavorare"), mentre Leupen (2006) aggiunge la distinzione che la capanna e la tenda sono essenzialmente la stessa, composta da due elementi separabili: struttura e pelle, contrariamente alla grotta che è monolitica. Il teepee, la tenda dei nativi americani, è nato in risposta alla necessità di fornire rapidamente un ristoro per le culture nomadi che si spostavano grazie all'introduzione del cavallo nelle loro culture. La struttura del Teepee è quella che distingue Leupen, in cui poli di compressione creano una forma conica nella quale il tessuto funge da membrana non strutturale.



Abitazione umana primitiva. Illustrazione per Weltgeschichte Für Das Volk di Otto von Corvin e Wilhelm Held (Verlag und Druck von Otto Spamer, 1880).

9. Weston R., (2003). Materiali e forme in architettura, Logos, Modena p. 12.

10. Schmidt III, Robert; Austin, Simon. (2016) Adaptable Architecture. (p.12) Taylor and Francis. Edizione del Kindle.



Disegno originale di Eugene
Emmanuel Viollet-le-Duc, (1814)

11. Christopher Alexander (Vienna, 4 ottobre 1936) è un architetto e teorico austriaco, con una cattedra alla UC Berkeley, Università della California. I suoi studi riguardano un nuovo approccio teorico all'architettura, che verrà approfondito nei capitoli successivi.

12. Alexander C., Ishiwaka S., Silverstein M., Jacobson M., Fiksdahl-King I., e Angel S. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, Oxford University Press, New York

Questo prova che il senso del luogo non deve essere necessariamente identificato con costruzioni fisse e immobili: ogni specie vivente costruisce il proprio habitat in modo da renderlo conforme ai suoi bisogni. La specie umana si è evoluta così come le abitazioni di cui aveva bisogno, accettando il cambiamento come costante e lasciando posto alla flessibilità in architettura: ovvero alla adattabilità, mobilità, capacità di trasformazione e interconnessione. Potremmo definire l'architettura vernacolare, anticipando il racconto storico, la cosiddetta "architecture without architects": ovvero la grammatica di base da cui poi abbiamo scelto di tramandare conoscenze su come mantenere un edificio nel tempo, come costruirlo, come demolirlo. Christopher Alexander ¹¹ parla infatti di "linguaggio modello", ovvero del mezzo attraverso cui progettiamo gli edifici: "Al centro [...] c'è l'idea che le persone dovrebbero progettare le loro case, strade e comunità. Questa idea [...] nasce dall'osservazione che la maggior parte dei posti meravigliosi del mondo non sono stati realizzati da architetti, ma dalle persone."¹² (et al., 1977) Eliminando dunque dall'architettura tutti quegli elementi che ne hanno reso un paradigma "fisso", una risposta standard ai bisogni primari dell'uomo, è in realtà la natura nomade dell'uomo, che si adatta esso stesso al luogo dove decide di stabilirsi e che da sempre ha costruito il suo habitat basandosi sugli elementi del paesaggio e della natura che lo circondava. L'architettura flessibile, e quindi quella che risponde in modo agile e veloce al cambiamento si rivela risolutiva per molti problemi dell'architettura, risponde in modo migliore delle strutture convenzionali e si adatta nel tempo. Inoltre rimane più a lungo in uso, si plasma sulle esigenze degli utenti e trae prontamente vantaggio dalle nuove tecnologie.

1.2.1. L'architettura della tradizione

Capanne di fango, paglia e tende di pelli di animali costituivano i primordiali materiali da costruzione, con l'uso della pietra si aprono invece nuove possibilità per l'architettura delle prime civiltà greca ed egiziana. Tuttavia, l'utilizzo di tali materiali e di "forme semplici" stabiliscono un limite dimensionale (campate brevi e spazi minimi) e costruttivo non indifferente. Quando le prime civiltà cominciano a crescere, l'architettura si sviluppa

e si diversifica, trovando nuove forme in templi, sale di mercato, anfiteatri e abitazioni modulari. Mentre la differenziazione delle funzioni incentiva forme costruttive uniche, gli elementi costruttivi che le compongono rimangono relativamente semplici, ripetitivi e discreti. Come sostengono Schmidt et al., nel loro saggio sull'architettura Adattabile, durante questo primo periodo le funzioni costruttive rimangono statiche e lo saranno per molte generazioni.¹³ (Schmidt III et. Al., 2016). I mattoni cotti al forno consentono alle civiltà Mesopotamiche nel 3000 a.C. di costruire archi con campate fino a 15 m¹⁴ e questo sistema di posa dei mattoni nelle volte e nelle cupole continua ad essere usato fino ai romani, che con i loro progressi sono in grado di realizzare grandi strutture grazie all'uso del calcestruzzo pozzolanico. Nel 118-128 d.C., costruiscono il Pantheon come un emisfero perfetto: 43,2 metri di diametro, esattamente l'altezza della cupola nel suo punto più alto.

Alcune forme archetipiche tradizionali sono "durabili" per antonomasia e si rivelano, anche nella nostra società contemporanea, simbolo di durabilità, talvolta dimostrandosi più flessibili delle moderne architetture. Hertzberger le definisce "polivalenti" mentre Andrew Rabeneck, David Sheppard e Peter Town dimostrano che molte forme abitative tradizionali sono state progettate per essere spazi flessibili nell'articolo "*Flessibilità/Adattabilità*".¹⁵ Nel loro articolo classificano le tipologie spaziali secondo tre schemi che si ripetono nel corso della storia. Ogni tipo da loro dedotto ha uno spazio centrale senza funzioni fisse. È il caso ad esempio delle case a corte mediterranee e mesopotamiche, nelle quali il cortile aperto funge da spazio polivalente come zona giorno e circolazione generale, circondata dai diversi ambienti.

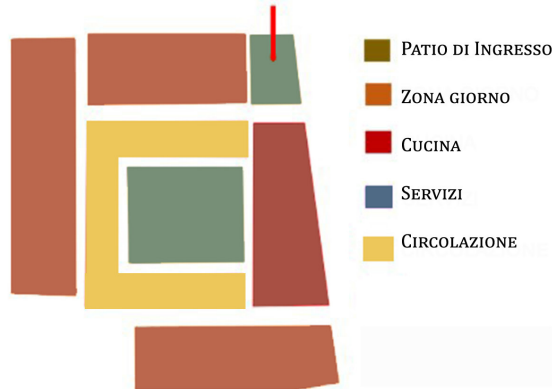
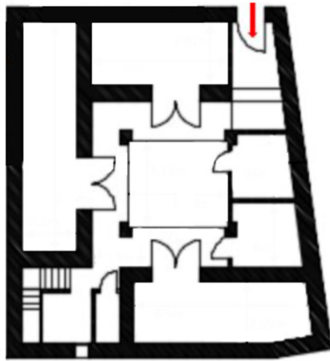
13. Schmidt III, Robert; Austin, Simon, (2016). *Adaptable Architecture*. Taylor and Francis. Edizione del Kindle. p 12

14. Ibidem.

15. Rabeneck A., Sheppard D., Town P., (1974). *Flexibility/ Adaptability. Architectural Design*, Feb., 76-90.

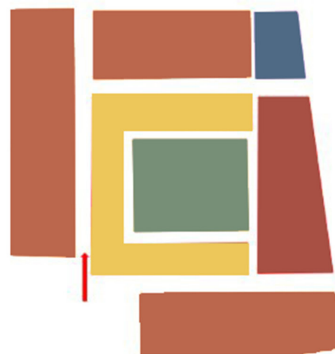
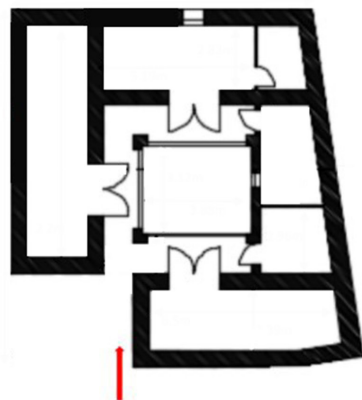
PIANTA PRIMO PIANO

PIANO TERRA



PIANTA PRIMO PIANO

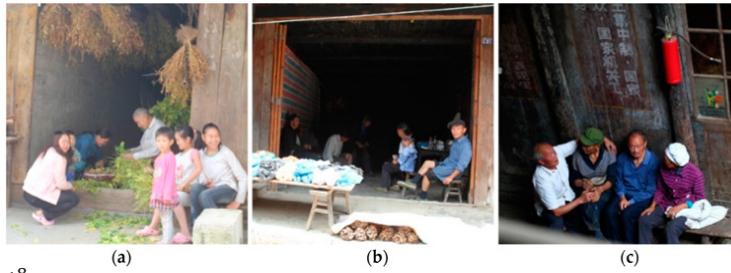
PRIMO PIANO



16. Analisi funzionale di un'abitazione tipo Mediterranea con patio centrale, nella fattispecie un'abitazione di Féz, in Marocco.

17. Rabeneck A., Sheppard D., Town P., (1974). *Flexibility/ Adaptability*. *Architectural Design*, Feb., 76-90.

Secondo Rabeneck (1974) Questo tipo di spazio è il più utilizzato come spazio flessibile nel corso della storia umana.¹⁷ In generale, le tipologie che prevedono in pianta un'organizzazione attorno ad uno spazio centrale, è tale da consentire la più ampia gamma di interpretazioni possibili. La predeterminazione minima in fase progettuale si traduce in ambiguità, e quindi più libertà di scelta per gli occupanti. Tuttavia la varietà di attività consentite in questo spazio aperto centrale è limitata, il che può spiegare perché questo tipo di flessibilità può funzionare meglio in case o appartamenti privati piuttosto che in qualsiasi edificio pubblico.



18

Un altro modello tradizionale molto citato nella letteratura scientifica è quello dell'architettura tradizionale giapponese. Il Giappone ha sviluppato in modo innovativo il concetto di casa, per rispondere alla grande richiesta di spazio¹⁹(Sinclair, 2015). Le case familiari erano basate sul modo di vivere e sulla cultura giapponesi, e dunque l'adattabilità funzionale costituiva il fulcro della loro progettazione (Jeremy Till & Tatjana Schneider, 2007). L'architettura giapponese in legno è un sistema architettonico completo in cui l'espansione, la riorganizzazione spaziale, la rimozione e la ricostruzione degli edifici è possibile al variare degli stili di vita²⁰. Questo è possibile perché a livello progettuale non c'è una gerarchia tra gli spazi: funzionalmente lo spazio è uno, ripetibile secondo alcuni schemi geometrici e modificabile a seconda di chi lo abita. Gli edifici domestici sono infatti costruiti utilizzando un telaio principale portante, costituito da elementi in legno posizionati secondo i requisiti strutturali del tetto e delle pareti. Un telaio secondario di travi in legno viene quindi costruito in base alle esigenze di spazio degli occupanti. Questo telaio secondario può essere smontato e rimodellato per adattarsi ai cambiamenti nelle esigenze degli occupanti, senza intaccare la struttura primaria e senza lo spreco di materiali da costruzione che altre tecniche producono.²¹ Un esempio di questo è la tipica casa del proprietario terriero del periodo feudale, di cui troviamo esempio nel caso della Nagatomi House costruita all'inizio del XIX secolo a Ibogawa, nella prefettura di Hyogo, in Giappone.²² In questo modello di costruzione, ogni stanza ha la stessa qualità e definizione spaziale e genera di volta in volta una diversa distribuzione delle funzioni. Inoltre, non c'è circolazione intesa come spazio servente. Non esiste una nozione fissa di spazio distributivo in questo tipo di casa poiché la distribuzione avviene in modi differenti a seconda di come si sceglie di disporre gli ambienti. In questa tipologia di pianta è possibile suddividere il "rettangolo"

Abitazione a corte in legno vernacolare, situata nel sud-est di Chongqing, Cina. Nella foto, diverse attività quotidiane che si svolgono nello stesso spazio centrale semi-aperto: (a) lavoro agricolo, (b) vendita al dettaglio all'aperto e (c) socializzazione.

18. Fonte : Hao, S., Yu, C., Xu, Y., & Song, Y. (2019). *The Effects of Courtyards on the Thermal Performance of a Vernacular House in a Hot-Summer and Cold-Winter Climate. Energies*, 12(6), 1042. doi:10.3390/en12061042 p.7

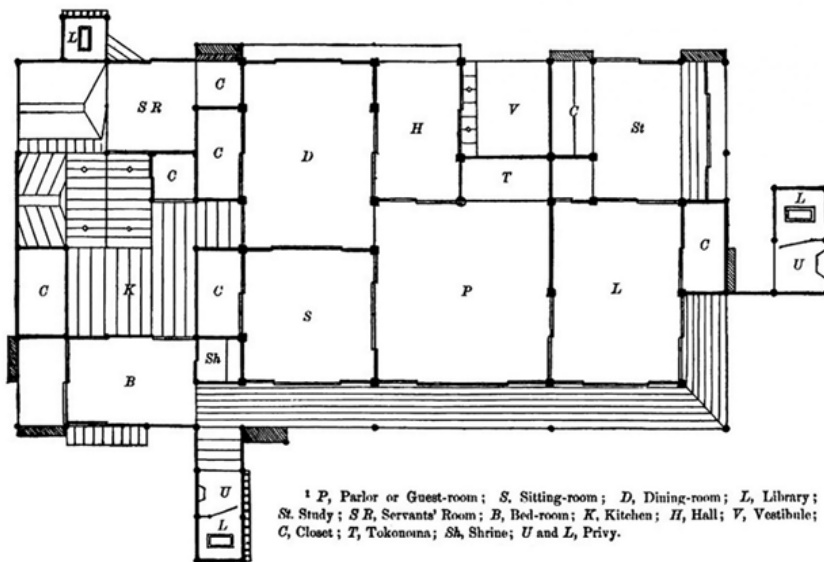
19. Brian R. Sinclair et al., (2012). *Agility, Adaptability + Appropriateness: Conceiving, Crafting & Constructing an Architecture of the 21st Century. Enquiry – The ARCC Journal of Architectural Research*, 9(1), pp. 35-43

20. Kikutake K., (1995). *On the Notion of Replaceability*, *World Architecture*, vol. 33, pp 26-27

21. Itoh T., (1973). *Traditional Domestic Architecture of Japan, Weatherhill/ Heibonsha*, New York p.43

22. Itoh T., (1967). *The Essential Japanese House: Craftmanship, Function, and Style in Town and Country*. Tokyo: John Weatherhill, New York and London: Harper & Row, Publisher, INC p. 100

principale in rettangoli sempre più piccoli, rendendo possibile un numero elevatissimo di combinazioni. Allo scopo di effettuare queste suddivisioni veniva utilizzato un sistema modulare ante litteram, e cioè lo spazio tra le colonne veniva ampliato o suddiviso utilizzando il modulo del "tatami": Il tatami è una spessa stuoia di paglia ricoperta di canne lisce finemente intrecciate e legate con bande semplici o decorative che veniva usata come rivestimento per pavimenti. Il tatami aveva delle misure standard di circa 0,9 x 0,18 metri, ma essendo uno strumento tradizionale e artigianale, variava nelle dimensioni effettive a seconda della regione.²³



Schema tipologico della casa giapponese fonte: *Hidden Architecture Journal*

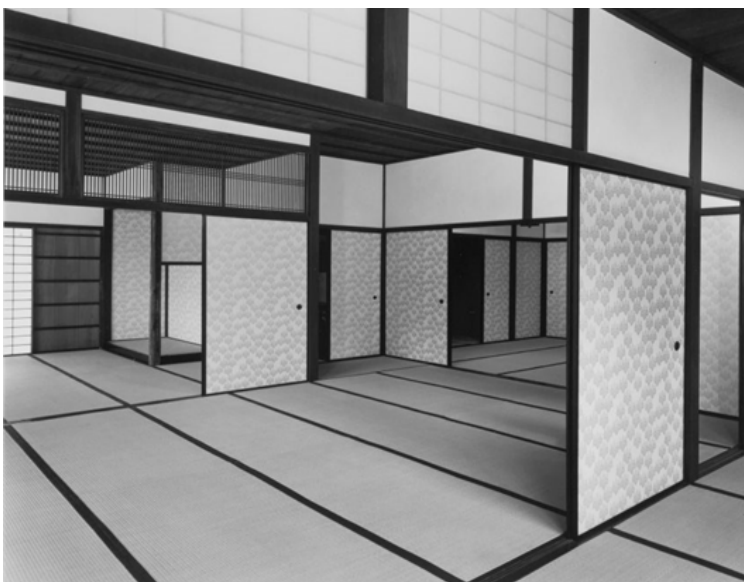
Seguendo questa logica distributiva, qualunque ambiente poteva essere all'occorrenza una stanza e uno spazio di circolazione. Questo era possibile anche grazie alle partizioni mobili, gli "Shoji" ovvero pannelli scorrevoli fatti di carta traslucida in un telaio di legno). Nel caso dell'involucro esterno, tali pareti consentono inoltre un dialogo dinamico con il paesaggio. Le giunzioni di legno erano legate con corde conosciute come Wagoya. Nel complesso, i materiali di costruzione flessibili, le caratteristiche architettoniche interne ed esterne, l'approccio modulare alla progettazione e l'indeterminatezza della funzione della casa tradizionale giapponese hanno stabilito la sua unicità ed efficienza, innovazioni

23. Till J., Schneider T., (2007). *Flexible Housing*, ed. Burlington: Elsevier Publisher

vitali e approcci di progettazione che sono ancora inclusi nelle case moderne.

Anche in questo caso, l'ambiguità spaziale genera margine d'azione per l'utente, ma le possibilità si muovono dentro un numero limitato di funzioni legate alle attività private e domestiche, sebbene ci siano tentativi moderni di realizzare edifici pubblici su scale diverse con gli stessi principi: questo modello di flessibilità è stato infatti riproposto in alcuni lavori di SANAA²⁴ come il progetto De Kunstlinie Theater and Cultural Center ad Almere (2007). Il progetto è per un centro culturale multifunzionale, ed è composto da un basamento orizzontale di 100 x 100 metri, suddiviso in una serie di geometrie rettangolari di diverse dimensioni, disposte secondo una maglia ortogonale. Oltre alla base orizzontale, quattro volumi ospitano gli spazi più funzionalizzati del programma come il grande teatro, due auditorium con uffici e studi di registrazione. Il restante spazio è invece più "libero", legato allo sviluppo delle attività artistiche. I cortili che illuminano e ventilano questa base creano una serie di ambienti flessibili e collegati senza gerarchie, per assecondare diversi scenari.

24. SANAA è uno studio di architettura con sede a Tokyo, Giappone, fondato nel 1995 da Kazuyo Sejima e Ryūe Nishizawa.

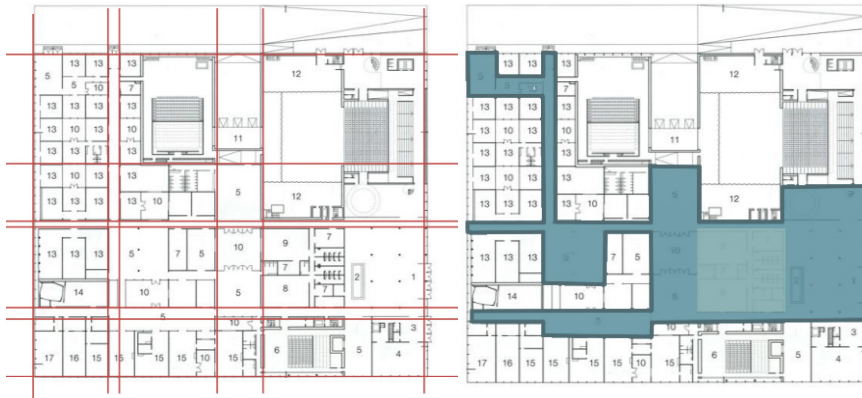


*Katsura Imperial Villa 1981-82
Fonte: Hidden Architecture Journal*



Teatro e centro culturale Sanaa ad Almere
fonte: Alamy

Sebbene la maggior parte delle funzioni siano differenziate ed assegnate in base alla dimensione degli ambienti, non sono permanenti. Per esempio stanze lunghe e strette sono spesso utilizzate come corridoi ma questi non sono progettati come veri e propri corridoi. Seguendo questo schema secondo Sejima, "si possono utilizzare i rettangoli creati suddividendo la pianta rettangolare nella sua interezza, e assegnare ad un rettangolo la funzione di stanza e la funzione di corridoio o cortile. Qualsiasi numero di combinazioni è possibile con questo piano. Ecco perché è flessibile: qualunque ambiente può essere una stanza in un momento e uno spazio di circolazione in un altro momento."²⁵ (Aoki, 1999)



26

25. Aoki J., (1999). *The Flexibility of Kazuo Sejima*. Japan Architect, vol.35, Autumn, 6-7.

26. Due schemi della pianta del Teatro e centro culturale progettato dallo studio Sanaa ad Almere a confronto: il primo sottolinea la maglia distributiva, il secondo evidenzia come gli stessi spazi non siano concepiti come reali spazi distributivi ma come ambienti abitabili a seconda delle necessità. Rielaborazione su fonte

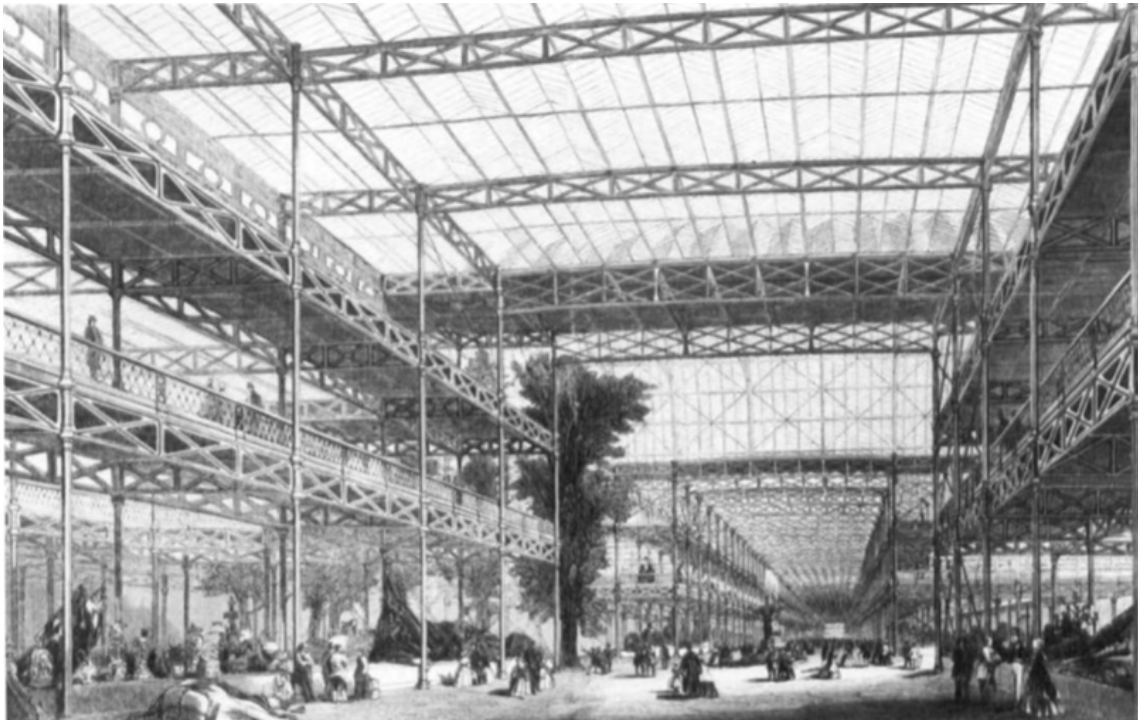
1.3 LA TECNOLOGIA A SERVIZIO DI UNA NUOVA FLESSIBILITA' – l'evoluzione industriale

1.3.1. La Seconda Rivoluzione Industriale, la tecnologia a servizio di una nuova flessibilità. L'Ottocento e la definizione del modello industriale

Nel mondo antico era normale considerare permanenti strutture imponenti come le cattedrali; artigiani e architetti contribuivano a portare avanti cantieri da trasmettere con soluzione di continuità alle maestranze future, in una staffetta che puntava ad attraversare indenne le epoche e che andava formando un'eredità fatta di balzi creativi. Con il moderno e la visione industriale si abbandona completamente l'idea dell'architettura come risultato di una stratificazione temporale, e si cerca nella razionalità economica la "creazione ex-novo", una concezione dell'attività di costruire slegata dal passato. Nella narrativa che ispira il concetto di flessibilità e come questo verrà declinato soprattutto in epoca moderna, l'architettura per l'industria costituisce un modello di flessibilità spaziale per caratteristiche geometriche, di relazione, di luce e ombra. La rivoluzione industriale prende avvio nel 1700 e si sviluppa con un processo lento, che accelera progressivamente a partire dalla seconda metà del 1800. Le condizioni base per il suo sviluppo sono legate all'aumento del benessere e alla concentrazione di capitali che si avvia nel corso del XVIII secolo, quando si verifica in tutta Europa e in particolar modo in Inghilterra un consistente aumento demografico, legato al progresso medico sanitario e alla conseguente diminuzione della mortalità, che agisce da stimolo su tutta l'attività economica. L'aumento della popolazione determina l'espansione del mercato di potenziali acquirenti di beni di consumo, quali quelli tessili, e lo studio conseguente di metodi di produzione più efficienti e di macchinari che aumentassero la produttività.

27. Averna M.; Rizzi R.; Stevan C.; (2006). *Abitare la fabbrica. Gli interni dell'architettura per la produzione*. Politecnico di Milano. Consultato il 23/03/2020 [https://www.academia.edu/39754017/Abitare_la_fabbrica_Gli_Interni_dellarchitettura_per_la_produzione]

La rivoluzione nel suo culmine determinerà la configurazione tipologica della fabbrica intesa come factory sistem, ovvero come organizzazione produttiva fondata sull'utilizzo di macchine utensili. L'organizzazione si fondava sulla compresenza di più fattori come l'utilizzo in serie di macchine artificiali alimentate da forza motrice, e da procedimenti tecnologici per la produzione di beni e servizi da immettere nella complessità del mercato, l'uso di un capitale fisso che risulta superiore a quella destinata alla remunerazione della forza lavoro; la concentrazione dei mezzi di produzione e della manodopera salariata in un unico luogo e sotto la direzione di un'unità centrale di controllo sulla base dei nuovi principi di divisione del lavoro e di razionalità economica.²⁷ Il processo di rinnovamento nelle tecnologie e nei metodi di produzione parte di abili artigiani, che conoscono approfonditamente i metodi e gli strumenti delle lavorazioni, e la sua diffusione è basata sulla copia e sull'emulazione. Anche in campo architettonico il progresso tecnologico porterà a studiare e quindi a definire quale sia un ambiente idoneo a far lavorare meglio e "di più" gli operai in fabbrica. Di particolare importanza sono gli aspetti legati al controllo delle variabili ambientali: *"le lavorazioni industriali, intensive e concentrate negli spazi, determinano non solo emissioni, ma anche temperatura e livelli di umidità eccessivi per l'uomo. Lo studio degli impianti deve essere di conseguenza particolarmente attento, così da contrastare queste tendenze e da permettere lo svolgimento delle mansioni."* (Averna, 2005) Si può dire quindi che si inizia a studiare e a definire un modello architettonico, che porterà a interrogarsi, per esempio, sul corretto rapporto dimensionale tra l'uomo e lo spazio: come in tutti gli ambienti della collettività deve esserci una proporzione tra questi due elementi, che anche nel caso di padiglioni produttivi, solitamente tesi ad accentuare una dimensione orizzontale o verticale, dia la percezione di abitabilità e fruibilità. La seconda rivoluzione industriale segna dei profondi cambiamenti nella concezione dell'edificio, legati al miglioramento dei materiali da costruzione e dall'implementazione delle nuove tecnologie in acciaio, ghisa, calcestruzzo. Anche se la ghisa era già stata utilizzata per la costruzione di edifici nel corso del Settecento, all'inizio dell'Ottocento si sviluppa grazie alla produzione dei profilati laminati.



Robert Stephenson nel 1835 è uno dei primi ad utilizzarlo nelle capriate del tetto della stazione di Euston, dove sfrutta profili con sezione a T per gli elementi portanti, ottenendo una struttura estremamente leggera. Un'altra importante innovazione in questo periodo fu l'invenzione della lamiera ondulata in ferro battuto di H. R. Palmer, nel 1829 (C. Wilkinson, 1999)²⁸, un materiale di copertura leggero, che poteva consentire un aumento della luce tra gli elementi strutturali senza la necessità di supporti secondari in legno. In questo periodo di grande fermento tecnologico, uno degli eventi più significativi è senza dubbio la grande Esposizione del 1851, di cui il Crystal Palace di Joseph Paxton è il simbolo caratterizzante.

Questo edificio, costruito quasi interamente in ghisa, legno e vetro, racchiudeva il più grande volume di spazio mai realizzato fino a quel momento, con la costruzione più leggera e la più alta tecnologia

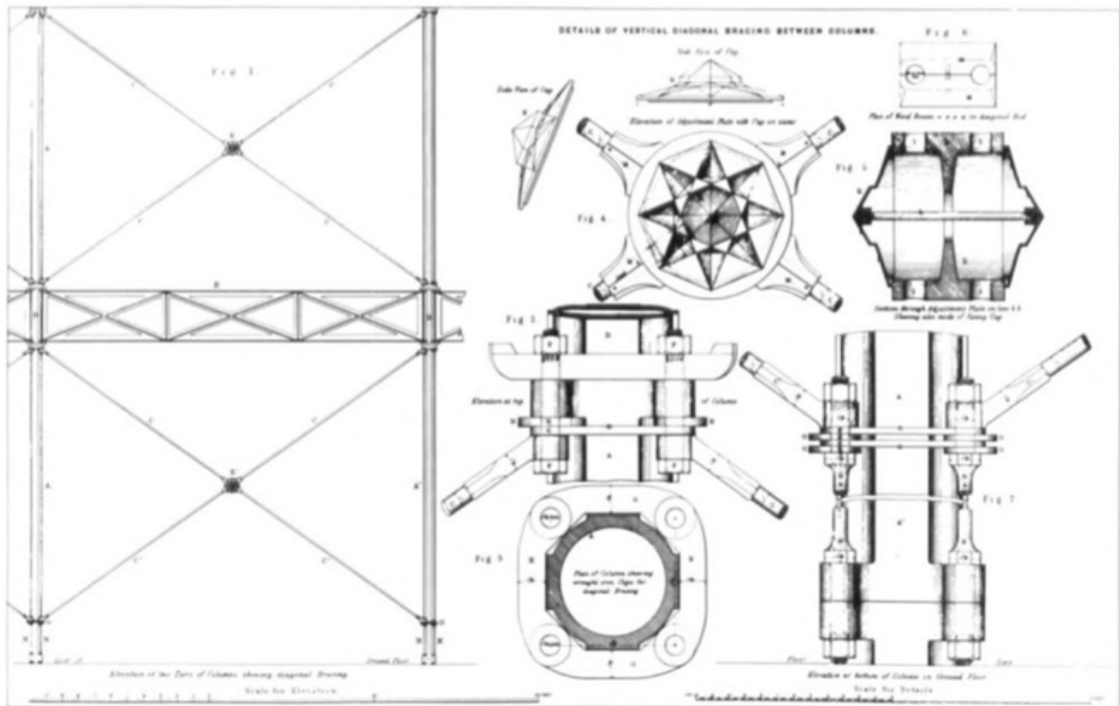
La struttura ospitò la prima Esposizione Universale nel 1851: un edificio fondamentale nella storia dell'architettura, sia per la sua scala monumentale che per le innovazioni tecniche in gioco. Tuttavia, non fu un architetto a progettarlo, ma un botanico e costruttore di serre: Joseph Paxton.

²⁸ Wilkinson C., (1999), *Supersheds: The Architecture of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth Architecture Digital Publisher, Oxford, Regno Unito. P IX

29. Ibidem

disponibile. Fu un capolavoro di ingegneria che creò un precedente per un nuovo tipo di architettura. La dimensione complessiva dell'edificio era vasta, misurava 563 x 139 metri e copriva una superficie di 7,3 ettari; le gallerie lo rendevano più di quattro volte più grande di San Pietro a Roma, che per secoli era stato l'edificio più grande del mondo. In molti modi il Crystal Palace incarnava tutte le caratteristiche essenziali di un moderno *supershed*²⁹, come la costruzione modulare, la standardizzazione, la produzione di massa, la prefabbricazione, la meccanizzazione, la costruzione leggera, l'integrazione dei sistemi, il rapido assemblaggio in loco e la smontabilità. Tutti questi aspetti erano, ovviamente, interdipendenti l'uno dall'altro. L'intero edificio è stato completato in sei mesi, cosa resa possibile solo dalla standardizzazione e dalla produzione in serie dei componenti. Joseph Paxton, il progettista, non era un architetto o un ingegnere ma progettava strutture in vetro da più di vent'anni ed era coinvolto nella progettazione ferroviaria. La genialità del progetto di Paxton non risiedeva solo a livello progettuale ma anche nel processo costruttivo, poiché era un edificio intelaiato costruito a secco, usando solo ferro, vetro e legno. Venne costruito infatti con componenti prefabbricate e assemblate a secco in loco, su un modulo di 7,3 metri. I componenti più pesanti erano le travi in ghisa lunghe 0,60 metri, nessuna delle quali pesava più di una tonnellata e poteva essere comodamente sollevata in posizione con un sistema di bozzelli e paranchi trainati da cavalli o con argano a mano. Fox e Henderson e i loro subappaltatori utilizzarono tutti i dispositivi che conoscevano per risparmiare manodopera, e lavorare per in economia e velocità.

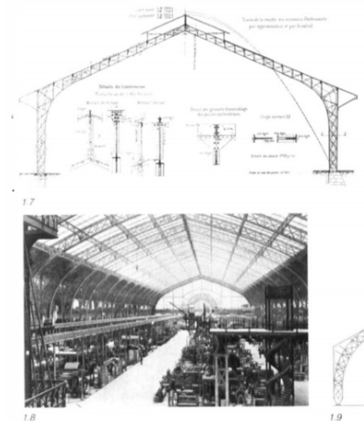
L'introduzione di questi elementi consente la costruzione di tetti in ferro e di costruzioni in ferro battuto, che ora possono finalmente essere realizzate in rapidità ed economia, dando inizio all'era dei *"supershed"*. Il rapido sviluppo delle ferrovie in tutta Europa fornisce di fatto il principale generatore di spazi di grandi dimensioni, e contemporaneamente progrediscono anche le tecnologie relative agli edifici industriali, nelle strutture vetrate, nelle sale espositive.



Contemporaneamente vengono avviati anche i processi legati alla produzione di cementi e calce artificiali, che matureranno solo nell'ultimo quarto dell'Ottocento nei paesi cosiddetti "first comers" ovvero i precursori in Europa. Ai progressi del ferro e dell'acciaio si assoceranno le proprietà dei nuovi composti artificiali come il cemento Portland, favorendo lo sviluppo, nel corso del Novecento, del calcestruzzo armato.

Dettagli costruttivi del Crystal Palace. Costruzione leggera di componenti modulari e prefabbricati in legno, ferro e vetro basata su un modulo di 7,3 m, con tre vetri per campata. Fonte: C. Wilkinson

A partire dalle prime *daylight factories*, propagandate fin dai primi anni del Novecento come icone della modernità, il cemento sarà



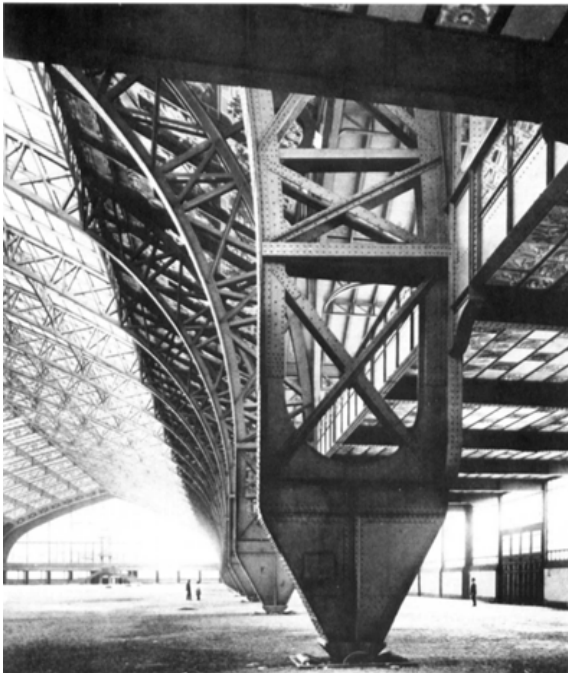
Galerie des Machines, Esposizione di Parigi 1889 dall'ingegnere Contamin assistito dall'architetto Dutert: 114 m di luce x 420 m di lunghezza x 46 m di altezza

inteso come ambito privilegiato di sperimentazione per favorire un rinnovamento del linguaggio sia formale che strutturale nell'arte del costruire e come tale diventerà una delle principali chiavi di lettura su cui poggeranno la pubblicistica e la storiografia architettonica nel corso del XX secolo.³⁰ Grazie all'apporto di teorie scientifiche e delle innovazioni tecniche, l'industria del cemento si svilupperà dalle origini che in tutto il '900, scandita in tre periodi principali che Elio Giangreco, ingegnere italiano, professore emerito di Tecnica delle costruzioni all'Università di Napoli e Accademico dei Lincei definisce "Sentimentale", "Scientifico" e "Conclusivo"³¹ Il primo, pionieristico, viene definito "sentimentale", perché segnato dalla «*intuizione di alcuni pionieri senza una particolare educazione scientifica*» e da una mentalità ancora «*legata alla carpenteria metallica*», anche se l'intuizione porta già verso realizzazioni importanti e sperimentazioni in Scozia e Francia, quali il primo fabbricato in calcestruzzo gettato in opera con profilati incorporati (Coignet, 1852), i primi solai con piastre di calcestruzzo contenenti putrelle (Ward, 1875) o ferri quadri e barre di ripartizione (Hyatt, 1878). La fase tardo-ottocentesca di questo periodo è invece di dominio quasi esclusivo della cultura politecnica franco-belga, svizzera e mitteleuropea, nella quale si inscrivono le prime esperienze di laboratorio su elementi provati fino alla rottura (da Johann Bauschinger ad Armand Considère, da Karl Wilhelm Ritter ad Emil Mörsch), i primi tentativi di calcolo (dalle teorie di Edmond Coignete Napoléon Tédesco agli studi di Paul Cristophe), l'istituzionalizzazione del primo *cours de béton armé all'École des Ponts et Chaussées* (Charles Rabut, 1897) e la stessa esposizione internazionale di Parigi (1900), con l'avvio delle prime commissioni di studio per la regolamentazione normativa del settore.³² Le realizzazioni si moltiplicano, seppure con procedimenti ancora empirici, e si va rapidamente evolvendo la sperimentazione. Sono di questo periodo il primo ponte ferroviario (Hennebique, 1894), la prima condotta forzata in cemento armato con tubo mediano in lamiera di acciaio (Bonna, 1893), la prima passerella ad arco (Hennebique, 1898) e il primo ponte ad arco (Boussiron, 1899). In occasione dell'esposizione universale del 1900 si realizzano altre applicazioni, quali coperture, scale e solai, muri di sostegno,

30. R. Parisi, (2014) Il cemento e l'architettura: storia, archeologia e ambiente, Articolo in rivista semestrale APAI «Patrimonio industriale», n. 14, 2014, Edizioni Scientifiche Italiane SPA, Napoli. pp. 26-35

31. Elio Giangreco, (1977), Costruzioni in cemento armato e precompresso, in Enciclopedia del Novecento, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma, vol. II, pp. 325-336.

32. Ibidem



33

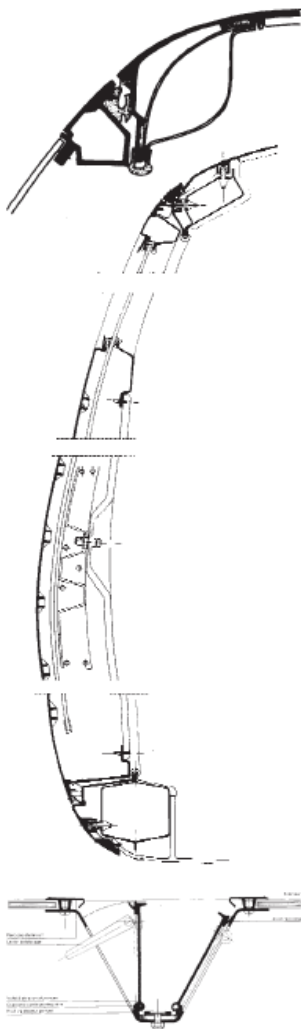
33. L'ingegnere Contamin e l'architetto Dutert costruirono la leggendaria Galerie des Machines. Questo superamento rappresenta l'evoluzione dell'esperienza costruttiva maturata nel corso del XIX secolo. Ha innovato il principio strutturale dell'arco a tre punte, ha aperto la strada all'uso dell'acciaio strutturale e le sue proporzioni massicce non sono mai state eguagliate.

34. A. Petrignani, (1980), *L'industrializzazione per l'edilizia*, Dedalo Edizioni, Bari Pp. 37-40

35. R. Parisi, (2014) *Il cemento e l'architettura: storia, archeologia e ambiente*, Articolo in rivista semestrale APAI «Patrimonio industriale», n. 14, 2014, Edizioni Scientifiche Italiane SPA, Napoli. pp. 26-35

la stessa fontana luminosa, fino al primo fabbricato interamente in cemento armato in rue Danton a Parigi (Hennebique, 1900). Garnier progetta nel 1902 una città industriale in cemento armato e i fratelli Perret nel 1903 introducono ufficialmente il cemento armato nell'architettura residenziale (rue Franklin, Parigi).³⁴ Questo periodo, non a caso, viene definito "scientifico", perché il calcestruzzo «acquista dignità di materiale strutturale e il suo comportamento elastoplastico diventa oggetto dei primi studi metodologici».³⁵ Nasce così quella teoria, ancora attuale per molti aspetti, chiamata "teoria del modulo" o "teoria convenzionale del cemento armato", che recepisce alcune ipotesi fondamentali della teoria dell'elasticità introducendone altre peculiari del nuovo materiale, sul comportamento a trazione del calcestruzzo e sulla sua aderenza all'acciaio. I regolamenti sul cemento armato cominciano ad apparire nei vari paesi, in misura tanto più progredita quanto più l'impiego di tale materiale va affermandosi: in Italia, nel 1906, viene

36. Dettagli di connessione in neoprene in auto (Rice 1995) e esempio di struttura prefabbricata (Jean Prouve 1946)



fissata una normativa per i materiali agglomeranti idraulici e per le opere in cemento armato. Come elementi di un nuovo alfabeto, i materiali compongono il linguaggio dell'architettura rivoluzionando le strategie, le prestazioni dell'edificio e la sua composizione tecnologica. Due sono le importanti novità nell'ambito della flessibilità spaziale: la prima è che le strutture si snelliscono, la luce tra le campate aumenta e questo libera lo spazio che prima era costretto in limiti dimensionali "obbligati" dai vecchi sistemi costruttivi. Le aperture con serramenti metallici raggiungono dimensioni considerevoli, permettendo il passaggio di luce e aria in grandi quantità. Questo è l'elemento che avvicina per la prima volta l'architettura al concetto di flessibilità, consentendo alla struttura di diventare più articolata e di gestire gli spazi in modo autonomo. Lo spazio tra gli elementi assume importanza soprattutto se pensiamo ai vincoli dimensionali delle singole componenti, dettati dalla produzione della prima generazione di edilizia industrializzata. il secondo è che compare il concetto di integrazione tra i sistemi, e con esso la possibilità di separare e assemblare le diverse componenti dell'edificio. A differenza del metodo tradizionale di costruzione, dove tutti gli elementi sono uniti tra di loro per formare un "unico blocco", l'edificio viene pensato e progettato come l'assemblaggio di struttura, impianti, serramenti.



1.3.2. Il XX secolo, le nuove configurazioni fisiche e le nuove forme di organizzazione del lavoro e di strutturazione urbana.

All'inizio del ventesimo secolo dunque l'architettura per l'industria inizia ad assumere un proprio carattere, a proiettare le sue innovazioni come contributi per il progresso. La stessa rivoluzione industriale cambia radicalmente, lanciata verso produzioni rapide e meno costose di oggetti familiari - in particolare l'autovettura - che avrebbe influenzato ogni aspetto della vita quotidiana individuale.

Il ritmo veloce di evoluzione dei processi obbliga le fabbriche della seconda rivoluzione industriale ad assumere caratteri di totale razionalità, a distinguersi per l'impiego intelligente delle tecniche costruttive, a sperimentare tipologie sempre più flessibili: "Per questa via, si traducono in forme e figure essenziali, sincere, prive di orpelli. In una sola parola, moderne". In *"Learning From Las Vegas"* leggiamo: "(...) del Movimento moderno, durante i suoi primi decenni e attraverso un certo numero di opere, sviluppò un vocabolario di forme basato su una varietà di modelli industriali le cui convenzioni e proporzioni non erano meno esplicite degli ordini classici del Rinascimento. Ciò che Mies fece con gli edifici lineari degli anni '40, Le Corbusier aveva fatto con i silos degli anni '20, e Gropius con il Bauhaus degli anni '30. Imitando la sua prima fabbrica, la Faguswerk del 1911. I loro edifici "industriali" erano più che "influenzati" dalle strutture vernacolari industriali dell'allora recente passato. [...] Le strutture industriali rappresentavano, per gli architetti europei, quel brave new world che era il grande ideale della Scienza e della tecnologia."³⁸ (Venturi, Scott Brown, Izenour, 1985) ei contributi critici su Casale Monferrato l'arco cronologico. Gli inizi del '900 sono l'apice di crescita dell'industria che si afferma come unico e indiscusso modello economico, imponendosi sulla società occidentale con i temi e le tensioni sociali che da esso ne derivano. Il processo produttivo si impone nella definizione spaziale e architettonica, e in questo gli stati Uniti giocano il ruolo di avanguardisti, sia in ambito industriale che architettonico definendo le aspirazioni e il modello della "fabbrica del futuro": l'obiettivo è un processo di mass-production, ovvero una progettazione moderna, basata sulla ripetizione in serie, standardizzata, che possa ovviare rapidamente alla grande necessità di alloggi.

37. Fagus-Werk Factory, Alfeld, Walter Gropius and Adolf Meyer, 1911. Fonte: Bauhaus Kooperation

38. Venturi R., Scott Brown D., Izenour, (1985) *Learning from Las Vegas: The Forgotten Symbolism of Architectural Form - Revised Edition*, MIT Press, Cambridge

37



39. H. Ford (1991), *La mia vita e la mia opera*, citato in F. Bucci, *L'architetto di Ford. Albert Kahn e il progetto della fabbrica moderna*, Città Studi Edizioni, Milano

Ci si pone il problema di adattare lo stile del moderno alle forme e agli spazi degli edifici produttivi, ma anche di aumentare la produttività stessa tramite lo sviluppo della componente impiantistica. Le condizioni insalubri degli ambienti industriali, così come gli orari di lavoro e l'eccessiva fatica sono dei fattori determinanti ed è importante che si raggiunga uno standard di comfort in modo da lavorare bene e più velocemente, incrementando la produzione. *"[...] Presupposto assoluto per l'alta capacità dell'industria come pure per la produzione dell'uomo, è una fabbrica pulita, bene illuminata e bene arieggiata. [...] In ogni nostro lavoro noi misuriamo esattamente la quantità di spazio che occorre all'operaio. Egli non deve essere ristretto, s'intende [...] Gli edifici della nostra fabbrica non sono ideati per essere parchi da passeggiarvi dentro. [...]”*¹⁰ *L'ambiente di lavoro deve permettere il regolare svolgimento delle mansioni, e in questo senso solo si definiscono le sue prestazioni: la densità delle macchine rimane alta, buona parte del lavoro viene svolta in piedi, in posizioni faticose e debilitanti.*³⁹(Ford, 1991)

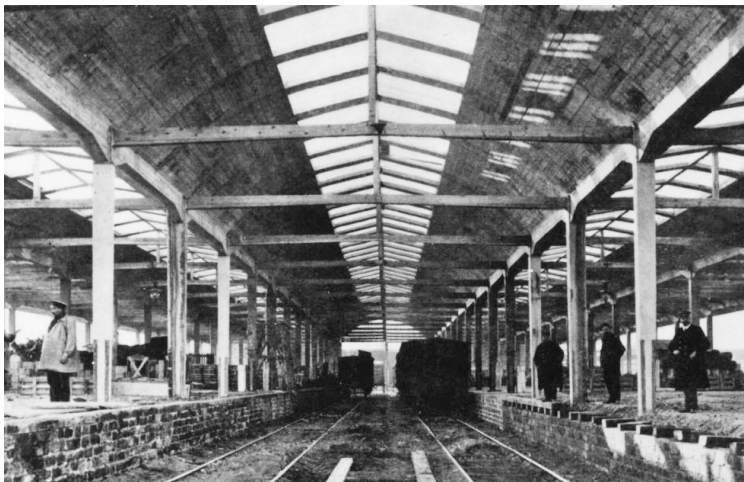
Sulla scia di un ottimismo di matrice ottocentesca, la logica del mercato e l'entusiasmo per il progresso senza conseguenze spingono a considerare le risorse naturali e umane esclusivamente per proiettarsi in un futuro di espansione indefinito, innescando i ben noti processi di inquinamento e di consumo illimitato che arrivano fino ai giorni nostri. La rete dei trasporti su ferro e sulle vie d'acqua si sviluppa, facilitata dalle nuove tecnologie, e diventa in grado di servire in modo autonomo le aree industriali. Queste diventano quindi sempre più indipendenti dal punto di vista energetico e dal centro urbano si spostano per occupare le zone periferiche e le aree di espansione delle città.

Il modello che prende piede in questi anni detta legge per caratteristiche dell'architettura industriale e moderna, permette agli architetti di rispondere in più modi alle esigenze specifiche dei diversi progetti. Le soluzioni architettoniche non sono più limitate ai materiali e alle tecniche tradizionali e i nuovi tipi di materiali e di strutture aprono la strada allo sviluppo di un nuovo linguaggio, molto diverso da quello preindustriale limitato all'uso di materiali legati alla terra. Allo stesso tempo, i processi di produzione attirano maggiore attenzione, grazie alle nuove possibilità di prefabbricazione, trasporto e assemblaggio degli elementi direttamente sul posto.

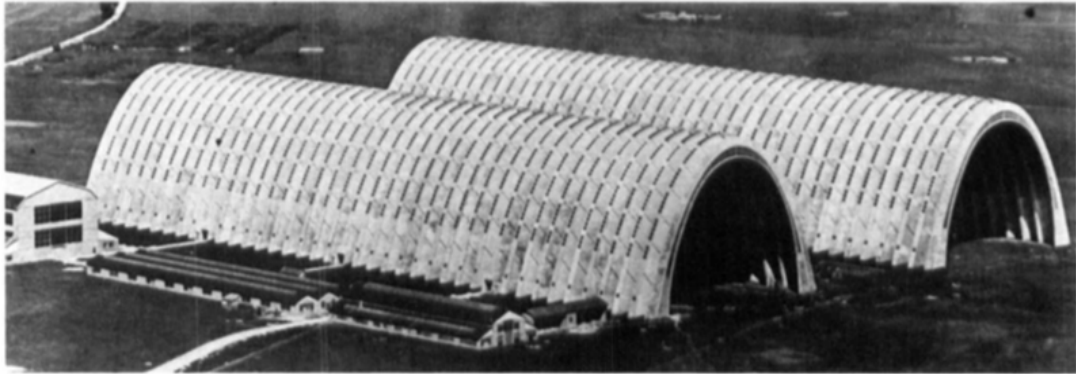
Alcune caratteristiche rimarranno pressoché intatte fino al periodo contemporaneo. I volumi sono semplici, gli elementi decorativi pochi. Il vero punto di svolta, l'innovazione fondamentale, è quella che svincola le facciate dalla loro funzione di muratura portante: esse sono scandite dal reticolo strutturale ma l'edificio ha ora uno scheletro, all'interno del quale l'architettura è libera di muoversi.

La struttura è spesso lasciata a vista, con fori circolari o rettangolari per il passaggio degli impianti. Spesso il colore o la differenza tra i materiali concorre a sottolineare la differenza fra parti portanti e portate. I tamponamenti sono realizzati con materiali leggeri, tradizionali, o innovativi come i pannelli vetrati su struttura metallica: vengono infatti sviluppate strutture flessibili e leggere che utilizzano l'acciaio ad alte prestazioni. Così come era stato per il ferro nella fase ottocentesca, la fase novecentesca è scandita da una serie di primati conseguiti nell'ambito della progettazione e della esecuzione delle «*grandi strutture*» in cemento: dalle coperture paraboliche a volta sottile progettate dall'ingegnere e imprenditore Simon Boussiron (1910) per il mercato di Bercy-Paris alle «prime applicazioni della tecnica della vibrazione meccanica» sperimentate da Eugene Freyssinet negli hangar dell'aeroporto di Orly (1924).⁴⁰

40. R. Paris, (2014). *Il cemento e l'architettura: storia, archeologia e ambiente*, Articolo in rivista semestrale APAI «Patrimonio industriale», n. 14, 2014, Edizioni Scientifiche Italiane SPA, Napoli. pp. 26-35



*Mercato di Bercy Paris (1910)-
Simon Boussiron, Fonte:
international association for shell
and spatial structures*



Hangar per dirigibili in cemento a Orly che misurano 90 m di luce x 300 m di lunghezza x 53 m di altezza e le volte in cemento in costruzione a Orly, vicino a Parigi nel 1923, progettati da Eugène Freyssinet

Con le sperimentazioni di Freyssinet si entra nel periodo che Giangreco considera «conclusivo», perché segna la definitiva affermazione del cemento armato e perché, allo stesso tempo, sancisce l'avvio delle prime esperienze "artigianali" sulla nuova tecnica del calcestruzzo precompresso, che in Italia vede come primi protagonisti *Gustavo Colonnetti, Carlo Cestelli Guidi, Franco Levi e Riccardo Morandi*, maturando pienamente solo nel corso del secondo Novecento.⁴¹ Accanto all'acciaio anche legno modellabile, fibre ottiche, plastica, fibre di carbonio o vetro ultrasofisticato, che grazie alle micro bolle d'aria incorporate forniscono più isolamento termico in pochi centimetri di quello attualmente disponibile in una dozzina di centimetri di parete convenzionale.⁴² Grazie alla prefabbricazione degli elementi, diventa possibile pensare ad unità assemblabili, divisibili, intercambiabili. Dall'industria automobilistica *Sariner* scopre il neoprene, che viene importato per risolvere il problema della connessione tra componenti indipendenti come vetro, pannelli in cemento, polimeri. Uno degli emblemi del processo di razionalizzazione, genio e innovazione del processo Taylorista è costituito dagli stabilimenti Ford di Highland Park e River Rouge, voluti da H. Ford. Questi rappresentano un modello per molti aspetti organizzativi della produzione: nei due interventi successivi di Highland Park e di River Rouge egli sperimenta due articolazioni spaziali contrapposte che saranno riprese ovunque fino alla seconda guerra mondiale.⁴³

41. R. Parisi, (2014) Il cemento e l'architettura: storia, archeologia e ambiente, Articolo in rivista semestrale APAI «Patrimonio industriale», n. 14, 2014, Edizioni Scientifiche Italiane SPA, Napoli. pp. 26-35

42. Durmisevic, E. (2006); Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction, TUDelft. Consultabile. [<http://resolver.tudelft.nl/uuid:9d2406e5-0cce-4788-8ee0-c19cbf38ea9a>]

43. F. Bucci, (1991) L'architetto di Ford. Albert Kahn e il progetto della fabbrica moderna, Milano, Città Studi Edizioni L'impianto di Highland Park, costruito fra il 1910 e il 1914, sperimenta un'organizzazione della produzione su più livelli, connessi tra loro da atri centrali a tutta altezza con illuminazione zenitale, nei quali corrono scivoli e toboga per il trasporto per gravità dei semilavorati. Questo sistema sarà più volte ripreso in Europa variando la direzione della produzione: gli stabilimenti del Lingotto, per esempio, avranno un'articolazione della produzione ascendente, con presse e fonderie al primo livello e pista di collaudo in sommità, mentre la Boots Wets Factory, di E.O. Williams, del 1927/1933 così come la fabbrica Duval di Le Corbusier, del 1946, saranno articolati dai piani alti verso quelli bassi, in modo da sfruttare la gravità nei trasporti interni.

44. Wilkinson C., (1999),
*Supersheds: The Architecture of
Long-Span, Large-Volume Buildings*,
Butterworth Architecture Digital
Publisher, Oxford, Regno Unito. p.
IX

1.3.3. Sperimentazioni e nuove configurazioni spaziali: Albert Khan

Lo sviluppo più significativo di questo secolo è segnato dall'introduzione dell'assemblaggio della linea di produzione, che ha avuto origine principalmente negli Stati Uniti per l'industria automobilistica. Il processo lineare di assemblaggio delle automobili deve essere flessibile ed espandibile: gli elementi di produzione sono legati a una spina centrale, mentre lo spazio tra gli elementi rimane libero per gli accessi e per un'eventuale espansione, che deve essere calibrata su ciascuna componente in relazione ai vincoli dettati dal sito, dal costo e dal consumo di suolo. La varietà spaziale è data inoltre dalla possibilità di separare le funzioni all'interno dello spazio, creando diversità e dinamicità, uno dei passi più importanti per il miglioramento dell'adattabilità e della trasformabilità degli edifici. In generale, nelle prime strutture industriali troviamo un potenziale di ricerca di componenti e connessioni di alto livello e sofisticazione, che non verrà forse sfruttato a pieno nelle successive generazioni di edifici industriali. Notevoli progressi furono compiuti nella progettazione di questa forma di capannone industriale da parte di Albert Kahn negli Stati Uniti e il suo lavoro attirò l'interesse dei leader del Movimento Moderno Europeo.⁴⁴ È in Nord America che si sviluppa una nuova consapevolezza e la sperimentazione sui nuovi sistemi industriali, di cui A. Khan e il suo studio associato diventano gli assoluti protagonisti, avanza a larghe falde influenzando l'intero panorama dell'architettura industriale dell'epoca e dell'intera architettura a livello europeo.

Albert Khan nasce in una piccola città vicino a Mainz, trascorre la sua infanzia a Echternach e dal 1880 si trasferisce con la sua famiglia negli Stati Uniti, a Detroit, a soli 11 anni. Anche se la sua istruzione scolastica termina con il suo trasferimento, si distingue da subito per la sua attitudine al disegno e al duro lavoro. Sostanzialmente da autodidatta, ha l'occasione di lavorare come apprendista in eccellenti studi di architettura di Detroit come quello di Mason e Rice, dove ricopre la carica di capo progettista. Nel 1895 fonda un nuovo tipo di studio di architettura riunendo sotto lo stesso tetto 400 dipendenti tra architetti e ingegneri, con il motto "Architecture is 90% business and 10% art".

Nel 1903 viene ingaggiato come architetto dalla Packard Motor Company e solo tre anni dopo realizza una straordinaria fabbrica di automobili a Buffalo per la George N. Pierce Company. Nel 1908 viene assunto da Henry Ford per costruire una nuova fabbrica a Highland Park. Costruisce oltre 2000 edifici e brevetta il suo proprio sistema costruttivo in cemento armato, Il Kahn System of Reinforced.⁴⁵ I suoi edifici erano dichiarazioni ingegneristiche semplici e chiare, che fornivano anche un aspetto visivo piacevole e qualità spaziali memorabili. A 34 anni progetta i suoi primi edifici per la Packard Motor Corporation nel 1903, e inizia la sua lunga collaborazione con l'industria automobilistica. Per molti versi questa era vista come "una fabbrica di prototipi". Mentre in Europa nello stesso periodo c'erano solo pochi esempi considerati interessanti di architettura industriale, che provenivano da figure di spicco come Behrens, Gropius e Mendelsohn, la maggior parte dei suoi progetti sono pensati come forme funzionali con una chiara espressione di scopo, struttura e materiali dell'involucro edilizio, fonte di ispirazione per tutti gli architetti europei.

45. Hildebrand G, Khan A. (2000) - *continuing the legacy*, L'arcaedizioni, Bergamo

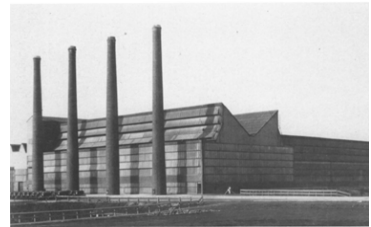
Tra i suoi numerosi e riusciti progetti, due sono quelli che anticipano alcune considerazioni spaziali di nostro interesse: Lo stabilimento Ford di Highland Park e quello di River Rouge. L'impianto di Highland Park, in costruzione dal 1920, viene inaugurato il giorno di capodanno del 1914. Nei suoi prospetti esterni più visibili sembra essere un edificio di quattro piani ma al suo centro c'è un unico grande spazio, quattro piani di altezza, all'interno del quale i semilavorati possono essere fatti cadere uno sull'altro con scivoli e toboga, utilizzando così la gravità per aiutare la catena di montaggio. Khan sperimenta dunque un'organizzazione della produzione su più livelli, connessi tra loro da atri centrali a tutta altezza con illuminazione zenitale, aprendo la pista a sistemi in Europa che cambiano in modo sostanziale direzione alla produzione, emulando l'articolazione dall'alto verso il basso in modo da sfruttare la gravità nei trasporti interni. Gli stabilimenti del Lingotto avranno per esempio presse e fonderie al primo livello e pista di collaudo in sommità, mentre la Boots Wets Factory, di E.O. Williams, del 1927/1933 così come la fabbrica Duval di Le Corbusier, del 1946, saranno articolati dai piani alti verso quelli bassi.



Ford Motor Company, Six-Story Building, 1914, Highland Park, Michigan. Fonte: IA. The Journal of the Society for Industrial Archeology, Vol. 22, No. 2 (1996), pp. 5-24

L'organizzazione su più livelli trova sede in edifici multipiano, definiti da una maglia strutturale puntiforme, le cui applicazioni, studiate in Europa da F. Hennebique, vengono approfondite negli Stati Uniti da E. Ransome. Il corpo di fabbrica di questi edifici è, generalmente, molto profondo e affianca spazi ad altezza canonica a zone centrali a tutta altezza, con copertura trasparente per consentire il passaggio di luce naturale anche in profondità. Il passaggio fondamentale è che con questo stabilimento Khan progetta per l'espansione e per il futuro, poiché entro cinque anni l'edificio si sarebbe dovuto espandere oltre i dati conosciuti dato che la produzione di automobili Ford Modello T quasi raddoppiava ogni anno. La struttura doveva essere dunque modulare ed espandibile, in grado di accogliere una capienza non definita: proprio questa caratteristica ha ispirato nel movimento moderno un filone della progettazione flessibile. L'impianto di Ford Highland Park è stato un modello di transizione nello sviluppo della fabbrica e dell'architettura moderna, e sembra aver avuto un ruolo nell'origine del Modernismo europeo. Solo dieci anni dopo la costruzione di Highland Park, Khan elabora un modello di sviluppo completamente in antitesi con quanto aveva precedentemente proposto, destinato a diventare il prototipo per l'intero mondo industrializzato: lo stabilimento di River Rouge costruito dal 1922 al 1924. Lo sviluppo della catena di produzione è prevalentemente orizzontale e prevede il moto continuo tra le diverse stazioni di lavoro, grazie all'ausilio di trasportatori esterni ed interni. Questo tipo di organizzazione, in opposizione alla struttura multilivello da lui stesso elaborata, definisce una struttura spaziale altrettanto differente: se nella tipologia a più piani gli edifici hanno una profondità consistente e affiancano veri e propri pozzi di luce, rampe ellittiche e massicce strutture nervate in calcestruzzo, nella tipologia orizzontale che potremo definire "open-space" la struttura si alleggerisce, con padiglioni ad altezza unica e una struttura portante puntiforme, concentrata in prossimità dei margini e con grande luce data dalle vetrate in facciata. Lo schema viene riproposto spesso nel contesto europeo: la fabbrica italiana per eccellenza, quella Mirafiori che nel 1939 affianca il Lingotto nella produzione Fiat, è costruita come una cittadella della produzione per parti, in cui la distanza fra i vari padiglioni è percorsa da tecnici e operai in bicicletta.

I tetti sono stati rivestiti con tegole cementizie e le pareti con vetrocamera e pannelli di amianto ad eccezione della parte inferiore che è in muratura. Questo imponente edificio è stato progettato in quattro settimane e costruito in quattordici. In questo senso ha rappresentato un progresso rispetto all'innovativo programma di costruzione di Paxton per il Crystal Palace 67 anni prima. La rivista Ford dell'epoca così descriveva l'operazione: *“Appena le fondamenta sono pronte, la sovrastruttura di acciaio e cemento e vetro si solleva; si posano i pavimenti mentre si fa il tetto e si entra nei vetri delle finestre; man mano che il piano avanza vengono installati i macchinari; in modo che quando l'ultima trave ad arco è a posto, il roofer è a portata di mano e quando viene posata l'ultima tegola, tutti i pavimenti, le piste, i nastri di montaggio, i macchinari, le luci sono a posto e il grande impianto è subito al lavoro”*⁴⁶. L'Eagle Plant era un capannone semplice che utilizzava la più recente tecnologia dell'epoca per racchiudere un grande volume di spazio in modo veloce, semplice ed economico. Fu seguito da altri due grandi edifici industriali sul sito che avevano anch'essi questa chiarezza di intenti ma che avevano, inoltre, un piacevole aspetto esteriore. Questi erano la fabbrica di vetro e le fornaci. La fabbrica di vetro di Rouge è dunque l'esempio emblematico dell'architettura industriale americana dell'epoca. L'impianto è semplice, la sezione è squisitamente progettata in base alle varie esigenze di luce e ventilazione delle linee di verniciatura, molatura e lucidatura. Questa è la macchina che tanto profondamente influenza Le Corbusier, e come lui i maggiori architetti europei: in visita a River Rouge nel 1939, egli afferma “[...] Esco dalle Officine Ford a Detroit. Architetto, sono sprofondato in una sorta di stupore [...]”: è la messa in opera della massima razionalizzazione umana finalizzata, che diventerà matrice di buona parte delle realizzazioni architettoniche del '900. Si può dire che la qualità spaziale sia senza dubbio influenzata da alcuni elementi come quello della campata, della luce e della ritmicità di quest'ultima, che rendono lo spazio più o meno riconfigurabile o ripetibile. Possiamo definire uno spazio mono-planare, e quindi sviluppato in pianta come nel caso di Khan per Highland Park e di Matté Trucco per il Lingotto di Torino, o possiamo in modo contrapposto definirlo ritmico come per l'opera di Albert Khan per Ford a River Rouge, dove gli elementi del processo sono

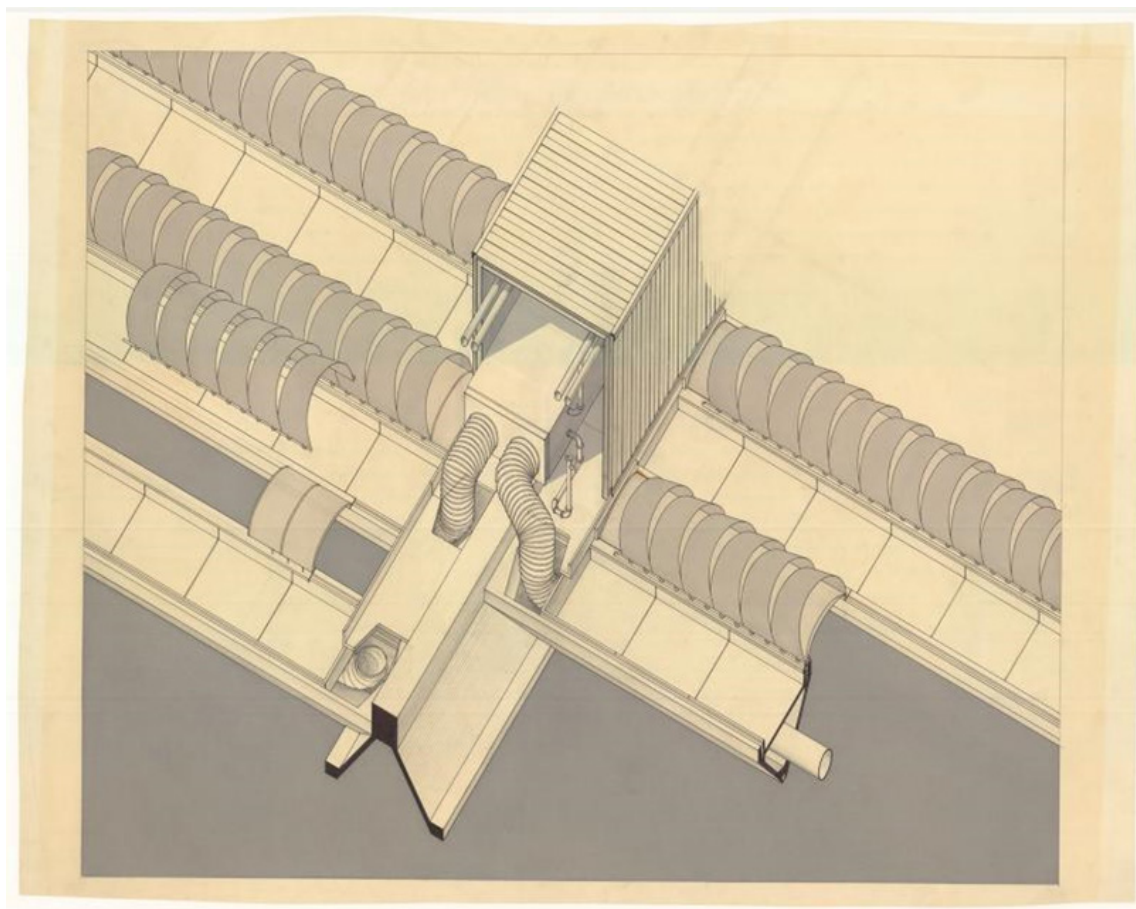


Ford Motor Company, River Rouge Plant, Dearborn, Michigan. Vista aerea del 1938 Fonte Source: IA. The Journal of the Society for Industrial Archeology, Vol. 22, No. 2 (1996), pp. 5-24

46. Wilkinson C., (1999), *Supersheds: The Architecture of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth Architecture Digital Publisher, Oxford, Regno Unito. p. 42

47. Vittoria E., Zanuso M., (1962)
*Notizie Olivetti, Paesaggio,
architettura e design*, Milano, n.76,
pp.61-68

implementabili e migliorabili. Alla campata ripetibile si può infine aggiungere la complessità dei servizi impiantistici, come nel caso di Zanuso a Vittoria per Olivetti. Questo progetto, di Marco Zanuso ed Eduardo Vittoria è un interessante esempio della vitalità della cultura progettuale italiana negli anni del dopoguerra, e dimostra elevata razionalità, flessibilità e integrazione, potenzialmente impiegabile in molteplici occasioni grazie all'intelligente abaco di pezzi prefabbricati assemblabili. Il sistema costruttivo prevedeva infatti la realizzazione di pilastri in cemento armato precompresso, sagomati in modo da ottimizzare i diversi sforzi di carico, da inserire in plinti posati in opera e dotati di cavità con perno di centraggio. Le travi avevano una sezione ad Y rovesciata e venivano appoggiate a cavallo della testa dei pilastri, con l'interposizione di cuscinetti in neoprene, materiale plastico, acciaio inossidabile e piombo in corrispondenza dei giunti di dilatazione. Le travi secondarie, a sezione a V aperta, sono successivamente appoggiate sulle selle delle travi primarie, con la giustapposizione dei cuscinetti: la loro forma cava consente l'alloggiamento delle condutture impiantistiche, che risultano così - fattore di notevole qualità progettuale - integrate direttamente nella struttura. Gli elementi di copertura - a lucernari fissi, apribili oppure opachi con soluzioni diverse a seconda dell'orientamento - completano l'involucro esterno degli edifici e sono dotati, ove necessario, di condotti per l'aspirazione di eventuali sostanze nocive impiegate nella lavorazione. Il sistema così progettato consente la realizzazione di ambienti modulari di metri 12 per 18 ad altezza costante di oltre 6, liberi da impianti; i tamponamenti esterni possono essere collocati indifferentemente rispetto alla struttura, in modo da configurare spazi porticati o aperti.⁴⁷

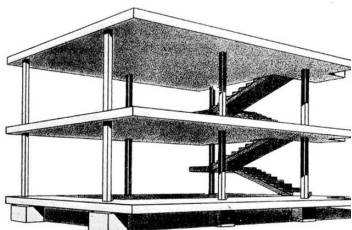


Spaccato assonometrico della copertura. (Fondo Marco Zanuso, Fondazione Archivio del Moderno)

48. Banham R., (1990), *L'Atlantide di Cemento: edifici industriali americani e architettura moderna europea, 1900-1925* G. Laterza, Roma

1.3.4 La struttura a telaio e la griglia: Le Corbusier, dalla macchina per abitare al piano per Algeri

Con alcuni articoli Charles-Edouard Jeanneret Gris inizia la sua personale raccolta di pensieri sull'architettura, che confluirà e maturerà insieme alla sua opera, o meglio l'opera di Le Corbusier. *"Le Corbusier, fra i maestri moderni, fu il solo a descrivere in maniera articolata i prototipi industriali per la sua architettura in Vers une architecture. Tuttavia, egli richiama la nave a vapore e il silo, per la loro forma anziché per le loro associazioni d'immagini, per la loro semplice geometria piuttosto che per la loro immagine industriale. E' significativo che gli edifici di Le Corbusier, illustrati nel suo libro, assomigliassero in termini fisici alla nave a vapore e al silo, non al Partenone o all'arredo di S. Maria in Cosmedin o ai dettagli di Michelangelo per S. Pietro, i quali sono altrettanto illustrati per le loro semplici forme geometriche. I prototipi industriali divennero letteralmente dei modelli per l'architettura moderna mentre i prototipi storico-architettonici erano semplicemente dei riferimenti analogici, scelti per alcune loro caratteristiche. In altre parole, gli edifici industriali erano simbolicamente corretti, gli edifici storici no"* ⁴⁸(Banham, 1990).



Il celebre schema strutturale della Maison Domino di Le Corbusier (1914-15)

Con queste parole, Banham descrive perfettamente l'attitudine progettuale di Le Corbusier, che scrive *Vers une architecture* nel 1923, all'età di 36 anni. Il suo punto di vista sembra derivare direttamente dal mondo industriale e dalla sua esperienza presso la *Société d'Applications du Béton Armé*, dove concepisce nel 1914-15 l'ossatura standard della maison DOMINO, progettata e realizzata per la produzione in serie e anticipazione della sua ricerca sui cinque punti. Nel 1929 a Poissy, mentre a Roma Armando Brasini costruiva (giusto per avere un paragone) il complesso del Buon Pastore con i suoi archi e la sua piazza ispirata a Borromini, Le Corbusier progettava con i signori Savoye quello che sarebbe stato destinato a diventare uno dei simboli dell'architettura e della contemporaneità. Nei suoi volumi, le forme pure dei grandi silos vengono esaltate come "primizie del nuovo tempo", segno di un'esaltazione delle qualità volumetriche dello spazio e del lavoro degli ingegneri americani. La costruzione viene considerata come una machine-à-habiter, un oggetto complesso quasi meccanico, associato alla

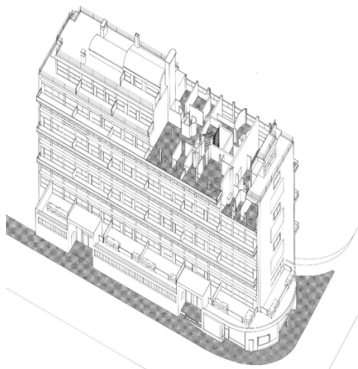
produzione industriale, in cui ogni singola parte è sostituibile, in favore del perfezionamento di un complesso unico.⁴⁹ (Le Corbusier, 2008). La grande intuizione, che lo rende anticipatore e pioniere di molte delle correnti successive al movimento moderno, in particolar modo sulla flessibilità, è quella di lavorare in modo gerarchico sulle componenti dell'edificio. Esiste infatti una macrostruttura, coordinata e gestita dal progettista, all'interno della quale vengono inseriti in modo puntuale i vari elementi. Le singole celle abitative invece sono affidate alla gestione individuale dell'utente finale, che in questo modo acquista la possibilità di intervenire in autonomia su alcune parti del manufatto.

49. Le Corbusier (2008), *Toward an Architecture*, Frances Lincoln Limited Publishers, Los Angeles

50. Liberamente tradotto da: Hertzberger Herman (2014), *Architecture and Structuralism: The Ordering of Space*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam, cap. 2, pag. 37

Il sistema a griglia proposto, contrariamente a quello del contenitore, considera la struttura come una forma inclusiva, che prende forma da quello che si trova *"in between"* tra gli elementi, o nel caso di una struttura urbana, lasciando spazio a quello che si trova tra gli edifici. Le Corbusier lo rielabora, lo consolida a diverse scale, come nel caso del suo piano per Algeri, Fort l'Empereur (1930), certamente emblematico per diversi motivi. L'idea alla base è quella che lo stesso LC definisce una *"superstruttura"*: una megastruttura allungata che segue la costa come un nastro, unendo autostrada e alloggi. Sopra e sotto l'autostrada ci sono solai a diversi livelli, che costituiscono veri e propri cantieri sulla base dei quali ciascun utente è libero di progettare la sua cellula abitativa, seguendo le sue esigenze e necessità. Si potrebbe chiamare questa costruzione di *"sols artificiels"* un supporto, o una sovrastruttura, e ovviamente dovrebbe essere costruita in un'unica operazione come parte integrante dell'autostrada.⁵⁰

Il disegno tracciato da Le Corbusier mostra non soltanto una sorprendente varietà di possibilità e funzioni, ma nel 1930, periodo di massimo splendore del Movimento Moderno e del Funzionalismo in architettura, era certamente da considerarsi rivoluzionario. Il Piano di Le Corbusier sarà la chiave di lettura, qualche anno dopo, anche di Habraken e Friedman in quanto propone, in modo esplicito, che ai singoli occupanti sia offerta l'opportunità di realizzare la propria casa esattamente come desiderano, rendendoli parte integrante del processo di costruzione e ideazione. Il piano di Algeri, mostra che i progetti e le modalità costruttive più divergenti possono coesistere armoniosamente, ed è proprio la



*Vista assonometrica del complesso
Maison Clarté a Ginevra*

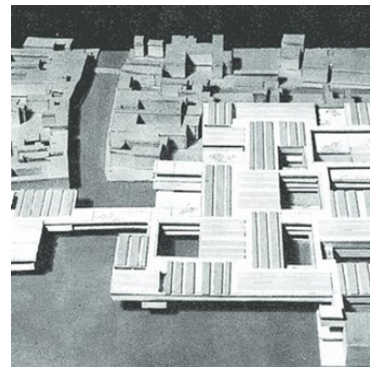
“megastruttura” che non solo rende possibile questa diversità, ma soprattutto rende il complesso, nel suo insieme, più ricco di quanto un architetto, per quanto ingegnoso, possa mai renderlo. Questo è ancor più evidente nel suo “prototipo” di condominio moderno: La Maison Clarté a Ginevra. Voluto fortemente da Edmond Wanner, un industriale ginevrino che fu anche l'appaltatore del progetto, è un complesso frutto di sperimentazioni che Le Corbusier conduceva dal 1928, con studi atti allo scopo di allestire progetti di edifici standardizzati in locazione. Costruito in acciaio, l'edificio ospitava 45 appartamenti duplex e una grande varietà di dimensioni e arredi interni.⁵¹ Come racconta un noto episodio, una certosa italiana ispirò Le Corbusier nel suo “Voyage D'orient” (1911) e diede origine al suo primo progetto di un grande palazzo residenziale, quasi pubblico ma all'ostesso tempo moderno e senza tempo, le immeuble-villas (1922).

Questo progetto è stato concepito con l'intenzione giovanile di trovare una soluzione al problema abitativo della città moderna, ma gli ha permesso di costruire la sua prima installazione a Parigi; il padiglione dell'Esprit Nouveau del 1924. Questo padiglione replica uno dei moduli abitativi del complesso e conteneva una grande esposizione pubblicitaria de La Ville Contemporaine (la città contemporanea) di Le Corbusier e relativi diorami esposti all'interno. Seguendo il filo delle sperimentazioni e delle variazioni su struttura e cellula abitativa, si può affermare che maggiore è la diversità nelle parti, migliore è la qualità dell'insieme, e la flessibilità risiede proprio in questo potenziale. Le modifiche apportate nel tempo non compromettono la qualità generale del manufatto, ma anzi rispetto alla pratica edilizia a noi familiare ne consentono una manipolazione e un'esuberanza fruttifera, che si basa interamente sul presupposto che tante persone hanno a disposizione i mezzi per progettare e possedere case che seguano i loro gusti e le loro inclinazioni. Più in generale, si può affermare che le sperimentazioni dei primi anni '20 del secolo scorso, sono quasi tutte effettuate in ambito residenziale. La residenza in quanto tipologia diventa di fatto il

51. Boesiger W., Le Corbusier, *Oeuvre complète, volume 2*, 1929-1934, Birkhauser, Basilea

modello per esplorare nuove idee sul *modus vivendi* e sull'implementazione di nuove tecnologie. Si apre uno spiraglio per l'esplorazione delle tecniche industriali e a la prefabbricazione, che introduce una nuova estetica e velocizza la qualità di costruzione. La differenza fondamentale tra una struttura chiusa e una aperta al cambiamento è resa evidente se guardiamo alla pianta di Le Corbusier per un ospedale a Venezia nel 1964. L'ospedale è uno di quei progetti che dipinge un quadro così potente che ci si potrebbe facilmente dimenticare che non è mai stato costruito. Il primo piano costituisce il raccordo alla città con servizi e spazi aperti al pubblico. Il secondo piano è quello dell'attrezzatura medica e ospita gli ambienti per le cure preventive e le strutture di cura specializzate. Il terzo piano è il piano dedicato a pazienti e visitatori. L'efficace stratificazione dei programmi consente la pianificazione flessibile su ogni piano senza che si vincolino a vicenda.

A prima vista è una struttura nella sua forma definitiva, forse perché ce lo aspettiamo da Le Corbusier, ma una valutazione più dettagliata rivela di essere un tessuto composto da unità più piccole che cercano di replicare la maglia residenziale esistente a Cannaregio. E come con l'evoluzione casuale degli edifici esistenti, si può facilmente immaginare di aggiungere o togliere unità all'ospedale per creare una maglia diversa dall'originale, senza però compromettere sostanzialmente il progetto, come si nota in alcune versioni successive del progetto. Inoltre, la griglia di pilastri che innalza il blocco dell'isolato sopra l'acqua, con le sue caratteristiche tettoie, è aperta all'aggiunta di volumi futuri, tanto che ci si può immaginare un allestimento ospedaliero contemporaneo senza alterare l'immagine prevista dal progetto. Questo progetto, che ha aperto una nuova strada per Le Corbusier alla fine della sua carriera, può essere concepito come un edificio aperto o "unfinished". Sembra essere stato influenzato dalle idee del Team X, in particolare dai progetti di Piet Blom, portati all'attenzione di Le Corbusier dal suo dipendente e collaboratore Guillermo Julian de La Fuente.



Vista in pianta e plastico dell'Ospedale di Le Corbusier a Venezia (1964)

52. Abernathy WJ., Utterback J.M., (1978). *Patterns of Industrial Innovation*, Technology Review

53. Josep Pine B. (1997), *Mass Customization: dal prodotto di massa all'industriale su misura. Il nuovo paradigma manageriale*. Franco Angeli, Milano

54. Petriagnani A., (1980). *L'industrializzazione per l'edilizia*, Dedalo Edizioni, Bari Pp. 37-40

1.3.4 La prefabbricazione: dalla Mass Production alla Mass customization

*La produzione edilizia ha avuto ad oggetto edifici realizzati attraverso l'assemblaggio di componenti o sistemi uguali tra loro, provenienti dalla logica della produzione di massa.*⁵² (Abernathy, Utterback, 1978).

Nella prima fase la macchina generica o polivalente potendo essere regolata a piacere riproduce in un certo senso le azioni artigianali: è capace cioè di eseguire nei limiti della propria versatilità una molteplicità di azioni produttive. Essa differisce, però, rispetto a quelle del periodo artigianale, per il fatto di essere mossa da energia diversa da quella muscolare e non localizzata. (Pine, 1993)⁵³ Successivamente viene "regolata", trasformandosi in macchina speciale, atta a compiere identicamente un ciclo: è il periodo della parcellizzazione del lavoro manuale, ricomposto su basi unitarie a più alto livello; della conseguente semplificazione del lavoro "studio dei metodi e dei tempi"; dell'aumento dal 5 ad una media del 25,30% dei cosiddetti "improduttivi" della considerazione dell'operaio non solo incentivato a produrre di più, ma valutato nei suoi aspetti emotivi che trasformano i rapporti nel complesso della compagine aziendale; della produzione di serie che sfocia, alla fine nella produzione di grandi serie o di massa.⁵⁴ (Petriagnani, 1980)

Il concetto di industria viene così inteso come principio ripetitivo o di iterazione, al quale principio la preventiva esigenza organizzatrice fa da necessario ed ovvio sfondo: non è più di conseguenza, solo ed unicamente il meccanismo a "fare industria", ma una decisa volontà di ripetere cui la macchina fornisce lo strumento materiale e l'organizzazione, il metodo per porla effettivamente in essere. La volontà ripetitiva introduce allora il principio di serie non come idea di quantità grandi o piccole, ma come opposizione dell'idea di molteplice, propria all'industria all'idea dell'uno artigianale il che non appare trascurabile né indifferente alle nostre esigenze edili, nel senso di rivalutare l'efficienza della piccola e della media serie nei confronti della grande serie o di conseguire l'obiettivo della massima efficienza anche con produzione di dimensioni ridotte. Ne deriva che tale concetto, della serie liberatasi dal numero, è estremamente prezioso in quanto consente di adeguare la dimensione della produzione alle esigenze dell'uso, pur sempre in

condizioni di massima efficacia operativa.

Gli edifici industriali vengono riconosciuti come edilizia di qualità in Europa soprattutto dalla prima metà del 20° secolo, attraverso la produzione di componenti per l'edilizia residenziale.⁵⁵ (Durmisevic, 2006). La loro diffusione si basa primariamente sul boom economico degli anni 1950 e 1960; e da una nuova ricerca nell'edilizia improntata ad una agevolazione nei tempi e nei costi di produzione e dunque ad una costruzione low-cost. I processi produttivi migliorano e attraverso una produzione ottimizzata consentono l'assemblaggio di elementi dalle dimensioni sempre maggiori.

La crisi e i bombardamenti causati dalla Prima e dalla Seconda Guerra Mondiale si risolvono in una "fame" di costruzione e di alloggi senza precedenti, la cui realizzazione può essere possibile solo grazie ad una produzione industrializzata. A quel tempo, tutte le tecniche conosciute furono riunite per creare un sistema di componenti prodotti in fabbrica che potevano essere trasportati in diversi siti. Dal punto di vista economico si creano le condizioni perfette per produrre edifici a basso costo. Per il settore dell'edilizia ciò significava un maggiore controllo di qualità, processi costruttivi più rapidi, un assemblaggio più semplice delle componenti e migliori condizioni di lavoro.

Questo porta ad una produzione massificata di elementi standard, come pannelli e scatole di cemento. La produzione di massa, collegata a elementi ripetuti su larga scala, influenza direttamente l'espressione architettonica e l'immaginario collettivo dell'edilizia industrializzata. La prefabbricazione viene vista come un obiettivo in sé e la sfida più grande è quella di prefabbricare elementi sempre più grandi per consentire un assemblaggio rapido, affinché si possano tagliare i costi e i tempi di costruzione. Tuttavia, maggiore è la dimensione degli elementi standard, più essi sono vincolanti e predominanti nella progettazione degli edifici, che diventano blocco dopo blocco, uguali tra di loro. Pertanto, l'uniformità viene attribuita a questo metodo di costruzione, dominato da pochi produttori e poca varietà di sistemi. È facile concludere oggi che molti sistemi hanno fallito in passato principalmente perché sono stati commercializzati esclusivamente nell'ottica del risparmio in termini di costi e rapidità di costruzione, che ha portato a una qualità spaziale e d'uso uniforme.

55. Durmisevic, E. (2006);

Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction, TUDelft. Consultabile. [<http://resolver.tudelft.nl/uuid:9d2406e5-0cce-4788-8ee0-c19cbf38ea9a>]478

L'edilizia industrializzata costruisce la sua reputazione in Europa nella metà del XX secolo attraverso la produzione di massa di abitazioni. La sua reputazione si basava principalmente sulla tendenza degli anni '50 e '60 che mirava alla costruzione di alloggi a basso costo e al miglioramento dei processi costruttivi attraverso l'ampliamento delle dimensioni degli elementi e la prefabbricazione e ripetizione di elementi standard. La distruzione causata dalla prima e dalla seconda guerra mondiale determinò un'esigenza senza precedenti di un'enorme produzione edilizia che sarebbe stata possibile solo attraverso la produzione industrializzata. A quel tempo, tutte le tecniche conosciute furono riunite per creare un sistema di componenti prodotti in fabbrica che potevano essere trasportati in diversi siti. Dal punto di vista economico si verificarono le condizioni perfette per produrre edifici a basso costo.

Per la tecnologia edilizia ciò significava un maggiore controllo della qualità, una costruzione più rapida, un montaggio più semplice e migliori condizioni di lavoro. Ma per l'ambiente costruito, si presumeva che componenti identici avrebbero creato un blocco dopo l'altro di unità abitative identiche. La produzione in serie implica necessariamente una standardizzazione a un certo livello.

Pertanto, la sensazione generale è che l'industrializzazione fosse sinonimo di uniformità, anche se da un numero limitato di pezzi possono scaturire infinite variazioni. Questo si vede chiaramente negli esempi della prima generazione di strutture industrializzate che hanno sperimentato la prefabbricazione, come il Crystal Palace, la Torre Eiffel o i ponti d'acciaio. Tutte illustrano nuovi modi di adottare tecniche industriali per realizzare strutture basate sulla standardizzazione. Queste strutture hanno dimostrato che l'industrializzazione non si traduce, per definizione, nell'uniformità. Sebbene la prima generazione di strutture rifletta ancora una propria originalità e diverse "variazioni sul tema", la percezione degli edifici di quel periodo come stereotipati e di bassa qualità da parte del pubblico deriva dall'osservazione della seconda generazione di strutture industrializzate, che è il risultato della ricostruzione postbellica in Europa.

L'immagine degli edifici prefabbricati è stata dominata dal monopolio dei produttori di sistemi standard, commercializzati principalmente come sistemi edilizi economici.

Tali sistemi sono standardizzati, basati sulla visione a breve termine delle esigenze del mercato, ma non considerano gli aspetti dell'intero ciclo di vita del sistema. Inoltre questi sistemi sono limitati poiché non sono progettati per la riconfigurazione e il disassemblaggio, non sono il risultato dell'ottimizzazione in tempo reale dei requisiti del progetto, dei costi e delle tecniche disponibili: *“Le considerazioni sugli sviluppi nella scienza dei materiali e nella tecnica di fabbricazione non sono mai un compito definitivamente finito, poiché gli sviluppi tecnologici possono sempre ampliare la gamma di materiali disponibili e tecniche di fabbricazione, e le esigenze delle condizioni economiche e sociali possono vincolare ciò che è effettivamente possibile nella pratica in un particolare momento in un particolare contesto”*⁵⁶ (Mitchell, 1990). Il periodo degli anni '70-'80 è caratterizzato dalla preferenza per la prefabbricazione aperta che, a differenza di quella chiusa, concede maggiori libertà anche a livello progettuale, trovando espressione principalmente nelle facciate degli edifici o nella disposizione dei principali elementi strutturali portanti. Sotto questo profilo la storia dell'industria può allora identificarsi anche con la storia della meccanizzazione e cioè evoluzione di attrezzi e di macchine per la produzione di beni. In essa si possono individuare tre fasi: la prima la cui comparsa di macchine generiche o polivalenti segna appunto gli inizi dell'era industriale; la seconda in cui la macchina motorizzata e “regolata” si sostituisce all'uomo nella capacità di ripetere un ciclo; la terza in cui *“altre attività umane vengono sostituite dal mezzo meccanico; quali: la diligenza, il giudizio, la valutazione, la memoria, il ragionamento, la concezione, la volontà”*.

56. Mitchell, W. J. (1990). *The logic of architecture: Design, computation, and cognition* (p. 292). Cambridge, MA: MIT press.

Joseph Pine II nel suo libro del 1992 “Mass Customization, the New Frontier in Business Competition” definisce la *Mass Production* e la *Mass Customization* rispettivamente Vecchio e Nuovo Paradigma. Il “Vecchio Paradigma” della Produzione di Massa si focalizzava sull'efficienza ottenuta attraverso stabilità e controllo, mentre nella *Mass Customization* ovvero nel “Nuovo Paradigma” grazie all'applicazione di tecnologie e nuovi metodi di management, le aziende trovano un nuovo paradigma creando varietà e customizzazione attraverso flessibilità e reattività.

La messa in discussione dei principi di fondo del Taylorismo-Fordismo avviene a partire a metà degli anni Settanta presso la Toyota da parte di Taiichi Ohno, autore del "Toyota Production System" del 1978, che è diventato un classico del management della produzione. Nel suo libro sono descritte le logiche sviluppate in decenni presso l'impresa automobilistica nipponica, riconducibili ai quattro principi riportati in seguito, di cui il primo e il terzo si possono considerare come la continuazione del Fordismo, mentre il secondo e il quarto ne rappresentano una rottura: Il Principio della Produzione Sincrona, Il Principio del Sincronismo Adattivo, Il Principio del Miglioramento Continuo Taylor con il suo "one best way" e il Il Principio dell'Auto-Attivazione della forza lavoro.

1.4 IL CONCETTO DI FLESSIBILITA' DAL DIBATTITO DEL MOVIMENTO MODERNO AD OGGI

1.4.1 Le utopie di rottura: l'avanguardia futurista

L'architettura progredisce come risultato dell'interazione tra stabilità e cambiamento. Nel corso della storia, è frequente ritrovare momenti storici in cui le società hanno sfidato collettivamente i paradigmi stabiliti e le usanze date per assodate. Tali sfide sono prevalenti nei momenti di margine e transizione, come all'inizio di un nuovo secolo o l'inizio di moti rivoluzionari. Nel mezzo, esiste una tensione di fondo dovuta all'incertezza di ciò che deve venire e di conseguenza emerge la necessità di valutare il passato e di esaminare il futuro prossimo.

In Europa, dopo la fine del secolo, c'era una crescente ammirazione per la macchina e un interesse per il potenziale di una nuova architettura industriale da parte degli accademici. Nel 1904 l'architetto francese Tony Garnier disegna la sua visione di un'immaginaria "*Cité Industrielle*" progettata intorno alle esigenze delle fabbriche e dei sistemi di comunicazione, con alloggi opportunamente posizionati per i lavoratori. Prediceva che "i requisiti industriali sarebbero stati responsabili della fondazione della maggior parte delle città in futuro". Non gli fu mai data l'opportunità di costruire la città industriale, ma fu in grado di dimostrare alcune delle sue idee nella progettazione di un vasto macello e mercato del bestiame a Lione 1909-1914.

La maggior parte degli edifici era di cemento, ma il mercato coperto aveva un imponente tetto a volta in acciaio e vetro che si estendeva per circa 80 m. Anche in Francia in questo periodo Auguste Perret stava sperimentando l'espressione della struttura con pannelli di tamponamento vetrati nel suo garage in rue Ponthieu, a Parigi, nel 1906, che avrebbe influenzato i primi inizi del "movimento moderno". Nel 1909 Tommaso Marinetti pubblica il suo manifesto futurista su



Progettati nel 1906, costruiti dal 1909 al 1914 e commissionati nel 1928, i macelli di La Mouche rappresentano la prima grande struttura comunale realizzata dall'architetto Tony Garnier al suo ritorno da Roma. La grande sala del mercato coperto è una struttura lunga 120 metri e con una campata di 80 metri senza pali. La sua struttura in metallo, progettata dall'ingegnere Bertrand de Fontviolant, è stata costruita dalla Fives-Lille Company. fonte: Inventaire de Lyon propriété de l'Etat et de la Ville de Lyon

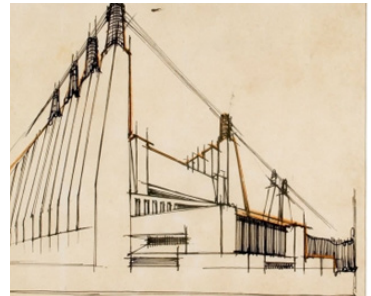
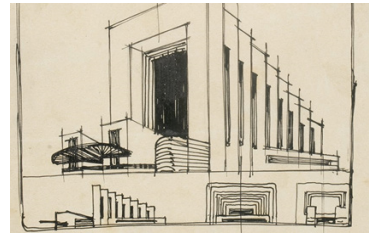
57. Prampolini E., (1918).
L'«Atmosferastruttura». *Basi per un'architettura futurista*, in *"Noi"*, II, febbraio 1918, pp n.2-3- 4.

“Le Figaro”: in Italia si proclama la rottura con il passato, in nome di un nuovo fascino per il dinamismo e per il movimento. La società sta cambiando, anche il pensiero architettonico si evolve e nel 1914 Sant’Elia pubblica un nuovo manifesto dell’architettura, in cui immagina con grande forza visionaria un nuovo modo di abitare: “[...] La casa futurista sarà: a) indipendente, b) mobile; c) smontabile; d) meccanica; e) esilarante. [...] Le nuove case saranno libere di spostarsi in tutte le direzioni, scorrendo sulle gigantesche rotaie che solcheranno il suolo delle città future. [...] le case più grandi saranno munite di camere spostabili da una facciata all'altra, come vagoni o che si elevino dal pianterreno al tetto, come vasti ascensori. Queste camere potranno all'uopo essere staccate dall'abitazione, per essere caricate su appositi convogli ferroviari, o agganciate alla navicella di un dirigibile. La città del futuro prende sembianze di turbine elettriche, dighe, torri, elementi del panorama industriale dell'epoca e del progresso, che anticipano le tecnologie e la scelta dei nuovi materiali: il contesto che ispira il discorso futurista è il brulichio della città, quello delle darsene di notte e dei cantieri di giorno. Artisti come Boccioni e Balla descrivono nuove città fatte di luce e movimento, anticipando una formalità che avrà un riscontro diretto sulla nuova concezione del progetto architettonico: metamorfosi, leggerezza, dinamicità, interesse per le comunicazioni, cromatismo. Concetti che si rifletteranno più o meno in modo diretto nei progetti dei giovani architetti europei. Prampolini nel 1914 afferma: “L'architettura futurista deve avere una genesi atmosferica, perché rispecchia la vita intensa di moto, luce, aria di cui l'uomo futurista è nutrito”.⁵⁷ Nel manifesto Sant’Elia anticipa una visione piuttosto progressista in un Europa dal lessico architettonico ancora incerto: *“Gli ascensori non debbono rincantucciarsi come vermi solitari nei vani delle scale; ma le scale, divenute inutili, devono essere abolite e gli ascensori devono inerpicarsi, come serpenti di ferro e di vetro, lungo le facciate. La casa di cemento, di vetro, di ferro senza pittura e senza scultura, ricca soltanto della bellezza congenita alle sue linee e ai suoi rilievi, straordinariamente brutta nella sua meccanica semplicità, alta e larga quanto più è necessario, e non quanto è prescritto dalla legge municipale, deve sorgere sull'orlo di un abisso tumultuante: la strada la quale non si stenderà più come un soppedaneo al livello delle portinerie, ma si sprofonderà nella terra per parecchi piani, che*

accoglieranno il traffico metropolitano e saranno congiunte, per i transiti necessari, da passerelle metalliche e da velocissimi tapis roulants.”

Parole forse troppo acerbe per costituire dei veri e propri spunti architettonici, non sufficienti a dare vita ad una vera e propria architettura futurista, ma senz'altro utili ad ispirare i protagonisti del Movimento Moderno come Robert Van't Hoff, architetto e designer olandese, uno dei pionieri nell'utilizzo del cemento armato nei suoi progetti e dal 1917 un membro influente del movimento De Stijl.

È su questo substrato che fermentano anche idee innovative, legate alla flessibilità della macchina e a sistemi che per scardinare, oltre alla fissità e alla rigidità delle strutture, anche le menti e i sistemi politici: i disegni di Sant'Elia trasmettevano in modo drammatico l'immagine di una nuova architettura che aspirava alla tecnologia delle macchine e dei sistemi di trasporto. Tragicamente, fu ucciso in azione durante la prima guerra mondiale e non ebbe mai l'opportunità di mettere in pratica le sue intuizioni. In Germania in questo periodo vengono inoltre realizzati alcuni tra i maggiori progressi nell'architettura industriale. Nel 1906 i direttori di una delle più grandi aziende industriali della Germania, l>Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) nominarono Peter Behrens come consulente di progettazione, e nel 1909 progettò per loro l'ormai famosa *Fabbrica di Turbine*.⁵⁸ La struttura è costituita da una serie di archi in acciaio a tre perni con sei sfaccettature sul tetto, sostenuti da colonne affusolate in acciaio che poggiano su piastre di base incernierate appositamente progettate. Le colonne sono esposte sulle facce interne ed esterne delle pareti esterne con enormi distese di pannelli di tamponamento in vetro. Gli angoli della struttura, tuttavia, hanno massicce forme in cemento incise con linee orizzontali a intervalli che suggeriscono un volgare bugnato. Alle estremità dell'edificio, il profilo dell'arco sfaccettato è espresso alla maniera di un tempio classico, che sembra incongruo con la semplicità e la chiarezza del resto della struttura. Tuttavia, è chiaro che l'architetto a quel tempo riteneva ancora necessario aggiungere un'espressione architettonica alla forma strutturale dell'edificio. Peter Behrens era uno dei membri principali del Deutsche Werkbund, fondato nel 1907. Il suo scopo principale era



Alcuni schizzi di Sant'Elia (1908-1914): a sinistra un Hangar, a destra una centrale elettrica.

58. Wilkinson C., (1999). *Supersheds: The Architecture of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth Architecture Digital Publisher, Oxford, Regno Unito. P 46

59. Olmo C.; Caccia Gherardini S. (2010). *Metamorfosi Americane – Destruction Through Neglect – Ville Savoye Tra Mito E Patrimonio*, Quodlibet Edizioni, Macerata

60. Pevsner N., (1959). *Time and Le Corbusier, The Architectural Review*” n. 746, pp, 159 sgg. Citato da Carlo Olmo in *Metamorfosi Americane – Destruction Through Neglect – Ville Savoye Tra Mito E Patrimonio*, Quodlibet Edizioni, Macerata p.29

"il rinnovamento della lavorazione e il miglioramento della qualità della produzione". Artisti, operai e industriali dovevano collaborare alla produzione di beni di valore artistico.

1.4.2. Il concetto di flessibilità in campo architettonico, le nuove utopie.

Anche se, come abbiamo visto, in maniera indiretta la flessibilità intesa come obiettivo architettonico era già presente in un certo tipo di architettura antecedente agli anni '50, possiamo dire che in questi anni la flessibilità viene portata al centro del dibattito critico e architettonico del Movimento Moderno con piena cognizione di causa. Si discute di forma e funzione, ma per la prima volta anche di tempo e "ignoto", due nuovi fattori che ampliano la prospettiva della progettazione e la proiettano nel futuro. A questo, si aggiunge che le architetture celebrate come manifesti di un nuovo pensiero architettonico iniziano a mostrare i segni inevitabili del tempo e della loro vulnerabilità: il momento storico dell'esposizione di Le Corbusier al MoMa del 1966 porta ad un avvio del dibattito sulla durabilità dell'architettura e sul restauro del Moderno, che dura ancora oggi.⁵⁹(Gherardini, Olmo 2010).

Di particolare interesse è la presa di coscienza dell'opera moderna di Villa Savoye come architettura fallibile, si manifesta proprio quando la villa è nel suo momento massimo di degrado, in una condizione di sospensione tra la vita e la morte, prossima alla perdita del suo significato originario. È anzi è proprio grazie alla perdita del suo significato originario che una serie di reportages fotografici degli anni '60, attraversano e interpretano questo moderno "relitto" quasi come se fossero all'interno di una rovina appartenente ad un'altra epoca, eppure finita di costruire solo trent'anni prima. Villa Savoye si mostrava infatti, già da metà degli anni '50, un edificio abbandonato, ridotto a luogo di scorribande dei ragazzi di quartiere, alterato e vandalizzato. Questo uso sconsiderato e improprio de La Villa accorcia la distanza che intercorre tra "l'esperienza spaziale e l'enunciato teorico che la sottende". Il dibattito sulla necessità di riconoscerlo e salvarlo si protrae per anni. Scrive Pevsner: "A fronte della *long durée* di secoli di architetture antiche, rinascimentali e barocche la villa è decaduta in soli trenta anni."⁶⁰ È il valore di testimonianza di un'epoca, una modernità a rischio.

Nel pensiero architettonico dunque si insinua il cambiamento come fattore inevitabile e condizionante del progetto: si cerca di svincolare forma e funzione attraverso l'inserimento dei fattori tempo e ignoto. La flessibilità viene riconosciuta come parte di un processo culturale, che permette agli edifici di essere interpretati col passare del tempo e di rispondere al mutare di modelli e bisogni sia sociali che tecnologici⁶¹ (Schneider, 2007). Il primo dibattito è incentrato su quale dovesse essere la giusta concezione della progettazione e degli edifici: Il ruolo degli architetti non come progettisti di monumenti immutabili nel tempo ma, secondo la definizione di Walter Gropius, progettisti di "contenitori del flusso della vita moderna": spazi flessibili, che potessero assorbire tutti i cambiamenti della vita contemporanea e dei processi culturali, continuamente in evoluzione.

Si amplia dunque la prospettiva della progettazione: per attuare questi principi, meglio progettare opere architettoniche incomplete, aperte agli utenti, o edifici completi e "finiti" ma flessibili? Fino a che punto premeditare e attuare la progettazione da parte dei professionisti e fino a che punto lasciare spazio di ideazione e creazione all'utente? Nel 1960, John Weeks fonda con Richard Llewelyn-Davies lo studio di architettura e pianificazione Llewelyn-Davies Weeks, che divenne una delle più influenti società di progettazione ospedaliera e pianificazione generale nel Regno Unito. Le principali commissioni iniziali includevano la progettazione del Northwick Park Hospital e degli uffici per il quotidiano The Times.

John Weeks è uno dei primi architetti a proporre un'architettura incompleta, integrabile e *un-finished* applicata alle strutture ospedaliere, sostenendo che fosse impossibile prevedere dei cambiamenti prima che questi diventassero obsoleti e inadeguati: *"Il problema degli architetti è quello di elaborare una strategia progettuale per la graduale costruzione o sostituzione di edifici che si riferisca a un'organizzazione in evoluzione, con un'elevata incidenza di variabilità. [...] In tale approccio progettuale, parti di un edificio devono essere progettate come "hard" e immobili per la vita dell'edificio (ad esempio, quelle parti che mantengono la stabilità strutturale), mentre altre possono essere designate "soft" ed essere progettate per essere modificate dal cliente man mano che le esigenze si sviluppano."*⁶²

61. Schneider T., Till J. (2007). *Flexible Housing*, Architectural Press, Oxford

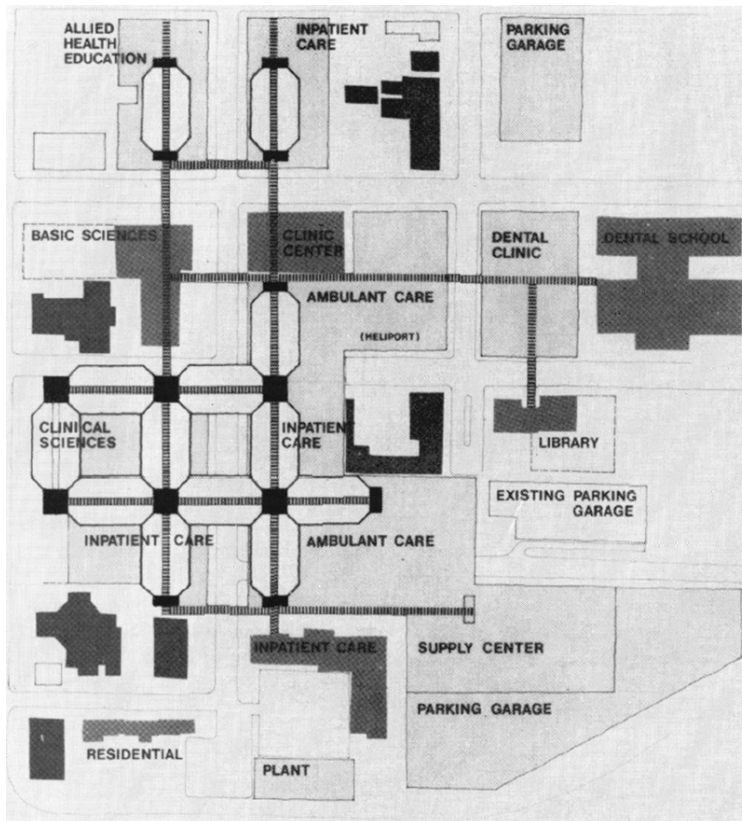
62. Weeks, J., & Best, G. (1970). *Design strategy for flexible health sciences facilities. Health services research*, 5(3), 263–284.

63. Ibidem

Non importa quanto specifici possano essere i requisiti di una particolare istituzione, è probabile che siano temporanei e che debbano quindi essere adattati all'interno di un formato di edificio "non specifico" a tempo indeterminato. Egli pensava infatti che negli edifici di grandi dimensioni fosse impossibile prevedere dei cambiamenti prima che questi diventassero obsoleti: l'unica soluzione sarebbe stata quella di realizzare un'architettura incompleta da integrare e completare al momento del cambio d'uso. Con le sue idee John Weeks porta un rigore intellettuale nella progettazione degli ospedali, un esercizio che unisce prefabbricazione, ripetizione e pianificazione applicabile anche alla scala urbana. Nel suo studio pubblica il progetto per un ospedale e centro di ricerca clinica a Northwick Park, situato vicino Londra. Il progetto è pensato per essere messo in funzione per fasi; in ogni fase esiste un potenziale di estensione o alterazione, possibile senza che questo comporti cambiamenti irreversibili. Ogni componente del complesso edilizio è un'unità a tempo indeterminato che può essere ampliata secondo necessità in futuro.

Non esiste quindi un concetto architettonico "finale" e l'edificio è visto come un sistema in evoluzione piuttosto che come un'opera architettonica finita, un edificio che limita il meno possibile le attività dei suoi abitanti e conferma che è impossibile funzionalizzare un'istituzione complessa e in via di sviluppo. Un certo numero di caratteristiche fisiche dell'edificio rimangono invariate al fine di mantenere le sue qualità non specifiche. Queste caratteristiche comprendono la disposizione modulare di vuoti di servizio che corrono verticalmente a intervalli approssimativamente e una serie di semplificazioni strutturali che consentono la libera partizione dell'insieme. Weeks sostiene che *"Niente in questo è particolarmente rivoluzionario; tale disposizione è standard in molti edifici di ricerca e in tutti gli edifici per uffici. È stato, tuttavia, un utile banco di prova per queste idee nel contesto di complessi edifici di ricerca medica e assistenza clinica."*⁶³

Gli obiettivi principali di una progettazione aperta, per Weeks sono quindi due: (1) gli edifici non dovrebbero mai essere "conclusi" a livello di progettazione (soprattutto nel caso da lui affrontato ovvero le strutture ospedaliere) ma dovrebbero essere in grado di lasciare aperte quante più funzioni possibili per future aggiunte e (2) un involucro edilizio



Nell'immagine un esempio della teoria pensata da Weeks per i centri ospedalieri: I quadrati neri sono nodi in cui possono unirsi diversi stadi di costruzione. Gli elementi estensibili indipendenti sono a livello del suolo e possono estendersi tra i nodi. Vengono mostrate due linee di comunicazione passante; questi si collegano a destra del diagramma al campus non medico e possono estendersi a sinistra. Il complesso può essere costituito da piccole unità, costruite in qualsiasi ordine e partendo da qualsiasi punto all'interno del complesso. Ogni nodo contiene comunicazioni verticali sufficienti per la costruzione che lo confina. Strategia di ricostruzione proposta per il complesso delle scienze della salute. I toni di grigio più scuri sono edifici storici; i toni medi sono edifici esistenti funzionanti e con lunga vita; i toni chiari sono zone per gli edifici proposti. La griglia rappresenta il livello più basso della rete di collegamento passante e i quadrati neri sono i nuovi nodi di collegamento verticale. Banchine, montacarichi ascensori esistenti, ecc. negli edifici fungono da parti del reticolo.

lasciare aperte quante più funzioni possibili per future aggiunte e (2) un involucro edilizio dovrebbe essere progettato per un uso il più ampio possibile. Negli stessi anni il Team X, un gruppo di giovani architetti legati da una unità di intenti e idee progettuali nato con il CIAM del 1956, opera la prima vera rottura con il Movimento Moderno. Durante il primo congresso del Team X a Otterlo, i partecipanti elaborano un approccio concettuale concentrando le loro energie sulla risoluzione delle polarità: Individuo/collettivo, Permanente/cambiamento, Fisico/spirituale, Interno/esterno, Tutto/Parte.⁶⁴ Questa strategia progettuale integra due considerazioni opposte e complementari: la prima richiama la formalizzazione di un elemento a lungo termine e si configura come una struttura primaria come la formalizzazione di un elemento a lungo termine e si

64. Alison S., Smithson P., (1956). "Draft Framework 4'4", Concept Document per CIAM X, in Max Risselada e Dirk van den Heuvel (a cura di), *Team X 1953-1981, Alla ricerca di un'utopia del presente* (a cura di), eds. Max Risselada e Dirk van den Heuvel (Rotterdam: NAI Publishers, 2005), 48-49.

65. Report of the group discussion "Growth and Change" at CIAM 9 in Dubrovnik in Oscar Newman, CIAM'59 in Otterlo, (Zürich: Verlag Girsberger, Zürich, 1961, p.), 15.

66. Gropius citato da Benevolo L. (1971), Storia dell'Architettura Moderna, Bari, Laterza, p. 564

configura come una struttura primaria come la formalizzazione di un elemento a lungo termine e si configura come una struttura primaria e la seconda si riferisce alla contingenza di elementi effimeri che si sono evoluti per appropriazione umana e come tale incorporano un grado di indeterminazione. Questi sistemi secondari «*possono essere modificati da individui o gruppi di utenti, consentendo loro di esprimere in modo creativo le loro diverse identità*».⁶⁵

Il team X contraddice quanto pensato da Week: se non esiste soluzione preferibile alle altre, la flessibilità si riduce al totale rifiuto di un punto di vista fisso e ben definito da parte dell'architetto nella realizzazione di una struttura. Secondo gli esponenti del Team X, la flessibilità così concepita, avrebbe portato solo verso l'incertezza e il rifiuto delle responsabilità dell'architetto, rappresentando tutte quelle soluzioni che non contribuiscono alla risoluzione di un problema. Essi mirano a realizzare forme uniche, polivalenti e complete che possano essere utilizzate a ogni scopo garantendo una soluzione ottimale attraverso una minima flessibilità. Dunque questo modo di concepire la flessibilità è possibile solo se il progettista rifiuta un punto di vista fisso e definito nella realizzazione di una struttura, e dunque solo se l'architetto rifiuta le sue responsabilità nella progettazione della struttura per abbracciare l'incertezza. Al contrario, lo scopo dell'architetto sarebbe una progettazione completa di spazi polivalenti, forme uniche e concluse che possano essere utilizzate con differenti modalità e garantendo, attraverso quella che viene definita una minima flessibilità, la soluzione ottimale per i differenti usi previsti.

Elemento di rottura fondamentale delle correnti moderniste era la necessità di flessibilità per scardinare le pratiche consolidate del passato, che non potevano adeguarsi al cambio di passo della vita moderna attraverso la modularità, la razionalizzazione degli spazi, la standardizzazione degli alloggi e un layout interno variabile. Walter Gropius, nel 1925 scriveva: «...le case si devono progettare in modo da tenere conto delle necessità individuali, derivanti dalla grandezza della famiglia e dalla professione del capo-famiglia, assicurandosi la flessibilità. Si deve dunque standardizzare e produrre in serie non la casa intera ma le sue parti in modo da formare, con le loro combinazioni, vari tipi di case».⁶⁶ Questo aspetto

della flessibilità era soprattutto legato all'aspetto costruttivo, più che quello spaziale: se da un lato il processo era veloce e versatile, poiché consentiva con la modularità approcci variati e ogni volta diversi, dall'altro penalizzava lo spazio che, una volta costruito, risultava rigido e molto funzionalizzato. Nella ricerca architettonica, focalizzata soprattutto sulla produzione di massa di alloggi dovuti alla grande richiesta abitativa degli anni '60, si cerca un nuovo modo di ottimizzare e rendere mutevole lo spazio. Quella che è "la flessibilità attraverso mezzi tecnici", si concretizza in una grande artigianalità di soluzioni, legate al potenziale di cambiamento di uno spazio, spesso attraverso articolati meccanismi legati al layout interno. Un esempio famoso di questo è casa Schroeder di Rietveld a Utrecht⁶⁷ (Forty, 2004). La pianta del piano terra rimane organizzata in modo canonico, mentre al piano superiore il layout è reso completamente dinamico da alcuni pannelli scorrevoli, che fungono da tramezzi della casa, lasciando come unico elemento fisso il blocco dei servizi. Questa organizzazione spaziale consentiva alla famiglia Schroeder piena dinamicità e flessibilità delle funzioni nell'arco della giornata, sia nell'ambito di attività singole che condivise. Nell'ottica però di una grande domanda di alloggi per la produzione in massa, congegni mobili artigianali non potevano certo costituire una risposta valida.

67. Forty A., (2005). *Parole e edifici. Un vocabolario per l'architettura moderna, Pendragon 2005* (ed. or. *Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture*, London, Thames and Hudson)

68. Rene Lourau, (1967) "Contours d'une pensee critique nomme urbanisme," *Utopie I* pag 11-12

1.4.3. Le nuove utopie

*"Quando l'immaginazione supera i limiti consentiti dall'istituzione della cultura, si parla di Poesie, Utopia. Quando il pensiero critico raggiunge e supera i suoi limiti (che sono molto più severi di quelli dell'immaginazione), si parla di devianza, follia, un errore critico, un sistema eccessivamente teorico, una visione fluttuante, ecc. Quando l'evento raggiunge e supera i limiti consentiti dalla legge, si parla di rivoluzione. O di storie per sognare ad occhi aperti."*⁶⁸

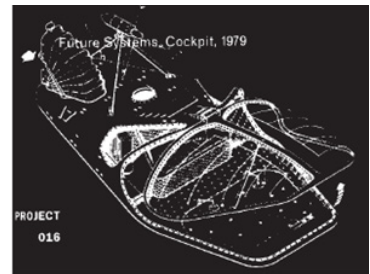
Accanto alle nuove sperimentazioni e ricerche del Movimento Moderno si sviluppano anche correnti dal pensiero più sovversivo, legate sì ad un ottimismo e ad un entusiasmo per lo sviluppo delle nuove tecnologie e delle nuove tecniche di costruzione, ma anche a rivendicazioni sociali e ad una forte contestazione verso la società del consumo. Dai progetti che legano architettura e consumo si cerca il superamento della cultura di massa e dell'alloggio a prezzo

69. Cook P. (1972), *Archigram*, Studio Vista, London
La mostra Archigram curata da Peter Cook nel 1972 segnò sostanzialmente la fine delle attività collettive del gruppo, nonostante tutti continuassero a progettare e insegnare.

calmierato, a favore del pieno sfruttamento dell'innovazione tecnologica del tempo per "superare la fissità". Gli anni '60 hanno visto una grande effusione di progettazione architettonica sperimentale legata alle tensioni della Guerra Fredda e alla monotonia della maggior parte dei nuovi sviluppi urbani. Emergono numerosi gruppi d'avanguardia in tutto il mondo: *Archigram* nel Regno Unito, In Italia il gruppo *Superstudio* e gli *UFO*, i *Metabolists* in Giappone, Negli Stati Uniti lo *studio EAT (Experiments in Art and Architecture)*. La maggior parte di questi gruppi decide di sfidare la visione convenzionale dell'architettura e sperimenta con nuovi materiali e concetti utilizzando la flessibilità come forza trainante per l'innovazione. "Siamo alla ricerca di un'idea, un nuovo vernacolo, qualcosa che possa stare accanto alle capsule spaziali, ai computer e ai pacchetti usa e getta di un'era atomica/elettronica". Con lo studio inglese degli Archigram, negli anni '60, l'idea di flessibilità diventa un'idea dinamica, di tecnologia a supporto di città ed edifici in movimento. La "macchina" non è solo ottimizzazione spaziale e produzione di massa, ma è una trasformazione tecnologica che rincorre il cambiamento costante di una civiltà del consumo. Uno degli studi più conosciuti e pubblicati è quello sulla *Plug-in City*, progetto di un quadro urbano ad ampia scala, basato sulla necessità di una pianificazione di infrastrutture a lungo termine che consentano da un lato la continuità di luogo della città stessa, ma che allo stesso tempo lasciano libera la trasformazione delle sue componenti. Nodi strutturali alla base consentono a singole unità come case, uffici, hotel e negozi il costante cambiamento, all'interno di un ambiente progettato per cambiare.⁶⁹(Peter Cook, 1972) La *Plug-in-City* è di fatto una città strutturata e programmata per l'adattabilità nel tempo. I corridoi e i servizi di trasporto ne costituiscono l'ossatura principale e sono costituiti da una megastruttura in acciaio, all'interno della quale posizionare grazie all'uso di una gru, una serie di unità abitative, lavorative o commerciali. Le unità abitative sono prefabbricate ed assemblate come del resto l'intera città e possono essere assemblate o separate a seconda delle esigenze spaziali richieste. Ogni componente della *Plug-In-City* inoltre è sostituibile in base all'obsolescenza, e in base a questo è più o meno accessibile e occupa una posizione diversa nella gerarchia della città: le aree commerciali ad esempio sono

pensate per essere più deteriorabili e d in costante cambiamento e quindi più vicine alla parte superiore della struttura, mentre elementi pesanti come ferrovie e strade sono progettati per avere un'aspettativa di vita ventennale e costituiscono il fondo della struttura. Lo schema progettuale della Walking City è invece il punto di arrivo di una visione di urbanistica leggera legata alla disassemblabilità, in cui anche un edificio di quaranta piani può letteralmente muoversi in modo autonomo dal sito di partenza e trasferirsi in una nuova posizione. Gli edifici diventano flessibili poiché sono mobili e trasportabili e si muovono insieme agli utenti, nodi di una rete in costante mutamento. Alla scala dell'edificio, questi studi scardinano un tipo di architettura certamente più effimera ma in cui emergono le nuove possibilità raggiunte dall'uomo attraverso tecnica e la tecnologia. Si va oltre il determinismo imposto degli spazi e la standardizzazione delle funzioni, scaturite da un certo tipo di architettura di massa e di visione economica. Ispirato dalle tute spaziali e dalle capsule di sopravvivenza della NASA, Michael Webb progetta una casa "unica" pneumatica, da indossare come una tuta e gonfiare quando necessario: istantanea, flessibile e organica. Da qui l'idea di veri e propri habitat trasportabili "in valigia" o da unire ad altri per situazioni di intrattenimento o di gruppo. A metà degli anni '70 Future Systems ha perseguito le idee di Archigram sulle cellule abitative trasportabili e l'adattabilità a scala ridotta, progettando una casa mobile minimale a immagine e somiglianza dei veicoli, e che poteva essere portata ovunque.⁷⁰(Future System, Cockpit, 1979)

Alla fine degli anni '70 la flessibilità perse incisività perché venne definita noiosa, insignificante, *senza volto e senza scopo*.⁷¹ L'introduzione della flessibilità nella progettazione aveva dato agli architetti l'illusione di proiettare nel futuro il controllo sulla progettazione dell'edificio nel tempo. In Giappone invece si sviluppa la corrente dei Metabolists, il cui punto cardine è la sostituzione degli elementi e delle singole componenti per lasciare inalterata la struttura e farla sopravvivere più a lungo nel tempo. Questo è evidente nel padiglione dell'Expo del 1970, in cui progettano una casa-capsula: la casa capsula era



Spazi adattabili

In alto: Casa mobile (Future systems 1996)

In basso: Archigram Living Pod (Greene 1995)

70. Future Systems (1996), Future Systems, For inspiration only, Academy Group LTD, London UK

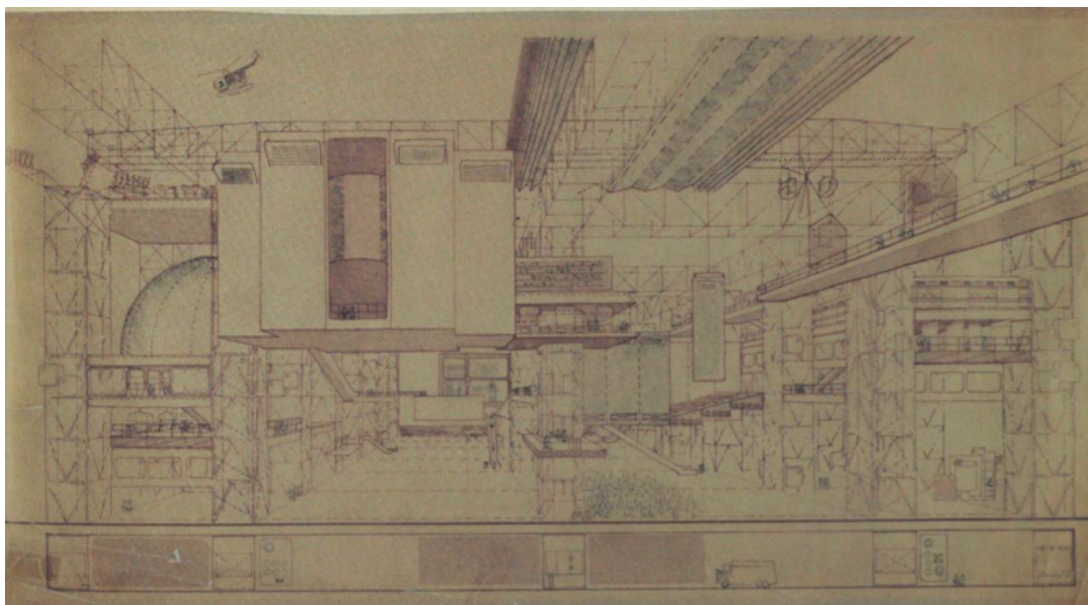
71. Forty A., (2005) *Parole e edifici. Un vocabolario per l'architettura moderna*, Pendragon 2005 (ed. or. Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture, London, Thames and Hudson)

72. Alsop, (1977) Speculation on Cedric Price Architects' Inter Action center, Architectural Review, 7-8

73. Forty A., (2005) *Parole e edifici. Un vocabolario per l'architettura moderna*, Pendragon 2005 (ed. or. Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture, London, Thames and Hudson) p.150

costituita da un insieme di singoli pod smontabili l'uno dall'altro ma anche indipendenti rispetto alla struttura principale. Questo avrebbe consentito piena manovrabilità dei singoli elementi per far fronte ai cambiamenti d'uso nel tempo. Il padiglione è il risultato dei loro studi sui sistemi abitativi come il Move, un sistema costituito da supporto principale e moduli abitativi con un'aspettativa di vita di venticinque anni, collegati ad una megastruttura di supporto. Il punto di arrivo finale nello sviluppo di questo concetto è la Capsule Tower di Kurokawa, costruita negli anni '70 a Tokyo. Un altro pioniere di edifici progettati per la trasformazione è Cedric Price: Cedric Price entra nella scena architettonica britannica alla fine degli anni '50, un periodo in cui complessi residenziali, scuole, parchi industriali e nuove città stavano sorgendo in tutta la Gran Bretagna. In generale la progettazione tendeva ad un'architettura socialmente responsabile e i progetti (come quelli di Week) tendevano ad un sentimento generale di ottimismo riguardo al futuro e alla capacità dell'architettura di migliorare l'ambiente. Price, non intendeva imporre vincoli fisici o psicologici ai suoi occupanti né li avrebbe ridotti a standard, come aveva fatto l'architettura modernista. Attraverso l'abbinamento di umorismo e giocosità e con completa convinzione, i progetti di Price attestano la sua fede in un'architettura che offre agli abitanti e agli spettatori libertà individuali. La tecnologia, basata sul paradigma di una rete flessibile piuttosto che su una struttura statica, ha svolto un ruolo essenziale nel lavoro di Price.

Negli anni '60, utilizza la tecnologia industriale per scambiare, riutilizzare e riciclare le componenti. Attraverso i suoi disegni per il "Fun Palace" nel 1961 ha ispirato un intero filone di edifici adattabili. *"Dato che sono una persona generosa e con un intelletto limitato, mi piace pensare che tutte queste persone a cui piace cambiare le cose potranno divertirsi ma anche lavorare all'infinito. C'è la possibilità di ampliare l'edificio nelle aree incomplete e verso la sua lunghezza. Quello che mi piace di più di questo edificio non è l'immagine di un potenziale futuro, ma la richiesta attuale di essere manipolata".*⁷² (Price 1978) Il Fun Palace era concepito per essere un *"centro flessibile di istruzione e intrattenimento"*⁷³ (Forty, 2004), ed era una proposta

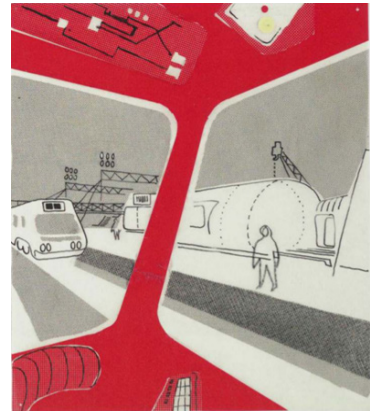
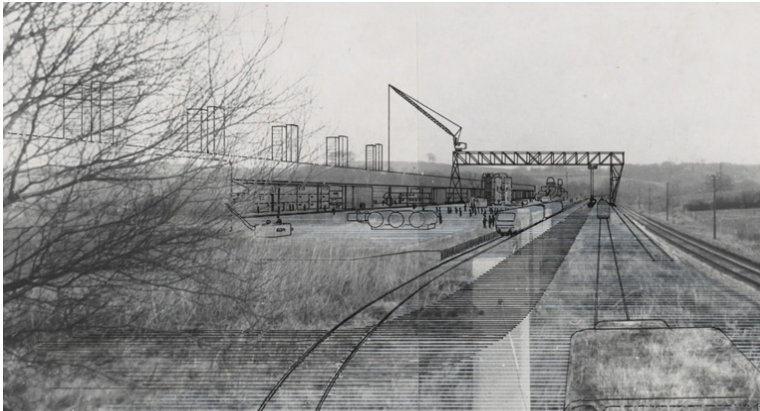


Disegni Fun Palace per Joan Littlewood, Stratford East, Londra. Progetto, 1959-61

74. *Anxious Modernisms*. Edited by Sarah W. Goldhagen and Réjean Lagault. Cambridge, MA: The MIT Press, 2000. p. 119

75. Sarah W. Goldhagen and Réjean Lagault (2000) *Anxious Modernisms*. Cambridge, MA: The MIT Press

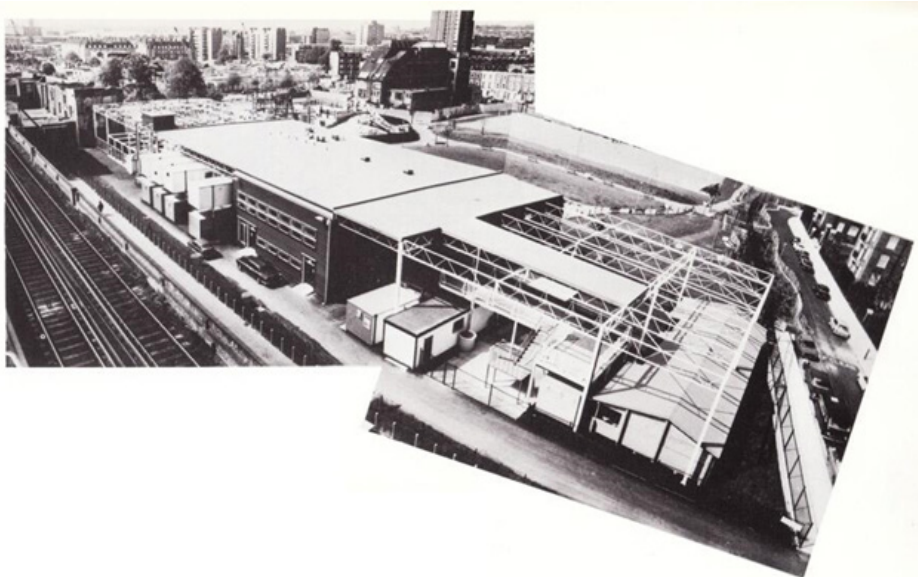
per un nuovo tipo di spazio per spettacoli ispirato da Joan Littlewood, un veterano della scena teatrale radicale inglese.⁷⁴ Littlewood desiderava un nuovo spazio teatrale in cui la sua performance potesse essere libera da una forma "costruita". In qualità di architetto con un debole per la tecnologia e completamente influenzato da Reyner Banham, Price progetta un centro di intrattenimento multifunzionale e del tutto flessibile, con tecnologie ed elementi di edifici industriali. *"un centro di intrattenimento aperto 24 ore su 24, multiprogrammato e infinitamente flessibile che unisce tecnologie di comunicazione e componenti dell'edilizia industriale per produrre una macchina in grado di adattarsi alle esigenze degli utenti"*⁷⁵ (Goldhagen e Lagault, 2000). Per essere più fedele alla risoluzione del problema dato e alla rappresentazione della tecnologia, Price rifiuta qualsiasi approccio formale. Progetta il Fun Palace in una forma prettamente multifunzionale supportata da una tecnologia meccanica letteralmente dinamica e mutevole. Il risultato è uno spazio tecnologicamente innovativo, "non deterministico" progettato dall'architetto in modo pragmatico al punto di scomparire. Questo palazzo era progettato per evocare l'interazione tra lo spazio e gli occupanti, come nuovo tipo di spazio teatrale e dunque l'intenzione del progetto era già anti-architettonica e rifiutava aspetti deterministi nell'architettura, scegliendo di rappresentarla con l'utilizzo di una tecnologia effimera piuttosto che nel formalismo tradizionale. La struttura si basava su un grande telaio strutturale aperto, composto da tralicci d'acciaio e di sostegno per il tetto nel quale era possibile inserire o disinserire diverse unità e componenti. Gli impianti per il riscaldamento erano inseriti nel tetto, unico elemento fisso della struttura. La struttura stessa era polifunzionale e poteva essere costantemente modificata e adattata alle diverse esigenze degli utenti, grazie all'uso di pareti mobili e piste di scorrimento delle gru. L'edificio aveva tuttavia una natura effimera e temporanea, e anzi doveva essere in grado di "scomparire" quantunque non venisse più considerato utile dagli utenti, senza lasciare traccia. Da architetto particolarmente interessato alle strutture leggere e all'idea che gli edifici dovessero avere una vita fissa, spesso breve, era inevitabile che costruisse poco, in un periodo in cui gli edifici erano visti sempre più come investimenti solidi e duraturi. In un senso convenzionale, il Fun Palace come architettura era semplicemente una macchina astratta che, quando attivata dagli utenti, era in grado di produrre



ed elaborare informazioni. Il progetto ebbe troppo successo per rimanere come monumento perché era stato concepito con una premessa che negava l'architettura stessa, e cioè per evocare l'interazione tra lo spazio e gli occupanti (interpreti e pubblico), rifiutando caratteristiche formali determinanti. Così Price sfida il formalismo tradizionale scegliendo di utilizzare una tecnologia effimera. George Baird sostiene che il rifiuto di Price di fornire "simboli visivamente riconoscibili di identità, luogo e attività" e la sua riduzione dell'architettura a una macchina per il "condizionamento della vita" abbiano dimostrato un grossolano fraintendimento del ruolo dell'architettura nell'esperienza umana.⁷⁶ (Goldhagen e Legault, 2000) Sebbene il Fun Palace sia stato un buon esempio di come ottenere flessibilità da un punto di vista pragmatico, e cioè utilizzando la tecnologia è stato un caso troppo radicale, non in grado di trovare riscontro anche alle esigenze di vita comune. Il suo progetto visionario "Potteries Thinkbelt" era invece la critica di Cedric Price al sistema universitario tradizionale. Situato in un paesaggio industriale decadente, piuttosto che nel solito sito urbano o rurale, il Thinkbelt occupava un centinaio di metri quadrati nell'ex stabilimento di produzione delle Ceramiche Staffordshire nella periferia di Londra. Era progettato per essere una rete infinitamente estensibile, al contrario di un campus centralizzato, e per creare una più ampia comunità di apprendimento, promuovendo allo stesso tempo la crescita economica. La struttura della rete era un sistema ferroviario dismesso, vecchio di cento anni. Non solo avrebbe trasportato le persone tra gli alloggi e le aree di apprendimento, ma le auto stesse erano pensate per essere unità di insegnamento mobili. Complete di aule gonfiabili, scrivanie pieghevoli e cattedre, le unità

Ceramiche Thinkbelt, Staffordshire, Inghilterra. Progetto, 1964-66. Veduta sui binari e prospettiva di macchine didattiche mobili

76. Ibidem.



Veduta generale dell'inter Action Center a Kentish Town costruito tra il 1972 e il 1977

77. B. Cline, T. di Carlo, (2002) in Terence Riley, ed., *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*, New York: The Museum of Modern Art, p. 58.

78. Melvin J. (2003), "Cedric Price: Hugely creative architect ahead of his time in promoting themes of lifelong learning and brownfield regeneration", *Articolo su The Guardian*, 15/08/2003 Accessibile [<https://www.theguardian.com/society/2003/aug/15/urbandesign.artsobituaries>]

potevano essere combinate e spostate in siti diversi a seconda delle necessità.⁷⁷ Nonostante il fatto che il Fun Palace fosse un buon esempio di come ottenere una flessibilità pragmatica utilizzando attivamente la tecnologia, Price non riuscì a raggiungere una qualità spaziale tale da poter essere considerata come modello. Il Fun Palace non venne mai costruito, così come il suo "Pottery Thinkbelt". Attraverso questi progetti, Price ha comunque esplorato il potenziale che ha l'architettura di favorire il cambiamento, la crescita intellettuale e lo sviluppo sociale, piuttosto che offrire una dichiarazione estetica definitiva⁷⁸ (Melvin,2003) Riesce a costruire invece , tra il 1972 e il 1977 L'inter Action Center a Kentish Town: la struttura di supporto, in tralicci di acciaio, viene eretta ancora prima di sapere cosa avrebbe dovuto contenere e rimane incompiuta per un anno, per venire poi completato da container temporanei, a conferma della sua natura effimera. La struttura verrà smantellata nel 2003.

Un progetto interessante da menzionare, nell'ambito della ricerca sperimentale, è la proposta "Generator". Dal 1976 al 1979 Cedric Price sviluppa uno dei primi eccezionali scambi tra architettura e sistemi computazionali, che consisteva in una griglia ortogonale e un kit di parti da assemblare con l'aiuto di un computer. Per questa proposta, Price chiede la consulenza a John e Julia Frazer

John Frazer è un accademico inglese, specializzato in tecnologie informatiche legate all'architettura, all'urbanistica e al design presso l'Architectural Association di Londra, l'Università di Cambridge e l'Università di Ulster. Molti dei progetti e delle attività di John coinvolgono Julia Frazer che è la compagna di John sia professionalmente che nella vita, e che ricopre il ruolo di Head of Computing presso l'Architectural Association Londra. Con le loro competenze in campo informatico, Price produce un software in grado di organizzare il layout del progetto in risposta a criteri di volta in volta diversi, di modo da creare un sistema intelligente che fosse in grado di autoregolarsi. Ogni componente dell'edificio avrebbe incorporato un microprocessore a chip singolo in grado di rispondere al centro di controllo. Una gru mobile poteva collocare e spostare all'interno della griglia (composta dalle fondamentazioni) alloggiamenti cubici modulari e componenti di arredo (es. pannelli mobili di rivestimento ai mobili, servizi e accessori), e componenti distributive (per esempio passerelle al piano terra o sospese a livello del tetto) con differenti modalità di assemblaggio: ben quattro programmi raccoglievano gli input dei sensori collegati alle componenti, i primi tre costituivano "l'architetto perpetuo", un software di progettazione che conservava i dati e le possibili combinazioni da mostrare all'utente prima della realizzazione. Generator, anche se non costruito, aveva acquisito credibilità come primo progetto di costruzione intelligente. La collaborazione di Cedric Price e i Frazer esplora l'impatto del nuovo carattere tecnologico-culturale della società dell'informazione in termini di progettazione partecipativa e di costruzione interattiva, tema estremamente attuale che oggi ha declinazioni implicazioni nel campo della robotica. Si può affermare quindi che lo sviluppo di nuove tecniche di costruzione migliora le prestazioni strutturali e incentiva ad una produzione architettonica più varia che risponde ad esigenze diverse sia collettive che individuali, migliora le prestazioni strutturali e dei materiali e sposta l'aspetto funzionale dall'essere fisso ad essere più o meno polivalente. Considerate insieme, le opere rappresentano un periodo unico e fertile per l'architettura e per il mondo in generale, specialmente durante i radicali sconvolgimenti politici e sociali della fine degli anni '60. Essi forniscono una rara sezione trasversale delle correnti in rapida evoluzione di quell'epoca, quando una giovane generazione di architetti, coinvolti in quello che è poi stato chiamato il movimento

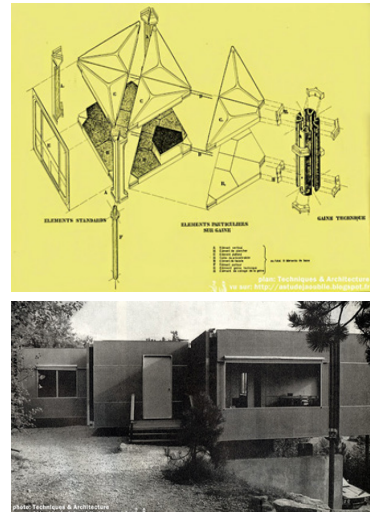
79. Deyong S., (2002) in Terence Riley, et al., *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*, New York: The Museum of Modern Art, pp. 23-32

dei *megastrutturalisti*, ha cercato idee per un mondo migliore liberandolo dell'estetica modernista esausta degli anni prebellici. Nella ricerca di nuovi paradigmi e di una nuova dinamica appropriata alla vita e alla cultura del dopoguerra, questo gruppo diversificato alla fine divenne la critica più acuta del movimento. Tuttavia, le brillanti visioni che hanno avuto lungo la strada rimangono nei loro disegni. L'enfasi oggettiva dei megastrutturalisti sulla tecnologia, la flessibilità e la dimensione globale ha lasciato il posto ad un'architettura individualistica di poesia, memoria e psicologia espressa in piccoli monumenti, rovine e sogni postmodernisti del futuro che incorporano icone del passato. Le forze scatenate dalla scomparsa della megastruttura e l'avvento del postmodernismo rimangono forze creative vitali nel mondo dell'architettura oggi. La visione completa di questo momento significativo della storia offre una finestra unica sulle fonti alla radice della pratica architettonica attuale, nel campo della flessibilità e non.⁷⁹

1.4.4. La prefabbricazione a servizio della flessibilità, l'architettura evolutiva e l'eccesso di "funzionalizzazione"

Nel campo del design per l'industria, Jean Prouvé sfrutta la capacità e le possibilità della produzione industriale a suo vantaggio, per creare elementi progettuali e architettonici. L'equivoco che si era creato infatti intorno alla seconda generazione di edifici industrializzati, ritenuti monotoni e standardizzati, si basava sul fatto che i progettisti adempivano ai loro compiti di progettazione utilizzando sistemi pronti, offerti dall'industria, costituiti perlopiù da sistemi chiusi, statici e ottimizzati per bassi costi. Essendo sistemi che provenivano direttamente dalle industrie che li producevano, erano tarate su criteri di produzione e montaggio veloci piuttosto che per arricchire i progetti. Prouvé riesce a invertire questa tendenza e a sfruttare la prefabbricazione per creare architetture originali e funzionali. Il suo modello "Casa Meudon" viene realizzato per una gara d'appalto indetta dal governo, la cui richiesta era di progettare 1200 case di 8 m x 8 m da costruire sulle piste degli aeroporti militari per sopperire alla mancanza di alloggi dovuta alla crisi postbellica. Il progetto prevedeva case progettate su di un modulo

che misurava 1 metro, costruito con pannelli intercambiabili, prefabbricati in acciaio pensati per essere leggeri e manovrabili dal singolo utente. Le case venivano prodotte molto rapidamente e potevano essere assemblate in un giorno solo da quattro uomini. Nel 1972 Prouvé progetta componenti chiamati *Constructions Modulaires S.I.R.H.* con l'architetto Sandor Majercsik. Con un processo di costruzione completamente industrializzato, sviluppa otto moduli di base, da assemblare differentemente a seconda delle necessità. Lo spazio è costituito da "kit" che contengono unità abitative come bagno, cucina, ripostiglio, mobili, ecc. Gli occupanti possono scegliere gli elementi da un catalogo e comporre il proprio progetto in base a diverse necessità, come il numero di famiglia o il budget. L'edificio sperimentale è costituito da un insieme di moduli, su una pianta quadrata di 3,80 m di lato, per un'altezza del soffitto di 2,50 m.⁸⁰ Le componenti vengono prima assemblate a formare delle semi-unità: ciascuna è costituita da un guscio triangolare (che costituisce il pavimento) collegato allo stesso elemento (che costituisce il soffitto) da due elementi verticali cavi. Le loro dimensioni sono calcolate in modo da poter essere facilmente trasportate con semirimorchio. Le due metà vengono quindi assemblate per formare un modulo e in tutti questi elementi cavi viene iniettata schiuma poliuretanicamente altamente isolante. Al modulo vengono poi fissati i pannelli di facciata: sono costituiti da un telaio in legno su cui sono incollati i rivestimenti interni ed esterni. Questi possono essere pieni o forati, per formare porte, finestre o portefinestre. Per sostenere l'intero edificio, tra gli elementi verticali delle celle è inserita una cornice di montanti; il modulo viene quindi portato solo nella sua diagonale. Raggruppando in quattro le celle è così possibile liberare il punto centrale di intersezione di qualsiasi elemento portante: questo spazio viene utilizzato per inserire un condotto tecnico. Otto vani consentono il passaggio di altrettanti fluidi diversi, al fine di collegare cucine, bagni, wc, locali biancheria... Accostati orizzontalmente o verticalmente, i moduli vengono poi consegnati "*pronti ad abitare, pronti a crescere, pronti ad evolversi, pronti da vivere*".⁸¹ Tutti i lavori di finitura vengono infatti eseguiti in fabbrica e l'attrezzatura della cucina è integrata; il montaggio è quindi la fase finale. L'edificio sperimentale situato a Ludres è quindi composto da un insieme su otto livelli di questi moduli. Per consentire il movimento da un piano all'altro, ma



Schema assonometrico (in alto) e prospetto (in basso) delle *Constructions Modulaires S.I.R.H.*, 1972

Fonte: Docomomo Francia

80. Fondazione Docomomo Francia, 2018. Online accessibile [<https://www.docomomo.fr/sites/default/files/2018-10/immeuble-sirh.pdf>]

81. Un estratto dello slogan utilizzato per la pubblicità di Option 75: "Pronti da abitare, pronti a crescere, pronti ad evolversi, pronti ad abitare, questa è la prima casa che rispetta la tua personalità. Opzione 75. Se non ti piace, cambiala."

anche per garantire il sostegno dell'edificio, due torri in cemento si ergono alte quasi trenta metri. Le 81 celle sono distribuite tra le due torri, formando piani liberamente trasformabili. Questa giustapposizione verticale delle celle permette anche di variare i volumi, creando spazi a doppia altezza. Il progetto mette al centro del processo decisionale l'utente, il quale può così progettare la sua casa secondo le proprie esigenze e desideri, con l'assistenza degli architetti del gruppo di studio dell'impianto S.I.R.H. (GEIS, organizzazione creata nel 1971 con l'obiettivo di studiare diverse possibili applicazioni del processo). Il processo consente l'insediamento su un unico livello o in terreni scoscesi, da piccole abitazioni con pochi moduli, a abitazioni su scala più ampia. Al di là di una ricchezza combinatoria, il processo HRIS consente un aspetto formale diversificato, grazie ai diversi modelli di pannelli di facciata offerti. La mobilità dello spazio è totale poiché la disposizione delle partizioni è lasciata alla scelta dell'abitante; solo la guaina tecnica condiziona l'installazione delle parti idrauliche. La flessibilità del processo permette inoltre di allargare il suo alloggiamento in qualsiasi momento: svitando solo pochi bulloni si smonta l'intera facciata. Sebbene con i suoi progetti Jean Prouvé non abbia messo in primo piano l'idea di flessibilità, questo tipo di sistemi costruttivi industrializzati ha sicuramente influenzato la ricerca in quest'ambito: La questione di quali forme e strategie potessero soddisfare le rinnovate promesse dell'industrializzazione portò infatti architetti, ingegneri, sociologi e politici a quello che chiamavano *habitat évolutif*: un'abitazione flessibile, in evoluzione o adattabile. Nel 1972, quando l'entusiasmo per il concetto era al culmine, un team di ricercatori finanziati dallo stato lo definì "una dimora in grado di assicurare contemporaneamente le diverse aspirazioni dei clienti e le modifiche strutturali della loro famiglia. Parlare di *habitat évolutif* significava sottolineare "la diversità delle tecniche costruttive contrapposte all'uniformità". Il presupposto era che la diversità costruttiva avrebbe generato una diversità d'uso. E il modo per raggiungere questo obiettivo era, forse paradossalmente, la standardizzazione. Elementi costruttivi identici potevano essere messi insieme in una gamma di assemblaggi diversi, se progettati come tali. Con la nozione di *habitat évolutif*, la flessibilità dell'abitare e la partecipazione degli abitanti sono state quindi poste come questioni di innovazione tecnologica e progettazione architettonica.

Il concetto in sé non era affatto nuovo: la progettazione come mezzo facilitatore di trasformazione dai suoi occupanti era stato uno dei capisaldi dell'avanguardia del dopoguerra: dalla *Plug-in City* di Archigram al *Fun Palace* di Cedric Price, era già presente la celebrazione di una nuova società del tempo libero, fondata su una credenza ottimistica nel potere emancipatore della tecnologia. Più in particolare, le virtù della partecipazione sociale e le tecniche della flessibilità architettonica dovevano essere indissolubilmente legate. Nonostante le rivendicazioni di novità e la volontà di abbracciare le ultime tecnologie, questi collegamenti furono applicati per la prima volta nel periodo tra le due guerre. I precedenti spaziavano dalla *Maison Domino* di Le Corbusier e dal suo concetto di *plan libre*, realizzato in diversi progetti residenziali in Francia, alle pareti divisorie mobili di *Gerrit Rietveld* nella casa *Schröder*. Con il suo *Plan Obus* per Algeri, Le Corbusier aveva persino portato queste idee alla scala della città in generale. Gli architetti moderni del dopoguerra avevano costruito su queste idee mentre promuovevano nuovi metodi di costruzione come strumenti di flessibilità spaziale e programmatica. Tuttavia, gli interessi pragmatici nelle possibilità della costruzione modulare durante gli anni Cinquanta, come nel lavoro di Ezra Ehrenkrantz, sono stati spesso oscurati da preoccupazioni estetiche, come il risorgente interesse per le proporzioni illustrato dall'uso del *Modulor* da parte di *Le Corbusier* all'*Unité d' Habitation*.

Immagini tratte dal documentario Logement à la demande di Éric Rohmer del 1975, che mostra come l'architetto e il pedagogo abbiano lavorato con i futuri abitanti per modellare la disposizione dell'appartamento come cucina, bagno e toilette.



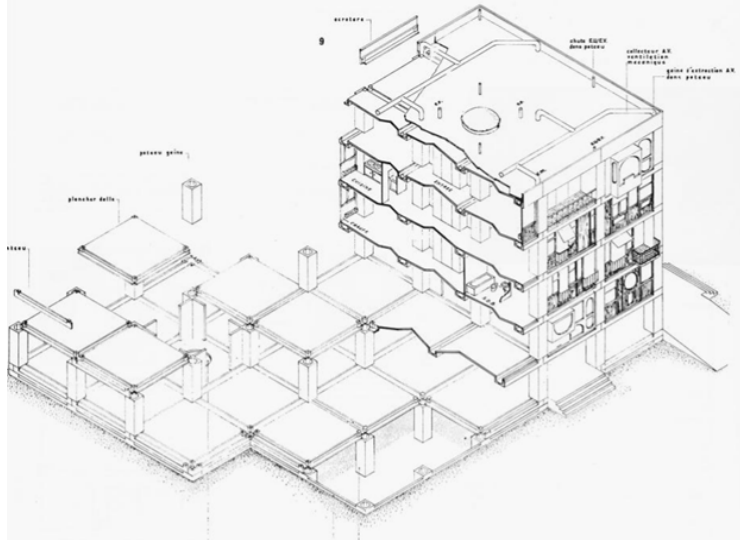
83. Cupers, K. (2014). The Social Project. <https://doi.org/10.5749/>

84. Ibidem.

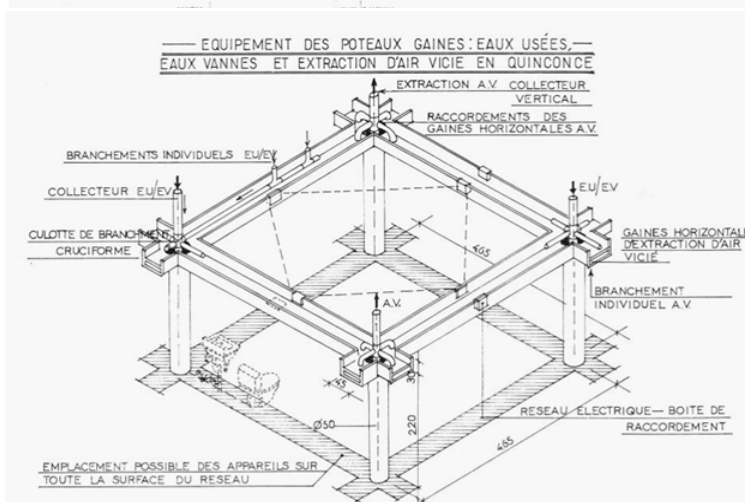
In Francia, la ricerca di flessibilità si traduce in una molteplicità di sistemi tecnologici che coinvolgono l'utente stesso nella progettazione di spazio, anticipando l'approccio architettonico di Habraken. Un esempio rilevante in questo senso *L'Espace construit adaptable* di Bernard Kohn e Georges Maurios, che è stato costruito a Val d'Yerres in Francia.⁸³

L'obiettivo di questi due architetti era la completa indipendenza dell'organizzazione programmatica dalla struttura fisica. Maurios, che aveva maturato esperienza lavorando per Le Corbusier in India, si era interessato alla flessibilità architettonica sin dai suoi studi all'Università di Harvard con José-Luis Sert, Jezi Soltan e Louis Kahn. Non aveva trovato molto sostegno da parte del governo fino a quando il DGRST alla fine non finanziò la sua ricerca nel 1967.⁸⁴ Dopo un tentativo fallito di costruire nella Città Nuova di Évry, il ministero e il suo Piano di Costruzione aiutarono a realizzare il loro primo progetto di edilizia flessibile su larga scala a Val-d'Yerres. Denominato *Les Marelles*, l'innovazione costruttiva del progetto è stata il *poteau-gaine*, un elemento cavo che abbinava una funzione portante alla distribuzione dei servizi. Una struttura tridimensionale composta da tali elementi avrebbe fornito l'accesso alle utenze in qualsiasi luogo all'interno dell'edificio e, quindi, "flessibilità totale" nell'organizzazione. L'impianto è stato industrializzato mediante tre elementi prefabbricati in calcestruzzo. Il sistema è stato concepito come modulare e partecipativo, gli occupanti potevano infatti scegliere da un catalogo il proprio kit abitativo assemblando moduli bagno, cucina, balcone e pareti divisorie da inserire nel proprio appartamento. Il ruolo dell'architetto era quello di aiutarli a scegliere il kit giusto per le loro necessità o stile di vita all'interno del loro budget. Finora sono stati enumerati alcuni casi che mostrano flessibilità multifunzionale. La flessibilità multifunzionale si ottiene modificando letteralmente le proprietà spaziali, come le dimensioni, l'illuminazione e le condizioni acustiche o sostituendo lo spazio stesso. Questo cambiamento fisico dello spazio consente all'ambiente di essere altamente reattivo alle richieste degli utenti ottenendo determinati requisiti ambientali. Tuttavia, in generale, una volta completato un progetto, sarebbero necessari uno o due anni per costruirlo e per occuparlo almeno altri due o tre decenni. La multifunzionalità derivata dalle funzioni anticipate stabilite dall'architetto "fissava" lo spazio in alcune possibilità ben definite,

comunque troppo poche se si considera la durata totale della vita dell'edificio. Questa è l'ambiguità della flessibilità di questi anni, che molti tra cui il filosofo marxista francese *Henri Lefebvre* hanno sottolineato, criticando la trappola della funzionalità nel senso di flessibilità in quanto l'eccesso deterministico del funzionalismo avrebbe potuto eliminare "la possibilità stessa della multifunzionalità". Da questo momento in poi, era chiaro che la flessibilità doveva essere considerata da un punto di vista diverso del concetto di "funzione".



Il sistema costruttivo tridimensionale per il progetto di Les Marelles degli architetti Bernard Kohn e Georges Maurios. I condotti per i servizi sono inseriti nella struttura cava. Da Les Cahiers du Centre scientifique et technique du bâtiment 167 (1976): 48.



85. Lefebvre, H., & Nicholson-Smith, D. (1991). *The production of space* (Vol. 142). Blackwell: Oxford.

86. Epavcevic B., Stojaković, V., (2012). *Shape grammar in contemporary architectural theory and design*. Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering. 10. 169-178. 10.2298/FUACE1202169T.

1.5 FLESSIBILITA' COME STRATEGIA POLITICA

1.5.1. Una flessibilità concettuale

*"Il funzionalismo pone l'accento sulla funzione al punto tale che, poiché ogni funzione ha un luogo specificatamente assegnato all'interno dello spazio, la possibilità della multifunzionalità è eliminata".*⁸⁵(Lefebvre, 1991)

Nel suo libro, "La produzione dello spazio", Henri Lefebvre attacca l'ambiguità del funzionalismo in termini di flessibilità: "Il funzionalismo sottolinea la funzione al punto che, poiché ogni funzione ha un posto appositamente assegnato all'interno dello spazio, la possibilità stessa di multifunzionalità viene eliminata." È un'evidenza che negli anni '60 molte delle correnti architettoniche legate al concetto di flessibilità nascono in controtendenza ad una società capitalista, che enfatizzava una cultura del consumo basata sul continuo acquisto di prodotti per la quotidianità e che tendeva a standardizzare ed appiattire sempre di più l'uomo ed i suoi bisogni. Se da un lato quindi troviamo il tentativo di superare un certo tipo di architettura legata alla produzione in massa con l'aiuto di tecnologia e tecnica, dall'altro lo stesso tentativo viene avviato attraverso una riflessione non sugli edifici, quanto sul loro uso.⁸⁶ (Epavcevic, Stojaković 2012).

La flessibilità diventa un concetto che si affianca a quello di libertà e di riappropriazione dello spazio, in un'accezione politica. Nella visione funzionalista gli spazi potevano permettersi diverse possibilità variando e mantenendo condizioni spaziali soddisfacenti; Quello che mancava tuttavia era la tolleranza e lo spazio per accogliere altri usi, fuori dalle previsioni del progettista. Questa forma di flessibilità polivalente si basava sulle anticipazioni dell'architetto, che sperava di interpretare in modo più ampio possibile le necessità dell'utente, considerandole come uno spazio "non tecnico" di possibilità. Questo sottolinea una grande contraddizione teorica: è lo spazio che si deve adattare agli utenti o sono gli utenti che si adattano ad uno spazio? Ovvero, fino

a che punto l'architetto può controllare il proprio progetto senza "violare" le libere interpretazioni dello spazio degli utenti? Christopher Wolfgang Alexander, architetto e teorico del design britannico-americano molto influente (attualmente professore emerito presso l'Università della California, Berkeley) nel 1979 Scrive: *"C'è un modo senza tempo di costruire. Ha migliaia di anni, e lo stesso oggi come lo è sempre stato. I grandi edifici tradizionali del passato, i villaggi e le tende ei templi in cui l'uomo si sente a casa, sono sempre stati realizzati da persone che erano molto vicine al centro di questa via. Non è possibile fare grandi edifici, o grandi città, luoghi belli, luoghi dove ti senti bene, luoghi dove ti senti vivo, se non seguendo questa strada. E, come vedrai, questa via condurrà chi la cerca a edifici che sono essi stessi antichi nella forma come gli alberi e le colline, e come sono i nostri volti."* (Alexander, 1979)⁸⁷

87. Alexander C., (1979), *The Timeless Way of Building*, Oxford University Press, USA p.19

88. Salingaros N.A., (2000), *The structure of pattern languages*. Archit Res Q 4(2):149-161

Alexander crede che *"c'è una qualità centrale che è il criterio fondamentale della vita e dello spirito in un uomo, una città, un edificio o un deserto. Questa qualità è oggettiva e precisa, ma non può essere nominata"* (Alexander 1979, p 19). Secondo Alexander la "qualità senza nome" si crea solo quando le persone scelgono di costruire in a "timeless way" ovvero senza tempo. Ciò richiede una "popolazione attiva" che partecipi alla formazione del proprio ambiente attraverso un processo democratico basato su tradizioni comuni, un linguaggio progettuale condiviso e un dialogo a livello di società. Tuttavia, Alexander sostiene anche che i linguaggi e i valori tradizionali che un tempo guidavano questo processo sono andati perduti nel tempo, oppure sono diventati così corrotti da essere completamente disfunzionali ⁸⁸(Salingaros 2000).

Alexander si pone quindi il problema di come creare un vero e proprio linguaggio architettonico, una grammatica di pezzi con cui assemblare, a diverse scale, modelli schematici più o meno complessi in grado di risolvere problemi sociali. Nel suo libro più famoso "A Pattern Language", che tra le altre ispirerà successivamente le teorie di Brand, crea un vero e proprio linguaggio costituito da 253 segni, elementi di base, raggruppati in categorie secondo una gerarchia precisa, per risolvere problemi specifici. A Pattern Language costituisce la base funzionale della teoria di Alexander. *"Ogni modello descrive un problema che si verifica più e più volte nel nostro ambiente, quindi descrive il nucleo della soluzione a quel problema, in modo tale da poter utilizzare questa soluzione un milione di volte,*

89. Alexander C, Ishikawa S, Silverstienm M (1977) *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford University Press, New York p. 10

senza mai ripeterla nello stesso modo due volte"⁸⁹ (Alexander et al. 1977).

I modelli variano in scala dalla pianificazione regionale fino a quella dell'arredo e adattano le loro soluzioni alle circostanze locali e sintetizzandole in progetti più ampi, assicurando che tutte le forze siano bilanciate in un modo che facilita l'emergere della "qualità senza nome". Per consentire questa sintesi, ogni modello segue un formato coerente di cinque categorie. La prima è la sua identificazione, inclusi nome, numero, grado di confidenza e una fotografia di un tipico esempio. Il secondo è un elenco di connessioni ad altri modelli che aiuta a completarla. La terza sezione comprende una descrizione del contesto in cui il pattern è rilevante e l'evidenza empirica.

A Pattern Language di Christopher Alexander è rinomato per fornire soluzioni semplici, opportunamente formattate, a problemi di progettazione complessi ed è anche ritenuto il trattato di architettura più letto mai pubblicato. La teoria di Alexander, essa stessa un processo collaborativo, è stata sviluppata attraverso tre libri canonici; *The Oregon Experiment* (Alexander et al. 1975), *A Pattern Language* (Alexander et al. 1977) e *The Timeless Way of Building* (Alexander 1979). Insieme, queste tre opere costituiscono una delle critiche più sostenute al modernismo degli anni '60 e '70. Durante questa era *Architecture Without Architects* (Rudofsky 1964) di Bernard Rudofsky e *House, Form and Culture* (Rapoport 1969) di Amos Rapoport e *The Meaning of the Built Environment* (Rapoport 1982) sostenevano che i processi intuitivi e inconsci erano componenti vitali dell'architettura tradizionale e vernacolare.

Tutti questi concetti sono al centro della seconda teoria dell'architettura di Alexander, che si concentra sulla bellezza intrinseca degli spazi e degli edifici urbani tradizionali. Alexander crede che *"ci sia una qualità centrale che è il criterio fondamentale della vita e dello spirito in un uomo, una città, un edificio o un deserto. Questa qualità è oggettiva e precisa, ma non può essere nominata"* (Alexander 1979). Il primo volume della teoria di Alexander, *The Timeless Way of Building*, descrive in dettaglio la sua convinzione che questa qualità senza nome sia la fonte della

bellezza intrinseca dell'architettura tradizionale. Qui si sostiene che i valori e i costumi condivisi delle società tradizionali forniscono una struttura guida, o linguaggio progettuale, che limita i tanti piccoli atti di costruzione individuale e li integra in un ambiente coeso più ampio. Nonostante non sia stato nominato, Alexander ha proposto diversi descrittori per questa qualità - "bellezza", "vivo", "intero", "comodo", "libero", "esatto", "senza ego" ed "eterno" - e discute come ciascuno catturi certe dimensioni della qualità, anche se troppo imprecise per descriverla perfettamente.⁹⁰

90. Alexander, C., Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2017). *A Pattern Language: analysing, mapping and classifying the critical response*. City, Territory and Architecture, 1-14.

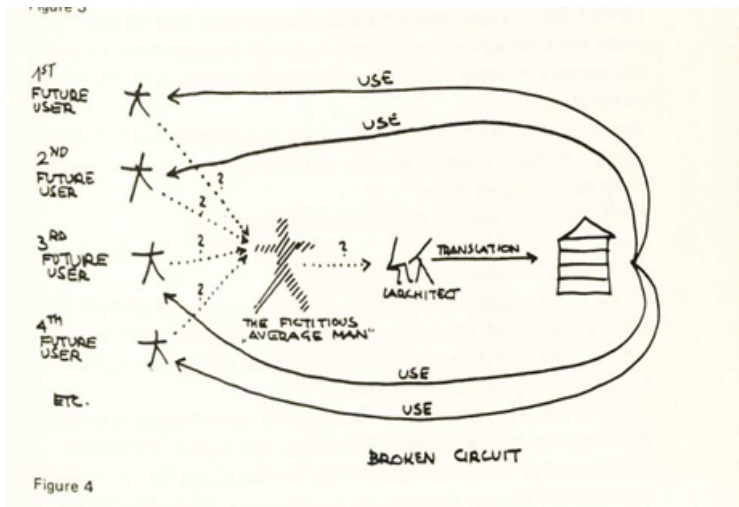
Al centro di questo movimento c'è l'idea che le persone dovrebbero progettare case, strade e comunità per sé stesse. Questa idea può implicare una trasformazione radicale della professione di architetto, ma emerge semplicemente dall'osservazione che la maggior parte delle concentrazioni urbane del mondo non sono state realizzate da architetti ma dalle persone. Nel 2002-2003 Alexander ha perseguito il suo interesse per lo sviluppo della comunità attraverso due progetti in particolare: la rivitalizzazione (riqualificazione) del centro di Duncanville, in Texas, e la creazione di una nuova comunità sulle colline vicino a Brookings, Oregon. La Grammatica di Alexander costituisce di fatto un codice generativo, che può essere applicato alla scala urbana come di dettaglio, a problemi gestionali e di cantiere. A Mexicali, in Messico, scende fino ai dettagli delle singole unità, e con un budget ridottissimo si serve del suo pattern come mezzo per scegliere una o l'altra soluzione da adottare. Nel codice, fornito a ciascun utente di modo che sia autonomo, sono contenute le istruzioni per costruire le proprie unità, senza dover seguire un design prefissato. Ogni elemento risulta unico, come risultato di interazione tra piano (abbozzato con il gesso sul terreno) e operazioni di costruzione che generano un edificio coerente.

1.5.2 Yona Friedman – la diversificazione dell'uso dello spazio

“Il fatto che possa pubblicare un libro di architettura che contenga solo ricerca teorica, senza preoccupazioni di traduzione in immagini, è anche segno che la mentalità di una generazione di architetti è cambiata: è possibile ora, solo dopo aver imitato, comprendere che

92. Pezzulli, F. M. (2006). Le "Utopie Realizzabili". *Dialogo con Yona Friedman*. In «Spazi Comuni. Reinventare La Città».

questo modo di imitare era onorevole perché inevitabile”⁹¹ (Friedman, 1976)
Yona Friedman diventa architetto dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale, ed esercita la sua professione in Israele fino a quando, nel 1956, presenta la bozza della sua *“architecture mobile”* al CIAM del 1956, destinata a circolare tra gli architetti di tutto il mondo. Come architetto, dedica la sua vita a rendere l'architettura accessibile a tutti, parlando di un'architettura senza edifici ma fatta da persone, per le persone, con le persone. La traiettoria del pensiero di Yona Friedman si è evoluta dalle strutture della catena spaziale degli anni '60 alle strutture dei tetti del museo delle tecnologie semplici negli anni '80 al suo museo immateriale fino ad arrivare alle strutture mobili degli anni 2000/2010. Nel 1958 fonda il gruppo di ricerca su *“l'architecture mobile”* (GEAM) che si occupa di portare avanti i principi di un'architettura “capace di comprendere le continue trasformazioni che caratterizzano la “mobilità sociale”, basata su infrastrutture che prevedano abitazioni e norme urbanistiche passibili di essere create e ricreate, a seconda delle esigenze degli occupanti e degli abitanti”⁹² (Pezzulli, 2006). Il modo in cui gli occupanti usano uno spazio, il modo in cui lo decorano o aggiungono elementi nuovi definiscono l'architettura come un processo che continua a vivere anche molto tempo dopo che l'architetto esce di scena. Un processo è sempre simile a un'entità, e tanti processi possono interagire come una rete. Nel libro *“Costruire un'immagine”* (inedito del 2003) insiste sull'incapacità di modelli matematici che traccino questi processi: delle formule matematiche conducono a un risultato definitivo senza specificare la moltitudine di strade che possono condurre allo stesso risultato. Sebbene questi appaiano come progetti diversi, in realtà derivano tutti da un'idea che si è evoluta con i tempi ma è sempre stata guidata da un unico principio: l'attenzione alla libertà individuale e alla scelta democratica dell'utente. La flessibilità diventa libertà di personalizzazione contro un sistema, quello dell'architettura di massa, che aveva standardizzato le funzioni e definito le necessità e i bisogni dell'utente medio: "non esiste l'uomo medio, ognuno è unico" così si sforzava di immaginare un'architettura che consentisse a ciascuno la propria individualità. Il lavoro della vita di Friedman porta a riconsiderare il ruolo dell'abitante rispetto a quello dell'architetto ricercando una vera e propria democrazia dell'architettura.



"Il circuito Rotto" di Y. Friedman, preso dal suo libro "per un'architettura Scientifica"

"Nell'architettura tradizionale il fruitore non è libero di prendere alcuna decisione. Tutto intorno a lui – muri, soffitto e pavimento – è rigido, e nulla può essere cambiato. Il problema quindi è: come riuscire a rendere elastici gli ambienti? Di certo non costruendoli di gomma! La soluzione sta piuttosto nel recupero di un sistema orientale molto antico, quello dei pannelli scorrevoli. I pannelli sono mobili, ma è chiaro che non possono sostenere un soffitto; per questo è necessaria un'ossatura (di colonne per esempio) che tenga il soffitto al suo posto, consentendo ai pannelli di scorrere; lo spazio utilizzato deve essere modificabile con la stessa facilità con cui si sposta una sedia. È questo il mio obiettivo: rendere gli edifici mobili quanto una sedia. Allargando il cerchio, il medesimo discorso deve valere anche per la città. Così come sono oggi, gli edifici che ci circondano sono degli ostacoli: mentre guidiamo e camminiamo ce ne rendiamo conto, continuamente costretti ad aggirarli. Le cartine altro non sono che dei piani strategici per muoversi in città. Il mio secondo obiettivo è dunque studiare come far sì che la città ci ostacoli meno e ci sia meno ostile."⁹³ (Friedman 2006)

Il suo interesse in ambito sociale si estende anche al campo della sociologia e della comunicazione, che esplora anche graficamente attraverso il suo stile di manuali, sostenendo che semplici disegni con figure stilizzate consentono una migliore comprensione del concetto che desiderava condividere.

93. Ibidem.

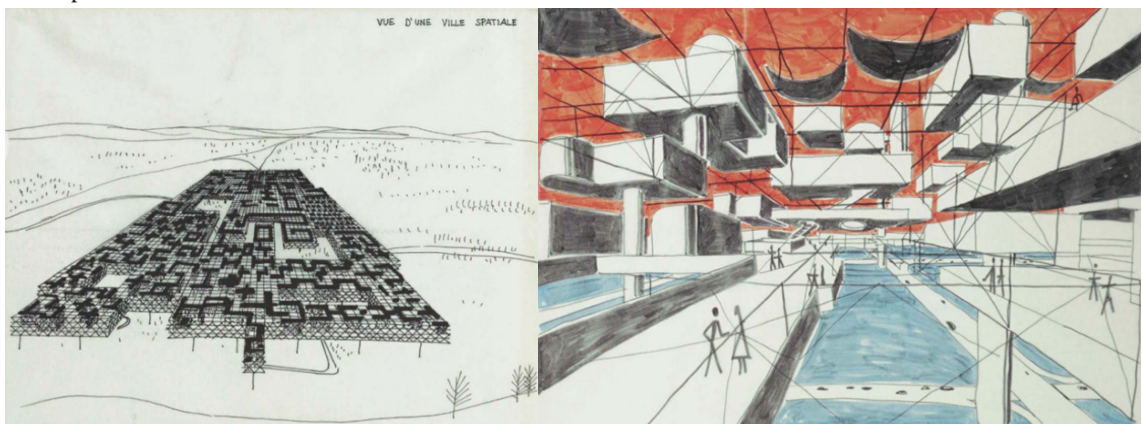
94. Bocco A., Bunčuga F., (2018). *Come vivere con gli altri senza essere né servi né padroni*, articolo contenuto in rivista accessibile online [https://www.doppiozero.com/materiali/yona-friedman-e-le-utopie-realizzabili]

95. Friedman Y.,(2000). *Utopie Realizzabili*, Quodlibet Srl, Macerata

Friedman sviluppa i suoi manuali per divulgare in modo chiaro ed efficace le sue conoscenze tecniche e le sue teorie nell'ambito dell'architettura. Nella sua visione l'architettura è fatta per le persone, ed è un processo in continua evoluzione. I suoi manuali più conosciuti sono "l'architecture mobile", che tratta di architettura mobile e auto-pianificazione e allo stesso tempo si evolve in alti fattori sociali, come l'utilizzo di *space-frame* e principi di architettura mobile per sopperire alla carenza di alloggi senza demolizione e ricostruzione di quartieri. Per incentivare leggerezza e mobilità F. incentiva l'utilizzo di materiali locali, per costruire strutture dal basso impatto sul suolo, che fossero in grado di preservare la loro natura a basso impatto ambientale, anche in caso di demolizione. Gli abitanti inoltre avevano libertà di progettare e modificare le loro strutture a telaio, passando dall'essere utenti ad essere progettisti dei loro spazi e dei loro desideri. (*Ville Spatiale*) Nel suo libro "Utopie Realizzabili", Friedman descrive la sua teoria della sopravvivenza. In un mondo che dispone di mezzi limitati, le comunità si devono basare sull'auto-organizzazione e su una minore vulnerabilità dei piccoli gruppi locali, che si gestiscono in modo quasi autarchico sulla base del principio del "gruppo critico". Friedman ritiene che la tendenza verso il "mondo povero" sia inevitabile e che si debba lavorare per prepararsi a sopravvivervi in modo civile per raggiungere un auspicabile egualitarismo sociale tra i vari gruppi che la compongono. Nella concezione di Friedman tecnologia e scienza avanzate non sarebbero incompatibili con un simile modello sociale.⁹⁴ Non si riscontra nessuna nostalgia in questo: Friedman ritiene che la tendenza verso il "mondo povero" sia inevitabile e che si debba lavorare per prepararsi a sopravvivervi in modo civile e perché tali gruppi siano egualitari; anche poiché tecnologia e scienza avanzate non sarebbero incompatibili con un simile modello sociale.⁹⁵ La visione di Friedman di un'utopia realizzabile rappresenta chiaramente un ossimoro, che tuttavia presenta degli aspetti di attualità che sono ad oggi esplorati e validi. Friedman, estremamente critico nei confronti degli assetti politici contemporanei, individua due grandi attori nell'inganno perpetrato contro la società civile, cioè "lo stato mafia" e "la mafia dei media" che ci illudono del libero arbitrio tramite un costante bombardamento propagandistico volto a farci credere che «siamo noi a volere quel che loro vogliono». Friedman aggiunge che «L'esistenza di uno Stato mafia deriva

dall'impossibilità di conservare la forma dello Stato democratico non appena le sue dimensioni sorpassano certi limiti, e la mafia dei media ne è una diretta conseguenza, a causa dell'impossibilità della comunicazione globale». Neanche i più moderni strumenti tecnologici di comunicazione, come internet sarebbero esenti da tale dinamica: il web è quindi visto come la teatralizzazione e amplificazione di «contenuti già noti in precedenza», che asseconda il pensiero dominante e coadiuva la manipolazione da parte dello stato, rendendo di fatto sempre più difficile per il singolo elaborare una visione propria. La politica è essa stessa una messinscena volta ad evidenziare e ostentare processi democratici e partecipativi, quando in realtà è di fatto un'oligarchia a prendere le decisioni al posto dei cittadini. Tale analisi - del 1974- anticipa largamente alcune posizioni che oggi troviamo nell'euroscetticismo, nell'anticapitalismo e antiglobalismo, nei movimenti sovranisti e isolazionisti europei. Friedman esorta il cittadino ad uscire dallo stato di passività imposta, pretendendo che diventi un "critico dello spettacolo" per smascherare l'inganno e poter concepire utopie, tra cui quella urbana. La città quindi si erge a è la prima utopia realizzata e realizzabile. Le società si sviluppano tramite l'autopianificazione e non come megalopoli ma come aggregazione di villaggi urbani a "sviluppo durevole". Le migrazioni diventano uno strumento di difesa per fuggire dalle iniquità, una sorta di strumento di autoregolamentazione in comunità. Questa società multiculturale che si nutre delle sue differenze è governata da un «capitalismo sociale»: il sovvenzionamento indiretto finanzia i servizi pubblici, è previsto un reddito garantito, un'imposta unica e il servizio civile come sostituto delle tasse.

96. La città spaziale (Ville Spatale) è un costruito teorico non realizzato ispirato dalla carenza di alloggi in Francia alla fine degli anni '50 e dalla profonda convinzione di Yona Friedman che i piani e le strutture abitative dovessero consentire il libero arbitrio dei singoli abitanti. Non volendo spostare la città sottostante, Friedman sollevò una seconda città da quindici a venti metri sopra quella esistente. L'ossatura fu eretta per prima, e le residenze, concepite e costruite dagli abitanti, si inserirono nei vuoti della struttura. La disposizione di ogni livello avrebbe occupato non più del cinquanta per cento della struttura complessiva per fornire aria e luce a ciascuna residenza e alla città sottostante. Il progetto è stato progettato per la costruzione ovunque e pensato per essere adattato a qualsiasi clima.



97. Lampugnani V.M. (2016),
Cinque proposte per costruire in
tempi incerti | Five Proposals for
Building in Uncertain Time, domus
1000,p.72

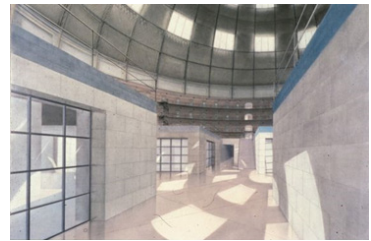
1.6 OVERCAPACITA' - LA "FORMA CHIUSA" E LA FLESSIBILITÀ FUNZIONALE DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA

1.6.1 Rem Koolhaas e il concetto di Ridondanza – la flessibilità per eccesso e le potenzialità della forma chiusa

Negli anni Venti, Hugo Häring, il quale divideva ai tempi l'ufficio con Ludwig Mies van der Rohe, stesse sperimentando planimetrie con forme geometriche dalle quali deduceva scientificamente le funzioni di destinazione: *"disegnò, per esempio, corridoi che si rastremavano, motivandone la forma con acribia apparentemente scientifica, con il fatto che il traffico alla fine dei passaggi diminuisce e dunque richiede meno superficie."* Ludwig Mies van der Rohe, guardò scettico gli sbiechi labirinti e commentò con benevolo scherno: *"Fa' gli spazi grandi, Hugo, così puoi farci dentro tutto"*.

Proprio di questo si tratta: di spazi in cui si può fare tutto. È questo il segreto dei palazzetti nobiliari ottocenteschi, ma anche di epoche ancora più lontane, che oggi conoscono una raffinata rinascita come luoghi di nuove forme di vita; è il segreto degli edifici industriali dismessi e delle vecchie manifatture, che godono una seconda esistenza, non meno brillante della prima, come loft. Per questo c'è bisogno di un po' più spazio o, comunque, di una certa generosità. Non diversamente dal pregio costruttivo, questa generosità è un modo per assicurarsi un ritorno economico, perché conferisce all'edificio una durevolezza che resiste alle crisi, ai mutamenti e, appunto, ai tempi d'insicurezza. (Lampugnani, 2016)⁹⁷ All'interno del dibattito su cosa sia la flessibilità, un giovane Rem Koolhaas si interroga su un potenziale di cambiamento, di "manipolabilità" dell'edificio, laddove la flessibilità è intesa come potenzialità di cambiamento data dalla stessa quantità di spazio presente al suo interno. Per funzionare correttamente, lo spazio deve essere dotato di impianti e sistemi adeguati come illuminazione, acustica, sistema strutturale, ecc. Inoltre, nel suo articolo "Last Apples". Sottolinea sempre di più il rapporto coerente tra spazio e sistemi costruttivi nell'architettura contemporanea. La flessibilità

può essere ottenuta non solo con la progettazione di uno spazio stesso, ma anche costruendo apparati e impianti che lo supportino. Nel suo libro *S, M, L, XL* scrive: *“La flessibilità non è l’anticipazione esaustiva di tutti i possibili mutamenti (...) è piuttosto la creazione di un margine – una capacità in eccesso che permette usi che sono differenti e persino opposti.”* Il progettista non definisce un programma di funzioni possibili e mutevoli nel tempo, quanto più il cosiddetto “margine” o *lose fit* da lasciare come surplus, come spazio di manovra del futuro utente. La ridondanza individuata da Koolhaas è uno spazio poroso, dotato di una certa fluidità interna, che consente il passaggio veloce da una funzione ad un’altra. Nello specifico Koolhaas individua questo tipo di caratteristica nella prigione di Arnhem, edificio del XIX secolo che si presenta come, appunto, un “contenitore di spazio”: un guscio il cui interno è indipendente ma la cui forma esterna si presenta come chiusa, imm modificabile, avvolgente: una spazialità *“costruita ma non definita”*.

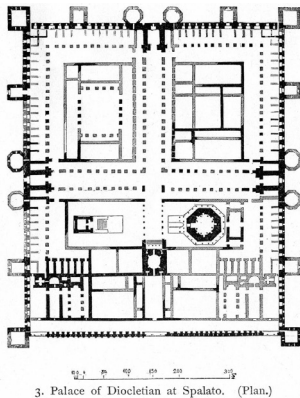


Panopticon - Rem Koolhaas, Bruce Mau, S, M, L, XL, 1995

È il caso per esempio delle strutture di forma ovale, come il *Panopticon* o la prigione di Koolhaas, ma anche come le arene romane. Costruite con uno scopo e una funzione ben precisi, sono facilmente identificabili all’interno del tessuto urbano e per questo possono essere considerate come landmarks del territorio. Dal punto di vista formale costituiscono l’archetipo della forma chiusa, introversa, ma contrariamente alla loro natura apparentemente “finita” sono in grado di conservare la qualità dello spazio interno per contesti e funzioni assolutamente diverse, al variare delle circostanze. L’arena di Lucca o l’arena di Arles, piuttosto che la stessa Piazza Navona, sono state in grado di mutare in piazze, rifugi, fortezze medioevali. Sono state assorbite dal tessuto tanto da diventare borghi abitati, pur senza snaturare la loro identità chiusa e introversa, a dimostrazione del fatto che una grande forma può essere interpretata in modo diverso a seconda dei contesti e delle circostanze, senza però venire compromessa nella sua identità. Nel caso dell’arena romana di Arles, trasformata in fortezza in epoca medioevale, oggi è sito turistico visitabile e testimonia la piena reversibilità dell’intervento che ne aveva mutato funzione. Il palazzo dell’imperatore Diocleziano è un interessante esempio di questa “creazione di margine”, oltre ad essere una delle migliori testimonianze dell’architettura imperiale tardo-romana. Possente

98. Rossi, A. (1966). *L'architettura della città*, Quodlibet, Macerata.

99. De Michelis, M. (2002), Aldo Rossi and Autonomous Architecture, contribution in Gilman, H. (2002). *The changing of the avant-garde: visionary architectural drawings from the Howard Gilman collection*. Museum of Modern Art, D.A.P./Distributed Art Publishers p.89



Architettura, scultura e arti industriali tra le nazioni dell'antichità / una serie di illustrazioni disposte cronologicamente, a formare un atlante, da utilizzare in connessione con qualsiasi opera sulla storia dell'arte. Edizione americana autorizzata, pubblicata sotto la supervisione di S. R. Koehler. Boston: L. Prang and Company, 1879. Serie I.

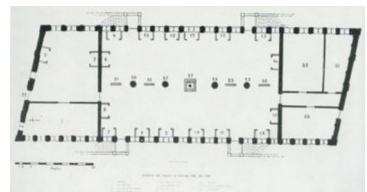
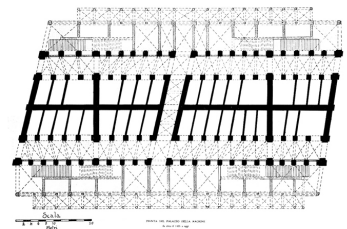
fortificazione costruita a partire dalla fine del III secolo d.C. sulle rive del mare Adriatico, e fu dimora dell'imperatore dal 305 al 316, dopo la sua abdicazione. Oggi fa parte della città croata di Spalato. La sua struttura è rigorosa e colpì anche Aldo Rossi, che nel suo libro "l'architettura della città" (1966)⁹⁸ spiega come sia un chiaro esempio del principio di permanenza al di là del cambiamento di utilizzo, negando ogni distinzione tra edificio e città, dimostrando che la città è essa stessa architettura, e che attraverso i millenni l'uomo riproduce il palazzo di Cnosso. L'architettura del vecchio palazzo subisce un processo di singolare trasformazione: cessa di essere una fortezza e spalanca le sue porte al trasferimento urbano. A Spalato, la trasformazione di un atrio in piazza o di una ninfa in piazza coperta ci insegna che lo spazio della città può diventare progetto e viceversa.

Aldo Rossi apprezza l'adattabilità della tradizionale forma urbana e critica l'architettura moderna in nome del "funzionalismo ingenuo". Rossi sostiene che le forme urbane tradizionali siano più resilienti, più flessibili delle moderne architetture che sono state progettate da un ingenuo empirismo e hanno rivelato che il funzionalismo non è in grado di esprimere o spiegare i fenomeni urbani molto complicati, dalla struttura urbana alle vite sociali. La cultura architettonica durante questo periodo critico nella storia intellettuale e creativa del ventesimo secolo è stata definita in gran parte da architetti, filosofi e storici, le cui diverse idee erano collegate solo dalla comune determinazione di alterare i principi obsoleti della pratica modernista e di rivalutare l'architettura rispetto ai nuovi imperativi del mondo postbellico. Nel 1966 il suo libro *l'architettura della città* pose pazientemente le basi per una teoria distaccata dell'autonomia architettonica, che ebbe un'influenza cruciale (De Michelis, 2002)⁹⁹ sia in Europa che in America. Il commovente manifesto di Rossi è stato scritto in un momento in cui le sue teorie potevano essere verificate solo su un piccolo numero di suoi progetti, come i progetti per un concorso per il Teatro Paganini di Parma (1964) e il quartiere di San Rocco a Monza, vicino a Milano (1966), e ancor meno opere realizzate, come la piazza di Segrate fuori Milano, su commissione del giovane architetto milanese Guido Canella. È stato anche pubblicato nello stesso anno in cui un libro altrettanto influente è apparso in America, *Complexity and contrasts in Architecture* di Robert Venturi, che ha affrontato gli stessi temi da

una prospettiva diversa. Il libro di Venturi è stato anche un tentativo di plasmare un contesto storico originale per l'architettura contemporanea. In termini di idee di autonomia esposte da Rossi e altri in Europa, l'aspetto più importante del libro di Venturi era il suo obiettivo correlato di ristabilire nell'architettura una complessità intrinseca che sarebbe stata staccata da altre discipline, come la scienza, la tecnologia e le discipline umanistiche. e le scienze sociali, che secondo lui avevano offuscato i confini tra loro e l'architettura moderna. Venturi ha scritto: *"Non faccio alcun tentativo particolare di mettere in relazione l'architettura con altre cose... Cerco di parlare dell'architettura piuttosto che intorno ad essa (...) Il potere sempre minore dell'architetto e la sua crescente inefficacia nel plasmare l'intero ambiente possono forse essere invertito, ironia della sorte, restringendo le sue preoccupazioni e concentrandosi sul proprio lavoro."*

Il libro di Rossi si apre con l'ormai celebre dichiarazione di una fondamentale unità identitaria tra città e architettura, e propone una teoria dei manufatti urbani caratterizzata dall'"identificazione della città stessa come manufatto e dalla sua suddivisione in singoli edifici e aree abitative." Per Rossi, *"i monumenti, segni della volontà collettiva espressa attraverso i principi dell'architettura"*, sono i punti fermi di una dinamica urbana, e costituiscono uno degli elementi principali della storia della cultura. La sua perentoria affermazione del carattere architettonico della città implica un'autonomia attraverso la quale l'architettura stessa è autorizzata a costruire una nuova "scienza urbana", e si pone come uno degli elementi costitutivi del concetto di architettura autonoma. In un senso simile, fa poi un esempio interessante affermando il concetto di permanenza di una città.

Secondo Aldo Rossi, le permanenze presentano due aspetti: l'uno è considerato come elemento propulsore e l'altro come elemento patologico. Come esempio di elementi propulsivi, che si adattano con successo ai cambiamenti urbani, Rossi prende il Palazzo della Ragione a Padova. La struttura dell'edificio non solo ha consentito di svolgere efficientemente la sua funzione nel passato, si è adattato ai cambiamenti urbani nel tempo. La grandissima sala del piano superiore, all'epoca la più grande sala pensile del mondo costituiva una grande prova di ardimento architettonico e di solidità.

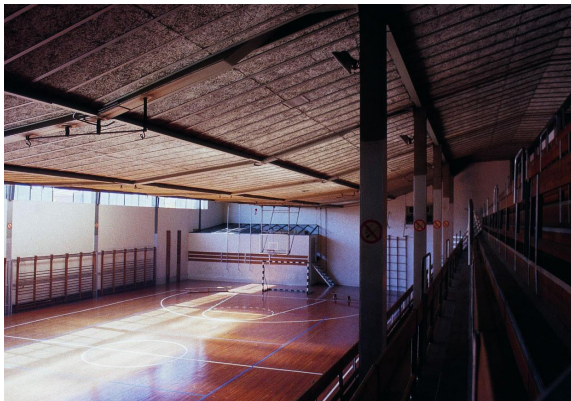


Andrea Moschetti, Ricostruzione del piano terra e del primo piano del Palazzo della Ragione di Padova ante 1306.

Attualmente il palazzo è utilizzato per grandi esposizioni artistiche e manifestazioni, mentre il pian terreno è tuttora destinato, come nell'antichità, a mercato di generi alimentari. Gli scavi effettuati durante i lavori hanno portato alla luce una struttura organizzata in due gallerie longitudinali ed una trasversale, che fanno emergere le varie sovrapposizioni architettoniche che si sono succedute nel tempo. Il recente restauro del mercato, che ha interessato anche l'interrato del Palazzo, consente di apprezzare i resti medievali e romani, oltre alla crescita stratigrafica della città.

100. AA.VV. (2015) Dipartimento ABC – Politecnico di Milano – Costruzioni complesse: infrastrutture, salute, attrezzature [online] Accessibile: www.abc.polimi.it/fileadmin/abc/images/ricerca/publicazione_pdf/05.pdf

Se nello strutturalismo determinista ci troviamo di fronte ad una distinzione netta tra i singoli elementi costitutivi lo spazio circoscritto o forma introversa, anche delle architetture più tradizionali, appare funzionale perché non è concepita come un singolo elemento finito, bensì come un contenitore di possibili funzioni: un unicum in cui si affiancano lo spazio e il suo contenuto, una flessibilità programmatica e funzionale. Non una flessibilità di elementi ma di “tipi edilizi”, contraddistinti da specifiche necessità distributive, dalla quantità di spazio necessario (per esempio per gli edifici per lo sport o gli spettacoli), dal problema della copertura, dalla *“natura dell’architettura nella sua permanenza come supporto alle attività umane”*: in una generale veduta contemporanea sono da citare ad esempio le integrazioni di funzioni e forma, come in de la Sota, collegio Maravillas, e Saenz de Oiza, Torre Bvva a Madrid.¹⁰⁰ Sottesa alla definizione del tipo edilizio è anche la questione della forma, e soprattutto di come questa possa essere considerata tipologia. In generale questo ci riporta a quanto sia importante definire nella complessità dell’organismo architettonico degli elementi semplici, e soprattutto sottolinea che l’architettura è fondamentalmente l’insieme di relazioni spaziali tra le parti che la costituiscono e può “lasciare spazio allo spazio”, anche al cambiamento.



Due esempi di coperture che “lasciano spazio”: Collegio Maravillas di Alejandro de la Sota (1962) (fonte Fundación de La Sota) e la Torre BVVA (oggi Castellana 81) di Francisco Saenz de Oiza. (1979) Madrid

1.7 L'ARCHITETTURA APERTA – LA FLESSIBILITÀ DAL PUNTO DI VISTA FISICO – STRUTTURALE

101. Habraken N. John (1998), *The Structure of the Ordinary, Form and Control in the Built Environment*, MIT Press, Cambridge

1.7.1 il principio gerarchico dei livelli: le teorie di Habraken e Brand

John Habraken nasce nel 1928 in Indonesia, a Bandung e cresce come cittadino olandese. Dopo il suo periodo di formazione in architettura presso la Delft Technical University, pubblica nel 1962 il testo "Supports, an Alternative to Mass Housing" destinato ad essere un vero e proprio manifesto di ricerca e sviluppo per la progettazione e la costruzione di alloggi adattabili. Tiene brillanti conferenze sul tema e contemporaneamente scrive numerosi libri, rapporti di ricerca e svariati articoli. Se parliamo di strutturalismo, gli approcci più studiati, fondati sul principio gerarchico delle componenti di un edificio, si basano fondamentalmente sulle opere di Habraken (1998) e Brand (1994). Al centro di questo metodo di analisi e valutazione non vi è soltanto l'edificio in quanto tale, ma l'intera società e l'ambiente costruito. *"Il nostro soggetto, quindi, non è l'architettura, ma l'ambiente costruito. È innatamente familiare. Di nuovo, osserviamo ciò che è sempre stato con noi - non per scoprire, tanto meno per inventare, ma per riconoscere."*¹⁰¹ (Habraken, 1998) L'ambiente costruito, in tutta la sua complessità è creato dalle persone. Esso vive come entità auto-organizzata e auto-organizzatrice: si rinnova, cresce spontaneamente, dura per millenni. La conservazione congela nel tempo monumenti e opere, ma il contesto abitato può sopravvivere solo grazie al cambiamento e all'adattamento. Esso sopravvive al tempo attraversando nuove tecnologie, stili di vita e materiali: per questo possiamo dire che l'ambiente costruito costituisce un organismo più che un artefatto. L'identità delle città e degli edifici possiede qualità che nonostante le trasformazioni nel tempo rappresentano valori condivisi con il nostro passato che si tramandano alle generazioni future, unendo

passato e futuro. Questa continuità di caratteristiche nel tempo esiste in strade, piazze, quartieri, e anche nei dettagli e nel modo di abitare gli edifici. La durabilità e la resilienza dell'ambiente costruito sono resi possibili solo grazie alla trasformazione e al cambiamento: come un organismo esso si conserva grazie al rinnovo e alla sostituzione delle singole parti di cui è costituito. *"Costruiamo per durare, per resistere al tempo, anche se sappiamo che il tempo vincerà."* Quello che le generazioni precedenti avevano eretto per l'eternità, lo demoliamo. Dunque, con intento simile, posiamo pietra dopo pietra e costruiamo ancora, ricerchiamo istintivamente la permanenza. Da uno sguardo più distaccato però, riconosciamo colui che costruisce come agente del cambiamento: il costruttore è colui che, in lotta per la permanenza o forse per l'immortalità sfida l'esistente e trasforma quello che trova. Se parliamo di ambiente costruito come organismo, lo dobbiamo all'intervento umano che cambia, altera, espande e rinnova l'ambiente dove è attivamente coinvolto. Un'ambiente costruito senza vita umana muore e si sgretola, riportato ineluttabilmente alla forza di gravità.

Tutti noi svolgiamo una parte: viviamo e trasformiamo a nostro gusto tutto ciò che ci circonda, stando attenti che le cose ci rispecchino e siano come abbiamo scelto, che sia un vaso di fiori nella nostra camera o un quadro nel nostro ufficio. Esercitiemo una forma di controllo su ciò che trasformiamo, quindi non c'è distinzione tra chi crea e chi usa. Si forma così un ciclo di azioni continuo che lega simbioticamente l'ambiente costruito con chi lo crea e chi lo abita. John Habraken definisce poi quello che è il controllo, ovvero la relazione centrale tra gli uomini e tutto ciò che costituisce l'ambiente costruito. Per capire qualcosa di così complesso come il nostro ambiente costruito dobbiamo cercare ciò che è comune nelle sue molteplici manifestazioni e costante nelle sue trasformazioni. Come per tutti gli studi dei fenomeni fisici, i modelli di cambiamento rivelano le leggi a cui è soggetto. Allo stesso tempo, il cambiamento è causato dai nostri interventi. Pertanto, imparando a vedere l'ambiente in termini di cambiamento, impariamo anche a capire i modi in cui ci organizziamo come agenti che agiscono su di esso.

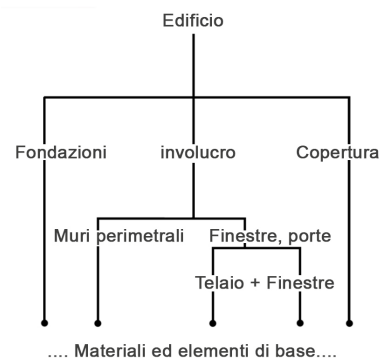
Come agenti esercitiamo un giudizio e una preferenza per cambiare ciò che ci circonda e come agenti ci organizziamo in comunità che a loro volta hanno un'opinione comune e agiscono secondo delle regole, prima di cambiarlo.

102. Ibidem.

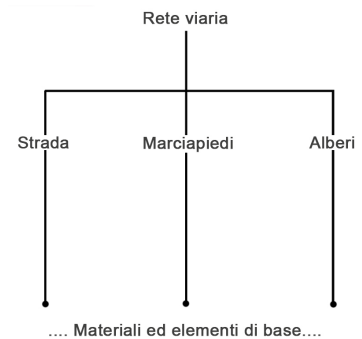
1.7.2 L'organizzazione del processo di progettazione e costruzione a livello ambientale.

Secondo Habraken, possiamo distinguere quindi tre ordini o forze che stanno alla base della grande varietà di forme che osserviamo e interpretiamo: un ordine della forma, un ordine territoriale e un ordine della comprensione. Il primo è un ordine fisico e dove operiamo su diversi 'livelli' dell'ambiente costruito. Questa gerarchia può differire di volta in volta o di luogo in luogo, ma ha sempre le stesse caratteristiche. La descrizione dell'ambiente costruito parte distinguendone le varie parti, che compongono a loro volta gruppi di configurazioni diverse a seconda dell'osservatore o del punto di vista dalla quale le guardiamo. Per questo motivo interpretiamo e dialoghiamo continuamente con quello che ci circonda spaziando da una prospettiva all'altra. Ogni configurazione esistente inoltre, è sempre rapportabile all'azione degli agenti, e quindi "al controllo che l'agente esercita sulla configurazione stessa. (es. una stanza arredata in modo particolare)".¹⁰² (Habraken, 1998)

L'ordine territoriale è dove guardiamo al controllo dello spazio, mettiamo in luce gerarchie territoriali diverse da quelle che si trovano in forma fisica. Le due - le gerarchie formale e territoriale - si influenzano e si interpretano reciprocamente. L'ultimo genere di ordine infine, ovvero l'ordine della comprensione, avviene perché chi interviene lo fa sempre, inevitabilmente, in un contesto di senso e di comprensione sociale. Le convenzioni in gran parte non dette a cui aderiamo sono rivelate nei modelli, nei tipi, nei sistemi ed in altre regolarità che possono essere viste in ambiente nella varietà infinita. Definiamo quindi delle configurazioni "attive" quando diverse parti di un ambiente sono sotto il diretto controllo di un agente. Siamo



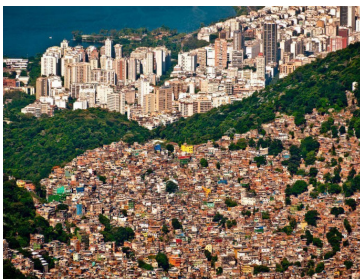
Schema di montaggio di un possibile edificio. Rappresentazione di un singolo livello nella gerarchia dell'involucro. Fonte: J.Habraken



Schema di montaggio di un possibile edificio. Rappresentazione di un singolo livello nella gerarchia della rete stradale. Fonte: J.Habraken

per esempio in grado di variare l'organizzazione spaziale e l'arredo del nostro appartamento. Contrariamente, se parliamo di una facciata, avremo un gruppo di elementi che costituisce un'unica entità, ma della quale è responsabile ogni singolo proprietario. Per questo motivo non possiamo definirla configurazione viva. Allo stesso modo la rete viaria è sotto la responsabilità della municipalità, ma le strade costituiscono una configurazione attiva. Habraken sceglie di analizzare quindi le configurazioni che collegano le persone all'ambiente costruito. Nella sua teoria dei livelli le persone che esercitano un controllo attivo sull'ambiente possono, allo stesso tempo, non essere i diretti proprietari di ciò che cambiano, ad esempio all'interno di un luogo di lavoro, di un ufficio. Ma agiscono secondo un'organizzazione e un ordine che sottintendono dei livelli. Per esempio una rete stradale identifica gli isolati. E come una scacchiera definisce il piano di azione nel gioco degli scacchi, sulla quale mille azioni e configurazioni sono possibili, così l'edificio composto di partizione e solaio rappresenta una configurazione di parti. Possiamo dire che giochiamo creando configurazioni ad un livello inferiore, all'interno di un contesto stabile che rappresenta una configurazione di un livello più alto.

Ciascun livello connette un dominio professionale di intervento, che definisce sia il modo in cui si agisce che l'esperienza necessaria per manipolare e assemblare particolari parti. Pianificatori, architetti, architetti d'interni, progettisti di arredo, ciascun professionista si focalizza su di un diverso livello: questa divisione conferma e rinforza l'organizzazione gerarchica dell'ordine fisico: il gioco crea i giocatori professionali. L'ambiente costruito e gli scacchi possono essere assimilati ad organizzazioni multilivello la cui configurazione è controllata da parti differenti. Gli ambienti funzionanti sono strutturati per evitare situazioni di squilibrio, per assicurare la stabilità, pur continuando a trasformarsi costantemente. Non tutti i modelli di sviluppo esistenti al mondo possono essere classificati come ambienti costruiti in equilibrio, per esempio le *barriadas* e le *favelas* lottano ogni giorno per entrare a far parte di questo meccanismo, infrangono le regole in un contesto dove si deve trovare un accordo.



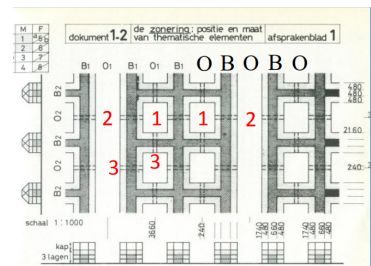
La favela Da Rocinha a Rio de Janeiro, in Brasile: un esempio di un ambiente non in equilibrio, secondo Habraken.

Allo stesso modo, l'equilibrio di cui si parla può avere diverse variazioni e raggiungere la stabilità attraverso configurazioni diverse nel tempo come nel caso dei sofisticati, seppur primitivi assembramenti indigeni o i nuovi quartieri modificati dall'avvento delle nuove tecnologie. In ogni caso, ognuna di queste configurazioni risponde ad una struttura che, ognuna in modo specifico, li rende variazioni e trasformazioni dell'una o dell'altra. Essendo l'ambiente costruito descritto in termini di configurazioni vive che operano a differenti livelli, parliamo di una forma dinamica controllata da persone, prendendo in considerazione il fatto che l'ambiente costruito è il prodotto di come agiscono le persone. Per questo dobbiamo conoscere le identità dei vari attori del processo. Ogni attore apporta interessi privati nel suo settore: alcuni possono essere più ricchi di altri, alcuni possono agire in modo più competente o comportandosi diversamente. Per capire bene perché un certo tipo di ambiente prospera e un altro no bisogna studiarne la demografia, l'economia e le singole identità degli attori che contribuiscono alla sua crescita. In tutti i giochi infatti le qualità personali determinano le qualità del gioco, e in particolare nell'ambiente costruito influiranno non solo le capacità individuali ma anche l'ambiente socioeconomico in cui sono contestualizzate. I vari agenti devono comunicare, negoziare, cooperare e queste dirette interazione sono necessarie per l'ambiente costruito. Lo scopo dello studio non è osservare come questi agenti interagiscono tra di loro, ma capire come la struttura e il comportamento dell'ambiente dove interagiscono abbia generato e sia la causa delle loro stesse interazioni. Possiamo dire che tra i diversi livelli esistono relazioni asimmetriche: per esempio nel caso di una rete stradale che serve dei blocchi di residenze le residenze potranno cambiare senza che la rete stradale cambi, trasformando la rete stradale al contrario potremmo avere dei cambi seri, incluso demolizione, dei blocchi di residenze. Questo spiega che esistono dei livelli di configurazione dominanti che sono alla base di altri livelli, e che strutturano l'intero mondo costruito. Alcune relazioni di dominio/dipendenza si desumono osservando le trasformazioni spaziali, ma è raro non ritrovare nell'ambiente costruito relazioni desunte soprattutto dalla forma fisica dello spazio. In assoluto, le relazioni orizzontali e quindi sullo stesso

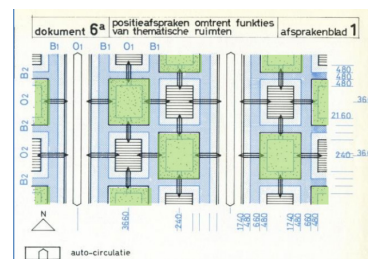
piano sono di norma instabili. Relazioni orizzontali dirette non funzionano per un'organizzazione dell'ambiente costruito che deve sostenersi per generazioni. Nella ricerca della stabilità, l'ambiente costruito evita relazioni aperte e dirette, e questa elusione costituisce uno dei suoi principi fondamentali. Ciononostante in dati livelli, possiamo ritrovare alcune configurazioni dinamiche in relazione orizzontale: all'interno di un singolo isolato, ci aspetteremo di trovare un certo numero di edifici, sotto stretto controllo di differenti parti. All'interno di una camera, possiamo trovare multiple configurazioni vive di mobili da ufficio. Questo perché l'ambiente si auto-gestisce in due modi: il primo è formale ed è relativo alla separazione in virtù della forma e dell'organizzazione del livello più alto di dominio. Per questo, ciascuna stanza in una casa può contenere un solo agente che le appartenga. In quel caso, le partizioni prevengono funzionalmente l'interazione tra le configurazioni. In generale quindi possiamo dire che per evitare relazioni orizzontali, avremo una gerarchia di livelli atta a stabilire la stabilità o il dominio sopra la forma dell'ambiente, che è per sua natura insufficiente. Dati i livelli, Habraken definisce quello che è il controllo, che può avvenire, ad esempio dati due livelli, secondo modalità differenti: il controllo orizzontale in un singolo livello, il controllo verticale, che invece coinvolge la distribuzione su un diverso numero di livelli. In una distribuzione orizzontale, un singolo agente può controllare una o più configurazioni attive su un dato livello. (es. controllare i mobili in diverse stanze o differenti palazzi di un isolato). Ma quando una famiglia o dei coinquilini possiedono e abitano una casa intera, il controllo è distribuito in maniera verticale. In un condominio avremo parti edificio controllate da individui specifici, ma non pienamente sotto il loro controllo. Non le stacciate dei giardini e vie di accesso. I cambiamenti esteriori che coinvolgono le facciate potrebbero essere sotto il controllo di un'associazione. All'interno delle mura maestre, il proprietario potrà fare ciò che vuole, poiché il possesso non coincide necessariamente con il controllo. Una configurazione sarà necessariamente costretta dal suo contesto e della gravità. Habraken dunque rientra in un quadro funzionalista in cui l'utente prende le decisioni al pari del professionista ed è, in un certo senso, il creatore del proprio spazio. L'ambiente costruito è il risultato di

una costante trasformazione, di un processo senza fine in cui i partecipanti sono molteplici e l'ambiente si trasforma parte per parte. Il primo progetto alla scala del quartiere in cui *Habraken*, collabora con l'architetto *Frans Van der Werf*, viene sviluppato nel 1974 a Papendrecht, vicino a Rotterdam. Il quartiere di Molenvliet si configura come un tessuto urbano in cui gli edifici formano cortili, da cui si accede alle abitazioni. Poiché le unità abitative sono state progettate dagli utenti, non esistono due planimetrie uguali, ed in cui ogni utente sviluppa in autonomia la propria residenza. Il Supporto è costituito da un'ossatura in calcestruzzo gettato in opera ad elevata uniformità, con aperture nelle lastre per percorsi meccanici verticali e scale all'interno delle singole unità. Per consentire la variazione e la modificabilità nei progetti delle unità, il posizionamento degli elementi di supporto è stato determinato da una serie di studi di "capacità spaziale"¹⁰³(Open Building Co.). Per costruire il supporto sono state utilizzate strutture in acciaio riutilizzabili, messe in atto e spostate da gru. I muri di cemento tra le campate dell'edificio sono distanziati regolarmente, e rendono la costruzione veloce ed efficiente, pur consentendo un'ampia varietà di configurazioni. Come parte del supporto è stata installata una facciata in legno prefabbricata, una "versione aggiornata" della tipica facciata medievale olandese della casa sul canale, composta da una serie di telai in legno uniti. La struttura veniva poi riempita con gli *infill* solo dopo aver organizzato l'assemblamento o la parcellizzazione dello spazio richiesto, a seconda delle esigenze dell'utente finale. Questo processo, come il successivo allestimento, comporta la partecipazione diretta dell'utente. Ogni famiglia si incontra individualmente con l'architetto, passando dai bozzetti ai disegni finali. Una volta firmati dagli occupanti, questi disegni venivano tradotti in documenti di costruzione. La tamponatura di ogni unità comprende inoltre pareti interne, porte, rifiniture e finiture; mobili e attrezzature per il bagno; mobili e infissi da cucina; apparecchiature elettriche e meccaniche per l'unità; armadi; così come la selezione, la configurazione e il colore di finestre e porte inserite nella struttura della facciata di supporto. È un progetto importante, che ha stimolato e stimola tutt'ora progettisti e ricercatori in tutto il mondo.

103. Kendall S (2004) Open Building Concepts, [online] accessibile: <http://www.open-building.org/ob/concepts.html> [consultato il 19/05/2019]



Il tessuto urbano di questa tipologia è composto da 3 spazi esterni tematici (O): 1. Cortili (1), strade (2) e vicoli (3). Tali spazi sono formati da zone edificabili (B) con margini su entrambi i lati e resi in un modello di tessuto. sotto: corti d'ingresso e giardini a scacchiera



Il supporto è costituito da una struttura in calcestruzzo gettato in opera altamente uniforme, con aperture nelle lastre



Dal 1959 al 1963 Habraken collabora con *Forum*, importante rivista del movimento strutturalista, con Aldo van Eyck e Jaap Bakema (membri del Team X). E' proprio in questa rivista che compare il famoso disegno prospettico di Le Corbusier di "Fort l'Empereur" nel 1922, un articolo sul Palazzo di Diocleziano e il suo ruolo nella progettazione partecipativa, un contributo di Hertzberger sulla "Reciprocità della forma".

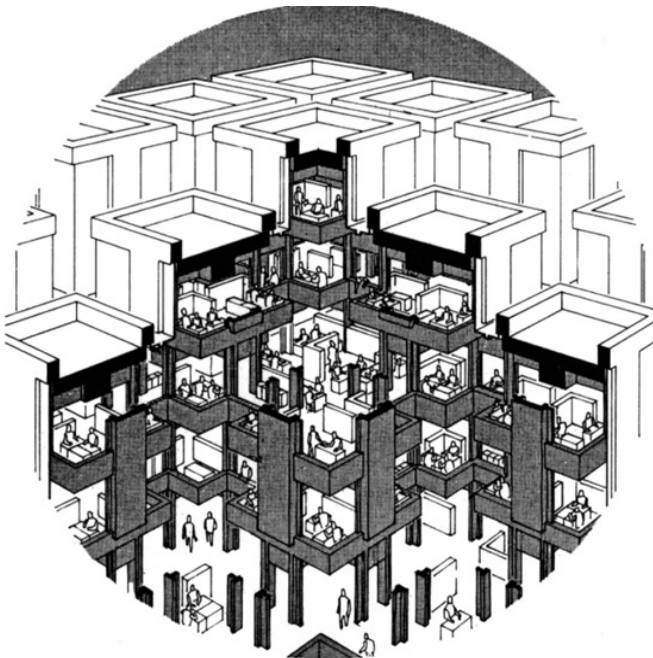
1.7.3. La flessibilità attraverso mezzi tecnici e sistemi di prefabbricazione: Herman Hertzberger

Herman Hertzberger è un architetto olandese nato nel 1932 ad Amsterdam. Come discepolo di Aldo van Eyck, è una delle principali influenze dietro il movimento strutturalista olandese. Il suo contributo teorico deriva dal movimento di partecipazione avviato nel 1961 da John Habraken e dal suo libro *Supports: an Alternative to Mass Housing*. Le idee teoriche sono state tradotte in termini pratici, architettonici e spaziali in temi come partecipazione, costruzione alla piccola scala e approccio integrato. Come Habraken, Hertzberger segue il principio di "struttura" e "Infill", e i suoi primi progetti hanno avuto un impatto mondiale. Nel 1958 ad Amsterdam fonda il suo studio di Architettura, il cui principio è la convinzione di progettare edifici per le persone e il modo in cui le persone utilizzano lo spazio: *"Ciò che conta è l'interazione tra forma e utenti, ciò che si trasmettono l'un l'altro e determinano l'uno nell'altro e come si impossessano reciprocamente l'uno dell'altro"*. Grazie all'apporto stimolante del gruppo *Forum* Hertzberger sviluppa teorie sul recupero della dimensione umana degli edifici, e progetta, nel 1969, gli uffici per mille impiegati del Central Beheer (1969-1972), dove si associano il lavoro e la vita senza limiti e gerarchie, e il Ministero degli Affari Sociali de L'Aia (1979-1990). In particolare il Central Beheer viene progettato non come un edificio per uffici, ma come uno spazio di lavoro. A questo scopo Hertzberger assembla sessanta cubi in modo da formare un'unica unità articolata, collegando ogni piano con delle passerelle. Lo spazio centrale è tanto ampio verticalmente quanto orizzontalmente. Le brecce tra i cubi sono chiuse con vetro, in modo da unire la struttura. Ciò consente anche di diffondere la luce naturale negli spazi di circolazione ed

evocare un'atmosfera esterna nell'edificio. Dall'esterno l'insieme appare come una struttura a cielo aperto.



104. Dall'interno il modulo cubo è organizzato secondo specifiche esigenze. Gli angoli sono organizzati come punto di ritrovo o come luogo dove rilassarsi e prendere un caffè. Gli spazi di lavoro sono pensati per creare un'atmosfera accogliente nei cubi. Infine, le aperture zenitali, l'uso di riquadri di vetro, la trasparenza nello spazio delle scale mobili consentono un'illuminazione naturale ottimale e diffusa nell'edificio. La forza dell'architettura dell'edificio per uffici Centraal Beheer è che ogni cubo è staccato dagli altri, rompendo la monumentalità della struttura. Ma sono visivamente e fisicamente collegati agli altri spazi di lavoro, formando una singola unità, uno spazio di lavoro unificato.



Vista in pianta e in sezione di un'unità componibile del complesso Diagonal Housing.

105. Tradotto da: Hertzberger H. (2014), *Architecture and Structuralism: The Ordering of Space*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam, cap. 2, pag. 37

106. Vista in pianta e in sezione di un'unità componibile del complesso Diagonal Housing. Il piano è in una certa misura indefinito, in modo che gli stessi occupanti possano decidere come dividere lo spazio e viverci, dove dormire e dove mangiare. Se la composizione della famiglia cambia, la casa può essere adattata e in una certa misura ampliata. Ciò che è stato progettato va visto come un quadro incompleto. Lo scheletro è un mezzo che ognuno può completare secondo le proprie esigenze. La casa è costituita sostanzialmente da due nuclei fissi con diversi livelli semipiano che costituiscono le unità abitative, le quali possono ospitare una varietà di funzioni: abitare, dormire, studiare, giocare, rilassarsi, pranzare ecc. In ogni unità cioè ogni piano può essere frazionato per creare una stanza, la restante superficie formano dei balconi che si affacciano sul soggiorno. Questi affacci, che possono essere arredati secondo i gusti dei singoli membri della famiglia, costituiscono la zona giorno per gli occupanti. Non esiste una rigida divisione tra zona giorno e zona notte. Ogni membro della famiglia ha la sua stanza come parte del grande spazio di vita comune. Questo piano rappresenta un tentativo di allontanarsi da una serie di stereotipi persistenti che ancora oggi dominano l'edilizia abitativa.

La flessibilità come intento progettuale invece è particolarmente evidente nel Diagoon Experimental Housing (1967-1970) un complesso residenziale, lasciato incompleto al momento della consegna dell'utente finale, il quale poteva scegliere tra 8 prototipi di alloggi diversi per completarlo: secondo quanto già individuato in precedenza anche dalle ricerche di Le Corbusier, la sua teoria architettonica distingue, nella complessità dell'oggetto architettonico, una "base" fissa e una disposizione interna variabile. Questo implica di fatto definire la struttura come una griglia, e le differenti abitazioni come "scatole" con il quale assemblare a piacimento dell'utente il complesso finale. La scelta progettuale viene in questo modo "delegata" all'utente finale che, grazie all'utilizzo di componenti prefabbricate, è in grado di fare le sue scelte in modo autonomo. *"Possiamo considerare la struttura come una sorta di organo di equilibrio, che concilia ciò che deve essere mantenuto e ciò che deve cambiare. E così questo paradosso di strutturalismo fa in modo che la conservazione e il progresso abbiano entrambi un riscontro."*¹⁰⁵(H. Hertzberger 2015)



Ciò che viene messo in valore in questo metodo progettuale è “lo spazio tra” gli elementi, esattamente come in una città possiamo distinguere la rete stradale dai lotti edificati. Lo strumento principale utilizzato dagli architetti che progettano in modo “aperto” è l'organizzazione del processo di progettazione e costruzione a livello ambientale. Nella cosiddetta suddivisione del progetto in livelli ambientali ogni livello rappresenta un elemento ed è legato al livello al di sopra o al di sotto di esso in modo gerarchico, secondo alcune regole. L'idea dei livelli ambientali non è nuova, la chiara formulazione del principio dei livelli è stata inquadrata in *The Structure of The Ordinary: Form and Control in the Built Environment* (Habraken, MIT Press, 1998). Nel suo libro fondamentale “Supports” Habraken propone la separazione di “Supports” o edifici di base dagli “Infills” nell'edilizia residenziale e nella progettazione come mezzo per dare agli abitanti un ruolo partecipativo significativo nel processo di progettazione. Secondo Habraken l'attuazione pratica della sua teoria è lasciata al processo decisionale degli “architetti”. Habraken sostiene una chiara distinzione tra supporto e infill e sottolinea che questo non è solo di natura tecnica, ma soprattutto finalizzato ad allargare il campo d'azione fino all'utente finale. La struttura è di dominio pubblico ed è permanente, mentre il riempimento appartiene al singolo proprietario/utente ed è modificabile. Partecipazione e libertà di scelta per l'utente sono gli obiettivi chiave. Sulla base di questo pensiero, ancora oggi la fondazione Open Building ridisegna gli scenari di proprietà, le responsabilità (di progettazione) e l'ingegneria edilizia. Offre partecipazione e co-creazione di abitanti e utenti, nel privato. Dal 2015 lo studio opera come AHH, portando avanti le idee di Hertzberger. Il team dello studio comprende architetti qualificati ed esperti, neolaureati, tecnici e personale amministrativo.

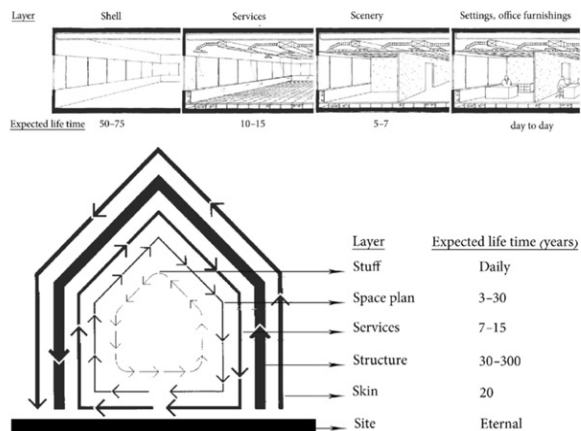
107. Duffy, F. (1990) Measuring Building Performance. Facilities, 8, 17-20.

108. Brand S.,(1994) How buildings learn – what happens after they're built, Penguin Books, USA

1.7.4. La teoria dei Livelli di Stuart Brand

Il principio dei livelli è stato implementato con il concetto di *Shearing Layers of Change* di Stewart Brand, nel 1994. Stewart Brand è principalmente un inventore e un designer. Formato come biologo e ufficiale dell'esercito, è stato uno dei primi artisti multimediali nel suo libro *"How buildings learn"*, espande la teoria dei livelli precedentemente formulata da Habraken: l'obiettivo principale è quello di considerare l'edificio in sé come un ente unico: non come un'entità nello spazio, ma piuttosto come un'entità nel tempo e quindi studiare i suoi mutamenti nell'uso e nelle interazioni, per smentire quel famoso *"la forma segue la funzione"* che aveva plasmato generazioni di architetti modernisti a partire da Louis Sullivan, nel 1896. Stuart Brand riprende la teoria Di Frank Duffy, architetto e cofondatore dello studio britannico DEGW, e presidente del Royal Institutes of British Architects, che distingueva (soprattutto orientandosi sugli edifici commerciali) quattro livelli principali in cui l'edificio poteva essere scomposto: "Shell, Services, Scenery and Set",¹⁰⁷(1990) ovvero struttura, impianti e servizi, ed infine la configurazione delle partizioni che definiscono l'organizzazione di spazi e funzioni all'interno dell'edificio. Brand cerca di svincolare gli edifici dalla loro rigidità partendo dall'obiettivo di separare gli elementi con cicli di vita ed usura differenti, in modo da aumentare la flessibilità e l'adattabilità dell'edificio ma anche, su scala più ampia, della città.¹⁰⁸(Stewart Brand, 1994)

I sei livelli dell'edificio che secondo Stewart Brand "invecchiano" a ritmi diversi (Brand, 1994, p. 13)



I livelli principali si identificano in:

SITO - ovvero l'ambiente geografico, l'ubicazione urbana e il lotto legalmente definito, i cui confini e contesto sopravvivono a generazioni di edifici effimeri. k

STRUTTURA - le fondamenta e gli elementi portanti sono pericolosi e costosi da cambiare, quindi le persone non lo fanno. Il range di vita strutturale varia dai 30 ai 300 anni.

PELLE - le superfici esterne ora cambiano ogni 20 anni circa, per stare al passo con la moda o la tecnologia, o per la riparazione all'ingrosso. La recente attenzione ai costi energetici ha portato a riprogettare le pelli che sono ermetiche e meglio isolate, o modulari.

SERVIZI - queste sono le viscere funzionanti di un edificio: cavi di comunicazione, cavi elettrici, idraulici, sistema di irrigazione, HVAC (riscaldamento, ventilazione e aria condizionata) e parti mobili come ascensori o scale mobili. Si consumano per obsolescenza ogni 7-15 anni. Molti edifici vengono demoliti in anticipo se i loro sistemi obsoleti sono troppo radicati per essere sostituiti facilmente.

PIANTA - Il layout interno composto da pareti, soffitti, pavimento e porte. Gli spazi commerciali possono cambiare ogni 3 anni circa, le case eccezionalmente silenziose potrebbero aspettare 30 anni.

ARREDO E UTENSILI - Sedie, scrivanie, telefoni, quadri, elettrodomestici da cucina, lampade, tutte gli oggetti della quotidianità che muoviamo nello spazio.

A partire da questa analisi i diversi livelli di cambiamento indicano diverse percentuali di cambiamento e sostituzioni che possono essere paradossalmente più facili in edifici economici, più "raffinati" in edifici sostenibili. Ogni livello ha un differente tasso di cambiamento e differente scala di grandezza. Alcune parti rispondono rapidamente ai cambiamenti, consentendo alle parti più lente di ignorare lo shock e mantenere i loro compiti di costante continuità del sistema, e quindi l'integrità di quest'ultimo. I livelli di deterioramento lento rappresentano gli elementi con un'elevata durabilità (60 100 anni o più) e un alto livello di flessibilità

109. ISO 15686-1, 2000, Edifici e beni costruiti – Pianificazione della vita utile – Parte: Principi generali

110. Stewart Brand, (1994) How buildings learn – what happens after they're built, Penguin Books, USA

nei confronti dei cambiamenti spaziali e funzionali. Gli ultimi livelli temporali rappresentano gli elementi con un ciclo di vita breve (5-60 anni) ed elementi che sono esposti al cambiamento dei requisiti (relativi al nuovo utente o al nuovo requisito tecnico). Brand in un certo senso preannuncia quello che sarà ufficializzato solo nel 2020 dalla norma ISO 20887 del 2020: ovvero il concetto della disassemblabilità, il cui obiettivo è agevolare accessibilità, manutenibilità, sostituibilità, riparabilità e upgrading delle singole componenti tecnologiche e impiantistiche. Grazie alla singola valutazione del loro stato di deterioramento e obsolescenza si può garantire una durata tecnica più lunga dell'intero organismo edilizio, e aumentarne il valore utile economico. A premessa di questo vi è infatti una riflessione sull'obsolescenza e sul valore di capitale di un edificio, la sua durata funzionale di solito è più breve della sua vita utile tecnica: per vita funzionale intendiamo il periodo di tempo successivo all'installazione degli impianti durante il quale un edificio o le sue parti soddisfano o superano i requisiti di prestazione¹⁰⁹ per vita tecnica invece intendiamo il periodo di tempo dopo l'installazione degli impianti fino al momento in cui l'edificio o le sue parti non sono più affidabili e non soddisfano i requisiti prestazionali originali.

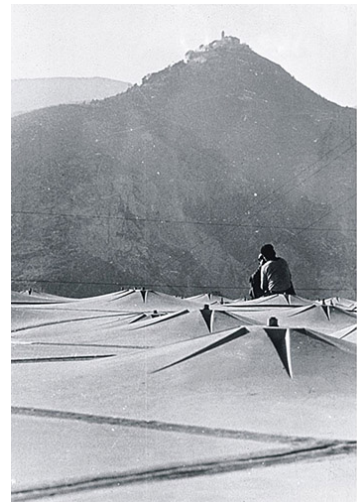
Ci si può aspettare che la maggior parte degli edifici richieda una ristrutturazione completa da undici a venticinque anni dopo la costruzione. La regola pratica sull'abbandono è semplice: se la manutenzione costa la metà del valore dell'edificio, non è conveniente ristrutturarlo. Poiché la spirale discendente della decadenza può accelerare molto rapidamente, è importante impedire ad un edificio di entrare nella spirale: "Due metodi sono presumibilmente standard, ma entrambi sono nella pratica piuttosto difficili. Uno è la manutenzione preventiva, la manutenzione ordinaria dei materiali e dei sistemi negli edifici prima che si guastino, risparmiando così notevoli spese e prolungando notevolmente la vita dell'edificio. L'altro è progettare e costruire l'edificio in modo che non abbia bisogno di molta manutenzione. Entrambi sono impopolari".¹¹⁰(Brand,1994) Gli studi di Stewart Brand aprono la strada alla valutazione delle alternative dell'offerta futura, in termini di prestazioni e costi del

ciclo di vita. Lo stesso Brand cita il Centre Pompidou di Renzo Piano e Richard Rogers a Parigi come un formidabile esercizio di tecnica per quanto riguarda la flessibilità, poiché progettato per accogliere e modellarsi al cambiamento e tuttavia non progettato per accogliere “*i cambiamenti atmosferici*”, denunciando l’obsolescenza degli impianti esposti alle intemperie dopo solo 10 anni. Stuart aggiunge, oltre alla riflessione sulla componente più tecnologica dell’edificio anche una riflessione sul suo uso. La flessibilità come unica condizione non è sufficiente a soddisfare tutte le previsioni sui suoi usi nel futuro. È necessario definire un insieme di stati di attività, un cosiddetto “scenario di possibilità” che prescindono dalla configurazione fisica. Un edificio può ospitare diverse attività senza che avvengano necessariamente cambiamenti strutturali, mentre contrariamente un progetto che vuole nelle intenzioni essere flessibile non risulta tale senza una visione futura dei possibili stati di attività che potrà ospitare.

1.7.5 Dall’industria per l’architettura all’architettura High-Tech

All’inizio degli anni '80, soprattutto in Gran Bretagna, si sperimentano soluzioni strutturali espressive e complesse. Richard Rogers, Norman Foster e Michael Hopkins progettano nuove tipologie di struttura sfruttando la tecnologia di pilastri e travi reticolari (già utilizzata nella costruzione di ponti dall’inizio del XIX secolo e negli edifici almeno dall’inizio del XX secolo con gli hangar per idrovolanti del 1921 a Cherbourg).¹¹¹ Le strutture reticolari erano state per qualche tempo popolari nella progettazione di spazi dalle campate ampie, ad esempio per gli hangar degli aerei, ma mai utilizzate in altre tipologie di edifici. Renzo Piano, ispirato dalle sperimentazioni di Buckminster Fuller degli anni 60, è uno dei primi architetti a sperimentare l’uso di queste strutture leggere in tipologie industriali: nel 1966 costruisce a Genova lo stabilimento IPE con un tetto costituito da una membrana in poliestere rinforzato, su un telaio in acciaio precompresso. Nel 1970, grazie all’esperienza acquisita sfrutta la stessa tecnologia per il Padiglione dell’Industria italiana all’Expo di Osaka, costituito da una tensostruttura con pannelli di rivestimento in poliestere rinforzato traslucido: queste strutture costituiscono di fatto un’ossatura leggera per involucri che lasciano totalmente libero lo spazio interno.

111. Chris Wilkinson, (1999), *Supersheds: The Architecture of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth Architecture Digital Publisher, Oxford, Regno Unito. P 80



Con le sue prime opere Renzo Piano sperimenta l’uso di materiali non tradizionali come il poliestere e derivati (Struttura in acciaio precompresso e poliestere rinforzato, Genova- 1966),



Osaka, 1970. La membrana in tensione attraverso la struttura metallica esterna fonte: Fondazione Renzo Piano

112. Arch. BIG e Thomas Heatherwick e Heatherwick Studio – proposta progettuale del 2015

113. J. Stevens Curl (2006) A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture, Oxford University Press, New York, p.257
Ehrenkrantz ha progettato molti edifici scolastici come Canday Hall, l'università di Harvard, Cambridge, MA (1974) L'Università di Georgetown e Washington DC (1980).

114. Ricerca sulla Maison de Verre redatta durante il soggiorno studentesco a Yale, ma di cui è stato pubblicato soltanto un estratto su Domus nel 1966. Richard Rogers e Ludovic Chazaszcz, « Parigi 1930 », Domus, vol. 443, 1966, p. 8.

115. Boris Hazmenian, (2021) Un tributo a Richard Rogers. Articolo online su Archphoto, accessibile [<https://www.archphoto.it/archives/6199#sdfootnote2sym>]

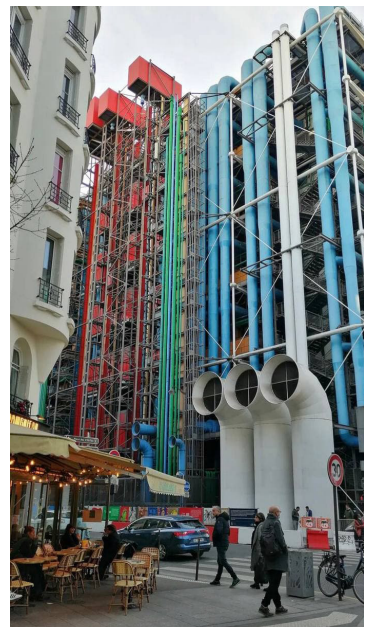
Questo principio strutturale dell'involucro leggero e trasparente che massimizza la campata è lo stesso che ritroveremo anni dopo in progetti sofisticati dal punto di vista tecnologico, come il Google North Bayshore Mountain view.¹¹² Richard Rogers invece subisce il fascino di Ezra Eherenkrantz, architetto americano celebre per il prototipo del 1964 di School Construction Systems Design (SCSD), un esperimento storico ospitato presso la Stanford School of Education che mirava a creare scuole più flessibili, economiche ed efficienti costruendole con componenti modulari standardizzate¹¹³ residenziali. Nel prototipo tutti gli impianti – riscaldamento, condizionamento, elettricità – erano alloggiati nel tetto.

Non aveva pareti interne fisse, solo tramezzi mobili per formare aule di varie dimensioni e tipologie in linea con le esigenze degli insegnanti. Questi esperimenti su prefabbricazione, la visita di alcune delle Case Study Houses californiane La scoperta degli esperimenti sulla prefabbricazione e sulla costruzione per componenti di Ezra Ehrenkrantz, l'incontro con Craig Ellwood e la visita di alcune delle Case Study Houses californiane, e le visite alla Glass House in compagnia di Philip Johnson, permettono a Rogers di riscoprire una linea dell'architettura moderna diversa da quella di Le Corbusier, che critica come *“an active play of mass and solids [...] monumental in form”*.¹¹⁴ Ed è così che si prefigura ai suoi occhi la possibilità di riprendere quella che definisce *“una rivoluzione che non prosegue”*, un'architettura leggera, prefabbricata, ottenibile dalla composizione di elementi industriali, racchiusa in un involucro traslucido e luminoso ed infine atta alla costruzione di uno spazio libero e ininterrotto, occupato soltanto da partizioni mobili e leggere.¹¹⁵ Il lavoro di questi anni di Richard Rogers e Renzo Piano viene perfettamente sintetizzato in un'opera destinata a diventare iconica ed emblema di flessibilità: Il Centre Beaubourg di Parigi, concepito in collaborazione con Ove Arup & Partners e Gianfranco Franchini. Il centro culturale, oggi Centre National d'Art de Culture Georges Pompidou, è uno spazio dedicato all'arte e la cultura contemporanea e rappresenta una delle rare sintesi tra architettura, costruzione, effervescenza artistica, politica e culturale degli anni Sessanta. È *“l'antimonumento”*, una macchina espressiva strutturale e tecnica, tra un monumento nazionale e un'infrastruttura popolare.

Alla base c'è l'idea di un'architettura che deve scomparire in una struttura completamente flessibile e continuamente riconfigurabile secondo la volontà dei suoi utenti, per essere prima di tutto un *"meeting place for people"*.¹¹⁶ In questa volontà ritroviamo la visione di Price del Fun Palace, di costruire un telaio strutturale dominante all'interno del quale erano collocate un numero di componenti edilizie intercambiabili che spaziavano dai servizi, alle chiusure e partizioni. Rogers e Piano fronteggiano il tema degli impianti portandolo a perimetro ed esibendoli in un nuovo linguaggio che prenderà il nome di High Tech, anche grazie al genio di Peter Rice. Rice infatti reinventa il sistema strutturale reticolare montato a secco, e progetta le "gerberette": mensole a sbalzo che sostengono la scala mobile in facciata e alleggeriscono visivamente le travi di grandi dimensioni. Nella concezione originaria del centre Beaubourg, riconducibile ad una serie di bozzetti realizzati da Rogers nella primavera del 1971, erano già enunciati i principi destinati a caratterizzare l'intera evoluzione del progetto: una serie di piattaforme continue in pianta, sospese sopra una grande piazza pubblica e sostenute ai lati da due strutture in acciaio denominate "muri portanti tridimensionali". Aggregati all'esterno di questi, per essere collegati all'interno vi erano gli impianti di ventilazione, idrico-sanitario ed elettrico, nonché un sistema di telecomunicazione all'avanguardia costituito da grandi schermi audiovisivi in grado di trasformare l'edificio in un'emittente di informazioni. Nel progetto si riflettono le influenze degli Archigram e dei progetti di Price: I solai sarebbero stati mobili come i tramezzi, in modo da rendere lo spazio smaterializzabile e riconfigurabile, la scala di accesso esterna fruibile indipendentemente dal museo, per offrire una visuale di Parigi a tutti, gratuitamente. Gli impianti colorati, a manifestare l'idea di un'architettura eloquente che doveva comunicare all'osservatore e farsi dispositivo didattico attraverso un codice cromatico funzionale. Anche se molti elementi del progetto iniziale furono "limati" nelle fasi di realizzazione (i solai e i tramezzi in cartongesso non sono mobili, la scala di accesso serve il museo e non ci sono schermi), si può dire che l'edificio esibisca una modernità che dura ancora oggi, a dispetto dell'aspetto di manutenzione. L'edificio è stato realizzato in tre fasi, l'idea (1968-1971), il progetto (1971-1973) e la costruzione (1973-1977). (Hazmenian, 2018)¹¹⁷

116. R. Piano, R. Rogers, G. Franchini e Ove Arup & Partners, (1971) Centre du Plateau Beaubourg, Archives Nationales, Pierrefitte Sur-Seine, Archives Publiques, Fondo Construction et aménagement du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, de l'Établissement Public du Centre Beaubourg au CNAC-GP, 20100307, [relazione di concorso] faldone 19, p. 1.

Uno Scorcio del Beaubourg e dei suoi impianti, visto dal Marais (2018)



117. Hazmenian B., (2018) The Evolution of The Pompidou Centre's Air Conditioning System. Toward a New Figure in Architecture, in James Campbell et al; Studies in the History of Services and Construction, Lulu.com (Ebook)



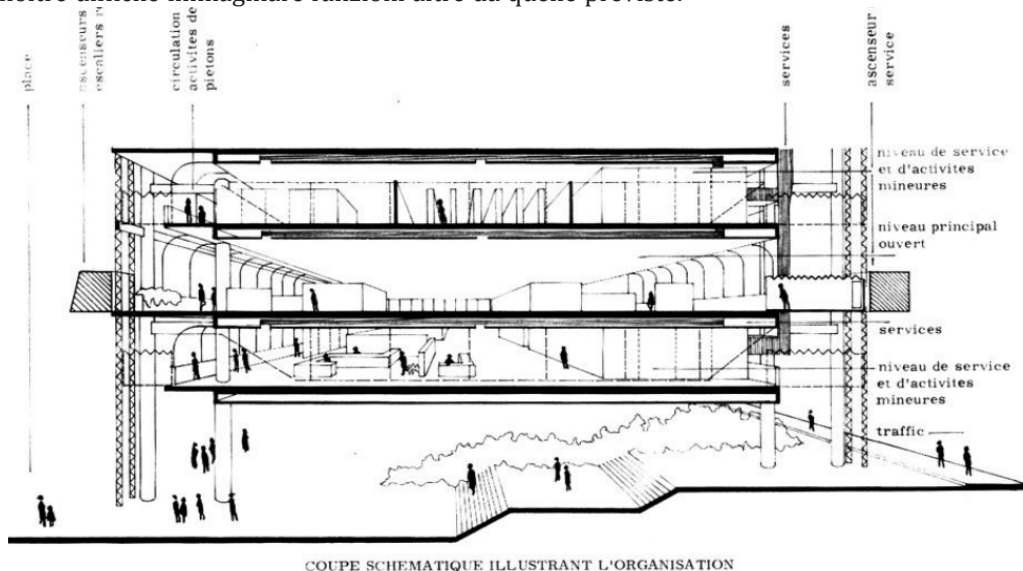
Dall'Archivio Amneris Latis Facciata della Rinascente Roma Piazza Fiume. Uno scorcio dell'affaccio della Rinascente sulla via Salaria. I telai delle strutture metalliche portanti sostengono i pannelli prefabbricati di graniglia, che costituiscono la chiusura esterna dell'edificio. I rilievi delle pannellature corrispondono al passaggio delle canalizzazioni verticali del condizionamento.

Di rilevante importanza è lo studio della parte impiantistica: fondamentali sono gli apporti di Piano che studia i disegni delle fabbriche di Marco Zanuso (già citata in precedenza) e la Rinascente di Franco Albini, lo schema per l'integrazione delle condutture per abitazioni prefabbricate modulari (1969) e la trasformazione delle barre e dei giunti sferici del tetto della Burrell Collection Gallery in un sofisticato sistema di distribuzione dell'aria (1971). Questi progetti prevedevano infatti l'integrazione dell'impianto di areazione nell'involucro dell'edificio (Hazmenian,2018). Rogers si rivela decisivo, poiché tratta l'impianto come un sistema non solo integrato nell'involucro ma "aggrappato" alla struttura come le apparecchiature energetiche agganciate al guscio del prototipo di casa zip Up. Per il sistema di climatizzazione sviluppato insieme a Tom Barker, service engineer presso Ove Arup & Partners, gli architetti scelgono dunque una soluzione in grado di "mantenere la flessibilità e l'adattabilità nella pianificazione e nell'utilizzo dello spazio che è considerata essenziale nella filosofia di questo edificio". La soluzione proposta era un "sistema di ricircolo dell'aria fresca" basato su un'unità modulare con una superficie pari a una delle dodici campate in cui era suddiviso ciascun piano. una soluzione con locali tecnici sul tetto e distribuzione a cascata sul perimetro. A livello spaziale questa concezione dell'edificio portava ad un'estrema libertà di gestire gli ambienti e di riconfigurarli a seconda delle necessità espositive senza vincoli strutturali né impiantistici, uno spazio che Rogers concepiva come "Flessibile e ininterrotto". La filosofia che guida il progetto è inoltre quella della "total design" dove ogni membro del team, dagli architetti agli ingegneri fino ai collaboratori più giovani, possa sentirsi libero di contribuire con le proprie critiche nel progetto. Sia Rogers che Piano trasferiranno i valori e le scoperte testate nel Beabourg nelle loro successive esperienze professionali, in una serie di opere destinate a segnare il dibattito architettonico degli ultimi quarant'anni, dal Lloyds Building al Millenium Dome. I progetti citati fanno una chiara distinzione tra i diversi gruppi funzionali dell'edificio. Spostano il focus sull'assemblaggio e la combinazione di funzioni, connessioni e materiali ai nodi. Dopo aver osservato edifici flessibili di periodi precedenti, si può concludere che lo sviluppo delle nuove tecnologie in questi anni migliora la performance di struttura e materiale, offerta da una varietà maggiore di prodotti e combinazioni.

Le tecnologie passano dall'essere fisse all'aver meno connessioni dipendenti e di conseguenza i sistemi di costruzione indipendenti si sviluppano come sistemi guidati dalle prestazioni in cui l'uso dei materiali e la loro disposizione in componenti e sistemi (mediante processi industrializzati) vengono ottimizzati per rispondere a requisiti specifici. Ciò si traduce spesso in un uso più efficiente dei materiali, una migliore qualità dei componenti e degli edifici e una maggiore soddisfazione del cliente. Il Beaubourg, ad ogni modo, è stato un progetto che si può dire "divisivo": amato o odiato, ha segnato certamente un punto di svolta nell'immaginazione di un nuovo linguaggio architettonico. A livello di flessibilità, tuttavia, molti sono stati gli aspetti controversi: già nelle varie fasi di sviluppo del concorso e di realizzazione molti cambiamenti ne hanno compromesso la flessibilità originaria come ad esempio, i tramezzi di cartongesso invece di quelli mobili. Lo stesso potenziale adattivo delle sale da esposizione è stato negato dai costosi restauri di cui è stato oggetto. Proprio questi restauri inoltre soprattutto a causa degli impianti così esposti alle intemperie. A livello di trasformazione spaziale infine, Brand (1994) e (Colquhoun,1981)¹¹⁸ ne criticano l'indeterminatezza, affermando che è uno spazio che in potenza potrebbe ospitare molteplici funzioni ma di fatto è rimasto completamente invariato ed è inoltre difficile immaginare funzioni altre da quelle previste.

118. Ochshorn, J. (2019). Flexibility and Its Discontents: Colquhoun's Critique of the Pompidou Center. In 107th ACSA Annual Meeting Proceedings (pp. 614-19). Pittsburgh, PA: Association of Collegiate Schools of Architecture.

Piano+Rogers e Ove Arup & Partners, Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, 1971-77. Sezione schematica, ottobre 1971 (RSHP Archives, Londra)



1.7.6. Identificare la flessibilità: considerazioni sulle teorie e le sperimentazioni individuate

119. Horden 1995: R. Horden and B. Werner, *Light Tech, Towards a light architecture*, Birkhäuser, Basel 1995

Si può affermare che a partire dal XIX secolo, le teorie dell'architettura moderna si sono incrociate con una serie di paradigmi scientifici: dopo il modello meccanico avanzato dalla vecchia guardia del CIAM è arrivato il modello organico promosso dal Team X, seguito dal modello cibernetico, o geomeccanico, adottato da Friedman e i Metabolisti. A questo punto, appare chiara la difficoltà di dare una definizione univoca di flessibilità, che riesca a esplicitare le teorie e le sperimentazioni di questi anni. Gli approcci principali individuali si possono distinguere in due grandi gruppi: il primo che si basa sulla multifunzionalità dello spazio flessibile e i mezzi per realizzarla; il secondo che si concentra sulla forma dello spazio che può all'occorrenza assolvere ad altri usi in base all'interpretazione dell'utente. Sia la flessibilità per multifunzionalità che quella per forma polivalente hanno una cosa in comune: raggiungono la flessibilità architettonica modificandone le proprietà spaziali; uno cambiando le sue funzioni, l'altro modificando le interpretazioni dell'utente. Il fatto che per essere flessibile uno spazio debba essere dotato di più funzioni, o al contrario debba essere adattabile per accogliere le varie interpretazioni dell'utente si risolve in un dualismo contraddittorio. Questo dualismo rende difficile definire la flessibilità in architettura e rende alcune delle brillanti idee analizzate (come quelle di Price) delle idee che rimangono teoriche, mai realizzate.

Per provare ad avvicinare questi due aspetti è necessario ampliare la visione su quello che è l'oggetto della flessibilità architettonica. Un edificio non è un semplice agglomerato di funzioni ma un organismo con relazioni organiche tra spazi definiti dagli utenti. Molto spesso le relazioni tra gli spazi influiscono sull'uso complessivo di un edificio più delle stanze in esso contenute. Ad esempio, modificando semplicemente lo spazio di distribuzione di un edificio, che varia in base al dominio privato o pubblico, un edificio può avere aspetti totalmente differenti. La qualità della vita va intesa come valore integrativo dell'intero sistema edilizio.¹¹⁹ (R. Horden, 2000) Le strutture che garantiscono una migliore qualità della vita a lungo termine, sono le strutture che fanno un uso efficiente delle risorse e si adattano alle esigenze degli utenti.

Lo storico Adrian Forty nel 1948, fornisce il primo esame approfondito del rapporto tra architettura e linguaggio come pratiche sociali complesse nel libro "Words and buildings : a vocabulary of modern architecture ." Il libro è diviso in due parti. La prima sezione è composta da sei capitoli rigorosamente argomentati che indagano il linguaggio del modernismo, il linguaggio e il disegno, l'architettura "maschile e femminile", le metafore linguistiche, la scienza in architettura e le proprietà sociali dell'architettura. La seconda parte è un vocabolario di parole chiave, che fornisce analisi approfondite di termini critici come Carattere, Forma, Storia e Spazio.

Ogni indagine individua il significato moderno di una parola all'interno di un quadro storico e di una discussione teorica, stabilendo chiaramente lo sviluppo del termine e il suo scopo per architetti, storici, filosofi, critici e gli "utenti" degli edifici stessi. Forty considera l'attribuzione di un significato specifico ad una parola come un processo nel corso del quale nuovi¹¹⁹ significati e idee su un certo argomento si aggiungono alle più vecchie senza per forza sostituirle: semplicemente arricchendo e fornendo un nuovo punto di vista circa un argomento. È dunque una ricerca che descrive il rapporto che intercorre tra architettura e linguaggio, una ricerca tassonomica che pone i due sistemi sullo stesso livello. È interessante, al termine di tutte le teorie individuate, seguire la logica con cui raccoglie le sue tre principali definizioni di flessibilità, che variano a seconda delle analisi proposte, con il susseguirsi delle epoche e degli architetti in gioco. *"La filosofia insita nella nozione di flessibilità afferma che le esigenze della vita moderna sono talmente complesse e mutevoli che qualsiasi tentativo da parte del designer di anticiparle risulta nella creazione di un edificio che non è adatto alla sua funzione e che rappresenta, per così dire, "una falsa consapevolezza della società in cui egli opera (1977)"*

I tre principali significati che identifica sono: *Ridondanza, Flessibilità attraverso mezzi tecnici, flessibilità come strategia politica.*

119. Ibidem.

1. RIDONDANZA: ovvero per realizzare la flessibilità bisogna definire un margine di spazio, una "overcapacità" spaziale che permetta usi e interpretazioni che sono differenti nel tempo. Un'architettura chiusa, finita, che tuttavia consente interpolazioni al suo interno. Come precedentemente sottolineato, questa viene illustrata efficacemente dall'architetto Rem Koolhaas in S,M,L,XL (1995) dove fa riferimento al Panopticon: *"Forse la più importante e meno nota differenza tra l'architettura tradizionale [...] e quella contemporanea sta nel modo in cui un edificio ipermonumentale ed enorme come il Panopticon di Arnhem si può rivelare flessibile, mentre l'architettura moderna si basa su una coincidenza deterministica tra forma e programma"* La ridondanza spaziale così come identificata da Forty è una caratteristica di molti edifici Postmoderni, anche se non era riconosciuta come tale nell'epoca cui questi edifici appartenevano.

2. ATTRAVERSO MEZZI TECNICI: la flessibilità modernista per eccellenza, che Forty identifica in Casa Schroeder di Rietveld a Utrecht: *"Un sistema di tramezzi portatili ha sostituito le normali pareti divisorie. creando in questo modo un altogrado di flessibilità interna"*. Questa forma di Flessibilità è garantita da una pianta libera, delimitata da tramezzi che creano un alto grado di flessibilità nella divisione spaziale interna, permettendo usi differenti di uno spazio in un determinato arco temporale. La flessibilità si genera con elementi mobili, pareti e/o pavimenti, con una gestione specifica degli impianti. In questa categoria, Forty distingue la flessibilità ottenuta nel periodo dopoguerra, ottenuta attraverso lo sviluppo di strutture edilizie leggere e di servizi meccanici che permettevano un controllo climatico degli spazi senza ricorrere ad elementi architettonici tradizionali.

3. COME STRATEGIA POLITICA: ovvero la critica mossa al capitalismo dell'Internazionale Situazionista alla fine degli anni Cinquanta. La flessibilità si contrappone all'idea del capitalismo che ha irregimentato gli aspetti principali della vita quotidiana, trasformandoli in prodotti dotati di un valore di scambio. In questo caso la flessibilità si contrappone al funzionalismo e, nello specifico, all'idea che ogni cosa abbia uno specifico ruolo. L'"uso" era un atto politico da rivolgere contro l'architettura. In contrasto con il pensiero di Lefebvre, gli architetti Constant, Yona Friedman e in un certo senso anche Hertzberger, immaginavano l'architettura come il mezzo attraverso il quale realizzare un attivo adempimento di un uso diversificato. Il fine ultimo era quello di scalzare il sistema di relazioni di proprietà fisse e quelle classificazioni funzionali create dal capitalismo. Se il termine flessibilità è sempre stato considerato ambiguo, secondo Forty, è perché esso è chiamato a svolgere due ruoli contraddittori: da un lato serviva ad estendere rendere possibile il funzionalismo, dall'altro rappresentava un mezzo per resistere al funzionalismo; due ruoli contrastanti che sono stati spesso ignorati dagli architetti che hanno fatto uso di questo termine.

ABSTRACT (INGLESE)

The purpose of this chapter is to clarify the concept of flexibility according to a more precise technological framework, given the multiplicity of different points of view and application strategies. The term flexibility has often been associated with very different approaches, which generate a multiplicity of points of view. Depending on the contexts of reference, it can be, for example, "the quality or state of being adaptable", that is, being "able to adapt to new conditions or situations, or to changes in one's environment". the "ability of an entity or organism [organization] to alter itself or its responses to changed circumstances or environment" (Dictionary of Economics and Finance, 2017). In the biological and educational field, it is the "ability to flexible in a variety of ways, contexts and circumstances [...]" (Fazey et al., 2007).¹ If we have already treated the term flexibility following a chronological thread in its evolution up to the present day, in the technological field it is therefore important to consider the term in a broader conception, or rather to try to carry out a taxonomic investigation that on the one hand takes into consideration the various directions of research, on the other hand evaluates the differences. za on the different strategies, in order to come up with clear and unambiguous definitions of "flexibility", "duration" and "sustainability", as they are considered the key concepts for the development of the thesis.

CAPITOLO 2 FLESSIBILITÀ: UN'INDAGINE SPECULATIVA

1. Tradotto da Fazey, I., Fazey, J.A., Fischer, J., Sherren, K., Warren, J., Noss, R.F. and Dovers, S.R. (2007), "Adaptive capacity and learning to learn as leverage for social-ecological resilience", *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 5, pp. 375-380.

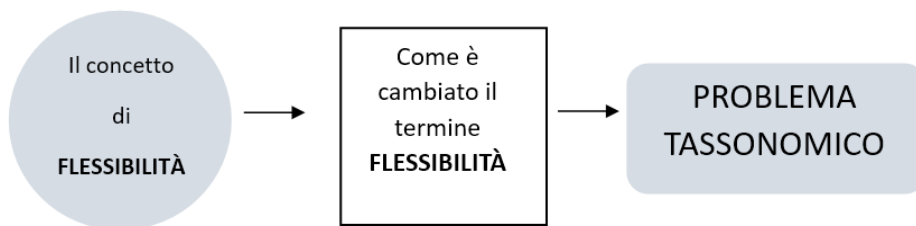
ABSTRACT

Lo scopo di questo capitolo è chiarire il concetto di flessibilità secondo un inquadramento tecnologico più preciso, data la molteplicità di punti di vista e strategie applicative differenti. Il termine flessibilità è stato spesso associato ad approcci anche molto diversi tra loro, che generano una molteplicità di punti di vista. A seconda dei contesti di riferimento, può essere ad esempio "la qualità o lo stato di essere adattabile", cioè essere "in grado di adattarsi a nuove condizioni o situazioni, o ai cambiamenti nel proprio ambiente". In biologia e negli affari è invece la "capacità di un'entità o organismo [organizzazione] di alterare sé stessa o le sue risposte alle mutate circostanze o ambiente" (Dizionario di Economia e Finanza, 2017). In campo biologico ed educativo, è la "capacità di apprendere in modo flessibile in una varietà di modi, contesti e circostanze [...]" (Fazey et al., 2007).¹ Se abbiamo già trattato il termine flessibilità seguendo un filo cronologico nella sua evoluzione fino ai giorni nostri, in campo tecnologico è dunque importante delinearne e svilupparlo nella sua complessità, o meglio cercare di effettuare un'indagine tassonomica, che da un lato prenda in considerazione le varie direzioni di ricerca, dall'altro ne valuti le differenze. L'obiettivo è dunque quello di fare chiarezza sulle diverse strategie, per arrivare ad elaborare delle definizioni chiare e univoche su "flessibilità" "durata" e "sostenibilità", in quanto ritenuti i concetti chiave di sviluppo della tesi.

La questione della flessibilità. Teorie, ricerche, progetti.
p. 126

2. FLESSIBILITÀ: UN'INDAGINE SPECULATIVA

2.1. Definire la flessibilità: un problema tassonomico



Nelle varie pubblicazioni nazionali e straniere consultate nell'ambito della ricerca, il termine flessibilità si trova declinato in più modi e con significati differenti a seconda di come viene tradotto: lo ritroviamo ad esempio sotto i termini variabilità, elasticità, adattabilità, modularità; (italiano) évolutivité ed extensibilité (francese), variability, neutrality, scalability (inglese) Design for change (Belgio), etc. Poiché vi sono discrepanze nell'interpretazione di questi termini, ai fini della disamina di ricerca sono state considerate le varie interpretazioni, ai fini della formulazione di un'espressione univoca. Citando alcune definizioni, la flessibilità nel campo dell'architettura può essere: la "facilità di cambiamento dell'organizzazione spaziale [di un] edificio[di] all'interno dello stesso uso [e] [...] per un nuovo uso; facilità di cambiamento di tecnologia e servizi; facilità d'uso per persone con diverse abilità fisiche" (Langford et al., 2002)²; "la dimensione di quanto sia facile modificare un edificio nel corso della sua vita" (Webster, 2007)³; e "la capacità di un edificio di accogliere efficacemente le esigenze in evoluzione del suo contesto, massimizzando così il suo valore durante il suo arco di vita"⁴(Schmidt, Eguchi, Austin e Gibb, 2010). Brand (1994) si riferisce alla flessibilità quando parla di cambiamenti che "non sono solo [...] possibili nell'edificio, ma sono possibili grazie alle strutture organizzative e le comunità che lo rendono possibile". Le definizioni di cui sopra suggeriscono che l'adattabilità si riferisce alle proprietà intrinseche di un edificio e

2. Tradotto da Langford, D.A., Macleod, I., Dimitrijevic, B. and Maver, T.W. (2002), "Durability, adaptability and energy conservation (DAEC) assessment tool", International Journal of Environmental Technology and Management, Vol. 2 Nos 1-3, pp. 142-159

3. Tradotto da Webster, M.D. (2007), "Structural design for adaptability and deconstruction: a strategy for closing the materials loop and increasing building value", in Robert, L., John, W.W. and Eric, S. (Eds), Structures Congress 2007- New Horizons and Better Practices, American Society of Civil Engineers, Long Beach, CA, pp. 1-6.

4. Eguchi, T., Schmidt, R., Dainty, A., Austin, S. and Gibb, A. (2011), "The cultivation of adaptability in Japan", Open House International, Vol. 36 No. 1, pp. 73-85.

5. Ramirez-Figuero, C., Hernan, L., Gnyet, A. and Dade-Robertson, M. (2016), "Bacterial Hygromorphs: experiments into the integration of soft technologies into building skins", in Kathy, V., Sandra, M., Matias, d.C., Sean, A. and Geoffrey, T. (Eds), ACADIA 2016 – Posthuman Frontiers: Data, Designers

6. Beadle, K., Gibb, A., Austin, S., Madden, P. and Fuster, A. (2008), "Adaptable futures: setting the agenda", in Hassan, T. and Ye, J. (Eds), Proceedings of the 1st I3CON International Conference, Loughborough University, Loughborough, pp. 35-44.

che la flessibilità gli conferisca la capacità di cambiare, o la relativa facilità con cui può essere modificato, attraverso un intervento esterno. Il termine flessibilità applicato all'architettura infatti allude soprattutto alla capacità di far fronte a differenti soluzioni **fisiche** e **meccaniche**, una sorta di "elasticità" dell'edificio, che gli consente di cambiare senza modificare profondamente la sua natura. Al contrario, l'adattabilità può essere definita come la "capacità di cambiare (o essere cambiato) per adattarsi a circostanze mutate" (Zanichelli, 2017)

Se esiste una "capacità di cambiare" e dunque una predisposizione alle trasformazioni, vuol dire che alcuni progetti si prestano con più facilità di altri al cambiamento, e dunque si presuppone ci sia un grado di facilità con cui essi possono adattarsi al cambiamento, delle caratteristiche che lo rendono più o meno predisposto a farlo. Da quali caratteristiche dipenderà quindi questa predisposizione? Da materiali, componenti o modifiche dell'edificio a livello spaziale? Su quali caratteristiche si deve concentrare un progetto per essere definito flessibile?

Se si prendono in considerazione materiali e componenti costruttive parliamo di caratteristiche incorporate a livello dell'edificio e dunque di caratteristiche intrinseche, come sistemi o "smart systems". Edifici dotati di capacità di cambiamento sono al centro della ricerca sui sistemi intelligenti nel corso degli ultimi anni e, più recentemente, la ricerca si è concentrata anche sull'uso di agenti chimici in grado di alterare le proprietà dei componenti edilizi⁵(Ramirez-Figuero et al., 2016). Ma si riferiscono anche alla capacità adattiva preconfigurata che è incorporata nel processo di progettazione⁶(Beadle et al., 2008). Per modifiche a livello spaziale intendiamo invece quelle dettate dall'azione umana, e generalmente sono costituite da cambiamenti di uso. Il grado di riconfigurazione dell'edificio e quindi di modificabilità dipende da come è stato progettato l'edificio. Se esiste quindi un grado di facilità con cui gli edifici possono cambiare e dunque un grado di flessibilità, sarà sicuramente frutto di entrambi gli aspetti descritti: e dunque un insieme delle caratteristiche intrinseche e delle modifiche spaziali nel tempo. Varie definizioni di flessibilità vengono esplicitate nell'ambito di grandi opere che comportano il miglioramento e la conversione di

un edificio, e cioè per adeguarlo, riconvertirlo, rimodernarlo o prolungarne la sua vita utile, rendendolo in grado di adattarsi alle nuove condizioni al contorno. Ciò suggerisce che la manutenzione ordinaria o le riparazioni di un edificio non costituiscono di fatto trasformazioni flessibili; o meglio quell'adeguamento non coincide di fatto con la flessibilità, che ha più a che fare con cambiamenti relativamente rapidi che soddisfano mutevoli esigenze funzionali o un range di possibilità spaziali.⁷ (Arge, 2005; Saleh et al., 2009), ma può comunque essere parte della capacità di adattamento complessiva di un edificio.

Ciò suggerisce inoltre che possono esistere diversi aspetti che comprendono una serie di interventi di modifica invasivi sull'edificio, a seconda dello scopo che si vuole raggiungere. Ad esempio, lo studio di David A. Langford et al. (2002) menziona diversi casi in cui gli stessi interventi di modifica vengono effettuati per mantenere lo stesso uso di partenza ma anche per cambiare funzione ad un edificio⁸; altri fanno riferimento al riuso adattivo: cioè la riqualificazione di un edificio dismesso per dargli vita ed una nuova funzione, come nel caso di fabbriche riconvertite a terziario o residenziale.

Secondo Gyula Sebestyen (1978), La flessibilità di un dato sistema costruttivo o tecnica costruttiva dipende anche dalle caratteristiche del progetto. Quindi non è sufficiente parlare di flessibilità di un sistema o di una tecnologia costruttiva, perché è possibile, all'interno di un dato sistema o sistema tecnologico, progettare edifici con maggiore o minore flessibilità. La flessibilità può essere interpretata anche in senso più ampio per i concetti di progettazione urbana, quando si considera la misura in cui alcuni tipi di città sono idonei al rinnovamento o alla modifica. Nella pianificazione urbanistica il concetto di 'strutturalismo', affermatosi dopo Kenzo Tange, prevede lo sviluppo organico di una città, cioè di una struttura urbana e di un sistema di trasporto che non ostacoli lo sviluppo.⁹ Il concetto di strutturalismo può essere interpretato in modo simile per la progettazione di edifici. La flessibilità può essere ripartita in tre classi: "flessibilità dei parametri", "flessibilità qualitativa" e "flessibilità dello spazio".¹⁰ La flessibilità dei parametri risponde alle mutevoli esigenze e necessità con azioni semplici, senza che si debba intervenire radicalmente

7. Arge, K. (2005), "Adaptable office buildings: theory and practice", *Facilities*, Vol. 23 Nos 3/4, pp. 119-127

8. DA. Langford, I Macleod, B. Dimitrijevic and T.W. Maver.(2002), "Durability, adaptability and energy conservation (DAEC) assessment tool", *International Journal of Environmental Technology and Management*, Vol. 2 Nos 1-3, pp. 142-159

9. Sebestyen G. (1978). What do we mean by 'flexibility' and 'variability' of systems?. *Batiment International, Building Research and Practice*, 6(6), 370-370. doi:10.1080/09613217808550718

10. N. Altaş, A. Özsoy (1998) Spatial adaptability and flexibility as parameters of user satisfaction for quality housing, *Building and environment* citato in I Kawaz, Sura & Alobaydi, Dhirgham & Salih, Amna. (2020). Studying Flexibility and Adaptability as Key Sustainable Measures for Spaces in Dwelling Units: A Case Study in Baghdad. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 881. 10.1088/1757-899X/881/1/012019.

11. John Habraken, N. (2008). Design for flexibility. *Building Research & Information*, 36(3), 290-296.

12. Schneider, T., & Till, J. (2007). Flexible housing. Architectural press.

sull'edificio. La flessibilità qualitativa raggiunge criteri di qualità spaziali senza che l'assetto di base debba subire ampliamenti o sostituzioni. La flessibilità dello spazio incontra la necessità di riutilizzo dello spazio per adottare nuove funzioni o attività temporanee, le quali richiedono cambiamenti interni all'edificio (flessibilità spaziale interna) o all'esterno (flessibilità spaziale esterna). Anche se gli studi di Sybestyen fanno riferimento ad egli edifici a schiera che sono differenti ad esempio da edifici pubblici ma anche appartamenti in termini di progettazione, possiamo notare che la flessibilità si riconosce in queste classi se si fa riferimento agli spazi e servizi esistenti o se si costruiscono nuovi edifici con nuovi servizi. Il primo problema che sorge quindi oltre alla molteplicità di strategie progettuali è dunque la distinzione sull'intervento di nuova progettazione o sull'esistente.

2.2. Flessibilità e adattabilità: un quadro comparativo

Un'altra ambiguità che si riscontra nelle diverse teorie è il significato che viene attribuito ai termini "flessibilità" e "adattabilità". In questo paragrafo si intende confrontare il problema in quanto sollevato già da alcuni degli autori citati nel primo capitolo, in modo da costruire un quadro comparativo supportato dalla visione di architetti e ricercatori, a seconda delle sensibilità e dei contesti che si sono susseguiti nel tempo. È importante infatti fare riferimento a professionisti o ricercatori seguendo i significati tecnici del concetto di flessibilità, che cambiano e sono cambiati continuamente nel tempo. Sia N. John Habraken (2008)¹¹ che Tatjana Schneider e Jeremy Till¹²(2007) affermano che flessibilità e adattabilità hanno significati sovrapposti, ma il significato colloquiale e quello tecnico possono fornire un punto di partenza per la loro chiarificazione e la ricostruzione di un quadro concettuale. Per una maggioranza di letteratura tecnica in lingua inglese sull'argomento, si considereranno i due termini nei significati e negli usi inglesi. L'uso colloquiale inglese della parola "flessibilità" è:

1) capacità di essere piegato, duttilità. Suscettibilità di modifica o

alterazione;

2) capacità di adattarsi prontamente a vari scopi o condizioni; libertà da rigidità o rigidità. (Dizionario inglese di Oxford in linea, 2009)¹³

Andrew Rabeneck, David Sheppard e Peter Town hanno pubblicato due articoli relativi alla flessibilità e all'adattabilità. Nell'articolo intitolato "Flessibilità abitativa" (1973)¹⁴ e "Flessibilità/adattabilità abitativa?" (1974)¹⁵ Si propone la "flessibilità" contro il "funzionalismo aderente" Dove introducono il termine "funzionalismo aderente" (*tight-fit functionalism*) che si riferisce alla situazione malsana delle abitazioni di massa nel ventesimo secolo d'Europa. Le descrivono infatti come aree abitative miniaturizzate con stanze troppo piccole, che non consentono alcun cambiamento (1973) I tentativi di flessibilità sono criticati perché possono portare a ciò che chiamano "*fallacia della libertà attraverso il controllo*". L'alloggio flessibile dovrebbe essere in grado di offrire "scelta" e "personalizzazione". Rabeneck, Sheppard e Town coinvolgono l'ambito della flessibilità nel progetto abitativo. Vedono la flessibilità come uno strumento per rendere gli ambienti abitativi minimi capaci di offrire "scelta" e "personalizzazione". La loro critica è che la flessibilità possa portare a progetti abitativi troppo tecnici o complicati. L'approccio dell'adattabilità, in contrasto con il flessibile, privilegierebbe la progettazione e il layout piuttosto che la tecnica costruttiva e la distribuzione dei servizi. Si basa su variazioni attentamente ponderate delle dimensioni delle stanze, dei rapporti tra le stanze, delle aperture leggermente generose tra gli spazi e dell'espressione poco palese della funzione della stanza. (Rabeneck, Sheppard & Town, 1974) Rabeneck, Sheppard e Town affermano che la **flessibilità** riguarda le decisioni progettuali relative alle parti **permanenti e fisse dell'edificio**: il sistema strutturale e gli spazi di servizio, mentre l'adattabilità riguarda la considerazione delle disposizioni architettoniche degli spazi rimanenti come l'organizzazione delle stanze, le loro dimensioni, il rapporto tra gli ambienti e le loro funzioni. Il concetto di flessibilità riguarda la "tecnica costruttiva e la distribuzione dei servizi". (1974, p.86). Come in precedenza, rivendicano la flessibilità relativa al sistema strutturale e agli spazi dei servizi, in "HousingFlexibility/Adptability?" (1974) sottolineano ancora la tecnica costruttiva e la posizione degli spazi di servizio. Inoltre confrontano la flessibilità

13. [online] UKEssays. (November 2018). Concept of Flexibility in Architecture. Retrieved from accessible: <https://www.ukessays.com/essays/architecture/the-concept-of-flexibility.php?vref=1>

14. Rabeneck, A., Sheppard, D., & Town, P. (1973). Housing flexibility. *Architectural Design*, 43(11), 698-727.

15. Rabanec, A., Sheppard, D., & Town, P. (1974). Housing: Flexibility/Adaptability. *Architectural Design*, 2, 76-91.

16. Hertzberger, H. (2005). *Lessons for students in architecture* (Vol. 1). 010 Publishers.

17. Schneider, T., & Till, J. (2005). *Flexible housing: opportunities and limits*. *Arq: Architectural Research Quarterly*, 9(2), 157-166.

18. Steven Groák è stato un ingegnere dalla carriera breve e brillante, a capo della ricerca e sviluppo presso Ove Arup Partnership a Londra, Regno Unito, dal 1990 al 1998. A partire dal 1976 ha curato insieme a Otto Königsberger *Habitat International*, una rivista dedicata alla progettazione e costruzione nei paesi in via di sviluppo. Ha insegnato alla Bartlett School of Architecture per 16 anni consecutivi. Ha lavorato inoltre alla British Steel e alle Nazioni Unite.

19. Groak, S. (1990). *The idea of building: thought and action in the design and production of buildings*. E & FN Spon.

con l'adattabilità. Affermano che l'adattabilità è più verso il layout architettonico.

Herman Hertzberger sottolinea l'importanza del concetto di flessibilità nella progettazione architettonica nel suo libro intitolato *Lessons for Students in Architecture* (2005)¹⁶. Secondo Hertzberger il suggerimento di flessibilità è la soluzione a tempo indeterminato, che si riferisce a quello che viene definito "valore retorico" della flessibilità, definito da Schneider e Till (2005).¹⁷ Flessibilità significa - non esistendo un'unica soluzione preferibile a tutte le altre - **l'assoluta negazione di un punto di vista fisso e ben definito**. Il progetto flessibile parte dalla certezza che la soluzione corretta non esiste... Sebbene un assetto flessibile si adatti ad ogni cambiamento così come si presenta, non può mai essere il migliore e il più adatto a qualsiasi problema; può in qualsiasi dato momento fornire qualsiasi soluzione ma quella più appropriata. (2005, p.146)

Dal punto di vista di Hertzberger, la flessibilità si riferisce alla **capacità di proporre soluzioni diverse per utenti diversi senza una soluzione unica certa** ma più appropriata. Discute dunque la flessibilità in una prospettiva diversa introducendo il termine "**polivalenza**" che significa una caratteristica di una forma statica, una forma che può essere messa in utenti diversi senza subire modifiche essa stessa, in modo che una flessibilità minima possa ancora produrre una soluzione ottimale. Steven Groák¹⁸ discute la differenza tra flessibilità e adattabilità da una prospettiva diversa nel suo libro intitolato "*The Idea Of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings*"¹⁹(1990). L'organizzazione spaziale e l'ambiente interno possono essere adatti solo per una serie limitata di usi. Qui dovremmo distinguere tra "adattabilità", intesa come "*capace di diversi usi sociali*", e "flessibilità", inteso come "**capacità di disposizione fisica diversa**". La capacità dell'edificio di accogliere i mutati usi dipenderà dalla misura in cui è adattabile e/o flessibile. (Groak, 1990) Groák cerca di spiegare l'adattabilità legata all'uso dello spazio mentre riferisce il concetto di flessibilità alla diversa disposizione fisica. Sottolinea che la flessibilità è valida non solo per gli interni ma anche per gli adattamenti esterni. A questo proposito, si può

dedurre che Groák è d'accordo con la definizione di Rabeneck, Sheppard e Town. Gerard Maccreanor²⁰ spiega la relazione tra i concetti di flessibilità e adattabilità sottolineando che la flessibilità include anche l'adattabilità. La flessibilità è una "idea progettuale che porta al crollo del layout tradizionale".²¹ L'adattabilità è un modo diverso di concepire la flessibilità. L'edificio adattabile è sia transfunzionale che multifunzionale e deve consentire la possibilità di cambiare destinazione d'uso; vivere nel lavoro, lavorare nel tempo libero o essere contenitore di più usi contemporaneamente. L'adattabilità non riguarda principalmente un'idea progettata di flessibilità basata sul crollo del layout tradizionale. È necessaria un'identità apparente robusta e una presenza duratura all'interno di un contesto urbano che consenta all'edificio di far fronte alle esigenze future e alle mutevoli condizioni. (Maccreanor, 1998) La flessibilità è da tempo oggetto di interesse per gli architetti. Negli anni a seguire questo ha portato a molti edifici con una pianificazione aperta e mutevole attorno a nuclei di servizi fissi.

"Una conclusione è che la flessibilità non implica semplicemente la necessità di cambiamenti senza fine e la rottura della "formula" accettata. Al contrario, gli edifici che si sono rivelati i più adattabili, sono quelli non originariamente previsti per la flessibilità".
(Maccreanor, 1998)

Maccreanor sottolinea che la flessibilità non è la caratteristica di uno spazio indeterminato che consente "cambiamenti senza fine", né è la caratteristica di determinare lo spazio con troppe attrezzature tecniche. In altre parole, se gli architetti lasciano tre edifici aperti a soluzioni infinitamente diverse per gli utenti portano all'"indeterminatezza" (Schneider & Till, 2005) e all'"incertezza" (Hertzberger, 1991). Allo stesso modo, se gli architetti mettono maggiormente l'accento sulla flessibilità attraverso la costruzione con partizioni mobili, creeranno una "falsa neutralità" a causa di spazi troppo tecnici o strettamente definiti²² (Schneider & Till, Theory, 2005). Sono i due controversi approcci alla flessibilità nella progettazione architettonica che appartengono piuttosto alla "retorica della flessibilità" di Schneider & Till. Gerard Maccreanor ha quindi una visione diversa della flessibilità.

20. Gerard Maccreanor si è laureato all'Università di Bath (Regno Unito) nel 1987 con lode di First Class. Ha lavorato con Peter Eisenmann e Norman Foster, tra gli altri, prima di fondare l'agenzia Maccreanor-Lavington Architects nel 1991 con Richard Lavington. Nel 1992 hanno vinto l'European 2. L'agenzia ha uffici a Londra e Rotterdam e lavora principalmente su diversi progetti di ristrutturazione e edilizia abitativa su larga scala. Gerard Maccreanor ha insegnato in istituzioni come la Barlett School of Architecture di Londra, la School of Architecture di Stoccolma e la Delft University of Technology.

21. MacCreanor, G. (1998). Adaptability. a+ t-Housing and Flexibility, 40-45.

22. Till, J., & Schneider, t. (2005). Flexible Housing: The Means To The End. Arq , 9 (3/4), 287-296.

23. Forty, A., & Forty, A. (2000). Words and buildings: A vocabulary of modern architecture (Vol. 268). London: Thames & Hudson.

La sua visione non implica 'un cambiamento senza fine'. Afferma anche che l'edificio che non è originariamente progettato per la flessibilità, può essere quello più adattabile. Adrian Forty (2000) infine affronta la flessibilità come una questione che richiede una riflessione a lungo termine nella progettazione architettonica. L'incorporazione della "flessibilità" nel progetto ha permesso agli architetti l'illusione di proiettare il loro controllo sull'edificio nel futuro, oltre il periodo della loro effettiva responsabilità per esso. La confusione nel significato di "flessibilità" si basa su due ruoli contraddittori: **"è servita ad estendere il funzionalismo e quindi a renderlo variabile"** e **"è stata impiegata per resistere al funzionalismo"**.²³

		FLESSIBILITA'	ADATTABILITA'
Andrew Rabenek, David Sheppard, Peter Town	1973	La "flessibilità" è proposta contro il "funzionalismo serrato". I tentativi falliti di flessibilità vengono criticati perché possono portare a ciò che chiamano "l'errore della libertà attraverso il controllo. Gli alloggi flessibili dovrebbero essere in grado di offrire "scelta" e "personalizzazione"	L'adattabilità al contesto abitativo si riferisce alle unità abitative che possono essere facilmente modificate al mutare delle circostanze.
	1974	Il concetto di Flessibilità riguarda le "tecniche di costruzione e distribuzione dei servizi".	L'adattabilità è legata alla "progettazione e disposizione" dell'edificio, comprese le dimensioni della stanza e la relazione tra le stanze
Herman Hertzberger	1991	Nel design flessibile, "non esiste un'unica soluzione che sia preferibile a tutte le altre"; Hertzberger propone un altro concetto chiamato "polivalenza".	

		FLESSIBILITA'	ADATTABILITA'
Steven Groak	1992	La flessibilità punta alla "capacità di diverse disposizioni fisiche".	L'adattabilità indica la "capacità di diversi usi sociali".
Gerard Maccreeanor	1998	La flessibilità è una "idea progettuale [che porta al] crollo del layout tradizionale". "La flessibilità non implica la necessità di un cambiamento infinito e la rottura della formula accettata."	L'adattabilità è un "modo diverso di vedere la flessibilità" che si riferisce alla "transfunzionalità e multifunzionalità". Maccreeanor sottolinea che "gli [edifici] più adattabili erano quelli non originariamente previsti per la flessibilità".
Adrian Forty	2000	L'incorporazione della 'flessibilità' nel design ha permesso agli architetti l'illusione di proiettare il loro controllo sull'edificio nel futuro, oltre il periodo della loro effettiva responsabilità per esso. La confusione nel significato di Flessibilità si basa su due ruoli contraddittori: "è servita ad estendere il funzionalismo e quindi a renderlo praticabile" ed "è stato impiegato per resistere al funzionalismo".	
Tatjana Schnieder, Jeremy Till	2007	La flessibilità nel contesto abitativo è "ottenuta alterando il tessuto fisico dell'edificio".	L'adattabilità nel contesto abitativo è "ottenuta progettando stanze o unità in modo che possano essere utilizzate in vari modi".

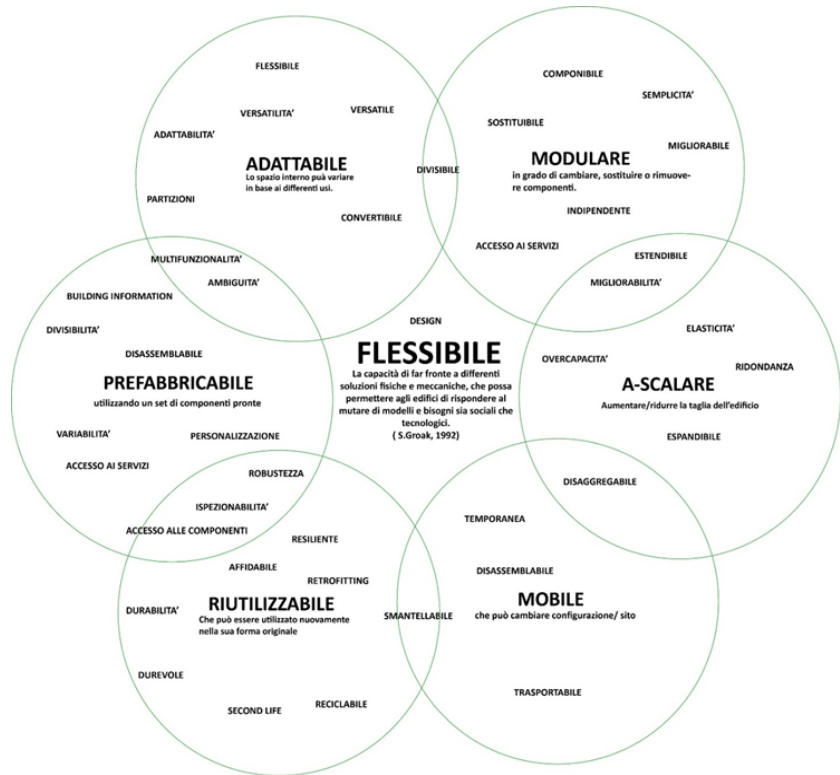
Schema riassuntivo delle posizioni in ambito di flessibilità/adattabilità.

2.3. Strategie progettuali e flessibilità

Questi aspetti di progettazione così diversificati si traducono in strategie spaziali, strutturali e di concezione degli impianti differenti che consentono al manufatto un livello di modificabilità in risposta al cambiamento di parametri operativi nel tempo. La capacità degli edifici di rispondere a questi cambiamenti è fortemente determinata nelle decisioni di progettazione che si traducono nella struttura progettuale dell'edificio: cos'è, com'è costituito (Baldwin et al. 2000) Dopo aver esaminato la letteratura, è stata trovata una moltitudine di strategie di progettazione; tuttavia, la ricerca finora ha presentato un misto di terminologia e definizioni correlate, senza un metodo chiaro per decifrare facilmente le strategie semanticamente intricate. L'edificio può essere estensibile, flessibile, scalabile, regolabile, sovraprogettato, mobile e riutilizzabile. Come parte del processo di pensiero iterativo, alcune delle parole chiave della ricerca sono leggermente cambiate per incorporare connotazioni leggermente diverse. *“Ci vuole coraggio per dedicare un libro al concetto di flessibilità in architettura. Parole come “adattabilità”, “flessibilità” e “polivalenza” hanno significati multipli e spesso sovrapposti che rendono praticamente impossibile trovare un vocabolario accettabile per tutti.”* (Habraken, 2007) La confusione nella terminologia è tipica del discorso architettonico. Altre professioni – ad esempio quella della medicina, della legge o dell'ingegneria – si definiscono attraverso un vocabolario preciso impiegato per la comunicazione interna. Habraken afferma che gli architetti sono orgogliosi di coniare le proprie parole per descrivere il mondo come lo vedono, con l'obiettivo di promuovere una propria visione personale. Questo approccio sensato mette in luce con successo uno dei problemi legati alla contemporaneità: “il desiderio degli architetti di riconoscere la varietà spontanea delle preferenze dell'utente e l'imprevedibilità dell'uso futuro” (Habraken, 2007) Nel tempo sono stati sviluppati diversi tipi di strategie che potrebbero essere implementate negli edifici. Da una vasta gamma di framework trovati in letteratura, quello che si distingue per la sua completezza è stato sviluppato da Schmidt et al. (2010), Nell'ambito del progetto “Adaptable Future”.

Il 'Modello Framecycle', presenta un quadro teorico per l'adattabilità che consiste in sei strategie (tipi di cambiamento): regolabile, versatile, adattabile, convertibile, scalabile e mobile. Queste strategie sono organizzate in base alla frequenza del loro verificarsi, dalla più frequente (regolabile) alla meno (mobile). Nell'introduzione al loro libro, Tatjana Schneider e Jeremy Till discutono la questione della terminologia piuttosto che decidere di utilizzare il termine "flessibilità" per coprire l'intera gamma di possibili decisioni di progettazione che mirano ad allentare la rigida funzionalità. Nel tentativo di confermare e confrontare le strategie con la letteratura, Robert Schmidt III et al.,²⁴ nell'ambito del paper *"What is the meaning of adaptability in the building industry"* conducono un esercizio per posizionare questi approcci e significati rispetto alle strategie più frequentemente individuate (Figura 2). Questa porta all'eliminazione di due delle strategie individuate (Prefabbricabilità e riutilizzabilità) in quanto ritenute al di fuori dell'ambito dell'adattabilità e flessibilità. Disponibilità e dunque prefabbricabile poiché il termine riguarda la velocità di progettazione e costruzione che abbrevia i tempi di consegna di un edificio (attraverso un insieme standard di componenti). Riutilizzabile poiché incentrato sulla capacità dell'edificio di riutilizzare le sue componenti dopo il suo termine di utilizzo; Oltre a trovare queste due strategie al di fuori del loro scopo, l'ampio gruppo di definizioni che circonda la loro interpretazione di flessibile ha portato a dividere il suo significato in due strategie specifiche: versatilità e convertibilità. La definizione iniziale di Groak copre uno spettro di possibilità molto ampio, da come lo spazio viene definito fisicamente a come lo spazio viene utilizzato funzionalmente. A questo proposito, flessibile è stato suddiviso in versatile per rappresentare il cambiamento fisico dello spazio (cioè la disposizione spaziale) e convertibile per indicare il cambiamento d'uso. La dissoluzione di flessibile come strategia insieme ai significati più specifici di versatile e convertibile porta a un'ultima aggiunta di regolabile per quanto riguarda le modifiche di equipaggiamento e/o arredamento che rispondono ai cambiamenti nell'attività o nell'utente. Le sei strategie vengono dunque riportate e descritte come segue:

24. Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., & Gibb, A. (2010, May). What is the meaning of adaptability in the building industry. In 16th International Conference on "Open and Sustainable Building" (pp. 17-19).



Raffigurazione diagrammatica dell'insieme di termini e declinazioni fonte: Schmidt et al; (2010)

25. Schmidt III R., (2014) Designing for adaptability in architecture. (Tesi di dottorato) Loughborough, Inghilterra. Loughborough University Facoltà di Ingegneria Civile. <https://repository.lboro.ac.uk/account/articles/9453791>

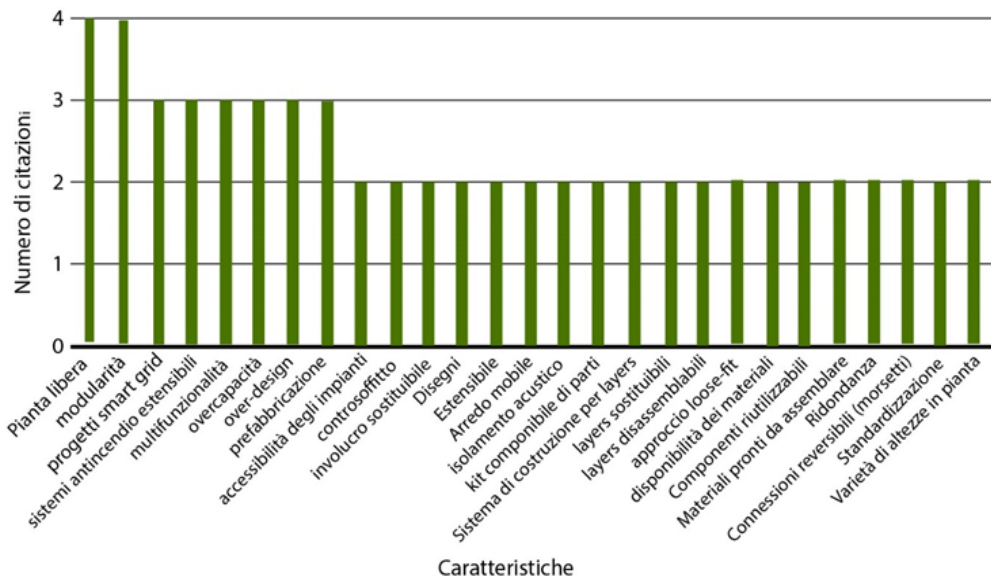
26. Manewa, R. M. A. S. (2012). Economic considerations for adaptability in buildings (Doctoral dissertation, Loughborough University).

27. Mexis, Y. (2020), Addressing the mismatch: A strategy for creating adaptable office buildings and adding value for corporations, (Tesi di Master, TU DELFT, Architecture, Urbanism and Building Sciences | Management in the Built Environment)

L'adattabilità, si riferisce alla capacità degli edifici di cambiare mansione, tenendo conto delle alterazioni degli arredi, dei collegamenti coordinati e dei sistemi modulari. Tali cambiamenti possono avvenire quotidianamente e i decisori sono gli utenti. In relazione ai livelli di Brand, l'adattabilità si riferisce alle cose (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014; Mexis, 2020). **Versatilità**, indica la capacità di alterare gli spazi interni di un edificio (cambiare le dimensioni degli spazi-partizioni), che dipende dal cambiamento delle attività degli utenti. Analogamente all'adattabilità, gli utenti sono i decisori e tali modifiche possono avvenire giornalmente o mensilmente. In relazione ai livelli di Brand, la versatilità riguarda le cose e lo spazio, ma a seconda dell'entità dei cambiamenti si può anche sostenere che potrebbe avere un impatto sui servizi, sulla struttura e sulla pelle (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014; Mexis, 2020). Sostituibilità descrive il potenziale di modificare le prestazioni di un edificio intervenendo sui suoi componenti. Il livello decisionale di questi cambiamenti sono gli utenti e i proprietari dell'edificio, che possono avvenire ogni 5-10 anni. Rifiutabile è associato allo spazio, ai servizi e alla pelle dei layer di Brand (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014; Mexis, 2020). **Convertibilità**, si riferisce ai cambiamenti nelle funzioni degli edifici, decisioni che possono essere prese sia dagli utenti che dai proprietari dell'edificio. La frequenza di tali modifiche è bassa e si verificano una o due volte nel corso della vita di un edificio (o ogni 15 anni). In relazione agli strati di Brand, convertibile si riferisce allo spazio, ai servizi, alla pelle e talvolta

28. Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Re Cecconi, F. and DeJaco, M.C. (2017), "A critical review of the developments in building adaptability", *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, Vol. 35 No. 4, pp. 284-303. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2017-0018>

alla struttura dell'edificio (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014, Mexis 2020). **Scalabilità**, nota anche come "espandibilità", riflette la capacità di un edificio di cambiare le sue dimensioni e sopportare carichi differenti a seconda della funzione. Considerando l'entità che tale cambiamento può avere per un edificio, i proprietari sono i decisori. Tali modifiche possono avvenire una o due volte nel corso della vita di un edificio (o ogni 15 anni). La scalabilità è associata allo spazio, ai servizi, all'involucro e alla struttura dei livelli di Brand e in alcune occasioni al sito (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014, Mexis, 2020). Infine, la **mobilità** è una strategia che viene attuata molto raramente e si riferisce alla possibilità di cambiare posizione. Questa strategia stimola l'implementazione di componenti standard, famiglie di prodotti e sistemi prefabbricati. Il proprietario è il decisore di tali modifiche e può essere applicato direttamente o indirettamente a tutti i livelli di Brand (Manewa, 2012; Schmidt III, 2014, Mexis, 2020).. Con l'obiettivo di presentare il collegamento tra le sei strategie e gli strati costitutivi del marchio, la loro frequenza di occorrenza e le parti interessate che possono essere associate a queste decisioni, Schmidt et al. (2010) hanno presentato la "tabella di collegamento dell'adattabilità". Le strategie di cambiamento o di flessibilità sono quindi generalmente definite in relazione alle caratteristiche tecniche degli edifici. Dalla letteratura scientifica e da numerose pubblicazioni analizzate sono state identificate le caratteristiche totali, riportate frequentemente nelle pubblicazioni. Nella figura 3 sono riportati senza elaborazione semantica (solo traduzione libera) i risultati di una review compiuta nell'ambito della ricerca su flessibilità e adattabilità su diverse pubblicazioni (raccolte in un periodo di tempo circoscritto, che va dal 1990 fino al 2018).²⁸ A queste strategie, così come individuate, si aggiungono la possibilità ad esempio di utilizzare sistemi incassati nel pavimento o modulari. Altre caratteristiche importanti possono essere: **capacità in eccesso** e/o ridondanza (che comprende anche la "**sovraprogettazione**" del sistema antincendio) e **prefabbricazione**. (Heidrich et al. 2017) Strategie importanti sono: l'accessibilità dei servizi, la possibilità di riconfigurare gli spazi (ad es. mobili indipendenti, pianta libera ed eccesso di spazio) e strati indipendenti, fatti di materiali prefabbricati o *bio-based*. Queste categorizzazioni chiariscono il significato che oggi si



attribuisce alla flessibilità, la quale può essere classificata in due macro-aree: quella delle modifiche agli edifici e quella degli adattamenti degli utenti agli edifici. (Heidrich et al. 2017) La prima è legata alle caratteristiche che un edificio (e i suoi componenti, spazi e dintorni) deve avere per consentire e valorizzare alternative di utilizzo e quindi una macro area più legata alla flessibilità; quest'ultima è legata alle modifiche o agli adeguamenti che gli utenti compiono per adattarsi ai loro edifici. La categorizzazione rimane uno strumento di analisi parziale, che esplora le diverse possibilità. (Heidrich et al. 2017) Geraedts, un altro ricercatore che ha contribuito a implementare questo campo di studio, ha affermato che l'adattabilità dovrebbe essere considerata sin dalle prime fasi del progetto (Geraedts, 2008). Inoltre, Geraedts ha sviluppato il modello FLEX 2.0 che ha successivamente aggiornato (FLEX 3.0 e FLEX 4.0), presentando un elenco di indicatori di flessibilità per valutare la capacità adattiva degli edifici.

Altri ricercatori come Arge (2005) hanno sviluppato un approccio più ampio alla materia, individuando misure basate su tre concetti di adattabilità: generalità, flessibilità ed elasticità. La generalità consente di progettare edifici per la multifunzionalità. Le misure di flessibilità offrono la possibilità di riorganizzare, aggiungere o rimuovere elementi degli edifici a seconda delle esigenze degli utenti. L'elasticità implica la possibilità di dividere o ampliare l'edificio

Da un'analisi di Heidrich et al, 2017; Rappresenta le caratteristiche ricorrenti in 27 pubblicazioni analizzate sia in ambito di adattabilità che di flessibilità, e più in generale riguardo le trasformazioni dello spazio nelle strutture e come attuarle a livello tecnologico. I risultati sono stati riportati come trovati nel corso dello studio, la maggior parte di essi sono termini interrelati o fortemente connessi tra di loro come nel caso di "kit di parti" e "standardizzazione". Dallo schema riportato emergono una serie di problemi interconnessi. Il primo è l'agente del cambiamento: questo può essere inerente alle proprietà intrinseche dei materiali, dei sistemi e dei componenti di un edificio o ai cambiamenti apportati dagli utenti sull'edificio. In ogni caso, sembrerebbe che entrambe le possibilità debbano essere previste al momento della progettazione e della costruzione dell'edificio.

(Arge, 2005). Nakib, ha presentato sei linee guida che affrontano il tema dell'adattabilità da diverse prospettive: sociale, economica, strutturale, tecnica, spaziale e funzionale e di facciata (Nakib, 2010). Attraverso il suo dottorato di ricerca, Manewa ha presentato una serie di parametri di progettazione che potrebbero influenzare il potenziale di adattabilità degli edifici (Manewa, 2012). Scuderi, ha proposto una serie di strategie adattabili che affrontano i fattori di architettura, società e funzione, nonché i fattori di struttura, tecnologia e costruzione (Scuderi, 2019). Sulla base dei risultati raccolti dalla letteratura esistente, Sadafi et al. (2014), hanno anche indicato una serie di strategie i criteri scelti per l'elaborazione delle strategie sono la progettazione per la durabilità, la progettazione per l'adattabilità e la progettazione per l'installazione e lo smontaggio. I criteri sono stati sviluppati da ricercatori in diversi sottocampi per migliorare la flessibilità dell'edificio e aumentare la durata dell'edificio Geraedts et al. (2014), introducono sette indicatori dinamici di trasformazione per i proprietari e gli utenti degli edifici (ad es. cambiamento delle dimensioni dell'unità e delle funzioni ospitate) strutturati in base al tipo di flessibilità a cui si rivolgono (riorganizzazione, ampliamento, rifiuto). Dinamici perché ad esempio, l'edificio può essere suddiviso in unità più piccole o più grandi o che alle unità o all'edificio possano essere aggiunte strutture specifiche. Alcune dinamiche riguardano invece le esigenze di un edificio che dovrebbe essere in grado di ospitare gruppi di utenti totalmente diversi o funzioni diverse in breve tempo. Ciò può portare a richieste specifiche di riorganizzazione dell'edificio per diversi gruppi di utenti. Infine Mexis (2020) nel suo lavoro finale presenta le strategie/tattiche trovate in letteratura dopo averle riviste e ristrutturare (2.4), poiché alcune di esse si sovrappongono. Propone quindi un quadro strutturato sulla base della III versione rivista di Schmidt dei sei livelli di Brand, gli otto livelli di costruzione: sito, struttura, pelle, servizi, pianta spaziale, materiale, sociale e dintorni. A causa della gamma di fattori alla base dell'adattabilità, le strategie che sono state incorporate nella tabella coprono scale diverse, dalla capacità strutturale ai mobili pieghevoli e regolabili. Rispetto alle precedenti strategie trovate in letteratura, questa tabella introduce una strategia più approfondita che incorpora due dei livelli più importanti quando si tratta di flessibilità: la società e l'ambiente circostanti. (Schmidt III & Austin, 2016; Schmidt III, 2014).

28. Arge, K. (2005), "Adaptable office buildings: theory and practice", *Facilities*, Vol. 23

29. Geraedts, R. P. (2008). Design for Change; Flexibility key performance indicators. In 1st International Conference on Industrialised, Integrated, Intelligent Construction (I3CON) (p. 11).

30. Rob Geraedts R., (2016) FLEX 4.0, A Practical Instrument to Assess the Adaptive Capacity of Buildings, *Energy Procedia*, Volume 96, 2016, Pages 568-579, ISSN 1876-6102

31. Geraedts, RP, Remøy, HT, Hermans, M. H., & van Rijn, E. (2014). Adaptive capacity of buildings: A determination method to promote flexible and sustainable construction. In A. Osman, G. Bruyns, & C. Aigbavboa (Eds.), *Proceedings of the 25th International Union of Architects World Congress UIA2014* (pp. 1054-1068). UIA Durban. <https://doi.org/10.13140/2.1.4568.8961>

32. Scuderi G. (2019) Designing Flexibility and Adaptability: The Answer to Integrated Residential Building Retrofit. *Designs*.

33. Nakib, F. (2010 Ottobre). Toward an adaptable architecture guidelines to integrate adaptability in building. In *Building a Better World: CIB World Congress*.

34. Sadafi, N., Zain, M. F. M., & Jamil, M. (2014). DESIGN CRITERIA FOR INCREASING BUILDING FLEXIBILITY: DYNAMICS AND PROSPECTS. *Environmental Engineering & Management Journal*

2.4. Quadro sintetico delle strategie individuate

Schmidt III, 2014		(Geraedts & Prins, 2015) (Geraedts & Prins, 2016)
Regolabile Componenti Plug & Play Controllo dell'utente Componenti smontabili Connessioni a secco Elementi sostituibili	Scalabile ridondanza strutturale Unità modulari Spazio extra Camere divisibili/aggregabili	Posizione del luogo: Capacità spaziale del sito
Versatile Elementi mobili Varietà di ambienti Ampi corridoi Struttura a telaio Condotti Flessibili Spazio di stoccaggio Ingressi aggiuntivi	Mobile Gonfiabile Peso delle strutture Kit di parti Connessioni semplici Collassabile Scala delle componenti	Struttura: Eccedenza di spazio edificabile Altezza interpiano Posizione di scale, ascensori, nucleo Maggiore capacità di carico Espandibile orizzontale e verticale
Riparabile Ingressi aggiuntivi Forme standard Connessioni a secco Componenti intercambiabili Minimizzare punti di contatto Sistemi coordinati	Convertibile Capacità in eccesso Interpiani alti Semplicità e leggibilità degli elementi controsoffitti ispezionabili pavimenti sopraelevati Spazi multifunzionali Ingressi spaziosi	Involucro: smontabile
(Schmidt III, 2014 e Schmidt III e Austin, 2016)		(Arge, 2005)
Spazio: Standardizzazione, Grande volume	Impianti Facile accesso, Pannelli rimovibili, Eccedenza di capacità	Generalità: Larghezza dell'edificio Altezza interpiano Griglia strutturale
Componenti: standardizzato, Modulare, Mobile	Involucro: Smontabile Standardizzato Intercambiabile	Flessibilità: Modularità Componenti Plug & play Configurazione dello spazio interno
Piano spaziale: Pareti scorrevoli, Pareti smontabili, Pareti non portanti, Pareti in vetro, Sistema a pavimento sopraelevato,	Struttura: Ampie campate Altezza interpiano Maggiore capacità di carico Componenti prefabbricate	Elasticità: Forma edilizia Organizzazione spaziale Spruzzatura di fuoco Configurazione spaziale
		(Scuderi, 2019)
		Architettura, società, funzione: Estensibile orizzontale e verticale Spazi aggregabili/divisibili Condivisione spazi Pareti mobili Elementi pieghevoli - mobili Spazio incompiuto Spazio neutro senza etichetta
		Struttura, tecnologia. & costruzione: Sistemi a secco Ottimizzazione strutturale Cornici e griglie Nucleo accessibile Elementi prefabbricati

(Geraedts, 2016)

Strutture:

Strutture personalizzabili
 Eccedenza di strutture e cavedi
 Capacità delle strutture in eccedenza
 Disconnessione degli impianti

Planimetria/finitura:

Distinzione tra riempimento e supporto
 Accesso: orizzontale e verticale
 Unità rimovibili e riposizionabili
 Rem. & riposizionare. pareti interne
 Connessioni a secco

(Nakib, 2010)

Linee guida:

Coinvolgimento dell'utente
 Spazi multifunzionali
 Elementi mobili e smontabili
 Costruire elasticità e divisibilità
 Modularità
 Zone cuscinetto
 Spazi extra
 Espandibile orizzontale e verticale
 Campata della griglia strutturale
 Accessibilità degli impianti
 Connessioni a secco
 Prefabbricato e standardizzato
 Involucro indipendente

(Manewa, 2012)

Profondità del piano
 Altezza interpiano
 Design strutturale
 Progettazione sicurezza antincendio
 Sistemi di servizi
 Dimensioni dell'edificio
 Altezza dell'edificio
 Intervallo tecnico
 Vicinanza all'edificio

(Sadafi et al., 2014)

Semplicità di materiale e sistema
 Nucleo divisibile
 Specifiche per le connessioni
 Ridurre le relazioni tra sistemi
 Ridurre le relazioni intrasistemiche
 Sistema coordinato modulare
 Componenti prefabbricati
 Sovracapacità di progettazione
 Migliora il flusso attraverso il layout
 Ottimizza l'uso dello spazio interno

(Heidrich et al, 2017)

Arredo Mobile
 Kit componibile di parti
 Sistema di costruzione per layout
 Costruzione per livelli
 Componenti disassemblabili
 Capacità in eccesso
 Componenti riutilizzabili
 Standardizzazione
 Controsoffitti
 Flessibilità degli impianti
 Pianta libera
 Altezze variabili
 Involucro sostituibile
 Multifunzionalità

Connessioni reversibili
 Accessibilità degli impianti
 Sovraprogettazione sistemi

27. Donald Iselin & Andrew Lemer, 1993. The fourth dimension in building: strategies for minimizing obsolescence, Committee on Facility Design to Minimize Premature Obsolescence. Washington DC: Building Research Board, Washington DC: National Academy Press.

28. James Pinder & Sara Wilkinson, 2001. Measuring the obsolescence of office property through user-based appraisal of building quality. Wellington, New Zealand, CIB World Building Congress.

29. Kintrea, K., 2007. Housing aspirations and obsolescence: understanding the relationship. Journal of Housing and the Built Environment, 22(4), pp. 321-338.

30. Kincaid, D., 2000. Adaptability potentials for buildings and infrastructure in sustainable cities. Facilities, 18(3/4), pp. 155-161.

31. Langston, C., 2014. Measuring Good Architecture: Long life, loose fit, low energy. European Journal of Sustainable Development, 3(4), pp. 163-174.

2.5 Definizioni

In questo paragrafo, data la letteratura analizzata e dopo aver sollevato i problemi riguardanti ambiguità e significato del termine flessibilità, si intendono fornire le definizioni dei tre termini che si andranno ad approfondire.

• FLESSIBILITÀ

Per una serie di ragioni, gli edifici possono diventare funzionalmente obsoleti molto prima che la loro vita fisica sia giunta al termine. Lo sviluppo di progetti può essere inefficiente se la loro vita utile termina prima della loro vita fisica. I progetti futuri devono essere sufficientemente flessibili da supportare usi alternativi. Lo sviluppo di un quadro olistico integrativo consente ai progettisti di edifici di comprendere gli impatti a lungo termine delle loro decisioni nelle prime fasi della progettazione. L'approccio della flessibilità incorpora criteri finanziari, sociali e ambientali, e deve coinvolgere anche l'utente così come il progettista. Le varie strategie possono essere implementate come metodo per fornire il potenziale per stabilizzare l'equilibrio dinamico nella relazione tra utenti e spazio, in modo sostenibile ed economicamente redditizio, massimizzando il valore dell'edificio durante tutto il suo ciclo di vita.

• DURATA

L'obsolescenza può essere definita come "l'incapacità di soddisfare requisiti o aspettative crescenti" (Donald Iselin e Andrew Lemer, 1993²⁷; James Pinder e Sara Wilkinson, 2001²⁸). Questa è un ambito suscettibile a notevole stress, dovuto alle diverse esigenze sociali (Kintrea,²⁹ 2007). L'obsolescenza non significa prestazioni scadenti. La maggior parte della letteratura sulla durabilità degli edifici è riferita maggiormente ai componenti e ai sistemi dell'edificio piuttosto che a interi edifici. I fattori che influenzano la durata delle componenti possono essere: (a) qualità dei componenti, (b) livello di esecuzione, (c) ambiente interno ed esterno, (d) impostazioni di utilizzo e (e) livello di manutenzione (Kincaid,³⁰ 2000; Langston,³¹ 2014). Sebbene un edificio sia una somma di parti, tali parti possono essere sostituite e quindi rinnovate, lasciando che sia la struttura primaria a determinare l'aspettativa di vita complessiva. Un'altra fonte sulla vita di servizio discute l'effetto delle azioni esterne ed interne sulla durabilità

dell'edificio e identifica l'ubicazione, l'uso e la progettazione come parametri principali. Pochi ricercatori hanno incluso le modifiche normative alla zonizzazione come una forma di obsolescenza. (Imam, S., & Sinclair, B. R. 2018)³²

• SOSTENIBILITÀ

Esistono molti sistemi di valutazione ambientale completi per gli edifici in tutto il mondo (ad es. LEED, BREAAAM, Green Star, ecc.), tutti stabiliti per valutare la progettazione ambientale come attributo dei progetti. La maggior parte degli schemi di valutazione sono organizzati in una serie di categorie di impatto che di solito coprono questioni di qualità ambientale interna (IEQ), energia, trasporti, acqua, materiali, uso del suolo ed emissioni. Fondamentalmente la riduzione del carbonio può essere inquadrata come un problema di riduzione dell'energia, che è ulteriormente scomponibile in questioni separate di riduzione dell'energia operativa e incorporata (o di processo). L'agenda per le basse emissioni di carbonio fornisce infatti una potente leva attraverso la fornitura di vantaggi accessori (oltre alla riduzione delle emissioni) come la riduzione delle bollette energetiche e una ridotta dipendenza da fonti energetiche esterne. È anche evidente la risonanza che la flessibilità ha con le idee sulla minimizzazione dell'energia incorporata (attraverso una riduzione dello spreco di materiale derivante dalla demolizione e dalla ricostruzione) (³³Gorgolewski, 2005). I ricercatori attuali sottolineano l'importanza, ma l'insufficienza, di considerare l'energia come parte di qualsiasi equazione per la sostenibilità.³⁴ L'idea di integrare la flessibilità per soddisfare le esigenze future e ridurre al minimo l'impronta energetica durante la vita fisica dell'edificio è senza dubbio l'obiettivo olistico finale per l'architettura nella nostra società moderna³⁵ (Langston, 2014). Oggi, gli obiettivi di Gordon possono essere interpretati come "durevoli, flessibili e sostenibili".

32. Imam, S., & Sinclair, B. R. (2018). Dysfunctional design+ construction: a cohesive frame to advance agility in the 21st century. In ARCC-EAAE Conference (pp. 415-423).

33. Gorgolewski, M., 2005. Understanding how buildings evolve. Tokyo, Japan, s.n., pp. 2811-2818.

34. Imam, S., & Sinclair, B. R. (2018). Dysfunctional design+ construction: a cohesive frame to advance agility in the 21st century. In ARCC-EAAE Conference (pp. 415-423).

35. Langston, C., 2011. Estimating the useful life of buildings. Gold Coast, Australia, proceedings of AUBEA2011 Conference, pp. 418-432.

ABSTRACT (INGLESE)

The previous section highlighted the significance of flexibility for the built environment. The versatility of the studied factors, interests and aspects of adaptability that have been studied signals the complexity of this approach. Consequently, it has led many authors to develop theories and structures aimed at simplifying and structuring the concept. Having developed a concrete knowledge base on flexibility. In the light of the theories studied, and of the definition of "flexibility" and "duration", what emerges is the relationship of architecture with its context and of architecture with time, because every building is necessarily the subject of more or less predictable transformations. . To evaluate the outcome of a project designed to be flexible, it is necessary to identify how it has transformed in terms of quality, with what results for users, with what initial needs and after how long and if it has reached obsolescence. Therefore, putting into context the research problem in our time, bringing it back to spatial flexibility, which solutions can be defined as more valid? structures that temporary solutions or long-lasting solutions? Functionalized projects and therefore that try to interpret and define the present and future uses of a building or those that, on the contrary, resist functionalism while remaining open to indeterminacy? the chapter seeks the answer to these questions in some of the contemporary scientific researches related to the theme of flexibility in architecture.

DAL RACCONTO STORICO ALLA RICERCA CONTEMPORANEA, UN INQUADRAMENTO SCIENTIFICO

ABSTRACT

La sezione precedente ha evidenziato il significato di flessibilità per l'ambiente costruito. Le strategie esistenti tendono a concentrarsi su misure tecnologiche e caratteristiche di progettazione per aumentare l'adattabilità e la capacità di trasformazione, senza considerare le preferenze dell'utente o i fattori che determinano il cambiamento dei requisiti nel tempo. La versatilità dei fattori, degli interessi e degli aspetti di adattabilità che sono stati studiati, segnala la complessità di questo approccio. Di conseguenza, ciò ha portato molti autori a sviluppare teorie volte a semplificare e strutturare il concetto. Avendo sviluppato una base concreta di conoscenze sulla definizione di "flessibilità" e "durata" quello che emerge è il rapporto dell'architettura con il suo contesto e dell'architettura con il tempo, perché ogni edificio inevitabilmente è oggetto di trasformazioni più o meno prevedibili. Per valutare l'esito di un progetto pensato per essere flessibile bisogna individuare come si è trasformato a livello qualitativo, con che esiti per gli utenti, con quali necessità di partenza e dopo quanto tempo e se ha raggiunto l'obsolescenza. Contestualizzando dunque il problema di ricerca nel nostro tempo, riportandolo alla flessibilità spaziale, quali soluzioni si possono definire più valide? strutture che prevedono soluzioni temporanee o soluzioni a lunga durata? Progetti funzionalizzati e quindi che provano a interpretare e definire gli usi di un edificio presenti e futuri o quelli che al contrario resistono al funzionalismo rimanendo aperti all'indeterminatezza? il capitolo cerca la risposta a queste domande in alcune delle ricerche scientifiche contemporanee legate al tema della flessibilità in architettura.

La questione della flessibilità. Teorie, ricerche, progetti.
p. 148

3. DAL RACCONTO STORICO ALLA RICERCA CONTEMPORANEA, UN INQUADRAMENTO SCIENTIFICO

3.1 Prevedere Il Cambiamento Negli Edifici – Tempo E Uso Nello Spazio

Nel 1882 Étienne-Jules Marey, inventore e medico francese, cattura la fisiologia del movimento con la sua invenzione del “fotofucile”, riuscendo a trasferire in foto l’immagine di una in sequenza rapida del volo degli uccelli. Grazie a questo sistema, riesce a catturare la fisiologia del movimento e a registrarlo in foto, rendendo così comprensibile un fenomeno altrimenti inspiegabile. Nel 2017 Bruno Latour riprende l’idea di Marey e la trasferisce in architettura: “Give Me a Gun and I Will Make All Buildings Move”¹. (Latour, Yaneva 2017) Ovvero tutto quello di cui i moderni edifici hanno bisogno è di svincolarsi dalla staticità. È impossibile controllare tutte le variabili di un edificio nel tempo e tutti gli architetti sanno che è un progetto è senz’altro più assimilabile ad una sequenza in movimento piuttosto che ad un’immagine statica e inamovibile. Gli edifici invecchiano, vengono trasformati dai loro utenti, cambiano in base a tutto quello che accade al loro interno e fuori, e che passerà o sarà rinnovato, adulterato e trasformato. Nel capitolo si cerca di collegare quanto individuato sulla ricerca storica raccordandolo alle moderne linee di ricerca sulla flessibilità, che indagano il rapporto dei materiali e dell’architettura con il tempo. Ogni progetto affronta, a prescindere dal contesto e dal tempo, dei vincoli: limiti di zonizzazione, tessuti produttivi, cambiamenti sul piano di finanziamenti, nuovi contesti sociali, materiali. Ogni volta che si deve tener conto di un nuovo vincolo: un limite di zonizzazione, un nuovo tessuto, un cambiamento nel piano di finanziamento, una protesta cittadina, un limite nella resistenza di questo o quel materiale, una nuova moda popolare, un nuovo cliente, una nuova idea che fluisce – è quindi necessario escogitare un nuovo modo di progettare per cogliere questi vincoli e renderli compatibili con le esigenze future, cercare di cogliere tutte le sequenze che immobilizzano la trasformazione.

¹ Latour B., Yaneva A., “«Give Me a Gun and I Will Make All Buildings Move»: An ANT’s View of Architecture”, *Ardeth*, 1 | 2017, 103-111.

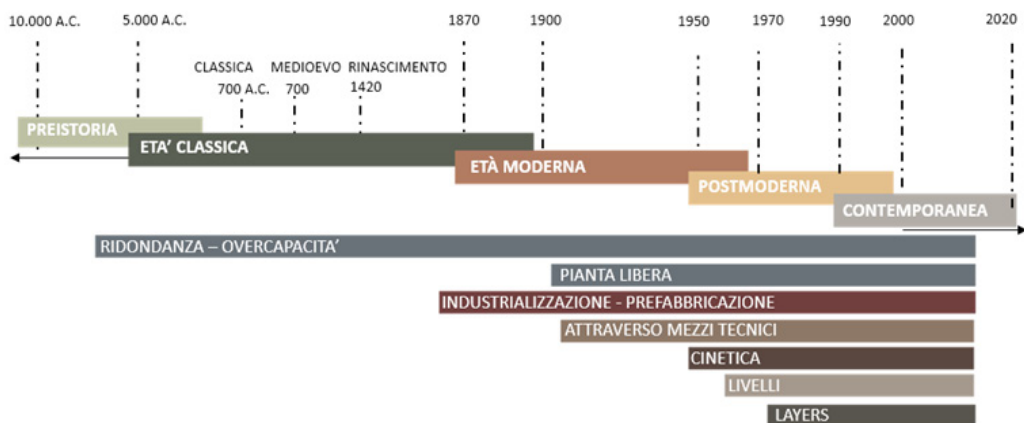
2. Brand S. (1995), Building layers according to Brand – sharing layers of change, [online] <https://www.youtube.com/watch?v=HTSbtM1ZIZw>

3. Duffy 1998: F.Duffy, Design for change, The Architecture of DEGW, Birkhauser, Basel 1998

4. Schmidt III, Robert; Austin, Simone. Architettura adattabile (pp.45-46). Taylor e Francesco. Edizione del Kindle.

Stewart Brand (1994) nel suo lavoro fondamentale *How Buildings Learn*, sostiene di dover "esaminare gli edifici nel loro insieme - non solo un tutto nello spazio, ma intero nel tempo". Allo stesso modo Per Brand – e Duffy (1990)² – è fondamentale concettualizzare l'edificio non in termini di scelta di materiali o tecnologie, ma come unità di tempo.³ Il lavoro dell'architetto è solo il passo iniziale nella costruzione di un processo lungo, dilatato e stratificato e la "vera" sostenibilità non risiede nel suo completamento virtuoso, quanto più nel modo in cui un edificio si sviluppa e cambia nel tempo a prescindere dall'intento progettuale di partenza e con la facilità con la quale esso cambia. "Ogni decisione progettuale è caratterizzata dalla sua propria longevità, che può assumere forme diverse se considerata da una prospettiva basata sul tempo, piuttosto che sulla forma".⁴ Alcuni cantieri analizzati, come quello del Centre Pompidou dimostrano inoltre che il progetto può cambiare nelle stesse fasi di concezione, dalla fase concorsuale a quella realizzativa, e che nel mezzo ci siano dei compromessi legati al tempo che intercorre tra queste stesse fasi, dalle politiche adottate, dal budget a disposizione. Questo ci riporta come si progetta per il tempo? La fattibilità tecnica da sola non realizza una soluzione sostenibile. Se l'adattabilità porta a una comprensione del tempo, pone l'accento sul processo e consente all'edificio di "imparare" e agli utenti di "insegnare" o modellare lo spazio da soli. L'adattabilità costringe il design a diventare un processo sociale continuo tra designer e utente nel tempo. Il progettista deve concentrarsi sul consentire che l'adattamento abbia luogo invece di tentare di controllare le esperienze e anticipare il futuro. Hertzberger (1991) sottolinea: "L'architettura dovrebbe offrire un incentivo ai suoi utenti a influenzarla ove possibile, non solo per rafforzare la sua identità ma soprattutto per migliorare e affermare l'identità dei suoi utenti". Per questo nonostante la flessibilità sia stata spesso rincorsa come obiettivo architettonico, non è mai stata ampiamente accettata come approccio costruttivo. Si possono ipotizzare diverse ragioni, la principale delle quali legata al modo di parametrarla e misurarla, che la definisce un obiettivo progettuale molto diverso da quelli convenzionali. Infatti se la misura in cui un sistema soddisfa i suoi obiettivi è necessariamente dimostrata dal suo comportamento operativo, la flessibilità del sistema può rimanere solo una misura potenziale del comportamento di un edificio. In altre parole, anche

misurando o classificando il numero di combinazioni potenziali di un edificio questo potrebbe non cambiare mai: di conseguenza la sua trasformabilità rimarrebbe una potenzialità, ma non per questo sarebbe meno reale nelle sue intenzioni. Quello che invece possiamo ricavare dalle sperimentazioni e dagli edifici costruiti è invece il loro rapporto con il tempo, cosa è rimasto e come si è trasformato l'edificio al cambiare della società e delle condizioni al contorno. Questo schema di Schneider et al.; è interessante poiché evidenzia a posteriori l'approccio costruttivo che ha poi portato, più o meno consapevolmente ad un riutilizzo in epoche successive delle opere edificate, ed identifica quali siano oggi le direzioni a cui tende la ricerca.



Schema riadattato da Schmidt III, Robert; Austin, per semplificare l'evoluzione storica e architettonica del concetto di flessibilità.

5. W. Fawcett (2011) "Investing in flexibility: the lifecycle options synthesis." the MIT journal of planning 'Projections 10. Designing for Growth and Change', pp. 13-29.

6. N. Wiener (1950) 1954. The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society. Garden City, NY

3.1.1 L' approccio Gibbsiano e le "opzioni del ciclo di vita" di Fawcett

Su questa scia di pensiero William Fawcett, professore presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Cambridge, nel 2011 pubblica un paper dal titolo "*Investing in Flexibility: the lifecycle options synthesis*",⁵ in cui elabora un approccio per progettare edifici flessibili nel presente, nonostante l'incertezza delle loro destinazioni d'uso nel futuro. Secondo la sua teoria, al momento della programmazione dell'edificio, andrebbero definiti un insieme di possibili usi dell'edificio o "stati d'attività", che costituiscono delle intenzioni progettuali e prescindono dalla configurazione fisica dello stesso: infatti un edificio può ospitare attività diverse senza che la sua struttura originaria venga necessariamente riconfigurata o variata; al contrario una flessibilità senza una dichiarazione specifica sugli intenti spaziali futuri rischia, de facto, di rimanere invariata (come visto, ad esempio, nel caso del Centre Pompidou a Parigi). In alcuni casi è possibile rispondere alla domanda "a cosa serve la flessibilità?" con un elenco dei potenziali usi di un progetto, pertinenti alla funzione principale; ad esempio nel caso di un edificio ad uso residenziale: una famiglia potrebbe avere bisogno di un'abitazione flessibile, e cioè che sia in grado di adattarsi al crescere e al mutare delle sue esigenze: prima di coppia, poi eventualmente di famiglia con bambini piccoli, bambini più grandi o famiglie allargate. Nel caso di progetti più grandi invece possiamo definire solo un range di possibilità e non un elenco esaustivo di possibili usi: ad esempio, nel caso di un pronto soccorso ospedaliero si può stimare una domanda compresa tra 100 e 200 pazienti al giorno e un rapporto uomini-donne tra il 60% e il 40%. Dal range delle singole caratteristiche specifiche possono essere simulati degli scenari futuri: questo si avvicina a quello che Norbert Wiener definì l'approccio Gibbs (Wiener, 1954), dal nome del fisico di Yale JW Gibbs (1839-1903): l'innovazione di 'Gibbs'⁶ consisteva nel considerare "*non un mondo, ma tutti i mondi che sono possibili risposte a una serie limitata di domande riguardanti il nostro ambiente.*" Infatti nelle forme più primitive della meccanica statistica, l'integrazione o sommatoria viene assunta dalle molteplici particelle di un unico sistema dinamico omogeneo, come nel caso del gas perfetto. Nella sua forma più matura, dovuta a Gibbs, l'integrazione viene eseguita su un

parametro di distribuzione, numerico o meno, che serve a etichettare i sistemi costitutivi di un insieme dinamico, evolventi secondo leggi di forza identiche, ma differenti nelle loro condizioni iniziali.⁷ Le risposte sono quindi definite dall'insieme dei possibili stati del sistema. Riprendendo il *Tractatus Logico-philosophicus* di Wittgenstein⁸ *"Se tutti gli oggetti sono dati, allora allo stesso tempo sono dati anche tutti i possibili stati di cose"*⁹ (Wittgenstein, 1922). Una proposizione elementare è immagine di uno stato di cose, ossia è (rilevantemente) isomorfa rispetto a uno stato di cose, ed è vera quando quello stato di cose è un fatto (è uno stato di cose che si dà, sussiste). Gli stati di cose sono nessi (configurazioni) di oggetti. In uno stato di cose gli oggetti sono in una determinata relazione uno con l'altro. Le proposizioni elementari hanno significato perché sono immagine logica di stati di cose, e sono vere se e solo se gli stati di cose che rappresentano sussistono. Al fine di estendere il ciclo di vita degli edifici e dei loro componenti, gli edifici dovrebbero essere progettati pianificando la loro vita utile. In altre parole, l'unità di analisi progettuale relativa all'edilizia non dovrebbe essere l'edificio, ma l'uso di questo edificio nel tempo, compresi gli impatti ambientali ed economici che la progettazione dell'edificio offre. La chiave è quindi una progettazione del ciclo di vita che integri i requisiti relativi all'uso efficiente delle risorse e alle attività di mercato in tutte le fasi di un edificio, dalla ricostruzione alla costruzione, al funzionamento e alla fase post-edilizia.

Come specifica Fawcett, *"Definire l'insieme di tutti i possibili usi di un edificio può sembrare troppo ambizioso, ma il livello di descrizione può escludere dettagli non necessari."* È evidente che un progetto che mira a fornire flessibilità per un cambio di uso deve essere valutato rispetto alle possibili attività che può ospitare, non in base al numero di possibili configurazioni "fisiche" che è in grado di ottenere. "I designers e i progettisti hanno il controllo sull'ambiente fisico e possono spendere la loro ingegnosità su modi per aumentare la trasformabilità e l'adattabilità degli edifici, ma per produrre progetti efficaci devono considerare come fattore progettuale l'incertezza del programma scelto, e l'approccio matematico di Gibbs lo rende possibile anche quando ci sono pochi dati specifici. Considerando valido questo approccio, un progetto rimane aperto

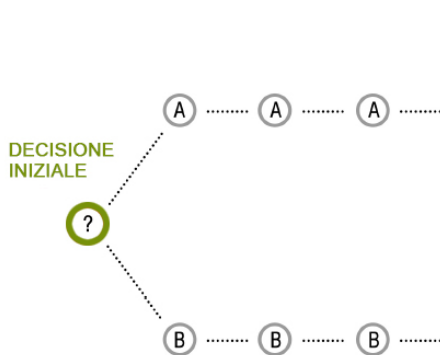
7. N. Wiener, "Generalized harmonic analysis," *Acta Mathematica*, vol. 55 (1930)

8. Wittgenstein Ludwig Joseph è stato un Logico e filosofo del linguaggio (Vienna 1889 - Cambridge, Inghilterra, 1951). Nella sua opera *"tractatus logicus-philosophicus"*. Indaga la natura del linguaggio la cui natura rispecchierebbe la struttura essenziale della realtà, partendo dal fondamento che il linguaggio considerato sia perfetto e unico e rispecchi fatti semplici e datisensibili immediati. La scienza sarebbe dunque costituita da proposizioni elementari con significato empirico.

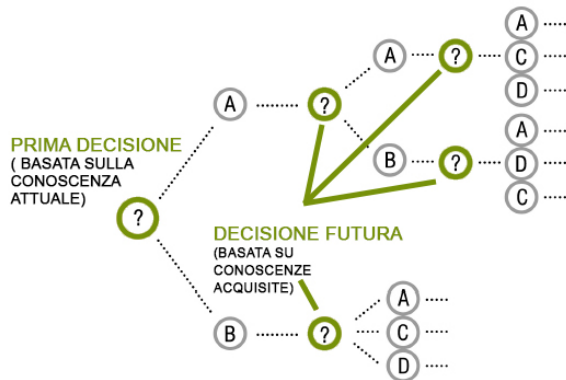
9. Wittgenstein Ludwig 1953, *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino 1963 da or. Wittgenstein, L (1922) *Tractatus Logico-Philosophicus* (1961 English edition - London: Routledge & Kegan Paul)

a molteplici cambiamenti nel futuro: in termini dimensionali lasciare spazio in eccesso crea la possibilità di espansione, che ha valore di flessibilità anche se non è noto quando, se mai, l'espansione sarà effettuata. Tutte le proposte esistenti sulla flessibilità ambientale rientrano dunque in termini di "opzioni del ciclo" di vita. In primo luogo, meccanismi diversi e apparentemente scollegati per fornire flessibilità, ad esempio, strategie gestionali e fisiche, possono essere unificate in un quadro coerente; inoltre, il quadro delle *lifecycle options* fornisce un metodo per dare valore alla flessibilità. Quando si possono misurare diversi assetti funzionali di un edificio, si possono confrontare con i costi di realizzazione e di conseguenza è quindi più facile stabilire se il valore supera il costo di investimento o no. Valutando le opzioni relative al ciclo di vita degli edifici, si riduce al minimo il rischio di una carenza o di un eccesso di flessibilità.

APPROCCIO DETERMINISTICO DEL CICLO DI VITA



APPROCCIO ALLE OPZIONI DEL CICLO DI VITA



Confronto tra un modello di ciclo di vita di un edificio regolato da un approccio like-to-like repetition of initial decision, con un approccio e quindi più deterministico, e un modello per life cycle options in cui a fronte del dato iniziale si procede via via basandosi su nuove conoscenze che portano a migliori risultati. Fonte: Fiore, 2019

3.2 Hans De Jonge e il concetto di obsolescenza: scansione della vita economica, tecnica e spaziale nell'edificio in un arco di 50 anni

Parlando di obiettivi progettuali e di ciclo di vita degli edifici, la letteratura tecnica (G.Vijverber¹⁰g (2003)¹¹, H. De Jonge et al. (2000)¹²) distingue 4 differenti tipi di ciclo di vita correlati al patrimonio esistente, in base alle diverse funzioni:

- Vita Tecnica (regolazione climatica)
- Vita Funzionale (Organizzazione spaziale delle attività)
- Vita Economica (Valore Economico)
- Vita Sociale o Simbolica (in alcuni casi) (Valore simbolico)

L'arco di vita tecnico dell'edificio è l'arco di tempo in cui questo si scontra con le caratteristiche tecniche dei materiali da costruzione e con i requisiti prestazionali necessari per utilizzare l'edificio e per garantire il benessere e la sicurezza dei suoi utenti. La parte tecnica dell'edificio infatti si deteriora nel tempo a causa di fattori esterni (fattori atmosferici), ma anche obsolescenza intrinseca dei suoi materiali, cambio di uso dell'edificio nel tempo, cambiamenti legislativi, sviluppo tecnico degli impianti, etc. Dai diagrammi elaborati Hans De Jonge et al.; leggiamo l'andamento della performance tecnica e spaziale degli edifici in un arco temporale di circa cinquant'anni: da questi emerge che più o meno ogni 10 anni

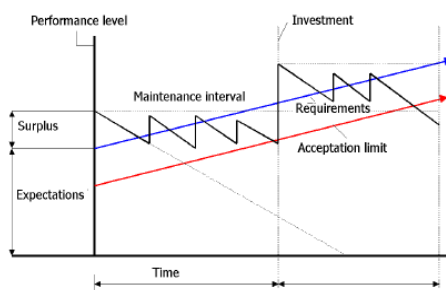
10. Research Institut member at the research institute for Housing, Urban and mobility studies, Delft

11. H. De Jonge, M.H. Arkesteijn, A.C. Den Heijer, H.J.M. Vande Putte, H.J.M., De Vries, J.C. and J. Van der Zwart. (2009) Real estate & housing: Corporate real estate management: Designing an accommodation strategy (DAS Frame), TU Delft, Faculty of Architecture, Department Real Estate & Housing, Delft

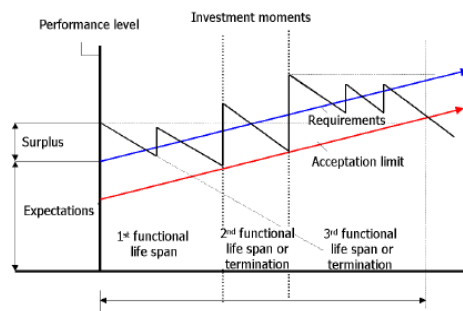
12. De Jonge, H.; D.J.M. ; Van der Voordt er al. (2000). Reader M4 Beheren. Delft, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, BMVB.

Due schemi di andamento di vita tecnica e funzionale dell'edificio secondo De Jonge (2000). Da entrambi gli schemi si evince come l'andamento non proceda in modo lineare: ad ogni investimento corrisponde un piccolo di obsolescenza che obbliga gli investitori e i proprietari alla manutenzione.

Technical life span



Functional life span



13. Il Professor Hans de Jonge è stato uno dei fondatori del corso Real estate e Project management presso la Facoltà di Architettura e ambiente costruito presso la TU Delft nel 1991. Da allora è diventato professore ordinario di Real Estate and Development. Insegna gestione immobiliare a studenti di laurea e master. È presidente del Collegio dei Docenti dell'Ateneo e membro dei comitati editoriali di riviste di settore. Tiene inoltre lezioni in vari corsi post-dottorato immobiliare e insegna regolarmente in Asia e negli Stati Uniti. Oltre a ciò, Hans De Jonge è presidente del consiglio di amministrazione del Brink Groep. Brink groep è un gruppo di imprese nel campo della gestione, consulenza e automazione per il settore edile, abitativo e immobiliare.

anni un edificio è costretto ad interventi di rinnovo, per non rischiare di trovarsi in un picco di declino al di sotto dei requisiti tecnici. Grazie agli interventi di rinnovo, i requisiti tecnici migliorano raggiungendo un picco virtuoso ma non si riesce ad avere un andamento costante, come per esempio nel caso di un upgrading continuo delle singole componenti. Inoltre, secondo Hans De Jonge,¹³ professore emerito di Real Estate Management presso la TU DELFT University of Technology se parliamo di vita utile spaziale emerge come, sebbene la domanda e l'offerta siano perennemente in crescita, l'utilizzo cambi in base all'utenza in modo continuativo, con differenze a volte sostanziali tra la capacità di spazio e quello realmente utilizzato. Da questo studio e scaturiscono due riflessioni importanti: la prima sulla necessità di costruire nuovi edifici con tecnologie e processi che permettano di migliorare l'andamento delle performance tecniche e spaziali, di modo che qualsiasi nuovo edificio sia progettato con l'obiettivo finale di contribuire alla sostenibilità globale. La seconda è che nella società attuale c'è molto del patrimonio esistente da rileggere, anche in una chiave di flessibilità: nonostante la nostra società sia in continuo mutamento, gli edifici sono ancora concepiti come strutture fisse e permanenti, mentre sono di fatto soggetti a trasformazioni anche nel quotidiano.

Non si può migliorare l'efficienza energetica o cambiare d'uso alla maggior parte delle strutture edilizie senza operare una demolizione o effettuare sostanziali interventi edilizi, perciò si deve tenere in considerazione l'impatto negativo che demolizione e ricostruzione hanno sull'ambiente e cercare strategie di riutilizzo adattivo. In un quadro più ampio infatti, gli edifici non devono più mirare solamente al principio di sostenibilità ma devono essere rigenerativi o "restorative" e quindi non solo conformarsi al luogo in cui vengono progettati ma essere in grado di apportare miglioramenti al loro contesto, motori attivi in un mondo che cambia troppo velocemente. La risposta possibile in questo senso può essere la flessibilità e le strutture esistenti offrono grandi opportunità e margini d'azione.

Secondo Jakob Edler¹⁴ (2006)¹⁵ l'architettura o le strutture dinamiche si adattano alle diverse esigenze degli utenti, alle mutate circostanze ambientali o ai desideri e alle immaginazioni dei progettisti. Nella letteratura di Walter Kroner (1997)¹⁶ architettura intelligente si riferisce invece a forme costruite i cui sistemi integrati sono in grado di anticipare e rispondere ai fenomeni, sia interni o esterni, che influiscono sulle prestazioni dell'edificio e dei suoi occupanti. L'architettura intelligente che risponde ai suoi utenti e all'ambiente locale e globale è una questione delicata e di assoluta priorità. È importante proporre nuove strategie che servano da strumento sia ai progettisti che agli utenti finali. Dal punto di vista dei progettisti servono strategie per colmare il divario tra la progettazione e la gestione degli edifici, sia in termini di prestazione energetica, ma anche in termini di mantenimento e recupero dei materiali e delle strutture. Dal punto di vista degli utenti invece servono strategie per passare dall'impronta del consumo individuale a quella rigenerativa, attraverso l'uso di sinergie tra l'ambiente edificato e gli edifici come componenti integrate nel sistema energetico globale.

Contrariamente a queste tendenze, l'ambiente costruito e il quadro normativo attuale si occupa di strutture edilizie fisse, il cui fine vita è associato a processi di demolizione. Sebbene ci siano molti tentativi in tutto il mondo di incentivare la progettazione e la disassemblabilità degli edifici al fine di riutilizzarne le componenti, tali tentativi richiedono molto tempo e manodopera, e sicuramente un grande sforzo in termini di fattibilità economica. La chiave è capire come sviluppare una strategia di progettazione in grado di sostituire le strutture fisse esistenti che non sono progettate per lo smontaggio, l'adattabilità e il recupero dei materiali, con strutture dinamiche aperte alla riconfigurazione e allo smontaggio/montaggio delle singole componenti, e al momento della progettazione considerare il ciclo di vita utile dell'edificio e dei suoi materiali in termini di obsolescenza e deterioramento.¹⁷

14. Il professor Jakob Edler è direttore esecutivo del Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI da ottobre 2018. È anche professore di Innovation Policy and Strategy presso il Manchester Institute of Innovation Research (MioIR), che ha guidato dal 2011 a settembre 2018. In precedenza entrato in MioIR nel gennaio 2007, ha lavorato nel Dipartimento per i Sistemi e le Politiche dell'Innovazione del Fraunhofer ISI, prima come ricercatore (1999-2004), poi come vicedirettore del dipartimento (2004-2006) e infine come capo (2006). gli interessi di ricerca risiedono nell'analisi e nella concettualizzazione della governance e delle politiche nella scienza e nell'innovazione.

15. Tradotto da: Blind, K., J. Edler, Et Al. (2006). Motives To Patent: Empirical Evidence From Germany. *Research Policy* 35(5) pp. 655-672.

16. Walter Kroner è professore presso il dipartimento di architettura del Rensselaer Polytechnic Institute di Troy, N.Y. Kroner, W.M., (1997). *An Intelligent and Responsive Architecture*. In *Automation in Construction*, vol. 6, 381-393. Amsterdam: Elsevier Science B.V

17. *Benefici Sociali, Ambientali ed Economici di strutture pensate con componenti smontabili e sostituibili nel breve periodo*. Fonte: Durmisevic 2006

Inoltre questi edifici potrebbero avere un ritorno in termini di benefici sociali, ambientali ed economici:

BENEFICI AMBIENTALI	BENEFICI ECONOMICI	BENEFICI SOCIALI
Miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua, riduzione emissioni dovute alle demolizioni	Riduzione dei costi operativi	Miglioramento del comfort e della salute degli occupanti
Riduzione del carico di rifiuti	Creazione ed espansione di mercati per prodotti e servizi	Qualità estetica dell'edificio
Conservazione e ripristino delle risorse naturali	Miglioramento della produttività degli occupanti	Riduzione del carico sulle infrastrutture locali
Valorizzazione e tutela della biodiversità e degli ecosistemi	Ottimizzazione delle prestazioni economiche del ciclo di vita	Miglioramento della qualità generale della vita

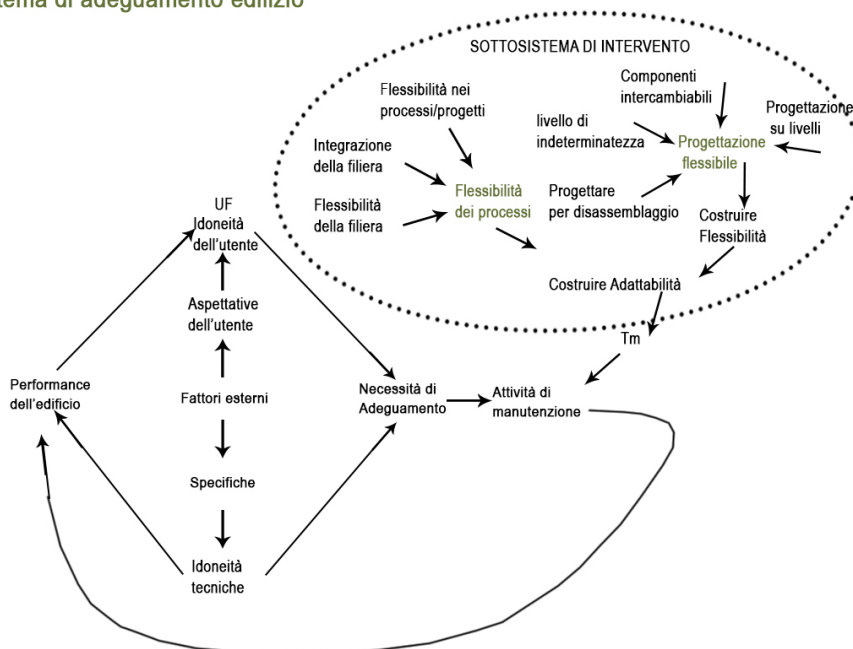
18. Jonathan Gosling è professore di Supply Chain Management. È anche vicedirettore del programma di dottorato in Business and Management presso la Cardiff Business School. Prima di diventare un accademico, ha lavorato nel settore automobilistico come analista della catena di approvvigionamento. E' esperto in Logistics and Operations Management.

19. Liberamente tradotto da: Gosling, J., Sassi, P., Naim, M. and Lark, R. (2013), "Adaptable buildings: a systems approach", Sustainable Cities and Society, Vol. 7, pp. 44-51. Accessibile on-line [<https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.11.002>]

Un tentativo di sviluppare un modello teorico in questo senso è il lavoro di Jonathan Gosling¹⁸ et al.¹⁹ (2013), che adotta un approccio sistemico per quantificare il contributo dell'adattabilità nell'agenda della costruzione sostenibile. Uno degli approcci chiave nel loro articolo consiste nell'utilizzare la teoria dell'affidabilità e l'analisi dei guasti per modellare le prestazioni e i guasti dell'edificio e sviluppare un sistema di adattamento dell'edificio. L'assunto alla base del modello è che il cambiamento (la necessità di adattamento) è alimentato da un guasto di una componente o di un sistema: tale guasto può essere valutato utilizzando tre variabili ovvero Building Performance, User Fitness (UF) (ovvero differenza tra le aspettative dell'utente e le prestazioni dell'edificio) e Technical Fitness (TF) (differenza tra le specifiche tecniche e le prestazioni dell'edificio). Sia UF che TF guidano la necessità di un qualche tipo di adattamento, che sarà progettato per colmare le lacune nelle prestazioni degli edifici. Mentre il modello è teorico, gli autori vedono la sua potenziale applicazione nello sviluppo di strumenti di simulazione in grado di misurare e quantificare il costo delle trasformazioni, come un processo decisionale a vari livelli di progettazione e gestione degli edifici: *"Utilizzando temi emergenti dalla letteratura, suggeriamo che il sottosistema di intervento sia costituito da 2 variabili chiave: flessibilità di progettazione e flessibilità di processo. In questo modo,*

gli abilitatori identificati nella revisione della letteratura sono stati incorporati nel modello.” (Gosling et al., 2013). Se un edificio è totalmente rigido, cioè non c'è possibilità di alcun adattamento, allora questo risulterà che T_m sarà estremamente grande e si avvicinerà all'infinito. Quindi il ritardo agisce come un vincolo senza feedback nel sistema, il che significa che le prestazioni dell'edificio non possono essere migliorate. Se dovessimo trattare questo come un problema matematico, allora potremmo dire che il sistema ha un valore di adattamento pari a zero. Al contrario, per un edificio totalmente adattabile, T_m tenderà a zero e le prestazioni dell'edificio potrebbero essere immediatamente migliorate. Ancora una volta, in termini matematici, possiamo dire che l'edificio è adattabile al 100%.

sistema di adeguamento edilizio



ABSTRACT

How are the previously presented lines of research expressed in contemporary architecture? What are the main problems / challenges and how are they solved on a technical level? The following chapter is intended to be a qualitative in-depth study, based on an analysis and evaluation of the most up-to-date scientific literature and a collection of information derived from the workshops expected during the years of research, also the result of a dialogue with the Delft University of Technology. , which today represents a very active reality in the field of research on flexibility, collaborating in synergy with design studios, companies and academics. The chapter is intended as a possible support for a better framing of the objectives and specificities of the research. In particular, it wants to provide an advanced picture of current knowledge, to be provided to professionals for development with a systematization of the concept within the framework of the development of flexibility and sustainability, identifying the "best practices" of the sector.

CAPITOLO 4 DIREZIONI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA CONTEMPORANEA

ABSTRACT

Come vengono declinate le linee precedentemente descritte nell'architettura contemporanea? Quali sono le maggiori criticità/sfide e come vengono risolte a livello tecnico? Il seguente capitolo vuole essere un approfondimento di carattere qualitativo, basato su un'analisi e una valutazione della letteratura scientifica più aggiornata e una raccolta di informazioni derivate dai workshop attesi durante gli anni di ricerca, frutto anche di un dialogo con la Delft University of Technology, che rappresenta una realtà oggi molto attiva nel campo di ricerca sulla flessibilità, collaborando in sinergia con studi di progettazione, aziende ed accademici. Il capitolo si pone come possibile supporto ad un migliore inquadramento degli obiettivi e delle specificità della ricerca. In particolare, vuole fornire un quadro avanzato delle conoscenze attuali, da fornire ai professionisti per sviluppare una sistematizzazione del concetto nel quadro dello sviluppo di flessibilità e sostenibilità, individuando le *"best practices"* del settore.

4. DIREZIONI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA CONTEMPORANEA

4.1 Flessibilità e incertezza: indifferenza funzionale e "lose fit"

Tatjana Schneider e Jeremy Till¹ classificano i progetti come "*hard and soft*", ovvero rigidi e morbidi. I progetti rigidi si riferiscono a configurazioni e costruzioni che determinano in modo più specifico il modo in cui l'edificio deve essere utilizzato nel tempo. I design soft si riferiscono a tattiche che offrono una sorta di "indifferenza funzionale", e consentono all'utente di adattare il progetto in base alle proprie esigenze. Gli autori sostengono che il *soft use* e le *soft technologies*² siano approcci tecnici che rendono possibili la realizzazione di edifici flessibili e che il metodo di partenza nella progettazione di alloggi dovrebbe essere basato sull'idea di "edificio incompleto", cioè quello in cui una struttura di base lascia spazio all'interpretazione personalizzata dell'utente. Questo concetto si ricollega al concetto di stratificazioni progressive. Infatti per consentire agli utenti la massima scelta di usi dell'edificio, il telaio di base, che sia il "supporto" di Brand o il "guscio" di Duffy, deve essere completato con un tipo di "involucro", con dei "servizi", con una serie di "spazi" e "funzioni".³

E. Sarah Slaughter⁴(2001) sostiene che ci si può aspettare che si verifichino tre tipi generali di cambiamenti nello spazio: cambiamenti nella funzione dello spazio, cambiamenti nel carico portato dall'edificio e cambiamenti nel flusso di persone e forze dall'ambiente. I carichi imposti a un edificio dipendono dalle funzioni svolte nell'edificio e variano in modo significativo tra gli usi.

1. Tatjana Schneider è architetto e accademico. Attualmente è a capo dell'Istituto di storia e teoria dell'architettura e della città presso la Technical University Braunschweig in Germania mentre il professor Jeremy Till è un architetto, educatore e scrittore britannico. Nel 2012 è stato nominato capo del Central Saint Martins e Pro Vice-Cancelliere dell'Università delle Arti di Londra.

2. Schneider, T., & Till, J. (2007). *Flexible housing*. Architectural press.

3. Slaughter, E.S. (2001), "Design strategies to increase building flexibility", *Building Research and Information*, Vol. 29 No. 3, pp. 208-217

4. E. Sarah Slaughter è fondatrice e presidente della Built Environment Coalition. Ha conseguito diplomi SB, SM e PhD al MIT. Sarah fornisce ricerca e tecnologia in infrastrutture critiche e sistemi sostenibili per strutture sanitarie e federali. In precedenza, è stata direttrice associata per gli edifici e le infrastrutture nella MIT Energy Initiative. È stata professoressa al MIT nel Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale e alla Lehigh University, dove ha condotto ricerche presso il Center for

Advanced Technology for Large Structural Systems della National Science Foundation (NSF). Ha anche lavorato come docente senior presso la Sloan School of Management del MIT, dove ha avviato nuove ricerche, corsi e attività sulla sostenibilità con la Sloan School e attraverso le scuole di ingegneria, scienze, architettura, pianificazione urbana e umanistiche del MIT.

5. Gosling, J., Sassi, P., Naim, M., & Lark, R. (2013). Adaptable buildings: A systems approach. *Sustainable Cities and Society*, 7, 44-51.

6. David Gann CBE CEng FICE FCGI è professore di innovazione e gestione della tecnologia presso l'Imperial College Business School. È un leader universitario e aziendale con una vasta esperienza internazionale nella strategia dell'innovazione e nella gestione della tecnologia e James Barlow, Professore di Technology and Innovation Management (Healthcare) presso l'Imperial College Business School dal 2003 e membro del Center for Health Economics and Policy Innovation.t della Business School.

7. Gann, D. M., & Barlow, J. (1996). Flexibility in building use: The technical feasibility of converting redundant offices into flats. *Construction Management and Economics*, 14(1), 55.

8. Arge, K. (2005). Adaptable office buildings: Theory and practice. *Facilities*, 23(3-4), 119

Per fornire un alto livello di indeterminazione, e quindi di flessibilità, la struttura dovrebbe essere progettata per lo scenario peggiore.⁵ In altre parole, l'edificio dovrebbe disporre di capacità in eccesso. Slaughter sostiene che si possa incrementare la flessibilità di un edificio grazie alla separazione dei principali sistemi costruttivi (stratificazione) e alla prefabbricazione (standardizzazione) degli elementi.

L'eccesso di capacità o "*lose fit*" è un principio che può essere efficacemente applicato alla struttura, ai sistemi di servizi e agli standard spaziali per rendere più flessibili gli edifici, ma penalizza i costi in fase di costruzione, anche se analizzando il piano di investimenti nell'ottica della durata della vita dell'edificio e tenendo conto dell'inevitabile richiesta di adattamento nel tempo può rivelarsi conveniente.

Altre caratteristiche sono importanti anche nel definire la "indeterminazione d'uso" che migliora l'adattabilità dell'edificio. David Gann e James Barlow⁶ (1996) mettono in evidenza l'importanza della dimensione e dell'altezza degli edifici, nonché della profondità e della disposizione interna, per la riconversione in diversi usi. Ad esempio, più l'edificio è indeterminato in planimetria, più è facile modificarne i layout interni.⁷ Kirsten Arge (2005) al riguardo evidenzia inoltre che l'organizzazione dello spazio, la profondità dell'edificio e l'altezza interpiano contribuiscono alla "*generality*", che è definita come la capacità di soddisfare le mutevoli esigenze dell'utente o del proprietario senza modificarne le proprietà.⁸

Cosa vuol dire dunque costruire per l'incertezza? Da un lato costruire in modo aperto e neutrale, in modo da consentire mutamenti d'uso, come diceva Hertzberger *"La flessibilità è apparentemente inerente alla relatività, ma in realtà ha a che fare solo con l'incertezza; e quindi con il rifiuto di assumersi la responsabilità che inevitabilmente è legata a ogni azione che si compie. (...) La flessibilità rappresenta quindi l'insieme di tutte le soluzioni inadatte a risolvere un problema"*⁹(Hertzberger, 1991). Questo concetto se vogliamo "estremo" si può di per contro ribaltare in quanto un edificio dev'essere assolutamente e perfettamente funzionale, ma non rispetto a un uso strettamente specifico. *"(...) Deve essere aperto a utilizzazioni diverse, utilizzazioni che oggi non possiamo nemmeno immaginare. Solo così può oltrepassare i limiti della destinazione d'uso per la quale fu concepito in origine e sopravvivere al cambiamento. Solo così può essere duraturo e allo stesso tempo restare sempre vivo"*¹⁰(V.M. Lampugnani, 2016).

9. Hertzberger, Herman. *Lessons for students in architecture*. Rotterdam: Uitgeverij 010, 1991. p. 146

10. (V.M. Lampugnani, *Cinque proposte per costruire in tempi incerti*|Five Proposals for Building in Uncertain Time, domus 1000, 2016)

11. N. John Habraken (2008) *Design for flexibility*, Building Research & Information, 36:3, 290-296

Sebbene la progettazione architettonica, la costruzione, il finanziamento e i metodi di regolamentazione tecnici e urbanistici varino nel tempo, le questioni che affrontano sono simili e sono – ancora senza una definizione precisa – sempre più intese come un'estensione pragmatica della pianificazione infrastrutturale nella progettazione degli edifici¹¹ – separando le parti durevoli da quelle che cambiano più frequentemente e distinguendo la parte condivisa (di livello superiore) da quella individuale (di livello inferiore). I progettisti che utilizzano approcci aperti all'indeterminatezza non sono i soli ad andare oltre il funzionalismo e sostenere l'importanza della distribuzione delle responsabilità all'interno del processo edilizio, al di là delle professioni coinvolte. I progressi nei social media e negli strumenti digitali stanno consentendo il decentramento, la disintermediazione e anche nuove forme di comunità, rispondendo e stimolando strategie di progettazione e gestione innovative, nuove tecnologie di costruzione, forme diverse di finanziamento, misure normative/legali e politiche che consentano lo svilupparsi di queste tendenze in atto.

12. Titolo inglese "The supports and the people: The end of the housing project" N.J. Habraken, (1961), Scheltema & Holkema

13. Habraken N. John (1998), The Structure of the Ordinary, Form and Control in the Built Environment, MIT Press, Cambridge

Inoltre, la vecchia nozione secondo cui l'*open building* è troppo costoso viene sempre più smascherata come poco lungimirante, poiché sono proprio le nuove dinamiche sociali e le nuove tecnologie che costringono investitori e clienti a pianificare il cambiamento. Il percorso che conduce al riconoscimento del cambiamento e del controllo gestionale come tematica chiave, partendo dalle prestazioni dell'intervento sull'ambiente costruito per arrivare all'implementazione diffusa di un'architettura edilizia "*lose fit*", o aperta, non è stato agevole, ma il passaggio dal rigido funzionalismo all'uso della capacità di cambiamento come principio guida, dal controllo centralizzato a quello distribuito, sta comunque diventando evidente. In questo periodo di transizione, l'edificio aperto o l'adattamento libero non dovrebbero essere scelti come soluzione prettamente tecnica; piuttosto, i cambiamenti fondamentali e le *best practices* devono essere trovati nell'equilibrio tra **stabilità e cambiamento** e nell'abilitazione e gestione dei processi.

4.2 L'eredità di Habraken e Brand: Il manifesto "Open Building"

Gli studi di N. John Habraken di architettura adattabile e co-creazione sono diventati un interessante campo di ricerca dell'attuale generazione di architetti olandesi. Molti esempi di edifici aperti possono essere visti ad Amsterdam Nord e in altre aree in via di sviluppo dei Paesi Bassi. Con le sue opinioni su Open Building, un concetto che descrive nel suo libro "De Draggers en de Mensen"¹² (1961), Habraken era largamente in anticipo sui tempi rispetto all'approccio professionale.

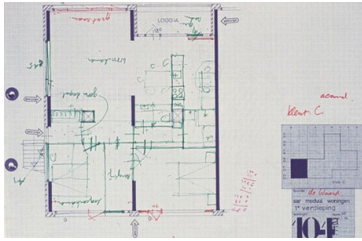
Nei progetti più recenti del movimento Open Building, i suoi studi si sono dimostrati strumenti preziosi nella transizione verso un'industria edilizia circolare e città sostenibili e resilienti. Nella sua pubblicazione "De Draggers en de Mensen" (1961), Habraken ha introdotto per la prima volta il concetto di Open Building. Qui sottolinea il significato del supporto e del riempimento all'interno del processo industriale. Successivamente in "The Structure of the Ordinary"¹³ (1998) e "Palladio's Children" (2005) espande il concetto spostando l'attenzione su come adattare il supporto nell'ambiente costruito di tutti i giorni, dando la priorità all'utente rispetto alla struttura e al design.

Habraken sostiene l'idea di un'architettura vitale, che dia forma alla vita di tutti i giorni e consenta il cambiamento. La partecipazione e la libertà di scelta dell'utente sono l'obiettivo principale. Le teorie di Brand parallelamente, hanno ispirato il filone dell'architettura circolare definendo la possibilità di agire e ragionare sulle singole componenti della struttura. Arge (2005) mette in evidenza che gli ambienti e gli spazi richiedono un cambiamento continuo, poiché variano funzione e devono soddisfare esigenze anche opposte a volte nel corso della stessa giornata.¹⁴ Il movimento Open Building separa concettualmente l'edificio di base e il suo 'allestimento' interno, che dovrebbe essere in grado di essere installato o modificato con problemi minimi di interfaccia, consentendo quindi allo stesso di adattarsi alle preferenze dell'utente nel tempo. (Kendall & Teicher, 2000).

Habraken e Brand sono stati i capostipiti di un nuovo modo di pensare l'architettura in cui gli utenti e gli abitanti possono prendere decisioni progettuali e dove la progettazione è un processo con più partecipanti tra cui diverse figure professionali: coloro che aderiscono all'approccio Open Building cercano di formulare teorie dinamiche sull'ambiente costruito e di sviluppare metodi di progettazione e costruzione che siano compatibili con esso. Secondo Habraken, gli edifici monumentali dovrebbero lasciare il posto a singole unità di design assemblabili tra di loro. I grandi progetti possono esistere solo come una struttura in cui inserire i vari "pezzi", e in cui l'utente può modellare e progettare il proprio insediamento. Il primo importante progetto Open Building è quello di 'Molenvliet', un progetto residenziale a Rotterdam Papendrecht nei Paesi Bassi, progettato dall'architetto Frans van der Werf¹⁵ e completato nel 1977. È progettato con l'ideologia della 'SAR' ('Stichting Architecten Research' o 'Foundation of Architectural Research' in inglese) di cui Habraken è stato il presidente per più anni. Molenvliet è composto da 123 abitazioni, di 67 diversi tipi di unità vuote personalizzabili. Molenvliet presenta abitazioni superiori, raggiungibili da una galleria, e abitazioni al piano terra. Il supporto è costituito da solai, pareti portanti, tetto, terrazze, gallerie e pozzi. Il pacchetto di tamponamento, che comprende la disposizione interna e la facciata, è redatto in collaborazione con i committenti (futuri abitanti).

14. Arge, K. (2005), 'Adaptable office buildings: Theory and practice', *Facilities*, vol. 23, no. 3-4, pp. 119-27.

15. Frans van der Werf è un architetto e urbanista, che si è laureato negli anni '70 con il suo premiato progetto "Housing in a Linear City", in cui ha sostenuto le idee di Open Building. Nel 1977, Van der Werf ha implementato per la prima volta i principi dell'Open Building con il progetto "Molenvliet". Il libro di Van der Werf "Open Ontwerpen" (Open Designing in English) si basa su 15 anni di pratica Open Building a livello urbano e architettonico.



Frans van der Werf (1974)
planimetria ragionata, Molenvliet
fonte: Open Building

Una volta che l'appaltatore ha iniziato la costruzione, Van der Werf ha offerto due consulenze private di un'ora con ciascuno degli utenti. Durante il primo incontro sono stati discussi gli spazi e le funzioni necessari legati all'età, agli hobby e alle preferenze di ogni membro della famiglia. Il secondo incontro, due settimane dopo, è stato dedicato alla conferma o ai piccoli cambiamenti. La planimetria mostrata è realizzata in collaborazione con la famiglia De Waard,¹⁶ durante il primo consulto. Le linee nere rappresentano il supporto, mentre le linee in verde costituiscono il tamponamento, disegnato in collaborazione con il cliente. Il rosso viene utilizzato per le note, come la posizione del radiatore del riscaldamento. È un modo semplice per mostrare la differenza tra il supporto e il riempimento. Al termine della consulenza, il cliente ha ottenuto una copia della planimetria per il disegnatore tecnico, che ha convertito la planimetria in un disegno ben strutturato e tecnicamente fattibile. Van der Werf sottolinea spesso le differenze architettoniche tra il *supporto* e il *dàà*. Il carattere del supporto è neutro, con tonalità bianche, marroni o grigie, mentre la differenziazione nel tamponamento è evidenziata da colori scelti individualmente. Così facendo, l'architettura esprime ed enfatizza i principi dell'Open Building e dell'Open Designing.

16. [online] Archivio OpenBuilding. Accessibile: <https://www.openbuilding.co/frans-van-derwerf>

17. Frans van der Werf (1978) tamponamenti di facciata personalizzati, Molenvliet. Frans Van der Werf, Molenvliet-Wilgendonk housing, Papendrecht, Paesi Bassi, 1977 Dopo 40 anni, questo progetto vincitore del concorso attira ancora visitatori da tutto il mondo. Pur rappresentando solo una piccola parte della proposta originale vincitrice del concorso, è un eccezionale esempio di fusione armoniosa tra design urbano e architettura, in un sapiente equilibrio tra coerenza e varietà.



17

Il caso di Molenlievet è un esempio brillante che viene suggerito come esempio di gestione delle responsabilità tra utente e architetto. Tuttavia come Habraken stesso sostiene, "la flessibilità è un affare ingombrante", che richiede il coinvolgimento di tutte le parti del processo edilizio. Nei Paesi Bassi i dieci studi di architettura che avviarono la fondazione di ricerca SAR (Stitching Architecture Research - la Fondazione per la ricerca dell'architetto) negli anni

'60-'70, orgogliosi della missione e delle pubblicazioni di Habraken, non hanno mai agito nella pratica secondo le linee sostenute dalla ricerca Open Building, poiché non volevano "sensatamente mettere a repentaglio i loro affari" (Habraken, 2008). La ragione per tenere a debita distanza gli alloggi flessibili era che, quando la partecipazione è venuta alla ribalta, molti architetti si sono risentiti dell'idea che gli utenti avrebbero preso parte alle decisioni di progettazione,¹⁸ processo in effetti faticoso e dalle tempistiche più lunghe. Ispirato dalle idee di Habraken e dal lavoro pionieristico della SAR, il politecnico TU Delft, sotto la direzione del professor Age van Randen, ha lanciato il gruppo di ricerca OBOM negli anni '80 per risolvere i problemi pratici dell'implementazione dell'approccio Open Building. A metà degli anni '90 è stata costituita una rete che ora conta più di 300 membri in tutto il mondo, e che ad oggi collabora con aziende private e progettisti per portare avanti la sperimentazione in questa direzione.¹⁹

Infatti, in seguito alla traduzione dei testi di Habraken in inglese (non solo Supports ma anche Variations, the Systematic Design of Supports) si è sviluppato un certo interesse tra vari ricercatori, che ha portato alla costituzione del 'CIB W104 Open Building Implementation'¹⁵ (CIB sta per International Council for Research and Innovation in Building and Construction). Un altro esempio pionieristico nei Paesi Bassi è stato un complesso residenziale in affitto a Voorburg, di proprietà di Patrimoniums Woningen, un'associazione immobiliare che intendeva aggiornare il proprio portfolio di condomini. Nel 1993, il proprietario ha utilizzato un nuovo modello di investimento sviluppato da Karel Dekker (KD Consultants) e ha incaricato Matura Inbouw di installare un pionieristico sistema di tamponamento utilizzando una soluzione tecnica sviluppata da Infill Systems BV, che utilizzava un sistema idraulico certificato a pendenza zero per acque grigie tenuto in posizione da una sottile piastrella posata sul massetto strutturale, contribuendo a rendere redditizia ed organizzativa la ristrutturazione di una sola abitazione. Tali ricerche hanno portato a sperimentare il modello 'supports/infill' in diverse aree del mondo, come ad esempio in Giappone, dove è stato costruito l'edificio NEXT21²⁰ su progetto di Yositika Utida nel 1994: NEXT21 è stato costruito nel suo insieme, ma progettato

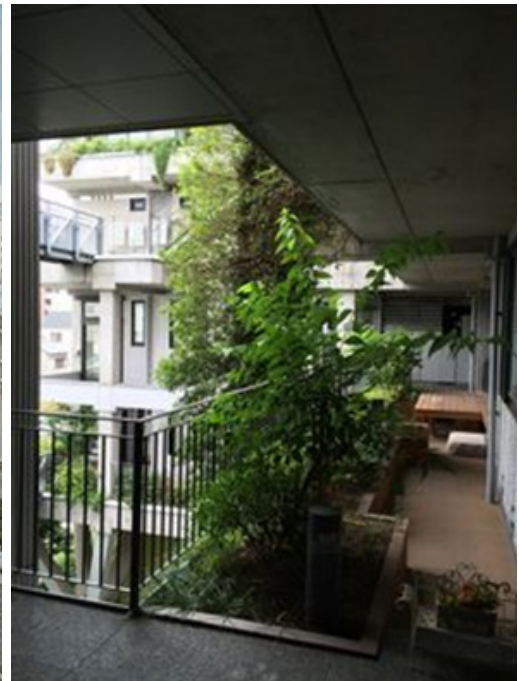
18. N. John Habraken (2008) Design for flexibility, Building Research & Information, 36:3, 290-296

19. Per citare i più rappresentativi tra questi: "Open Building" pubblicato sotto la commissione di lavoro W-104 del Consiglio internazionale per la ricerca e l'innovazione nel l'edilizia (CIB); "FlexHousing" sviluppato da CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation); "Ruimtelab", un laboratorio di ricerca nei Paesi Bassi sotto la supervisione di Renéheijne e Jacques Vink; e "adaptable Futures" sviluppato dal Centro di ricerca per la produzione e l'edilizia innovativa di Loughborough (IMCRC).

20. Next 21 è un Edificio a blocco ed è costruito con un sistema che suddivide gli elementi edilizi in due gruppi: elementi strutturali a lunga durata come pilastri, travi e solai, ed elementi a vita breve in aree private come pareti divisorie, strutture edilizie ed attrezzature. I singoli sistemi componenti dell'edificio, come la struttura principale, le pareti esterne e le finestre risultano indipendenti e viene messo in pratica un sistema architettonico altamente flessibile.

NEXT21, Osaka, Japan - Architetti
Yositika UTIDA, Shu-Koh-Sha, 1994

in modo tale che i suoi vari sottosistemi possano essere adattati con maggiore autonomia. Per testare questo obiettivo, un'unità al 5° piano è stata sostanzialmente rinnovata. Tutto il lavoro è stato svolto dall'interno dell'unità, riducendo al minimo i disagi per gli abitanti confinanti. Il 90% dei materiali rimossi è stato riutilizzato con successo.



Il progetto continua a esplorare nuovi metodi per la costruzione di alloggi urbani, sistemi sperimentali integrati, per adattarsi a stili di vita diversi con un consumo energetico ridotto. La seconda fase di NEXT21 prevede la ristrutturazione di altre unità, compreso un nuovo gruppo di abitanti, e la continua valutazione del sistema energetico.²¹ (Kendall 2000).

21. Stephen Kendall & Jonathan Teicher, 2000. Residential Open Building. 1st edition ed. London, UK: Spon Press. Weston, R., 1996. Modernism. 1st edition ed. London: Phaidon Press.

4.3 Le nuove linee di sviluppo support/ Infill in Europa e nel Mondo

L'impatto sul mondo della produzione architettonica è stato decisamente forte: basti pensare ad alle iniziative di ELEMENTAL di Alejandro Aravena a Quinta Monroy, in Messico,²² dove la costruzione del supporto permette non soltanto di modificare internamente la propria abitazione, ma anche di ampliarla aggiungendo nuovi locali e nuova volumetria.

Quinta monroy, Elemental,
Alejandro Aravena



Il concetto di "Edifici aperti" è stato poi declinato non solo da Open Building, come concetto di progettazione per il cambiamento. "Skeleton-infill", "Long-Life Housing", "Raw Space Housing" e "Free Plan Apartments" e "" (Kendall, 2000, p. 9), sono solo alcune delle strategie ispirate da Habraken nell'ambito dell'adattabilità degli edifici. Il sistema abitativo scheletro - supporto o Skeleton and Infill (SI) è considerato un metodo significativo per prolungare in modo sostenibile la vita dell'edificio migliorando la durabilità strutturale e la variabilità dei moduli di riempimento. L'applicazione di un sistema abitativo SI comporta due novità rispetto al tradizionale sistema di costruzione gettato in opera: la produzione industrializzata delle componenti e la costruzione in opera avviene contemporaneamente; la struttura e gli infill sono costruiti in fasi parallele, e questo ottimizza i tempi di costruzione. In Cina è stato adottato come politica per costruire alloggi di massa in breve tempo. Nel 2010, l'Institute of Building Standard Design & Research (CBS) del governo cinese ha iniziato a costruire progetti di riempimento contenenti decine di migliaia di abitazioni in diverse città. Sta inoltre gettando le basi per un'industria di tamponamento "industrializzata", con aziende

22. Il progetto prevedeva di insediare 100 famiglie della Quinta Monroy, nello stesso sito di 5.000 mq che hanno occupato illegalmente negli ultimi 30 anni e che si trova proprio nel centro di Iquique, una città nel deserto cileno.

Nel quadro dell'attuale politica abitativa, utilizzando un sussidio di 7.500 dollari con il quale si è pagato per la terra, le infrastrutture e l'architettura. Considerando i valori attuali del settore edile cileno, US\$ 7.500 consente appena circa 30 mq di spazio costruito. E nonostante il prezzo del sito (3 volte superiore a quello che normalmente può permettersi l'edilizia sociale) l'obiettivo era quello di insediare le famiglie invece di spostarle in periferia.

23. Qingfang Lv, Yi Ding, Ye Liu (2019) Concept and development of a steel-bamboo SI (skeleton-infill) system: experimental and theoretical analysis, *Journal of Wood Science* [online] 10.1186/s10086-019-1830 PP 4, 65, 1

24. Kazunobu Minami, 'The Efforts to Develop Longer Life Housing with Adaptability in Japan', *Energy Procedia*, 96, 2016, pp 662-73.

25. N. John Habraken (2008) Design for flexibility, *Building Research & Information*, 36:3, 290-296

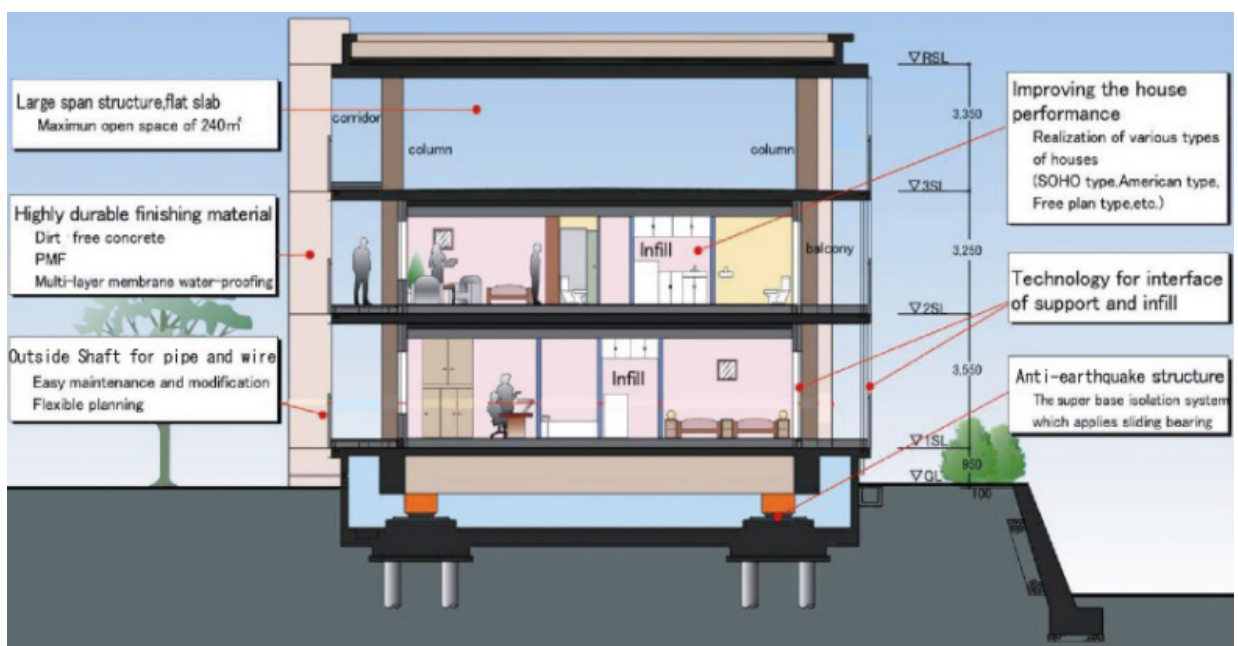
26. Marumo, T. (2005) Development Of Element Technologies Supporting Skeleton/Support Infill House (Demonstrative Experiment For Next Generation Structural Housing), The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005

sofisticata che si affacciano sul mercato, una delle quali (Unity Tech Group) ha consegnato e installato più di 30.000 pacchetti di allestimenti sia per l'edilizia sociale che privata, e ora fornisce sistemi per cliniche e ospedali.²³ Il sistema abitativo SI è stato ampiamente utilizzato in molti paesi: nell'ultimo decennio SI si è diffuso con successo nell'industria ed è diventato riconoscibile e applicato anche nell'industria delle costruzioni giapponese. si è diffuso con successo nell'industria ed è diventato riconoscibile e applicato anche nell'industria delle costruzioni giapponese. Infatti, nell'ambito dello sforzo di sviluppo della tecnologia abitativa del Ministero del Commercio Internazionale e dell'Industria (MITI, attualmente Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria (METI)), numerosi sviluppi sono stati intrapresi dalla House Japan Association, molti dei quali si sono concentrati sull'alloggio basato su scheletro/supporto (SI). Oggi in Giappone, i condomini subiscono un ciclo di demolizione/ricostruzione di circa 30-40 anni. (Marumo,2005)²⁶ La situazione attuale è indesiderabile in termini di uso efficace delle risorse ambientali e di investimenti socioeconomici efficaci, che hanno finito per richiedere un'inversione di tendenza.

In particolare, lo sviluppo di scheletri garantisce longevità e richiede progressi nelle tecnologie di più elementi relativi alla durabilità e all'utilizzo di sofisticate tecnologie di progettazione edile in concomitanza con capacità di costruzione di alta precisione. In generale, gli scheletri dei condomini giapponesi utilizzano una struttura a telaio rigido che incorpora pareti strutturali. I tamponamenti per questo tipo di abitazioni sono soggetti a varie restrizioni sui gradi di libertà e flessibilità, derivanti dall'esistenza di travi e pareti strutturali. Tali restrizioni includono a) difficoltà nella pianificazione flessibile dovute alla segmentazione dello spazio per travi; b) limitazioni nel posizionamento dei condotti in funzione delle posizioni dei manicotti attraverso le travi; e c) difficoltà nell'ampliamento dello spazio dell'unità abitativa a causa delle pareti strutturali integrate nella costruzione. Tutti questi fattori agiscono per ostacolare il rinnovo/modifica dei tamponamenti durante la ristrutturazione delle abitazioni. Anche la difficoltà di utilizzare efficacemente lo spazio dovuta all'altezza dalla trave al pavimento che è limitata a circa 2 metri è un problema. Così ora sono molto richiesti gli sviluppi di scheletri che garantiscano le prestazioni di base in grado di affrontare questi inconvenienti in modo flessibile e nuove tecnologie di sistema/elemento di apparecchiature e tamponamenti che possano abbinarli.

Nel 2008, il governo giapponese ha infatti approvato la legge per la promozione di alloggi di qualità a lunga durata che offre incentivi per progetti che possono rimanere efficienti per due secoli.²⁴ La legge include linee guida per la progettazione di sottosistemi tecnici fortemente resistenti dell'usura o che soddisfino le mutate preferenze dell'utente. Ai proprietari di abitazioni conformi a tali standard di realizzazione vengono concesse agevolazioni fiscali. In seguito a questi incentivi sono state costruite più di 800.000 abitazioni. Molte aziende di Tokyo ora offrono soluzioni uniche per la ristrutturazione di edifici residenziali esistenti, in modo poco impattante, rispettando i tempi e il budget. La Haseko Corporation, una delle numerose società che intraprendono progetti di costruzione aperti (denominati "skeleton-infill" in Giappone) sia per la locazione che per la vendita, ha anche collaborato a un progetto di ricerca congiunto con Bridgestone (un'azienda di pneumatici e prodotti chimici che entra nel settore delle costruzioni mercato dei prodotti) con lo scopo di sviluppare un sistema di tubazioni di drenaggio in plastica per acque grigie a pendenza zero, che consenta ampie variazioni nel posizionamento delle cucine, accettato dalle normative giapponesi.

Uno schema di casa realizzata con il sistema SI in Giappone, Flexsus House 22 Next Generation Structural Housing., completato come uno degli sviluppi nella città di Seto, nella prefettura di Aichi, in Giappone, nel 2000. Nel progetto, la struttura a telaio del solaio è stata adottata come "scheletro" per l'appartamento SI case per risolvere i problemi di cui sopra. Sei aziende membri della House Japan Association hanno partecipato a questo progetto: a) Takenaka Corporation era responsabile della ricerca e dello sviluppo tecnico dello scheletro, nonché della progettazione e costruzione dello scheletro sperimentale; b) Takenaka Corporation, Matsushita Electric Works, Ltd., INAX Corporation, Kajima Corporation, Tokyo Gas Co., Ltd. e Toho Gas Co., Ltd. hanno intrapreso la ricerca e lo sviluppo tecnico di tamponamenti e la progettazione e costruzione di riempimento sperimentale.



26. Stephen Kendall et al (2014) 'Healthcare Facilities Designed for Flexibility', in Romano Del Nord (ed), *Healthcare Otherwhere: Proceedings of the 34th UIA/Phg International Seminar on Public Healthcare Facilities*, Durban, South Africa, Tesis - University of Florence (Florence)

27. S. Kendall (2017), *Four Decades of Open Building Implementation: Realising Individual Agency in Architectural Infrastructures Designed to Last*, Articolo in *AD Architectural Design*, Volume 87, Issue 5 Special Issue: Loose-Fit Architecture: Designing Buildings for Change September/October, Pp 54-63



*Wainstein A + U Architects, Banner Building
Seattle, WA, 1993*

Una generazione di professionisti ha approfondito il sistema support/infill, cercando di coinvolgere investitori e utenti, come avvenuto in progetti recenti avviati da sviluppatori e proprietari di immobili. Avi Friedman in Canada e Witold Rybscynski²⁵ sono stati i primi a introdurre con successo un nuovo tipo di casa sistematico e flessibile. Negli Stati Uniti e sempre più in Europa, gli edifici per uffici sono progettati con piani vuoti da completare a cura degli utilizzatori che assumono i propri architetti e società di allestimento finale secondo le loro mutevoli esigenze, realizzando quella che potremmo definire una ristrutturazione in itinere. Questo approccio è ancora più evidente nell'ambito del commercio, dove nessun centro commerciale sarà costruito senza offrire spazio libero e modificabile ai rivenditori. A Seattle, il Banner Building, un pluripremiato complesso condominiale progettato da Weinstein Architects e costruito nel 1993, offre spazi vuoti a doppia altezza, ognuno dei quali allestito su misura dai proprietari. Questo progetto di condominio/vendita al dettaglio ha aperto nuovi orizzonti offrendo spazi completamente flessibili, modificabili, adattabili e ha contribuito a stimolare la riqualificazione di questa parte di Seattle, e fornisce un importante punto di vista sullo "spazio grezzo" nel settore edile quando i sistemi normativi e legali obsoleti non sono organizzati per supportare tali progetti.²⁶

Altri schemi di "raw space" (pubblicizzati come tali dai loro sviluppatori) sono stati da allora realizzati nelle città degli Stati Uniti, dimostrando come l'edilizia aperta può essere implementata in base a vincoli normativi e finanziari locali. Questi progetti di nuova costruzione sono simili alla conversione di vecchi edifici industriali in abitazioni e altri usi, con la differenza fondamentale che, per qualificarsi come edificio aperto, la disposizione interna di ciascuna occupazione deve essere completamente indipendente dalle decisioni di sistemazione di altre abitazioni nell'edificio - una sfida per i sistemi idraulici che di solito penetrano nel soffitto delle case sottostanti, causando problemi tecnici e conflitti legali.²⁷

La città di Helsinki invece ha indetto un concorso per la progettazione di edifici aperti. Sato Developing Co. ha costruito i primi due edifici del progetto vincente, che è stato pensato dall'architetto Esko Khari in combinazione con il gruppo di gestione dati Tocoman. Il progetto residenziale e misto PlusHome "Arabianranta" a Helsinki (2005) dell'architetto ArkOpen, sperimenta soluzioni per gli aspetti gestionali e logistici di Open Building per consentire agli acquirenti di case di collaborare alla progettazione delle loro abitazioni, ognuna delle quali è diversa per dimensioni e planimetria.²⁸ La società di costruzione Sato è stata così in grado di completare il progetto rispettando il budget e i tempi previsti. Di particolare rilievo è il pavimento "sottosopra" nelle aree in cui i futuri acquirenti possono scegliere di posizionare i bagni e le cucine, consentendo l'accesso alle tubazioni e ad altri sistemi impiantistici in più punti dell'edificio. Tutte le unità sono state vendute, eseguite rispettando il budget ed i tempi di realizzazione. In conseguenza di questo esperimento virtuoso, la Sato ha offerto a Khari e Tocoman un contratto per diversi progetti di questo tipo ogni anno.

28. Jorma Mukala (interview with architect Pia Illonen) (2011), 'Tila Housing', *Arkkitehti*, 4, pp 28-39



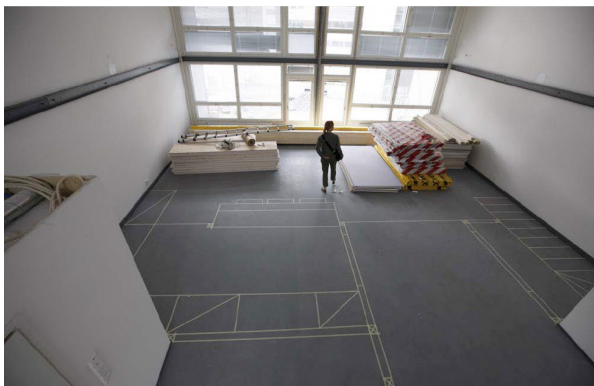
Questo edificio è stato selezionato come miglior nuovo edificio nel 2005 in Finlandia dall'Associazione finlandese degli ingegneri civili per i "notevoli meriti architettonici, strutturali, sociali e ICT". Negli ultimi dieci anni molti progetti sono stati realizzati da SATO. Invece della massima flessibilità e dell'ampia influenza dell'utente, è stata sollevata la questione della durata della vita ed è stata sollevata la necessità di soluzioni diverse per diversi gruppi di utenti. Questo pensiero è fondamentale nel nuovo progetto in cui vengono introdotti tre metodi e tipi di costruzione per diversi tipi di utenti.

e lastre alveolari da parete a parete, le pareti esterne con telaio in acciaio, le tubazioni verticali nelle scale e le zone orizzontali rendono rinnovabile la struttura di base. Per i cavi elettrici il profilo superiore nelle pareti consente il libero posizionamento di interruttori e spine nonché una facile aggiunta in un secondo momento.



In tutta la Finlandia sono stati avviati una serie di pluripremiati progetti di "spazio grezzo", tra i quali quello degli architetti Tiuri & Lommi e Talli, che hanno progettato il complesso residenziale Tila nel 2009 e ne stanno realizzando altri della stessa tipologia e con lo stesso approccio. Nel progetto Tila Housing Blocks, ogni futuro occupante ha acquistato uno spazio a doppia altezza dotato di bagno/ripostiglio prefabbricato (le unità più grandi ne hanno due), e ha poi completato individualmente il proprio spazio, avendo la possibilità, per la realizzazione di alcuni ambienti di servizio come le cucine, di scegliere tra varie dimensioni e layout, mentre nel secondo piano rialzato è possibile realizzare un bagno aggiuntivo. Alcuni proprietari hanno completato il proprio alloggio in modo "fai da te", mentre altri hanno assunto professionisti e interior designers. Ispirandosi a PlusHome 'Arabianranta' e ad altri progetti di edifici aperti in Finlandia progettati da Esko Kahri, Ulpu Tiuri, Talli etc. un'organizzazione ufficiale nazionale chiamata Building Information Foundation, ha pubblicato nel 2016 linee guida per l'edilizia abitativa basate su regole generali di obiettivi di costruzione e sostenibilità del metodo di costruzione "aperta" o "raw space".

Tila Housing Blocks -Una tipica unità "vuota" con la planimetria dell'appartamento disegnata sul pavimento. In primo piano sono visibili i due bagni installati come parte dell'edificio di base, uno su ciascun lato dello spazio. A sinistra un appartamento completato.
fonte: Talli Architecture & Design
www.talli.f

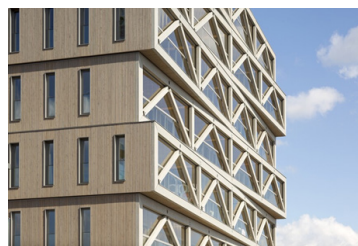


A Mosca, numerosi condomini a "pianta libera" sono stati avviati da sviluppatori e pubblicizzati come tali. Nuovi problemi legislativi e normativi si presentano con questi approcci di auto-definizione degli spazi; ad esempio come far approvare un progetto residenziale i cui standard urbanistico-edilizi non sono verificabili. Per ottenere l'approvazione del progetto Catamaran House (2000),²⁹ Vladimir Plotkin (Reserve Architects) ha presentato disegni che mostrano le planimetrie delle abitazioni (inizialmente ne erano previste 107). Dopo il consenso, l'architetto ha cancellato le planimetrie approvate e l'appaltatore ha costruito l'edificio di base vuoto. Mentre la costruzione era in corso, i proprietari hanno assunto progettisti e società di costruzioni per completare ogni abitazione secondo le preferenze individuali. Successivamente il numero delle abitazioni è variato, alcune sono passate di mano, altre sono state combinate e i loro interni sono stati modificati.

Mark Koehler Architects (MKA), Tom Frantzen Architects, ANA Architecten e altri stanno progettando progetti di successo di Open Buildings nei Paesi Bassi utilizzando metodi di costruzione e social media all'avanguardia per la promozione delle vendite. Lingotto Developers, un'importante società di sviluppo olandese, ha assunto ANA Architecten per progettare nell'area IJburg di Amsterdam nel 2006 Multifunk, un edificio multifunzionale in cui sia gli usi residenziali che quelli commerciali possono trovare spazio nella proporzione desiderata. L'edificio è stato pensato per la suddivisione in uffici, abitazioni e/o appartamenti per studenti. I costi aggiuntivi necessari per rendere flessibile lo spazio sono stati recuperati vendendo l'edificio vuoto a un cliente che ne poteva trarre un vantaggio potenziale. Frank Bijdendijk, direttore della società immobiliare di Amsterdam Het Oosten, ha incoraggiato queste iniziative che la flessibilità interna rende fattibili per gli investimenti a lungo termine. Alla fine, oltre 40 000 m² di spazio interno saranno anche affittati e riempiti dal locatario per qualsiasi funzione si desideri. Sempre nei Paesi Bassi, ad Amsterdam sono stati realizzati due progetti avviati da Frank Bijdendijk³⁰ (in qualità di ex direttore della Stadgenoot Housing Corporation): Solids 1&2 a IJburg, Amsterdam, progettato da Baumschlager Eberle (2010), e Solid 11 ad Amsterdam West di Tony Fretton (2011). Entrambi sono stati progettati per ospitare praticamente qualsiasi funzione.

29. Bart Goldhoorn (ed), Project Russia 20 – The Free Plan: Russia's Shell-and-Core Apartment Buildings, A-Fond Publishers (Amsterdam), 2001, pp 30–32.

30. S. Kendall (2017), Four Decades of Open Building Implementation: Realising Individual Agency in Architectural Infrastructures Designed to Last, Articolo in AD Architectural Design, Volume 87, Issue 5 Special Issue: Loose-Fit Architecture: Designing Buildings for Change September/October, Pages 54-63



Tom Frantzen Architects, Patch22, Amsterdam, 2017 - Un grattacielo in legno lamellare a vista, con il sistema a pavimento "cavo" di Slimline, che garantisce posizionamento flessibile delle di scarichi e cablaggio all'interno dell'edificio.

Bijlending ha dato loro il nome di Solids perché ha insistito sul fatto che fossero durevoli, efficienti dal punto di vista energetico e offrirono spazio per usi variabili. Questi progetti dimostrano il potenziale di ritorno sull'investimento a lungo termine per almeno un secolo di vita. Entrambi imitano la capacità del patrimonio edilizio storico della città di ospitare funzioni mutevoli e soprattutto orientano i capitali, non solo privati ma anche pubblici, verso investimenti che nel tempo hanno un ritorno economico maggiore rispetto a progetti che bloccano grandi capitali su un patrimonio edilizio la cui obsolescenza è molto più rapida.

4.4 Flessibilità alla scala di quartiere: il lavoro dello studio Space & Matters

Una volta affermato che la flessibilità si traduce in un approccio progettuale a-scalare che potrebbe essere valido sia alla scala dell'edificio che della città, è interessante affrontare una riflessione ad una scala più ampia. All'interno del campo della sostenibilità infatti, esiste un dibattito sulla scala ottimale e sul grado di centralizzazione delle tecnologie per la generazione di energia, il trattamento dei rifiuti e la gestione di altre risorse. Esiste un compromesso tra i costi dei materiali e dei processi necessari per il decentramento e la flessibilità e la reattività del sistema. Alcuni parametri come la presenza di una risorsa (densità spaziale e abbondanza), il costo della tecnologia necessaria per elaborare tale risorsa fino a quando non è utile, gli impatti materiali della tecnologia di elaborazione il costo dei trasporti, e la densità della domanda/consumo di quella risorsa vanno indagati.

Per farlo lo studio *Space & Matters* ha studiato un piccolo quartiere galleggiante in costruzione nella zona settentrionale di Amsterdam: Schoonship, che su piccola scala esplora soluzioni innovative ad alcune delle sfide globali che derivano dal cambiamento climatico, tra cui scarsità d'acqua e siccità, le piogge estreme e le inondazioni, l'innalzamento del livello del mare. In risposta alla scarsità di terra, al cambiamento climatico, alla diminuzione delle scorte di combustibili fossili e alla pressione sul sistema di acqua potabile, il progetto propone di estendere le città sull'acqua, all'interno di un quartiere galleggiante, modulare e autosufficiente. Questa proposta include la ricerca su meccanismi galleggianti, sistemi modulari e vari sistemi per essere completamente autosufficienti per quanto riguarda l'energia, l'utilizzo dell'acqua e lo smaltimento

delle acque reflue. Questi sistemi possono funzionare su piccola scala, ma se combinati anche su scala più ampia. Quando alcune risorse relative all'acqua e all'energia vengono condivise tra le famiglie, il sistema diventa più economico e lo stock di risorse viene ottimizzato. È stato scelto un sistema modulare che consente l'interazione tra le risorse ovvero un sistema plug-in in cui le case possono connettersi al quartiere, per diventare autosostenibili, contribuendo ciascuna al sistema nel momento in cui le risorse effettivamente vengono utilizzate. È il caso dell'energia prodotta con sistemi eolici, i cui picchi di produzione, come avviene anche nel solare, rischiano di essere sprecati perché non utilizzati e accumulabili, ma che se distribuiti con una gestione elettronica centralizzata in base alle richieste momentanee in una rete collegata vengono ottimizzati.

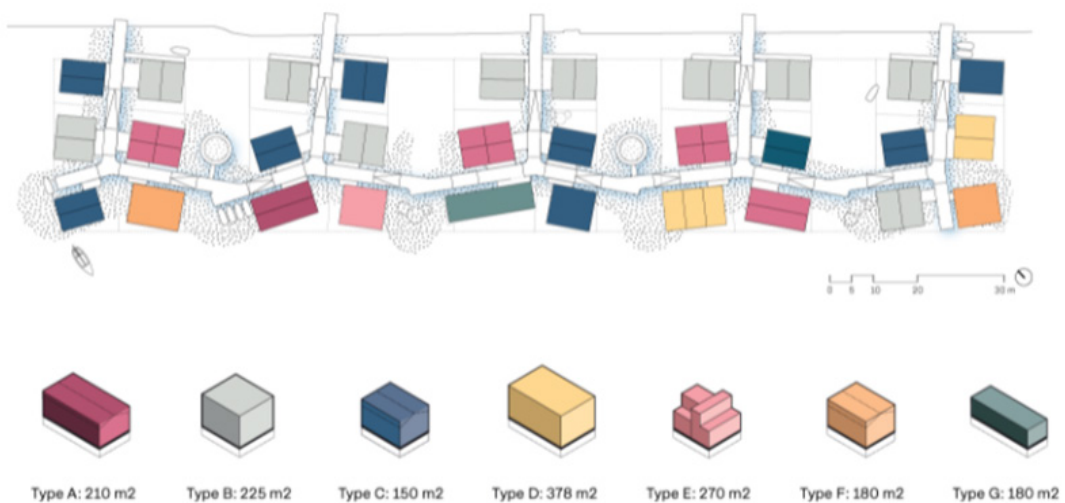
Il lavoro dello studio Space & Matters,³¹ offre spunti di apprendimento che possono essere tradotti in diversi contesti ambientali e geografici. nel 2012, insieme a un gruppo eterogeneo di architetti, esperti di sostenibilità e membri della comunità, realizzano un progetto rigenerativo per l'ex cantiere navale De Ceuvel Volharding. Ecohub per le imprese creative e sociali. De Ceuvel offre ai visitatori un'esperienza unica: edifici galleggianti, circondati da impianti di depurazione e collegati attraverso una passerella.

Dal 2008 al 2021 viene realizzato, con la stessa ratio un intero quartiere galleggiante ad Amsterdam, il quartiere di Schoonship, premiato e acclamato a livello internazionale come un prototipo per lo sviluppo urbano galleggiante grazie al suo design innovativo. Il quartiere galleggiante è composto da trenta appezzamenti d'acqua e ospita più di cento residenti. Circa la metà degli isolati è condiviso da due famiglie e tutte le quarantasei case sono uniche poiché ogni famiglia ha progettato la propria casa scegliendo un architetto in modo autonomo. Di conseguenza, il quartiere è caratterizzato da creatività ed originalità.

La strategia proposta per lo sviluppo tecnologico di Schoonschip è uno sviluppo in tre fasi e corrisponde alla fase finanziaria e all'investimento della comunità di futuri abitanti nella costruzione complessiva del sito. La prima fase comprende la costruzione del sistema di riscaldamento passivo e attivo, la raccolta e la riqualificazione dell'acqua, il trattamento delle acque reflue e dei

31. Space&Matter è uno studio fondato nel 2009 da Sascha Glasl, Tjeerd Haccou e Marthijn Pool. Dopo aver vinto numerosi premi con il loro progetto Water voor Wonen, un quartiere galleggiante nei polder olandesi dal design circolare e innovativo funzionari governativi, sviluppatori di progetti e leader della comunità europea si sono rivolti a Space&Matter per soluzioni innovative a complesse sfide urbane. La loro etica prevede progetti sostenibili, non convenzionali e significativi che connettono le persone all'ambiente costruito.

rifiuti organici, i tetti verdi e le serre e alcuni dei giardini comuni. La fase due include l'aggiunta di elettricità solare e potenzialmente di altre apparecchiature per la generazione di energia. In questa fase verranno realizzate anche ulteriori aree comuni, alcune delle quali, come un bed and breakfast gestito dalla comunità, potranno anche generare profitto per futuri investimenti. Il piano di produzione alimentare urbana entra in pieno sviluppo in questa fase, con la raccolta, la gestione e la lavorazione collettiva di vari tipi di alimenti in un'area comune. Nella terza fase dello sviluppo, il piano tecnologico dovrebbe rimanere flessibile e continuare ad evolversi. Il sito può fungere da spazio pilota per tecnologie decentralizzate e rinnovabili. Per limitare il rischio di configgere con le infrastrutture comunali (come i moli tra le barche), il sito Schoonship è stato costruito un molo alla volta, laddove per molo viene intesa la struttura base che include più unità immobiliari galleggianti. In base a questo schema costruttivo, alcune funzioni tecnologiche sono centralizzate al livello di ciascun molo. Alcune delle tecnologie consigliate nel piano di sviluppo, come i servizi igienici, sono fisse. Altri, come il grado di isolamento per l'involucro edilizio di ogni casa, sono flessibili.



Nello schema, le diverse tipologie di alloggi all'interno dell'area. Fonte: Space & Matters

4.5 Prospettive future: flessibilità e architettura intelligente

Posto che non solo le componenti ma anche le relazioni tra le componenti giocano un ruolo essenziale nei progetti che si definiscono flessibili, nella ricerca contemporanea sono sempre più presenti strumenti che aiutano a comprendere meglio queste interrelazioni, che sviluppano metodi per calcolarne e confrontarne il potenziale.³²(Phillips et al., 2017). La ricerca futura potrebbe anche considerare i sistemi intelligenti (esempi reali sono ad es. per il controllo e la gestione dei livelli - le facciate adattive e l'ombreggiamento) e gli agenti biologici (ad es. che modificano le proprietà dei materiali) che svolgeranno un ruolo importante nel migliorare il potenziale di flessibilità di un edificio e, soprattutto, la soddisfazione degli utenti nel tempo. Le capacità intrinseche che possono essere preconfigurate attraverso l'uso di sistemi intelligenti, l'architettura robotica e i *drive-in processes* sono processi con un potenziale interessante per il futuro. Conoscere uno spazio e il suo potenziale, significa conoscere profondamente un edificio in tutte le sue parti, a partire dal suo insieme fino ai dettagli tecnologici. Occuparsi di immobili significa affrontare il problema della documentazione edilizia mancante,³³ in una condizione in cui sempre più spesso la tecnologia e le tecniche evolvono molto più velocemente delle amministrazioni pubbliche e delle normative di riferimento, le quali rischiano di essere di impaccio nello sviluppo di questi progetti. Pertanto l'analisi dell'adattabilità può essere aiutata dai processi di Building Condition Assessment (inteso nella sua ampia definizione, comprendente anche i processi di due diligence documentale) e Building Information Modeling (BIM), molto utili per la gestione delle informazioni e dei documenti. Viviamo nella terza generazione di edilizia industrializzata, recenti sviluppi nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione hanno fornito un enorme impulso all'ulteriore industrializzazione dell'edilizia e dello sviluppo dei sistemi. La principale sfida della produzione è diventata come affrontare la complessità, l'incertezza e il cambiamento, poiché i cicli di vita dei prodotti si accorciano e iniziano a emergere prodotti che includono tecnologie informatiche, biotiche, chimiche ed elettriche meccaniche. Tenendo conto della necessità di una gestione consapevole delle

32. Phillips, R., Troup, L., Fannon, D. and Eckelman, M.J. (2017), "Do resilient and sustainable design strategies conflict in commercial buildings? A critical analysis of existing resilient building frameworks and their sustainability implications", *Energy and Buildings*, Vol. 146, pp. 295-311.

33. Song, Y., Clayton, M.J. and Johnson, R.E. (2002), "Anticipating reuse: documenting buildings for operations using web technology", *Automation in Construction*, Vol. 11 No. 2, pp. 185-197

34. Man mano che il settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC) passa dai disegni CAD (Computer Aided Design) 2D a Building Information Models (BIM) più semanticamente ricchi, diventa possibile sviluppare sistemi di controllo della conformità automatizzati per le normative edilizie (automated compliance checking). Un formato che ben si adatta all'automazione del controllo di conformità è quello basato su Industry Foundation Class (IFC). IFC è stato accettato in tutto il mondo come standard di interoperabilità. Tuttavia, è ancora discutibile se il formato dei dati IFC possa supportare pienamente le esigenze specifiche dei regolamenti edilizi. Per automatizzare il loro controllo, i regolamenti edilizi devono prima essere interpretati da regole di testo libero leggibili dall'uomo in un insieme di regole implementabili dal computer.

35. Ryan E. Smith è Professore Associato di Architettura presso l'Università dello Utah, USA. Ha studiato la progettazione e la costruzione fuori sede per quasi un decennio attraverso la ricerca applicata all'industria. È autore di *Prefab Architecture* (Wiley, 2010) e *Building Systems* (Routledge, 2012). È stato presidente del Consiglio di amministrazione del National Institute of Building Sciences Off-Site Construction Council. È Senior Research Fellow presso il Center for Offsite Construction dell'Edinburgh Napier University nel Regno Unito.

36. Smith, R. E. (2010). *Prefab*

risorse materiali e della progettazione di sistemi intelligenti e riconfigurabili, si può dire che il contenuto di valore dei dispositivi tecnologici disponibili è relativamente piccolo rispetto al valore del servizio e del valore di conoscenza associato a un prodotto. Per migliorare e guidare la progettazione, c'è bisogno di sviluppare strumenti e dispositivi per valutare il livello di flessibilità, e soprattutto per comprendere le possibili azioni degli utenti e i punti di vista delle parti interessate. La ricerca "*Anticipating reuse: documenting buildings for operations using web technology*", *Automation in Construction* Song et Al; evidenziano l'adattabilità come criterio di progettazione chiave, che renderebbe gli architetti, gli ingegneri, i clienti e gli utenti consapevoli della loro importanza e del loro ruolo nel ridurre gli impatti durante il ciclo di vita degli edifici. La flessibilità, per essere meglio compresa da utenti, proprietari e investitori, deve essere valutata in modo obiettivo e preciso, in combinazione con nuove tecnologie e processi, come *BIM e Automated Compliance Checking*,³⁴ per accelerare il processo di valutazione. Questa valutazione non dovrebbe essere correlata solo alla flessibilità, come argomento a sé stante, ma in connessione con l'analisi costi-benefici e le prestazioni complessive dell'edificio durante il suo ciclo di vita. Ryan E. Smith³⁵ ha esaminato lo sviluppo storico dell'industrializzazione degli edifici, combinato con l'emergere della tecnologia di costruzione assistita da computer negli ultimi anni, afferma che la costruzione *off-site* offre opportunità per un livello di "*sostenibilità totale*" attraverso l'integrazione, il controllo di documenti e forniture e la gestione dei materiali³⁶ (Smith, 2010).

4.6 Flessibilità e sistemi generativi computazionali

L'avanguardia dei campi scientifici e ingegneristici viene portata avanti con una forza combinata di matematica e informatica. La progettazione computazionale generativa, quindi la progettazione assistita da computer si basa sui concetti matematici/computazionali fondamentali dell'informatica (algoritmi e strutture dati),³⁷ nonché i rudimenti della matematica per la progettazione computazionale, in particolare la matematica discreta e l'algebra lineare. Questi sistemi di progettazione prevedono uno spostamento dell'attenzione dall'oggetto ai processi di configurazione spaziale. Una traduzione matematica di questo spostamento può essere formulata come un focus di spostamento dalla geometria alla topologia. In altre parole, il punto focale dell'attenzione in un approccio topologico alla progettazione è sulle relazioni tra gli elementi piuttosto che su quegli elementi specifici. Questo spostamento dell'attenzione prevede anche di rendere i processi di progettazione accessibili in misura tale da poterli trasformare in giochi partecipativi, consentendo così l'inclusione di esigenze intersoggettive/sociali nel processo di progettazione. Inoltre, lo stesso approccio fornisce anche un modo fondamentale sistematico e digitale per garantire l'ottimizzazione nel soddisfare i requisiti di progettazione oggettivi/fisici. Generative Design (Design generativo) è un termine generico che denota processi per dedurre configurazioni spaziali basate sulle funzionalità spaziali richieste, all'interno di uno spazio discreto. "Discreto" come il contrario di "continuo" è apparso per la prima volta in matematica. L'essenza della "matematica discreta" è studiare la struttura e la correlazione di quantità discrete³⁸ (Nešetřil, 2009). Da allora, teorici e architetti lo hanno preso in prestito per lo studio dell'architettura e delle città. Con il supporto di big data *multi-source* sempre più grandi e computer ad alte prestazioni, si ritiene necessario ripensare la relazione tra le "parti" e gli "interi" dell'architettura nell'era dell'informazione³⁹ (Köhler, 2016). In questo linguaggio progettuale, l'attenzione del progettista si sposta dal tradizionale processo olistico dall'alto verso il basso, alla progettazione di componenti o unità funzionali discrete. In altre parole, il progetto di un'architettura discreta parte dall'elemento singolo, accetta la relazione di ciascuna parte e si espande gradualmente dal punto alla superficie per completare l'intero progetto.

architecture: A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons.

37. Nourian P, Azadi S., Hoogenboom H., Sariyildiz, S. (2020). EARTHY: Computational Generative Design for Earth and Masonry Architecture. 10.13140/RG.2.2.28390.65607.

38. Matoušek, J., & Nešetřil, J. (2008). Invitation to discrete mathematics. OUP Oxford.

39. Köhler, D. (2016). The Mereological City. transcript-Verlag.

Tabella 1: Due paradigmi dominanti nella progettazione computazionale: design creativo/parametrico vs. design generativo/combinatorio. Fonte (Nourian P. et al, 2020)

Esistono due paradigmi dominanti nella progettazione computazionale: Progettazione parametrica creativa e Progettazione combinatoriale generativa. Questi due approcci corrispondono quasi direttamente ai due paradigmi dominanti nella metodologia di progettazione, vale a dire "Design as an Artistic Reflective Practice"(Progettazione come pratica artistica riflessiva), "Design as a Rational Problem-Solving Process"(Progettazione come razionale processo di problem solving). Mentre ci sono molti casi e applicazioni sfocati in cui questi approcci sono entrambi utilizzati in un unico processo, al fine di chiarire la definizione di design generativo, è essenziale distinguerli evidenziandone le differenze⁴⁰ (vedi Tabella 1).

Approccio Progettuale	
Computational Design	
Progettazione Creativa	Generative Design
Progettazione Parametrica	Combinatorial Design
Variazioni di geometria continua	Variazioni di geometria discreta
Intrinsecamente analogico	Intrinsecamente digitale
Ottimizzazione di forma	Ottimizzazione della topologia
Progettazione come pratica artistica riflessiva	Progettazione come razionale processo di problem solving

40. Nourian, Pirouz & Azadi, Shervin & Hoogenboom, Hans & Sariyildiz, Sevil. (2020). EARTHY: Computational Generative Design for Earth and Masonry Architecture. 10.13140/RG.2.2.28390.65607.

41. Pirouz Nourian è assistente professore di informatica del design presso la TU Delft, ricerca e sviluppa metodi matematici e computazionali per la progettazione generativa in architettura e per l'ambiente costruito. Ha un background ibrido in Control Systems Engineering (BSc), Architecture (MSc) e Computational Design (PhD).

Alcune ricerche come quella di Pirouz Nourian,⁴¹ sono interessanti da menzionare e in un certo senso riportano nella contemporaneità le idee che avevamo visto con la rudimentale architettura generativa di Cedric Price. La proposta di Nourian è un metodo scientifico matematicamente definito per valutare le prestazioni spaziali degli edifici (efficienza programmatica, attitudine sociale e predisposizione ai comportamenti comuni desiderati) e degli ambienti costruiti (accessibilità a piedi e in bicicletta). Questo tipo di ricerca si concentra sullo sviluppo matematico e computazionale della progettazione architettonica, e della previsione di layout e programmi. In quest'ottica, potrebbe essere uno strumento utile per provare a predeterminare o quantomeno a prevedere quali potrebbero essere gli usi e le necessità future di uno spazio, e dunque uno strumento utile a progettare edifici più flessibili, soprattutto per quanto riguarda il settore pubblico.

Da un punto di vista analitico, le teorie e i software di *sintassi spaziale* forniscono una struttura per studiare l'effetto delle disposizioni spaziali sulle interazioni umane all'interno dello spazio, sulla mobilità umana e sull'accessibilità. In altre parole, i modelli di sintassi spaziale consentono di misurare ciò che possiamo definire genericamente come "prestazioni sociali/programmatiche" di edifici e ambienti costruiti. Da un'altra prospettiva, in uno studio sui tipi di edifici come costrutti sociali, John Habraken⁴² (Habraken, 1988) classifica tre aspetti principali delle tipologie edilizie come 'costrutti sociali': *organizzazione spaziale, struttura fisica e sistemi stilistici*. Suggestisce che quella più intimamente legata al nostro comportamento è l'"organizzazione spaziale"; menziona specificamente che un ruolo sociale che un determinato spazio ha all'interno di un edificio dipende molto dalla sua "posizione" per quanto riguarda il passaggio dal pubblico al privato. Dal punto di vista della progettazione computazionale, la questione della "disposizione in pianta" è stata principalmente affrontata da vari punti di vista di ottimizzazione (Lobos, D., Donath, D., 2010)⁴³;

molti dei quali considerano la configurazione come un ordine che può essere "trovato" attraverso migliaia di tentativi ed errori nel mettere insieme gli spazi in modi diversi al fine di massimizzare determinate qualità. Questo approccio alla predeterminazione della planimetria è in profonda contraddizione con la visione della progettazione architettonica come un'attività intellettuale avviata con idee configurative "proposte". Infatti "*il design architettonico e urbano, sia nei suoi aspetti formali che spaziali, è visto come fondamentalmente configurazionale in quanto il modo in cui le parti sono messe insieme è più importante di qualsiasi parte presa isolatamente*"⁴⁴ (Hillier, 2007). L'importanza funzionale della configurazione spaziale nella progettazione architettonica infatti è molto evidente nel contesto di edifici complessi come ospedali, aeroporti, snodi di trasporto, musei, ecc. In tali edifici, sono spesso richiesti requisiti funzionali che impongono una gerarchia di collegamenti, servizi e ambienti.⁴⁵ Le ragioni alla base di questi requisiti vanno da quelle relative alla sicurezza, all'efficienza nel movimento delle persone, alla facilitazione di determinate interazioni sociali o lavorative e al controllo, all'ostacolo o al blocco di determinati incontri e interferenze indesiderati.

42. Habraken, N. J., 1988. *Type as a social agreement*. Seoul, s.n.

43. Lobos, D., Donath, D., 2010. *The problem of space layout in architecture: arquitectura revista*, 6(2), pp. 136- 161

44. Hillier, B., 2007. *Space is the Machine*. LONDON: Cambridge University Press p 1 - 67

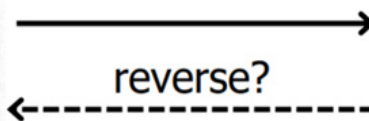
45. Nourian, Pirouz. (2016). *Configraphics: Graph Theoretical Methods for Design and Analysis of Spatial Configurations*. 10.7480/abe.2016.14.

Rappresentazione della rete spaziale del 2° livello di Villa Savoye (Le Corbusier & Pierre Jeanneret 1928) il grafico di connettività viene estratto manualmente dal software, ma il disegno viene eseguito automaticamente.

Il processo di configurazione spaziale di Nourian viene controllato attraverso i diagrammi funzionali, i “*bubble diagrams*” conosciuti e usati dagli architetti da molto tempo. I diagrammi funzionali sono noti come metodo per predeterminare la disposizione spaziale e dare una gerarchia agli spazi in modo metodico, inoltre lo schema può essere considerato come una vera e propria “mappa” per lo studio dei piani. L’indagine quindi parte dalla Teoria dei Grafici, prosegue con la Teoria dei Grafici Topologici (riguardante la questione dell’inclusione di grafi nello spazio euclideo), passa al Disegno di Grafici Computazionali e all’enumerazione di possibilità distinte usando la Combinatoria, e poi termina nel dominio della Geometria Computazionale. Seguendo questa metodologia, il progettista è libero di inserire un’idea progettuale e cambiarla come meglio crede, sia all’inizio che durante lo sviluppo del processo. Lo scopo è quello di anticipare la riuscita e le implicazioni di tali input configurazionali, senza tentare in alcun modo di automatizzare il processo di progettazione. Quando ci si riferisce alle connessioni spaziali, si applica la convenzione che riserva il termine adiacenza per riferirsi a collegamenti spaziali tra elementi della stessa dimensione e il termine incidenza per le intersezioni tra elementi di dimensioni diverse. Per modellare le configurazioni architettoniche, rappresentiamo gli spazi come nodi e lo spazio collegamenti tra loro come collegamenti. Da questa definizione, è evidente che se prendiamo in considerazione un disegno di pianta semplificato e modelliamo i suoi ambienti come nodi e le adiacenze tra gli ambienti come collegamenti, il grafico di configurazione che ci interessa è un sottoinsieme di questo grafico di adiacenza.



Villa Savoye Le Corbusier & Pierre Jeanneret






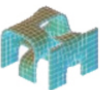
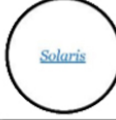



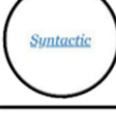



A bubble diagram of Villa Savoye

L'obiettivo di questa branca di ricerca è quella di proporre un modo esplicito, sistematico e diretto di affrontare i problemi configurazionali nella disposizione spaziale, un processo che potrebbe essere dotato di feedback analitico in tempo reale sulle prestazioni potenziali di una configurazione spaziale, in termini di conformità con il programma funzionale previsto. Il vantaggio principale di un approccio configurazionale nella progettazione è quello di garantire il raggiungimento di un insieme richiesto di connessione spaziale nella progettazione di edifici complessi -a livello spaziale o programmatico. Inoltre, l'analisi configurazionale può aiutare a prevedere il funzionamento delle configurazioni spaziali; (in un'ottica di flessibilità) soprattutto dove la configurazione spaziale è così complessa e ampia che la semplice intuizione non può "vedere" le strutture cosiddette di "centralità". Un approccio configurativo alla progettazione (layout spaziale) offrirebbe la possibilità di utilizzare feedback in tempo reale sul probabile funzionamento spaziale della configurazione proposta, ad es. utilizzando una metodologia di analisi della rete di connessioni e spazi su base dati GIS come nel caso di Space Syntax.⁴⁶

46. Il software di analisi spaziale Space Syntax è disponibile per professionisti e ricercatori accademici per uso commerciale e non commerciale. Per l'analisi spaziale sono disponibili diversi software Space Syntax. UCL e Space Syntax Limited hanno sviluppato una "Piattaforma di formazione online sulla sintassi spaziale" per facilitare la diffusione dei principi, delle metodologie e del software della sintassi spaziale. Funziona su una varietà di scale, dall'edilizia attraverso piccole aree urbane a intere città o stati. Ad ogni scala, lo scopo del software è produrre una mappa degli elementi dello spazio aperto, collegarli tramite qualche relazione (ad esempio, interscambiabilità o sovrapposizione) e quindi eseguire l'analisi grafica della rete risultante. L'obiettivo dell'analisi è derivare variabili che possono avere un significato sociale o esperienziale. La disponibilità di dati geografici GIS open source negli ultimi anni ha consentito l'elaborazione di reti in quasi tutti gli ambienti in grado di eseguire calcoli, inclusi gli ambienti CAD come Rhinoceros3D di McNeel. In breve, l'esecuzione di analisi di configurazione urbana non si limita al software Space Syntax (es. Depthmap) e alle applicazioni GIS. L'uso dei sistemi convenzionali di supporto alle decisioni spaziali (SDSS) è stato piuttosto limitato nella pratica progettuale.

(figura 2) Alcune ricerche in corso su design generativo tramite CAAD e SDSS, basate sullo sviluppo di applicazioni GIS. Fonte Pirouz Nourian 2021

Oltre alla ricerca descritta, che fa uso di quadri matematico-computazionali sono molti i progetti di sviluppo nell'ambito della progettazione architettonica assistita da computer (CAAD) e dei sistemi di supporto alle decisioni spaziali (SDSS). La rilevanza delle ricerche in corso (figura 2) è quella di fornire uno strumento pratico per studiare le potenzialità e le prestazioni programmatiche di edifici complessi, offrendo al contempo un approccio configurazionale intuitivo al layout spaziale.

SOFTWARE	APPLICAZIONE
	 Una biblioteca topologica per la voxelizzazione e la sintesi di informazioni (2020)
	 Rilassamento dinamico vettorizzato per l'ottimizzazione della forma della muratura (2019)
	 Strumenti di valutazione solare vettorizzati per la progettazione generativa (WIP)
	 Strumenti raster 3d per la modellazione di campi voxel e la progettazione di isosuperfici (2014)
	 Sintassi spaziale per il design generativo (2013 in corso)
	 Analisi della configurazione urbana per l'accessibilità pedonale e ciclabile (2012 in corso)

4.7 Flessibilità e modularità: l'approccio in serie

Il linguaggio architettonico che definiamo come “discreto” o modulare è stato a lungo popolare nel mondo dell'architettura e si ritiene che “cambierà notevolmente il modo di produzione sociale”⁴⁷(Claypool, 2019), offrendo così agli architetti grandi capacità nel risolvere i problemi della contemporaneità. La flessibilità in questo caso può essere intesa come evolvibilità progressiva, generalmente non reversibile e con modifiche attuate in un arco di tempo maggiore. Strutture “aperte” e a-scalari, che possono crescere/decrescere attraverso l'aggiunta/sottrazione di moduli o parti di essi. Lo schema generativo si basa sempre su una trasformabilità parziale, in cui sussiste un'infrastruttura statica e servente (struttura portante, cavedi e impianti, collegamenti verticali) ed un'infrastruttura servita, leggera, smontabile e dinamica.⁴⁸ (Fiore, 2018)

47. Claypool, M. (2019), Our Automated Future: A Discrete Framework for the Production of Housing. *Archit. Design*, 89: 46-53. [online] <https://doi.org/10.1002/ad.2411>

48. Fiore C. (2018) ACCOGLIERE IL CAMBIAMENTO: LA FLESSIBILITÀ IN ARCHITETTURA, Articolo IFAU '18 – International Forum on Architecture and Urbanism, Pescara

49. Schalk M. (2014). "The Architecture of Metabolism. Inventing a Culture of Resilience" *Arts* 3, no. 2: 279-297. <https://doi.org/10.3390/arts3020279>



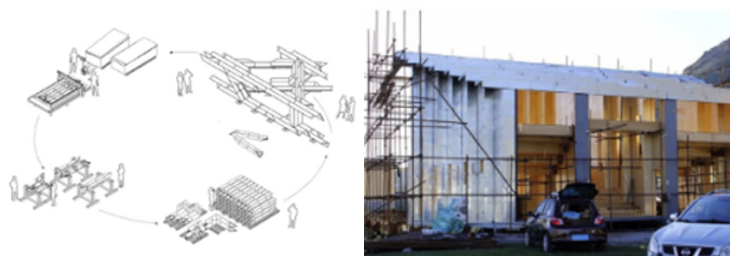
Questo tipo di edificio è spesso dettato dalla necessità di costruire rapidamente. In base al principio di flessibilità e variabilità sono stati concepiti diversi edifici e forme urbane con grandi caratteristiche di adattabilità. In Giappone questo tipo di architettura è emerso con i *metabolists* che hanno promosso edifici prefabbricati e proposto che gli edifici urbani dovessero essere rinnovati come fa un metabolismo cellulare biologico, e dunque con un processo evolutivo organico di costante estinzione e creazione⁴⁹(Schalk, 2014). La Nakagin Capsule Tower ad esempio, completata nel 1972 su progetto dell'architetto giapponese Kishō Kurokawa, è concepita come una struttura ad albero i cui componenti corrispondenti ai singoli moduli abitativi sono sostituibili dopo un ciclo di vita breve (20 anni).

Da destra : Nakagin Capsule Tower, Habitat '67, Bjarke Ingels

Un altro esempio noto è quello del sorprendente condominio costruttivista costruito in occasione dell'Expo '67 di Montreal. Costruito dall'architetto israeliano Moshe Safdie, in associazione con David, Barott e Boulva, conta 158 appartamenti in cemento armato prefabbricato, issati in posizione e post-tesi per consentire sbalzi e terrazze. Il complesso fornisce il comfort delle case monofamiliari costituite da un modulo di costruzione adattabile. Ogni abitazione all'interno di Habitat è in questo modo un modulo a sé, riconoscibile nello spazio, e grazie alla prefabbricazione contiene i costi di costruzione. Habitat '67 e la sua logica modulare ha ispirato molti tipi di architetture contemporanee, una delle quali è il famoso complesso di King Toronto dello studio Bjarke Ingels, Situato in una zona di transizione tra il Central Business District dei grattacieli a est e i quartieri residenziali a pochi piani a nord-ovest, King Toronto è un edificio ad uso misto, con circa 500 unità abitative. Il progetto presenta una maglia ortogonale – ogni modulo ha le dimensioni di una stanza. La maglia è ruotata di 45° dall'asse stradale dove si affaccia il complesso per migliorare l'esposizione alla luce e all'aria.

La vera flessibilità di approccio la troviamo negli edifici costruiti in modo modulare "low-tech" e dunque con soluzioni a bassa tecnologia, senza geometrie che richiedano tecnologie sofisticate per essere prodotte, a meno di non essere scomposte in moduli più semplici. In un modo o nell'altro, questo approccio a bassa tecnologia sfrutta sempre qualche tipo di modularità delle componenti. Moduli semplici possono essere disposti secondo schemi diversi. Il più familiare di questi moduli è l'umile mattone. Spostando strategicamente la complessità dal livello dei moduli al livello della configurazione modulare, consente di ridurre al minimo il numero di moduli e massimizzare i modi in cui i moduli possono essere assemblati per garantire la facilità di produzione senza compromettere la varietà degli spazi possibili che si possono progettare. È interessante notare che questo approccio non funziona solo per l'approssimazione di forme strutturali ottimali, ma anche per la disposizione spaziale di edifici e quartieri. Questo tipo di approccio è evidente anche nelle opere degli ultimi anni sia di architetti orientali sia di quelli occidentali. Sebbene le due parti abbiano presentato stili completamente diversi nella pratica, le idee e le strategie di costruzione rapida che utilizzano sono sorprendentemente simili.

Gilles Retsin,⁵⁰ un architetto britannico, sostiene l'applicazione della strategia della "bassa risoluzione" nella costruzione di alloggi auto-costruiti e montati a secco per soddisfare meglio le esigenze di automazione e democratizzazione⁵¹ (Retsin, 2019). In particolare, attraverso la produzione di componenti edilizie su larga scala, tipizzate e a basso costo, la complessità di assemblaggio sul campo viene ridotta il più possibile e consente di realizzare uno schema di montaggio o smontaggio più rapido e flessibile (Fig. 1).



In Cina, il sistema di costruzione della "chiglia" in acciaio leggero dell'architetto taiwanese Xie Yingjun (Fig. 2) e il "New Bud System" sviluppato dal professor Zhu Jingxiang dell'Università cinese di Hong Kong incarnano la filosofia architettonica orientale. Hanno sviluppato diversi sistemi di costruzione in acciaio leggero utili per costruire e risparmiare sui materiali nelle aree rurali.⁵² In particolare, il team di Zhu sostiene, come Retsin, l'importanza della standardizzazione delle componenti semplifica la costruzione di edifici, agevolando il trasporto e il montaggio anche in aree meno accessibili. Sono spesso utilizzati in aree di costruzione temporanea con un investimento totale ridotto e un breve periodo di costruzione, come casi di reinsediamento temporaneo dopo disastri naturali, semplici officine o serre di piante nelle aree rurali. Appare evidente che le problematiche sociali alle quali rispondono gli architetti (orientali e occidentali) sono diverse tra loro, ma il principio progettuale "universale" delle componenti edilizie è il medesimo in tutti gli aspetti della costruzione: la standardizzazione eseguita tramite componenti prefabbricate e assemblaggio in loco riduce la difficoltà di costruzione e migliora l'efficienza di costruzione e mantenimento. Questo consente di strutturare il processo di progettazione come un processo modulare e discreto, in modo tale da poter dividere continuamente un progetto in

Foto sx: Figura 4 "Low Resolution System" Figura 5 "New Bud System"
Fonte: (Chen D. et al, 2021)

50. Originario del Belgio, Gilles Retsin è un architetto e designer che vive a Londra. Ha studiato architettura in Belgio, Cile e Regno Unito, dove si è laureato presso l'Architectural Association. Il suo lavoro di progettazione e il suo lavoro è stato riconosciuto a livello internazionale attraverso premi, conferenze e mostre presso importanti istituzioni culturali come il Museum of Art and Design di New York, la Royal Academy di Londra e il Centre Pompidou di Parigi.

51. Retsin, G. (2019), Bits and Pieces: Digital Assemblies: From Craft to Automation. *Archit. Design*, 89: 38-45. <https://doi.org/10.1002/ad.2410>

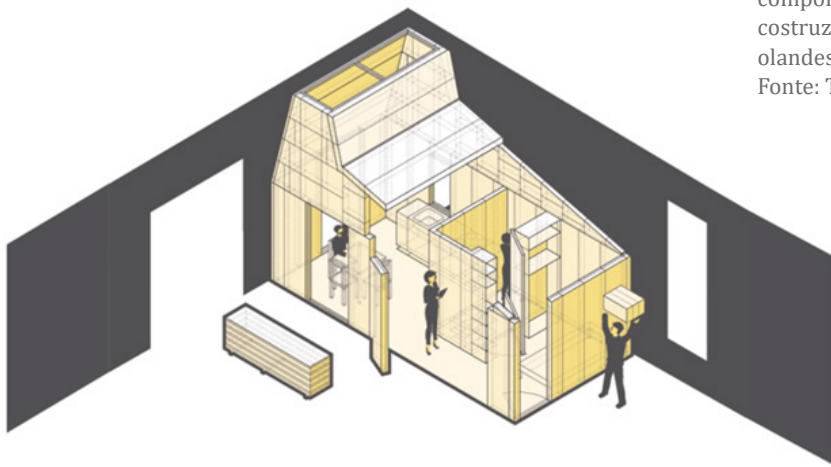
52. Chen D., Wang G., Chen G. (2021), Lego architecture: Research on a temporary building design method for post-disaster emergency, *Frontiers of Architectural Research* 10 (4), pp 758 - 770

operazioni più piccole fino ad arrivare a compiti computazionali semplici. Pertanto, ciascuno di questi compiti di base può essere svolto utilizzando operazioni computazionali fondamentali. Ogni progetto costituisce un caso a sé, ma i metodi rimangono gli stessi: vengono assemblati dei moduli, ciò che cambia è solo la loro disposizione. Il processo di creazione modulare ha diverse implicazioni positive a livello di processi e progetti flessibili. Ad esempio consente la collaborazione e il coinvolgimento attivo degli utenti, una volta spiegati i processi di ragionamento e deduzione. Un architetto può facilmente condividere un prototipo modulare con la comunità e ottenere riflessioni, feedback, o persino contributi critici in modo più facile ed intuitivo rispetto ad un edificio mostrato tramite una pianta articolata o una geometria complessa. La maggiore trasparenza e chiarezza di un metodo di progettazione modulare è facilmente intuibile e quindi può incentivare processi di progettazione partecipata. A livello computazionale questo tipo di processo partecipativo è anche stato tradotto in veri e propri "videogames" e quindi giochi virtuali con regole precise, ma con i quali poter idealmente progettare città e quartieri. E' il caso ad esempio di "Walk, Stand, Sit" o i Voxel. Un'altra implicazione è quella dello sviluppo di strumenti di prototipazione rapida per la progettazione delle componenti da assemblare, come taglierine laser, fresatrici e stampanti 3D. Questi strumenti offrono una complessità di forma e una risoluzione sufficienti per consentire la prototipazione di componenti prefabbricate.

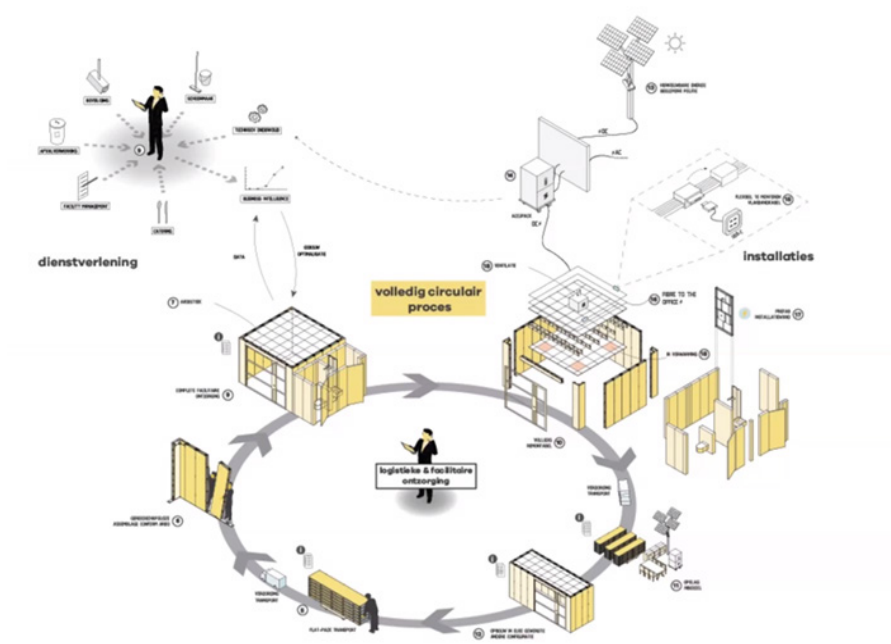
Sono molte le sperimentazioni che si concentrano sulla prefabbricazione di componenti o sulla cosiddetta "Lego Architecture", ad esempio nel caso del gruppo olandese The New Makers, che integra la conoscenza della produzione digitale, dell'assemblaggio plug & play, della tecnologia di installazione innovativa, dell'impatto ambientale, studio dei materiali. Questo studio di architetti realizza con materiali bio-based o riciclati dei moduli. Combinando diversi moduli, viene creata una soluzione totale integrata, i moduli principali sono tre ovvero un bagno prefabbricato (ComfortCabin), la cucina circolare (NOWA Kitchen) e i mobili di fascia alta (Fabrikoos). Questo pacchetto di installazione può essere combinato con un sistema di costruzione a scafo per

case situate al piano terra Questo crea una casa chiavi in mano completamente integrata: per alloggi permanenti (Uthuuske) o per scopi ricreativi (come la Diamond Suite).

“Lego for buildings” immagine che descrive il ciclo di vita e di assemblaggio delle diverse componenti in un processo di costruzione circolare dello studio olandese TNM (The New Makers).
Fonte: TNM 2021



LEGO FOR BUILDINGS



A prima vista, sembra che le complesse relazioni di configurazione e struttura che articolano le forme geometriche degli edifici richiedano forme complesse e processi costruttivi ad alta tecnologia. Tuttavia, adottando un approccio modulare orientato al processo ai processi di progettazione, si possono contenere i complessi calcoli all'interno del processo di progettazione e semplificare il processo di costruzione. In questo modo, l'output del processo di progettazione non è solo la geometria dell'edificio, ma anche un processo di costruzione sistematico a bassa tecnologia che è più vicino all'assemblaggio LEGO rispetto alla costruzione convenzionale. Un tale approccio implica che il processo di progettazione tenga conto della configurazione dello spazio, della struttura, dei dettagli degli elementi, della materialità degli elementi e delle specifiche delle fasi di costruzione.

4.8 Flessibilità e ambiente costruito: alcune considerazioni

Nei precedenti capitoli è stato studiato lo sviluppo storico e per accumulo del concetto di flessibilità: durante il corso del tempo questo si è sviluppato ed è passato da studi che si concentravano esclusivamente sugli elementi costruttivi ad un'idea totalmente svincolata dagli aspetti tecnici, che conosciamo dalle teorie di Friedman e a Price, i quali guardavano all'oggetto architettonico quasi esclusivamente considerando gli aspetti dell'utente.

Quello che accomuna i diversi punti di vista è che dal punto di vista sociale si stabilisce una forte connessione tra lo spazio e l'utente, cui viene proposta una situazione dinamica ed espressiva che si evolve nel tempo, di conseguenza consente di mantenere una coerenza con le tendenze sociali e culturali e quindi di preservare l'identità del luogo e le sue specificità. Poiché gli edifici sono strutture altamente complesse e di varia natura, bisogna trattare la combinazione di molti aspetti, e può essere affrontata da angolazioni diverse.

Un esempio di questo è lo sviluppo del concetto di strati edilizi, che prima di arrivare ad Open Building è partito da Duffy (1990) e Brand (1994) per arrivare a Schmidt e Austin (2016). Non si può riassumere dunque con un elenco di dispositivi o strumenti (che siano sale polivalenti o pareti mobili), è un concetto più ampio che

coinvolge (fin dalla sua concezione) lo studio dell'edificio e dei suoi dintorni, con l'obiettivo di definirne il potenziale, per essere in grado di "durare" più a lungo, per ridurre gli impatti (economici e ambientali) ed eventualmente migliorare la qualità della vita degli utenti. Alcuni studi come quello di Gosling et al. (2013) si interrogano anche se tale "capacità di cambiamento" possa essere aggiunta retroattivamente in un edificio, in modo analogo alle modifiche di adeguamento per il risparmio energetico negli edifici esistenti. In secondo luogo, ci sono diversi tipi o gradi di intervento negli edifici: dalle azioni quotidiane degli utenti, allo spostamento fisico nello spazio.

53. tradotto da: Hertzberger Herman (2014), *Architecture and Structuralism: The Ordering of Space*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam, cap. 2

Questo non riguarda solo le modifiche strutturali dell'edificio ma anche il modo in cui gli utenti possono cambiare per adattarsi agli edifici. Il cambiamento alla struttura diventa necessario solo quando l'utente non riesce a soddisfare le sue necessità nello spazio che occupa, non riesce a modificarlo senza l'aiuto di un intervento esterno. Quindi il concetto di modificabilità e flessibilità va oltre i cambiamenti che si possono apportare a livello strutturale nell'edificio e deve includere le possibili azioni dell'utente e le capacità intrinseche (per esempio attraverso sistemi intelligenti e agenti biologici) dell'edificio. L'aggiunta di "ambiente, contesto sociale e spazio" all'elenco dei livelli edilizi sottolinea ulteriormente la rilevanza dei fattori umano/sociali nell'analisi della capacità di adattamento di un edificio, al di là del suo stesso sito.

*"Il nostro soggetto, quindi, non è l'architettura, ma l'ambiente costruito. È innatamente familiare. Di nuovo, osserviamo ciò che è sempre stato con noi - non per scoprire, tanto meno per inventare, ma per riconoscere."*⁵³

L'ambiente costruito, in tutta la sua complessità è creato dalle persone. Esso vive come entità auto-organizzata e auto-organizzatrice: si rinnova, cresce spontaneamente, dura per millenni. La conservazione congela nel tempo monumenti e opere, ma il contesto abitato può sopravvivere solo grazie al cambiamento e all'adattamento. Esso sopravvive al tempo attraversando nuove tecnologie, stili di vita e materiali: per questo possiamo dire che l'ambiente costruito costituisce un organismo più che un artefatto. Come afferma Hertzberger riconosciamo colui che costruisce come agente del cambiamento: il costruttore è colui che, in lotta per la

54. Schmidt III, R., & Austin, S. (2016). *Adaptable architecture: Theory and practice*. Routledge.

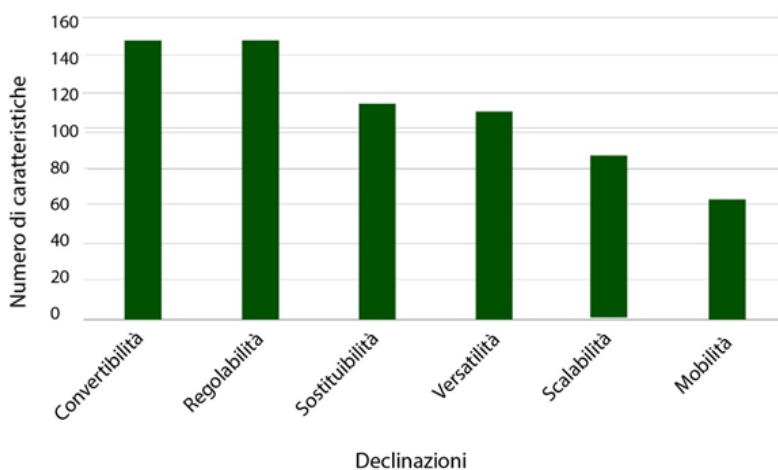
permanenza o forse per l'immortalità sfida l'esistente e trasforma quello che trova. I fattori che possono incrementare la flessibilità possono essere legati all'aspetto tecnico /alla tecnologia (e cioè essere caratteristiche preconfigurate e dispositivi tecnologici che facilitano il cambiamento dell'edificio) ma influiscono molto anche il fattore sociale, umano e quelli finanziari come motivazione e impegno dei proprietari/clienti; incentivi economico/finanziari favorevoli e condizioni di mercato; quadro legislativo di supporto (che lo incoraggi positivamente o che ne limiti i nuovi sviluppi che richiederebbero un adattamento edilizio). Queste categorie di fattori possono anche a loro volta intervenire sul grado di modificabilità degli edifici. Ad esempio nel caso di una legislazione che limita gli interventi possibili sugli edifici storici o vincolati e in caso di mancanza di finanziamenti per effettuare gli adeguamenti necessari, anche quando potrebbero non esserci restrizioni legislative. Dunque gli incentivi e i fattori inibitori sono fortemente interconnessi e le considerazioni sulla flessibilità e il cambiamento negli edifici dovrebbero quindi essere specifiche del contesto dove si interviene.

Una comprensione delle interdipendenze tra diversi componenti e sistemi è la chiave per sviluppare soluzioni adattabili attuabili⁵⁴ (Schmidt III e Austin, 2016). D'altra parte, anche il concetto dei "layers" portato avanti da Open Building può essere fuorviante, poiché ci possono essere molte sottocategorie comprese all'interno di ogni strato. Ad esempio, il livello "servizi" sottintende una varietà di impianti che va dalle condutture dell'acqua ai sistemi di drenaggio, ai sistemi di riscaldamento passando per cavi elettrici e apparecchiature informatiche. Il livello di cambiamento per ciascuno di questi specifici casi è diverso, e a sua volta potrebbe avere requisiti di integrazione diversi con gli altri livelli di costruzione. Per quanto riguarda le strategie di adattamento, gran parte della ricerca fino ad oggi sembra essersi concentrata sui cambiamenti della struttura.

Una categorizzazione delle declinazioni del concetto di flessibilità dell'edificio identificate presentata nella Figura 4, suggerisce che c'è una maggioranza di studi riguardo l'adattabilità e la convertibilità, pochissimi invece riguardo la "mobilità" dell'edificio e dunque la

capacità degli edifici di spostarsi dal luogo in cui vengono costruiti. È importante notare, tuttavia, che ogni caratteristica concernente l'adattabilità può essere collegata a una o ad altre caratteristiche. Ad esempio, la capacità spaziale in eccesso incentiva la *convertibilità*, la *versatilità* e la *ridimensionabilità*. Vale anche la pena notare che mentre la flessibilità è correlata alle azioni dell'utente, le caratteristiche identificate in letteratura si riferiscono alla costruzione di funzionalità che renderanno facile per gli utenti apportare modifiche, non necessariamente al modo in cui gli utenti effettivamente apporteranno le modifiche.

Fig 4. Una domanda chiave dall'elenco delle caratteristiche individuate è: che ruolo hanno queste caratteristiche nella progettazione di edifici più flessibili? La risposta a questa domanda non è univoca e richiede ulteriori ragionamenti. Fonte: Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Re Cecconi, F. and DeJaco, M.C. (2017)



Non tutti gli edifici e i progetti sono uguali, poiché potrebbero differire per ubicazione, funzione, estensione, ecc. e queste caratteristiche influenzano il livello di flessibilità complessiva. Ad esempio, un edificio situato in un centro storico sarà più vincolato di un edificio situato in aperta campagna, e dunque meno disposto fisicamente all'aggiunta di spazio. Da questo ragionamento si evince che non tutte le caratteristiche elencate nella tabella II possono essere applicate a tutti gli edifici con buoni risultati. Ad esempio, la modularità strutturale, che consente l'aggiunta di più unità di spazio (come Habraken stesso suggeriva, sia in orizzontale che verticale), in un centro storico dove gli edifici hanno un'altezza massima e una superficie lorda fissa, non è una caratteristica rilevante. È il progettista che deve analizzare edificio e contesto, per capire se (e dove) ci sia spazio per soluzioni più flessibili, sia in caso di

nuova progettazione che di ristrutturazione. In secondo luogo, alcune caratteristiche sono in conflitto: ad esempio l'utilizzo di un controsoffitto e/o di un pavimento sopraelevato agevola notevolmente la manutenzione e la modifica degli impianti ma riduce l'altezza utile interna, altra caratteristica che consentirebbe, ad esempio, di aggiungere spazio soppalcando. L'utente dovrebbe decidere in anticipo quale aspetto di modificabilità vuole mantenere. I cambiamenti infatti possono rientrare in due categorie principali: cambiamenti guidati dall'utente che non influiscono sulla struttura dell'edificio e che riguardano maggiormente il modo in cui gli utenti si adattano a un edificio; e modifiche alla struttura dell'edificio, che si rendono necessarie quando le azioni dell'utente non sono più adeguate a soddisfare le sue esigenze. Gli architetti preparati a "lasciar andare", cercano di fornire un contesto che stimoli i risultati impreveduti dell'azione dell'utente. Altri tentano di creare vincoli intesi a guidare l'utente verso un risultato "buono". Un senso di invasione nel loro dominio di competenza è condiviso tra le altre professioni coinvolte nell'edilizia abitativa. Siamo tutti il prodotto di una cultura, già più che centenaria, in cui l'esclusione dell'abitante è considerata inevitabile ed efficiente. In quella cultura, abbiamo solo bisogno di essere d'accordo tra di noi su ciò che deve essere fatto. Viene applicata una metodologia comune: la progettazione di qualsiasi progetto abitativo inizia con la disposizione in pianta. Una volta che questa è nota, tutti possono fare la loro parte: i consulenti possono progettare strutture e servizi, i costruttori possono calcolare, i banchieri possono valutare i finanziamenti, gli sviluppatori possono calcolare il marketing. Senza una planimetria predeterminata, il sistema familiare di responsabilità reciproca e cooperazione è destabilizzato. Viceversa, si chiede di operare in un mondo sconosciuto in cui le responsabilità si spostano e il rischio aumenta.

ABSTRACT (INGLESE)

Durability and flexibility are interesting design approaches to explore in the context of sustainability. Current researchers underline the importance and insufficiency of considering energy efficiency as the only possible equation in the context of achieving the sustainability targets by 2050. It is useful to keep these criteria in mind in the final evaluation of a project, to determine its overall efficiency. In an era of focused on the short term of carbon reduction, it is important to maintain an understanding of the set of factors and total boundary conditions that make sustainability projects (whether they are newly built or interventions on the existing) sustainable in the time. As society progressed through economic prosperity and technological innovations, our personal understanding of time became shorter and shorter. The disparate realities of these two perspectives on time are at the heart of the shift in mentality towards designing a more sustainable built environment. Time as a design contingency is based on placing architecture in context, making it susceptible to its temporal reality and its greatest fear: change.

CAPITOLO 5

CONDIZIONI AL CONTORNO: IL FATTORE AMBIENTALE, ECONOMICO, NORMATIVO, SOCIALE

ABSTRACT

"Gli edifici non sono fatti per l'adattamento. Essi sono progettati per non adattarsi; sono finanziati, costruiti, amministrati, mantenuti, regolamentati e tassati per non farlo, persino rinnovati per non farlo. Ma tutti gli edifici si adattano comunque, anche se male, perché gli usi dentro e intorno a loro cambiano costantemente. "
(Stuart Brand, 1994)

Vivere in un ambiente in continua evoluzione, dove il ritmo dei cambiamenti sociali, economici, tecnologici e ambientali è in rapida crescita ha influenzato il modo in cui le persone vivono e lavorano. Tali cambiamenti, sfidano i progettisti a trovare modi per adattare le loro attività ai nuovi ambienti al fine di supportare i loro obiettivi principali. La durabilità e la flessibilità sono approcci progettuali interessanti da esplorare nell'ambito della sostenibilità. In un'era di sostenibilità focalizzata sul breve termine della riduzione del carbonio, è importante mantenere una comprensione dell'insieme totale dei fattori e delle condizioni al contorno che rendono i progetti sostenibili nel tempo. Con il progredire della società attraverso la prosperità economica e le innovazioni tecnologiche, la nostra personale comprensione del tempo è diventata sempre più breve. Le realtà disparate di queste due prospettive sul tempo sono al centro del cambiamento di mentalità verso la progettazione di un ambiente costruito più sostenibile. Il tempo come contingenza progettuale si basa sul collocare l'architettura nel contesto, rendendola suscettibile alla sua realtà temporale e alla sua più grande paura: il cambiamento. Operando all'interno di un contesto complesso, le imprese sono considerate sistemi dinamici che devono costantemente affrontare le esigenze esogene ed endogene in evoluzione, aumentando i rischi e le incertezze di fase. Questo capitolo si preoccupa di analizzare le condizioni al contorno che muovono oggi progettisti e imprese verso una concezione più dinamica del progetto architettonico: dinamica nella relazione utente-edificio, poiché l'utente beneficia del prodotto finale, e dinamica per le società e i progettisti alla base del processo di ideazione.

5. CONDIZIONI AL CONTORNO: IL FATTORE AMBIENTALE, ECONOMICO, LEGISLATIVO, SOCIALE

5.1 Sostenibilità e cambiamento climatico

La flessibilità o meglio l'adattabilità è stata individuata, negli ultimi anni, come una possibile soluzione per migliorare l'efficienza energetica e le prestazioni ambientali degli edifici. I primi anni '90 sono stati un periodo in cui i paesi occidentali stavano uscendo dalla recessione economica e, sebbene gli interventi normativi predominanti tenessero in primo piano i processi di costruzione (ad esempio il rapporto Latham (1994), ci si interrogava sulla possibilità di riqualificare l'esistente per dare una spinta al mercato immobiliare¹ (Kincaid,2002). Anche i più recenti summit sul clima e le SDG al 2050 hanno evidenziato la questione dello sviluppo sostenibile e potrebbero aver contribuito all'interesse per la costruzione di edifici resilienti come metodo per conservare le risorse e rispondere ai problemi del cambiamento climatico. Questa visione oggi è più attuale che mai, anche considerando che i vincoli legislativi e la disponibilità di risorse come terreni e finanziamenti rendono improbabile che la costruzione di nuovi edifici possa soddisfare la futura domanda. Il patrimonio immobiliare attuale continuerà a esistere nel 2050 e oltre² (Harvey, 2013; Sandberg et al.;2016) e i significativi investimenti pubblici finalizzati all'incentivo delle ristrutturazioni in Italia (vedasi ecobonus e PNNR) e in altri paesi dell'UE, come il Regno Unito, evidenziano ulteriormente la crescente importanza di adottare strategie improntate sulla flessibilità per quanto riguarda la nuova progettazione e all'adattamento e riqualificazione degli edifici come strategia per contrastare il cambiamento climatico. Il report del World GBC 2020³ afferma che gli edifici e il **settore dell'edilizia** infatti sono **responsabili del 39% di tutte le emissioni di CO₂** nel mondo, con le emissioni di gestione (dall'energia utilizzata per riscaldare, raffreddare e illuminare gli edifici) che contano per il 28%. Il restante 11% proviene da emissioni di CO₂ incorporate, o "iniziali" associate a materiali e processi di costruzione durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

1. Kincaid, D. (2002), *Adapting Buildings for Changing Uses: Guidelines for Change of Use Refurbishment*, Spon, London.

2. Harvey, J., Heidrich, O. and Cairns, K. (2014), "Psychological factors to motivate sustainable behaviours", *Proceedings of the ICE – Urban Design and Planning*, Vol. 167 No. 4, pp. 165-174.

3. Il rapporto annuale 2019/20 del World Green Building Council (WorldGBC) delinea i principali risultati dell'organizzazione e della nostra rete globale di Green Building Council (GBC).

4. Parlamento Europeo, DIRETTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - del 19 Maggio 2010 sulle prestazioni energetiche degli edifici. 2010.

5. Liberamente tradotto da COST, "CA16114 - REthinking Sustainability TOwards a Regenerative Economy (RESTORE)," 2017. [Online]. Accessibile: <https://www.cost.eu/actions/CA16114/#tabs%7CName:overview>. [Accesso:12-Apr-2019].

6. Kronenburg R (2007) Flexible: Architecture that Responds to Change, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain.

7. Schneider Tatjana and Till Jeremy (2007), Flexible Housing, Architectural Press, Oxford

8. Sinclair, B. R. (2009). Culture, Context, and the Pursuit of Sustainability. Planning for Higher Education (PHE), Issue 38, pp. 6-22

9. Gordon, A. (1972). Designing for survival: the President introduces his long life/loose fit/low energy study. Royal Institute of British Architects Journal, 79(9), 374-76.

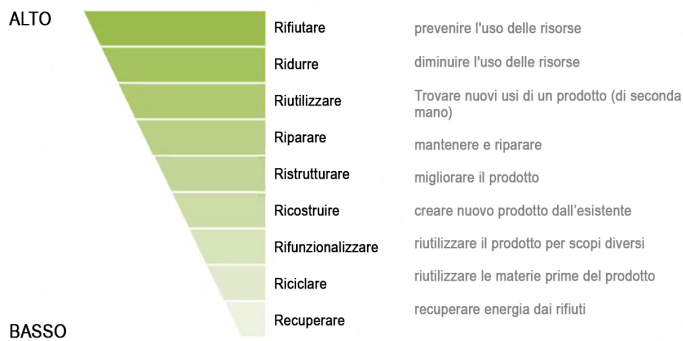
Per questo, le politiche comunitarie dettano standard di efficienza elevati per edifici di nuova costruzione, come nel programma *nearly-zero energy standard*⁴ (Parlamento Europeo, 2010) puntando a ridurre le emissioni nel settore dell'edilizia del 90% entro il 2050⁵ (Restore, 2017). Tuttavia gli edifici di nuova costruzione costituiscono solo una piccola percentuale del parco immobiliare e, nonostante la consapevolezza riguardo l'importanza degli interventi di riqualificazione di quelli esistenti aumenti e vengano promossi incentivi per incrementarne l'efficienza energetica, spesso i costi di intervento rimangono molto alti e le possibilità di azione limitate, specialmente nel caso di recupero del patrimonio vincolato. Il parco immobiliare attuale è per la maggior parte obsoleto ed energivoro, poiché le politiche degli ultimi '50 anni hanno puntato ad una progettualità dove prevaleva la logica del profitto (ottimizzazione ed economicità degli spazi) a discapito di una struttura rigida e di materiali dalla rapida obsolescenza.

La carenza delle attuali soluzioni offerte dal mercato può essere ricondotta ad una "non-flessibilità in architettura, che separa la conoscenza e gli obiettivi dei progettisti dall'esperienza e dai bisogni degli utenti"⁶ (Kronenburg, 2011). È quindi necessario adottare strategie improntate ad una maggiore flessibilità affinché non si assista alla generazione di un ambiente costruito segnato, già in principio, da una *built-in obsolescence*⁷ (Schneider e Till, 2005), ovvero da una rigidità al cambiamento delle modalità di abitare e del progresso tecnologico, i cui costi per l'ambiente e per la società si traducono in interventi di adattamento distruttivi ed onerosi, un ostinato sperpero di risorse economiche, energetiche e materiali, e ingenti costi economici.

Pertanto, nel contesto contemporaneo, la ricerca di sinergie tra i concetti di flessibilità e sostenibilità ci impone di guardare intensamente al quadro generale: guardare dall'alto attraverso una lente integrativa è una premessa necessaria per un'azione più dettagliata basata sull'evidenza⁸ (Sinclair, 2009). Nel 1972, Sir Alex Gordon⁹ - ex presidente del Royal Institute of British Architects (RIBA) - sosteneva che la "buona architettura" doveva essere progettata per "*una lunga durata, una vestibilità ampia e un basso consumo energetico*" (Gordon, 1972). L'idea di integrare la flessibilità per soddisfare le esigenze future e ridurre al minimo l'impronta energetica durante la vita fisica dell'edificio è senza

dubbio l'obiettivo olistico finale per l'architettura nella nostra società moderna¹⁰ (Langston, 2014). Oggi, gli obiettivi di Gordon possono essere interpretati come "durevoli, flessibili e sostenibili".

10. Langston, C., 2014. Measuring Good Architecture: Long life, loose fit, low energy. *European Journal of Sustainable Development*, 3(4), pp. 163-174.



Le ricerche del settore forniscono una valutazione di un'ampia varietà di approcci per ridurre e gestire i rischi e raggiungere nuovi gradi di resilienza, ad esempio riducendo la vulnerabilità o l'esposizione e/o aumentandola capacità di adattamento di comunità, infrastrutture ed edifici.

È necessario considerare l'energia e le basse emissioni di carbonio come componenti di un sistema molto più grande. Le diverse aree di azione alla base delle quattro qualità fondamentali sono viste come dotate di un'elevata flessibilità e soggette a cambiamenti e modifiche come suggeriscono le condizioni al contorno. Inoltre, Sinclair (2012) ha esplorato in profondità la questione e ha proposto un modello sinergico architettonico che include quattro aree principali, vale a dire: psicologica (individuale), sociologica (gruppo), legale (normativa) e fisica (costruzione).

Come fare dunque, in una realtà mutevole e multiforme ad immaginare e risolvere gli scenari futuri in cui i nostri progetti opereranno? È utile sottolineare come soprattutto nel caso degli attori europei si sia cercato di interpretare le esigenze di realtà e contesti urbani molto diversi a seconda della propria normazione nazionale. Tali interventi sono stati guidati dalla necessità di introdurre strategie di flessibilità che tenessero conto delle dinamiche di vulnerabilità ed esposizione e dei loro legami con

11. Sandberg, N.H., Sartori, I., Heidrich, O., Dawson, R., Dascalaki, E., Demetriou, S., Vimmr, T., Filippidou, F., Stegnar, G., Zavr, M.Š. and Brattebø, H. (2016), "Dynamic building stock modelling: application to 11 European countries to support the energy efficiency and retrofit ambitions of the EU", *Energy and Buildings*, Vol. 132, pp. 26-38

12. IPCC (2014), "Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. part a: global and sectoral aspects", in Field, C.B., B., V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., Maccracken, S., Mastrandrea, P.R. and White, A.N.D.L.L. (Eds), *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge and New York, NY, 1132pp.

13. Kronenburg, R. (2007), *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King, London

14. Geldermans, R.J. (2016), "Design for change and circularity – accommodating circular material & product flows in construction", *Energy Procedia*, Vol. 96, pp. 301-311.

processi socioeconomici, di sviluppo sostenibile e cambiamento climatico. Dal canto loro, gli *stakeholders* e i governi locali sono sempre più riconosciuti come fondamentali per stimolare e far progredire l'adattamento, visto che l'accrescimento del benessere delle realtà locali è spesso normativamente demandato alle amministrazioni territoriali, che si trovano in una posizione privilegiata per poter accrescere la capacità di adattamento delle comunità, delle famiglie e della società civile, così come nella gestione delle informazioni e delle finanze. Risulta inevitabile che l'intervento in tema flessibilità sia demandato a soggetti di natura molto diversa; dal governo centrale, alle amministrazioni regionali e comunali, ai singoli individui.¹¹ (Sandberg et al., 2016; IPCC, 2014).¹² Il risvolto operativo di queste considerazioni è la normazione legislativa che, nei vari livelli recepisce il quadro delle direttive sovranazionale, per poi applicarle nei contesti legislativi territoriali a scala di dettaglio.

La lotta al cambiamento climatico si impone, quindi, come principale motore delle nuove normative europee e nazionali in materia di edificazione e riadattamento del patrimonio edilizio. Il concetto che sovrintende ai principi legislativi distingue due categorie principali: gli interventi di "mitigazione" e quelli di "adattamento": La mitigazione mira a ridurre le cause del cambiamento climatico, mentre l'adattamento mira a gestirne le conseguenze e ridurre i danni che può causare. Quindi, sebbene gli edifici flessibili siano una soluzione per affrontare il problema della efficienza degli edifici¹³ (Kroneburg, 2007) la sfida fondamentale nell'ambito delle nuove costruzioni e delle riqualificazioni del patrimonio edilizio da parte degli *stakeholder*, sarà relativa alla capacità di prepararsi a scenari mutevoli, difficilmente interpretabili a causa della difficoltà nel prevedere le incertezze future, i rischi e i costi del cambiamento.

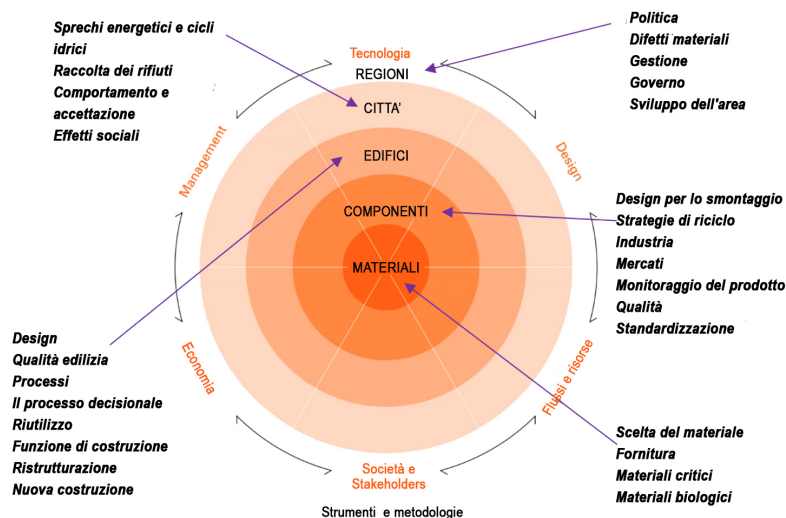
5.1.1. Flessibilità ed economia circolare

L'economia circolare e il riuso dei materiali sono strettamente legati all'adattabilità, quindi questa connessione deve essere sfruttata per raggiungere un migliore livello in quest'ambito.¹⁴ (Geldermans, 2016) Come già accennato, possiamo considerare la progettazione flessibile un processo a-scalare e parlare di flessibilità a diverse

scaie, ma a quale scaia abbiamo più bisogno di flessibilità? Il professor Tilmann Klein,¹⁵ professore di Building Product Innovation presso la Facoltà di Architettura e Ambiente Costruito di Delft sta incentrando la sua ricerca sul sistema necessario per combinare l'intero quadro di variabili fino ad ora presentate, perché allargando la visuale sull'intero processo è possibile implementare gli strumenti e in questo modo avere un migliore controllo delle connessioni tra gli elementi: consumo energetico, processi, aspetti sociali. Ogni sistema è alla fine legato al pianeta e alla sostenibilità.

Schema presentato in occasione del Workshop Open Building, marzo 2021 da Tilman Kleijn

Il dibattito verte soprattutto sulla scaia ottimale e sul grado di centralizzazione delle tecnologie per la generazione di energia, il trattamento dei rifiuti e la gestione di risorse primarie. Esiste un compromesso tra i costi e i materiali necessari per il decentramento, la flessibilità e la reattività del sistema. Alcuni parametri come la presenza di una risorsa, il costo della tecnologia necessaria per elaborare tale risorsa fino a quando non è utile, gli impatti materiali della tecnologia di elaborazione, il costo dei trasporti, e la densità della domanda/consumo di quella risorsa sono costantemente in movimento. Dunque anche la convenienza di avere un sistema centralizzato o decentralizzato è in evoluzione continua.



15. Tilmann Klein è professore di Building Product Innovation presso la Facoltà di Architettura e Ambiente Costruito di Delft. La cattedra di Building Product Innovation si concentrerà sulla concettualizzazione e progettazione di nuovi prodotti per l'edilizia.

Considerando gli aspetti che giocano un ruolo importante nei processi di progettazione, è evidente che la progettazione di strutture flessibili è una questione complessa che affronta aspetti di carattere sociale, composizione funzionale e tecnica e interazioni fisiche. La caratteristica principale della ricerca degli anni passati, è che affronta la trasformazione dell'edificio concentrandosi principalmente su un solo aspetto della trasformazione alla volta, senza esaminare le interazioni tra il singolo fattore e tutti gli aspetti che potrebbero essere potenzialmente coinvolti. La soluzione al problema della connessione dei materiali da costruzione all'interno dell'edificio non può essere trovata analizzando solo le relazioni fisiche, le relazioni funzionali o le relazioni tra le parti coinvolte. Tenendo conto del numero di problemi e interazioni coinvolte, il problema deve essere inserito in una prospettiva più ampia e dovrebbe essere trattato come un problema di sistema. L'approccio sistemico è in qualche modo diverso dalle forme convenzionali di analisi, poiché funziona estendendo la sua visione per prendere in considerazione un numero sempre maggiore di interazioni, man mano che il problema viene studiato. I presupposti dell'analisi convenzionale sono che ogni fattore agisce in modo indipendente.

Secondo il paradigma dei sistemi, ogni fattore che ha un ruolo nella trasformazione è legato in un processo circolare a ciascuno degli altri fattori. Questo processo può essere definito "processo circolare" o "ciclo di feedback". Si tratta di un passaggio dal considerare l'edificio come un insieme di relazioni statiche, stimolo-risposta, a vederlo come un processo continuo, interdipendente, autosufficiente e dinamico.

In sintesi, questo approccio propone di analizzare la produzione edilizia industriale e i suoi limiti in relazione alle esigenze sociali e ambientali del XXI secolo, provando a delineare spunti per gli scenari futuri in un mondo in cui società e lavoro cambiano rapidamente. L'edilizia industrializzata non va intesa come un obiettivo, ma come uno strumento per rendere possibile il "come". È questa comprensione dell'edilizia industrializzata che può svolgere un ruolo nel raggiungimento dello sviluppo dell'edilizia sostenibile. Viene suggerito un quadro per lo sviluppo del sistema, che può trasformare la produzione industriale esistente in una pratica sostenibile.

È stato affermato che questo quadro fornisce un'opportunità per raggiungere soluzioni che corrispondono a tre principali principi di sostenibilità:

1. Adattabilità alle esigenze degli utenti,
2. Aumento dell'efficienza dei materiali e dell'energia
3. Creazione di un'economia sostenibile.

Per colmare il divario tra il convenzionale e il sostenibile, è necessario cambiare le percezioni riguardo alle prestazioni e alla composizione tecnica dei prodotti da costruzione industrializzati. Ciò significa che le strutture dovrebbero diventare dinamiche e reattive alla riconfigurazione, un concetto associato al riutilizzo e al riciclaggio. Tali strutture devono rispondere anche alle esigenze di variazione e modifica degli utenti. La trasformazione dalle strutture chiuse, a strutture aperte e dinamiche, è stata definita come un problema di sistema simile alla strutturazione del prodotto in altri settori.

Secondo Tom Frantzen,¹⁶ la circolarità in materia di edifici flessibili e costruzione può essere riassunta in 4 punti principali:

- Mantenere un edificio in uso il più a lungo possibile.
- Se l'uso prolungato di una struttura non ha più senso, dovrebbe essere possibile smontare e riutilizzare le componenti dell'edificio in altri edifici.
- Quando le componenti diventano obsolete, dovrebbe essere possibile recuperare i materiali del componente.
- Se i materiali usati non sono riutilizzabili, i materiali dovrebbero essere reintrodotti nel loro ambiente naturale senza che causino danni.

Non è solo la scelta dei materiali, ma anche il modo in cui i materiali sono assemblati a determinare le prestazioni delle strutture edilizie e, di conseguenza, la loro sostenibilità. Pertanto, la ricerca si deve concentrare sulla specifica degli elementi di configurazione dell'edificio, che determinano il livello di efficienza strutturale rispetto alla loro capacità di trasformazione e adattamento.

16. Architetto e direttore di architettura e sviuppo. Nel 2010 ha fondato Lemniskade insieme a Claus Oussoren. Il loro primo progetto, PATCH22, è stato nominato per lo Zuiderkerk Prize nel 2016 e ha vinto un Green Good design award nel 2017 e l'International WAN Residential award 2016.

17. https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2021/10/setplan_smartcities_implementationplan-2.pdf

18. United Nations. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015-Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Available online https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (accessibile 2022)

19. Il piano è stato creato in risposta al calo dei finanziamenti dell'UE per la ricerca e l'innovazione nel settore dell'energia, la mancanza di focus strategico sull'innovazione e la frammentazione dei programmi di ricerca energetica. Il piano SET aiuta a strutturare i programmi di ricerca europei e nazionali e attiva investimenti sostanziali su priorità comuni nelle tecnologie a basse emissioni di carbonio

5.1.2. Flessibilità e PED. (Positive Energy Districts)

Nonostante la trattazione di flessibilità e sostenibilità venga maggiormente evidenziata in questa tesi a livello progettuale, è interessante notare come lo stesso concetto abbia grande valenza anche nel campo dei programmi messi a punto per il risparmio energetico, e in particolare dei PED.

La definizione di PED, ovvero distretti ad energia positiva (Positive Energy Districts) in accordo con il quadro di riferimento europeo¹⁷ è: *“aree urbane efficienti dal punto di vista energetico flessibili dal punto di vista energetico o gruppi di edifici connessi che producono emissioni nette di gas a effetto serra pari a zero, gestendo attivamente un'eccedenza di produzione di energia rinnovabile. Richiedono l'integrazione di diversi sistemi e infrastrutture e l'interazione tra edifici, utenti e sistemi regionali di energia, mobilità e ICT, garantendo al contempo l'approvvigionamento energetico e una buona qualità di vita per tutti in linea con la sostenibilità sociale, economica e ambientale”*.

Appare chiaro dunque che questo aspetto della flessibilità, legato alla sostenibilità e all'energia, sia centrale nell'ambito della disamina delle declinazioni contemporanee del tema. Il programma si iscrive all'interno del processo di transizione ecologica, che dovrebbe portare i paesi europei alla neutralità energetica promuovendo strategie di sviluppo sostenibile che coinvolgono trasformazioni sociali, ambientali ed economiche per i luoghi in cui vivrà circa l'85% delle persone entro il 2050.¹⁸

La Commissione UE ha approvato il Piano strategico per le tecnologie energetiche¹⁹ Azione 3.2 "Città e comunità intelligenti" (SET-Plan ACTION n°3.2 Implementation) per implementare almeno cento PED in Europa entro il 2025: si tratta di cento distretti e quartieri ad energia positiva dei quali definire le prospettive tecnologiche, spaziali, normative, finanziarie, legali, ecologiche, ma anche sociali ed economiche al fine di sostenerne lo sviluppo urbano. L'obiettivo principale di ogni distretto è quello di produrre da risorse rinnovabili (almeno) la stessa quantità di energia consumata immettendo zero emissioni di carbonio nell'ambiente, sviluppando così strategie per bilanciare misure di efficienza energetica, produzione di energia e flessibilità energetica.

Per flessibilità energetica in questo caso si intende un tipo di energia in grado di adattarsi alle esigenze delle reti locali e della produzione rinnovabile, mantenendo gli standard legati al comfort e ai bassi costi di esercizio.²⁰ (Erba et al, 2021). La domanda di energia con i suddetti requisiti è in aumento, poiché crescono le fonti di energia rinnovabile variabili immesse nell'attuale sistema energetico. Tra le fonti non programmabili, l'energia solare e l'energia eolica contribuiscono notevolmente ad approvvigionare la rete elettrica generando 30% del consumo annuo di elettricità, così da aumentare notevolmente i requisiti della flessibilità in questione. Questo costituisce una sfida per gli edifici di nuova costruzione che dovranno essere in grado di adattarsi alle esigenze della rete locale e della produzione rinnovabile.²¹ La letteratura scientifica individua alcune strategie per ottenere flessibilità energetica all'interno degli edifici, come lo sfruttamento della massa termica dell'edificio, la quale può essere utilizzata per immagazzinare energia; sistemi di accumulo attivi come quello di acqua calda sanitaria (ACS), batterie, collegamento a più reti energetiche, ecc²² (Jensen et al; 2017). L'EPBD²³ (*Energy Performance of Building Directive*) sottolinea l'importanza della flessibilità energetica degli edifici in relazione allo sviluppo dei sistemi di intelligenza artificiale. I sistemi dovranno valutare la possibilità degli edifici di adattarsi alle esigenze degli occupanti, in modo da rendere gli edifici flessibili e quindi in grado di "modificare" il loro asset a seconda del bisogno della rete, così da agevolarne la manutenzione e il funzionamento efficiente. Una delle funzionalità chiave di questi sistemi di rilevamento artificiale sarà infatti *"la flessibilità della domanda di elettricità complessiva di un edificio, inclusa la sua capacità di consentire la partecipazione alla risposta alla domanda attiva e passiva e implicita ed esplicita, in relazione alla rete, ad esempio attraverso la flessibilità e le capacità di spostamento del carico."* I singoli edifici o gruppi di edifici sono dunque in grado di fornire flessibilità energetica.

Alla scala dell'edificio, la flessibilità energetica viene definita come *"la capacità di gestire la domanda e la produzione energetica in base alle condizioni climatiche locali, alle esigenze degli utenti e ai requisiti della rete energetica. Consentirà così la gestione della domanda/controllo del carico e quindi la risposta della domanda in base ai*

20. Erba S, Pagliano L. (2021) Combining Sufficiency, Efficiency and Flexibility to Achieve Positive Energy Districts Targets. *Energies*; 14(15):4697. <https://doi.org/10.3390/en14154697>

21. Ibidem.

22.

23. Direttiva di modifica 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica. In Atti della Direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo e del Consiglio, Bruxelles, Belgio, 30 maggio 2018.

24. Jensen, S.Ø.; Marszal, A.J.; Lollini, R.; Pasut, W.; Knotzer, A.; Engelmann, P.; Stafford, A.; Reynders, G. (2017). IEA EBC Annex 67 EnergyFlexible Buildings. *Energy Build.* 155, 25–34.

25. Junker, R.G.; Azar, A.G.; Lopes, R.A.; Lindberg, K.B.; Reynders, G.; Relan, R.; Madsen, H. (2018) Characterizing the energy flexibility of buildings and districts. *Appl. Energy*, 225, 175–182

26. Johra, H.; Heiselberg, P.; Le Dréau, J. (2019) Influence of envelope, structural thermal mass and indoor content on the building heating energy flexibility. *Energy Build.* 183, 325–339

27. Vigna, I.; Pernetti, R.; Pasut, W.; Lollini, R. (2018) New domain for promoting energy efficiency: Energy Flexible Building Cluster. *Sustain. Cities Soc.* 38, 526–533

requisiti delle reti energetiche circostanti”²⁴ (Jansen et al; 2017). Diversi studi evidenziano l’importanza del potenziale di accumulo di energia dell’involucro edilizio e degli elementi strutturali dell’edificio, che gli consentirebbero di accumulare calore quando c’è molta disponibilità di energia/elettricità prodotta localmente da fonti rinnovabili, e di ridurla quando la produzione di energia è troppo bassa. Sono in corso studi sperimentali e che utilizzano la modellazione dinamica per misurare il potenziale della massa termica degli edifici che incentiverebbe quindi il raggiungimento della flessibilità energetica, con buoni risultati.²⁵ La massa termica può essere considerata come un accumulo termico “passivo”, il cui costo è già ripagato dal risparmio energetico, e che richiederebbe solo un investimento extra in sistemi di regolazione dell’impianto di riscaldamento. Inoltre se pensiamo a questo ragionamento applicandolo ai sistemi studiati che dividono in layers l’edificio, il “support” potrebbe costituire, oltre alla parte fissa e durevole dell’edificio, anche *il core* del suo accumulo termico.

Anche l’isolamento termico gioca un ruolo chiave nella gestione energetica alla scala dell’edificio e della sua flessibilità. Le Dréau e Heiselberg,²⁶ hanno dimostrato nei loro studi come edifici poco isolati possono modulare una grande quantità di calore solo per periodi di tempo molto brevi che vanno dalle 2 alle 5 ore. Edifici ben isolati invece modulano una minore quantità ma possono mantenere condizioni di comfort termico accettabili dopo uno spegnimento completo degli impianti e per più giorni, dimostrando che le case scarsamente isolate sono meno flessibili dal punto di vista energetico rispetto a quelle ben isolate.

Essendo una parte significativa del patrimonio edilizio esistente ancora caratterizzata da edifici a bassa prestazione energetica, che in inverno richiedono energia generalmente nella stessa fascia oraria mattutina successiva all’attenuazione notturna. è interessante pensare a questa strategia nell’ambito del retrofit energetico degli edifici.

Inoltre ad una scala più ampia, la flessibilità energetica potrebbe offrire economie di scala nel caso di azioni di retrofit che aggregano gruppi di edifici e opzioni per la produzione e lo stoccaggio di energia, che potrebbero non essere economicamente o praticamente idonee nel caso di un singolo edificio (Vigna et al., 2018)²⁷

5.2. QUADRO NORMATIVO EUROPEO E NAZIONALE PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, CERTIFICAZIONI E PREVISIONI

5.2.1. Limiti e confini normativi del progetto flessibile

Uno dei fattori capaci sia di limitare che di incentivare la flessibilità dei progetti è l'aspetto legislativo. In questo capitolo vengono trattati gli aspetti normativi del tema, partendo dall'analisi del quadro europeo per poi esaminare il contesto normativo nazionale di riferimento. Si rilevano, per la nostra disamina, le norme relative alla sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica degli edifici e più nello specifico quelle finalizzate alla loro flessibilità e adattabilità nell'ambito della nuova costruzione, che consentano l'idea di un progetto più dinamico e aperto al cambiamento. Non è possibile, infatti, nella concezione di un progetto, prescindere da requisiti prestazionali, esplicitati da codici e normative, che fanno intendere come il legislatore abbia interpretato il concetto e aprono ad interessanti sviluppi.

Allo stesso tempo, però, oggi la programmazione di un progetto deve tenere conto di attività complesse, legate tra di loro e non sempre del tutto definite, che mutano nell'arco della stessa realizzazione. Per questo, un panorama legislativo fortemente normato può risultare limitante rispetto allo sviluppo di progetti "aperti" al cambiamento e alla temporaneità, i quali certamente risponderebbero meglio ai mutamenti veloci della nostra società in un contesto normativo differente. A livello nazionale, la definizione iniziale delle scelte progettuali è spesso insufficiente e l'approvazione di un progetto deve sottostare a tempi e processi attuativi mediamente lunghi.¹ (Cupelloni, 2020) In particolare le direttive che andiamo ad esaminare nei paragrafi successivi sono importanti per il settore delle costruzioni e per la progettazione che abbia come obiettivo la sostenibilità: il livello normativo Europeo si occupa, ormai da due decenni, essenzialmente degli aspetti legati al consumo di energia negli edifici, qualsiasi sia la loro destinazione d'uso, con lo scopo di limitare l'azione impattante del patrimonio costruito sull'ambiente. Infatti la previsione a livello progettuale di eventuali modifiche planimetriche relative al mutamento delle funzioni, al numero di occupanti e in certi casi anche alla volumetria di un edificio, deve

1. Cupelloni L. (2020). Ambiti e finalità del progetto di ri-qualificazione. La progettazione tecnologica ambientale applicata alla compagine urbana. Working papers. Rivista online di Urban@it - 2/2020 ISSN 2465-2059

2. A tal proposito, è interessante proporre il metodo adottato da Sheridan, L., Visscher, H. J., & Meijer, F. M. (2003). Nel loro studio scelgono di riportare i temi come normati nei regolamenti edilizi di otto paesi europei dividendo in categorie e sottocategorie individuate nei titoli delle relative norme. particolare, vengono presentati con una X i requisiti che sono riportati nel titolo di una normativa specifica, con un * temi normati ma in regolamenti non specifici. Una volta individuati i requisiti utili (dimensioni massime vani, passaggio libero di circolazione, servizi e allacci agli impianti, altezza interpiano), è interessante quantificare e codificare i vincoli che limitano o meno i progetti di nuova costruzione in paesi che riescono ad essere virtuosi dal punto di vista della nuova costruzione (es. Paesi Bassi).

3. Atkinson, G.A., (1974). Building regulations – the international scene BRS Current Paper CP16/74, BRS, Department of the Environment.

4. Cibula, E., (1970). Systems of building control BRS Current Paper CP31/70, BRS(Ministry of Public Building and Works).

5. Cibula, E., (1971). The structure of building control – an international comparison BRS Current Paper CP28/71, BRS, (Department of the Environment).

6. Daldy, A.F., (1969). Scope of

prevedere canalizzazioni, cavedi, collegamenti che possano essere adeguati senza stravolgere le parti strutturali, le finestrate e i collegamenti esistenti nell'edificio stesso, pena una diseconomicità dell'intervento e un conseguente impatto ambientale negativo.

Mentre le Direttive europee indirizzano la riqualificazione e le nuove edificazioni verso nuovi e più stringenti requisiti ambientali, le leggi nazionali disciplinano, orientano e in certi casi stimolano, con norme fiscali e premialità, la trasformazione e modifica del patrimonio architettonico. Questo porta ad una riflessione e in particolare porta a interrogarsi su due aspetti distinti e paralleli: il primo è quello della flessibilità sul piano della trasformazione dell'esistente, e cioè su quanto sia agevole a livello normativo intervenire su un edificio che già presenta dei requisiti e delle qualità tali da poter essere convertito. La seconda è come progettare ex-novo un edificio che deve prevedere grandi e rapidi cambiamenti, rispettando i requisiti normativi del sistema vigente.²

5.2.2. La gestione delle responsabilità a livello normativo europeo

Una volta individuati i criteri costruttivi che è utile tenere in particolare considerazione per la costruzione di strutture improntate ai caratteri di flessibilità è senz'altro utile andare a vedere come questi criteri sono normati nei differenti Paesi di riferimento. Ciò allo scopo di mappare i differenti approcci inerenti ai regolamenti edilizi europei, alla luce di una possibile armonizzazione ed evoluzione.

La formulazione dei requisiti tecnici è stata discussa per molti anni. Ad esempio, la Building Research Station del Dipartimento dell'Ambiente in Inghilterra ha condotto analisi comparative sul controllo degli edifici dal 1969 al 1974 (Atkinson, 1974³ ; Cibula, 1971⁴ ; Cibula, 1970⁵ ; Daldy, 1969⁶; Honey,⁷ 1970). Daldy dimostra che il passaggio dalle specifiche ai requisiti funzionali è iniziato oltre 30 anni fa, offrendo una chiara spiegazione sugli standard di prestazione, unitamente all'uso di clausole ritenute soddisfacenti, ai codici di condotta al sistema di accordo e informazioni per l'orientamento delle scelte. (Sheridan et al, 2003)⁸ In metà dei Paesi dell'UE i regolamenti edilizi sono stabiliti dalle autorità federali o nazionali e non esistono regolamenti edilizi regionali o locali. In questi Paesi i regolamenti tecnici edilizi sono uniformi su tutto il territorio nazionale. A causa delle loro particolari divisioni amministrative o tradizioni giuridiche, nell'altra metà dei Paesi dell'UE la responsabilità di stabilire i regolamenti edilizi è suddivisa in modo diverso. (Pedro, J.B., Meijer, F, and Visscher, 2010)⁹ Le procedure autorizzative sono il punto di partenza per l'analisi dei sistemi di gestione degli edifici, per questo è utile avere una sintetica panoramica sulla differente distribuzione di responsabilità nei principali Paesi europei:

1) In Germania, le autorità centrali stabiliscono un modello di regolamenti tecnici edilizi che viene adattato dalle autorità regionali.

2) In Austria, Le autorità regionali fissano i regolamenti tecnici edilizi con requisiti funzionali e fanno riferimento alle linee guida centrali per i requisiti tecnici.

3) In Belgio, le autorità centrali, regionali e locali legiferano sui

3. Atkinson, G.A., (1974). Building regulations – the international scene BRS Current Paper CP16/74, BRS, Department of the Environment.

4. Cibula, E., (1970). Systems of building control BRS Current Paper CP31/70, BRS (Ministry of Public Building and Works).

5. Cibula, E., (1971). The structure of building control – an international comparison BRS Current Paper CP28/71, BRS, (Department of the Environment).

6. Daldy, A.F., (1969). Scope of building legislation BRS Current Paper CP33/69, BRS (Ministry of Public Building and Works).

7. Honey, C.R., (1970). International comparison of Building regulations: the content and arrangement of regulating documents BRS Current Paper 37/70, London (HMSO).

8. Sheridan, L., Visscher, H. J., & Meijer, F. M. (2003). Building regulations in Europe Part II: A comparison of technical requirements in eight European countries. Housing and Urban Policy Studies 24.

9. Pedro, J. B., Meijer, F., & Visscher, H. (2010). Technical building regulations in EU countries: a comparison of their organization and formulation. In W113-Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom (p. 38).

diversi requisiti e tipi di edifici. A differenza di molti altri paesi, il Belgio non ha riformulato i regolamenti edilizi tradizionali come requisiti di prestazione. La ragione di ciò potrebbe essere politica, data la natura federale del Belgio, senza uniformità delle regole tecniche, su base nazionale o regionale. (Sheridan et al, 2003)

4) In Lussemburgo, le autorità centrali stabiliscono i regolamenti edilizi tecnici per alcuni requisiti (ad es. la prestazione energetica degli edifici) e le autorità locali stabiliscono i regolamenti edilizi per diversi requisiti.

5) Per Slovacchia e Spagna le autorità nazionali stabiliscono regolamenti edilizi tecnici e le autorità regionali stabiliscono anche regolamenti edilizi aggiuntivi subordinati a quelli nazionali.

6) Finlandia, Lettonia, Lituania, Portogallo: le autorità nazionali stabiliscono regolamenti edilizi tecnici e le autorità locali stabiliscono anche regolamenti edilizi aggiuntivi subordinati a quelli nazionali. In Portogallo, per legge, ogni anno deve essere pubblicato un decreto ministeriale con un elenco delle disposizioni legali da osservare nello sviluppo dei progetti edilizi e nell'esecuzione delle costruzioni.

7) Nel Regno Unito le autorità regionali stabiliscono regolamenti tecnici edilizi. In Inghilterra e Galles, la struttura del Building Act, del Building Regulations e dei relativi advisory Approved Documents è relativamente chiara, in termini di gerarchia di componenti e attribuisce al Segretario di Stato poteri di emanare regolamenti allo scopo di: "a) garantire la salute, la sicurezza, il benessere e la comodità delle persone all'interno o intorno agli edifici e di altri che possono essere interessati da edifici o questioni connesse con gli edifici; b) promuovere la conservazione del carburante e dell'energia elettrica; c) prevenire gli sprechi, il consumo indebito, l'uso improprio o la contaminazione delle acque". L'allegato 1 del regolamento edilizio stabilisce i requisiti funzionali, raggruppati in temi, denominati "parti". In Inghilterra e Galles, i requisiti funzionali sono stabiliti in un documento e ritenuti soddisfacenti le soluzioni sono organizzati in un gruppo coordinato di documenti.

8) In Francia solo le normative più recenti, come quelle per le prestazioni acustiche, sono scritte come requisiti di prestazione e,

Il codice edilizio e abitativo (Code de la Construction et de l'Habitation, CCH) comprende articoli legislativi e articoli normativi. Non c'è una dichiarazione generale di obiettivi. Le normative riguardanti una determinata materia sono riunite in codici. Un codice contiene tutte le normative, le modifiche e le modifiche recenti, la giurisprudenza, ecc., ma non l'intero contenuto di questi documenti. I testi principali si trovano nei codici, ma non tutti i dettagli tecnici. I codici sono aggiornati da modifiche alle singole leggi, decreti e provvedimenti attuativi di cui sono composti.¹⁰ (Pedro, J.B. et al, 2010) Gli articoli legislativi consentono di emanare norme con decreti del Consiglio di Stato, individuano l'oggetto delle norme e specificano l'applicazione dei requisiti. La prima sezione del regolamento è un gruppo di requisiti generali, una combinazione di un elenco di regole, senza dichiarazione di obiettivi e requisiti di prestazione per la sicurezza. Alcuni decreti (come quelli per l'accessibilità) sono specifiche a sé stanti e dettagliate dei requisiti operativi, ma per alcune materie (come la sicurezza antincendio) i dettagli sono forniti negli ordini di attuazione. (Sheridan et al, 2003)

10. Pedro, J. B., Meijer, F., & Visscher, H. (2010). Technical building regulations in EU countries: a comparison of their organization and formulation. In W113-Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom (p. 38).

9) In Italia, come andremo ad approfondire, le autorità centrali stabiliscono regolamenti tecnici edilizi e le autorità regionali e locali stabiliscono anche regolamenti edilizi aggiuntivi subordinati a quelli nazionali. Vediamo, in generale, che la maggior parte delle fonti normative basa i requisiti sulle prestazioni raggiunte, piuttosto che imporre una specifica condotta. Si può dunque affermare che in un quadro generale gli standard costruttivi rimangono piuttosto teorici proprio perché i parametri costruttivi variano di caso in caso.

5.2.3. Differenze tra la definizione nazionale di standard ed il modello nordico

In Italia, la gerarchia delle fonti legislative che impattano sulle possibilità della progettazione di architetture orientate alla flessibilità è la seguente: Direttive della Unione europea, che definiscono gli obiettivi da raggiungere per gli Stati Membri; legislazione Nazionale, che imposta il quadro normativo definendo gli aspetti chiave; Normativa Regionale che costituisce spesso fonte di importanti differenze a livello territoriale; infine, la normativa

urbanistico-edilizia dei relativi comuni di competenza. (Cupelloni, 2020). Questi differenti piani normativi determinano l'impossibilità di definire aprioristicamente dei principi di flessibilità applicabili secondo schemi predeterminati; valga come esempio la stringente normativa in ambito comunale nei centri storici delle città Italiane e la natura strutturale delle edificazioni medioevali, che limitano non solo banali variazioni planimetriche ma anche la semplice installazione di sistemi impiantistici come gli impianti fotovoltaici.

Ciò comporta uno scarto tra programma, progetto e realizzazione, spinto da una parte dalla definizione del progetto e dai tempi veloci dell'aggiornamento di richieste della domanda, e dall'altra da rigidità normative e attuative. Nel caso studio della Catamaran House (2000) di cui al capitolo 4, era stato accennato il problema normativo di definizione degli spazi e cioè come far approvare un progetto residenziale i cui standard urbanistico-edilizi non sono verificabili apriori. Nel caso specifico citato, l'architetto aveva dovuto ottenere l'approvazione del progetto presentando disegni tecnici planimetrici definiti (con tramezzi e secondo standard vigenti) che aveva in seguito potuto cancellare solo dopo aver ricevuto il consenso amministrativo, per consentire all'appaltatore di costruire l'edificio di base vuoto.

Nei Paesi Bassi, i proprietari di immobili non possiedono un solo appartamento all'interno di un edificio, ma il diritto di utilizzare e assemblare/dividere più unità catastali all'interno di un edificio. Tutti i singoli proprietari di unità immobiliari sono membri della Property Owners Association (POA) che è un organo che ha il controllo sull'edificio nella sua integrità. Ciò che non possiede quest'organo è il terreno sotto l'edificio, che è regolato da un contratto di locazione con la municipalità. Nel caso di edifici gli appartamenti più grandi possono essere l'accorpamento di più unità catastali. Anche se la legge olandese lo consente, nei contratti di locazione dei terreni non sempre è consentito. Per la municipalità di Amsterdam, legalizzare un uso flessibile di un edificio e la possibilità di modificare ciascuna unità, significa addebitare canoni di locazione diverse per funzioni diverse, in modo da mantenere il controllo sull'edificio. Nel caso di una progettazione flessibile dove non si è a conoscenza di quanto sarà grande un appartamento, dove e come verrà utilizzato questo costituisce sicuramente un limite alla progettazione.

Nel caso studio Patch 22,¹¹ ultimato ad Amsterdam nel 2016, i progettisti hanno intrattenuto una trattativa durata due anni con il Comune di Amsterdam per redigere un nuovo contratto di locazione fondiaria che non imponesse di fatto vincoli cartacei alla progettazione. Al termine della trattativa l'edificio è stato diviso nel massimo numero possibile di unità catastali, e sono stati definiti un numero specifico di appartamenti ottenuti tramite la combinazione delle suddette unità catastali. In ogni caso, il contratto vincolava la destinazione d'uso delle singole unità ad uso residenziale. In una situazione ideale, questo vincolo sulla funzione specifica non dovrebbe esistere per poter consentire all'edificio di cambiare funzione in qualunque momento.

Questo registra di fatto un problema a livello globale nell'iter legislativo di un qualunque progetto che si intende approcciare alla flessibilità. *“Il conflitto tra la dinamica della realtà, e la sua incertezza, non può non essere più evidente a fronte della tendenza normata alla definizione progettuale più dettagliata, al massimo dello specialismo prestazionale, nella logica della totale rispondenza al programma e al livello esigenziale prestabilito.”* (Cupelloni, 2020)

È interessante notare la differenza tra nozione di “standard” nel caso nazionale italiano e nel caso dei Paesi del nord Europa (in particolare Norvegia e Paesi Bassi). L'architettura e la progettazione tecnologica presentano infatti restrizioni minime alla libertà e all'innovazione, (clausola presente all'interno dello stesso regolamento edilizio) motivo per cui troviamo molti esempi e casi studio di progetti realizzati, anche nell'ambito della flessibilità. Il concetto di libertà di progettazione è stato discusso più nei Paesi Bassi che in altri paesi studiati.¹² Una possibile risposta a questo

potrebbe essere l'uso di termini piuttosto astratti nell'ambito degli standard. Ad esempio, il decreto edilizio olandese utilizza il termine “stanza abitabile” al posto di soggiorno o camera da letto e “stanza con elettrodomestici per la preparazione dei cibi”, piuttosto che “cucina”.¹³ (Sheridan et al, 2003)

11. Frantzen T., Oussoren C., Van Eijken C. (2018). PATCH 22: A case Study. Open Building Conference Papers, Open Building Council (NL)

12. In generale, i regolamenti edilizi stabiliti dalle diverse autorità locali di un paese sono generalmente simili anche se non esiste un modello universale. Nel 1978 il Comitato nordico sui regolamenti edilizi aveva sviluppato un modello di requisiti tecnici a cinque livelli che alcuni paesi, come i Paesi Bassi, avevano tentato consapevolmente di seguire. Altri hanno ideato i propri sistemi basati sulle prestazioni. Altri hanno continuato a utilizzare i sistemi tradizionali. I regolamenti edilizi subordinati devono essere conformi a requisiti stabiliti a un livello superiore e di solito includono requisiti aggiuntivi o più severi. In una visione complessiva, sono ancora molte le differenze nell'organizzazione e nella formulazione dei regolamenti tecnici edilizi dei paesi dell'UE. Queste differenze costituiscono sicuramente un ostacolo alla libera circolazione di persone e servizi. Un quadro più uniforme dal punto di vista di regolamenti edilizi contribuirebbe a creare un mercato unico di servizi nel settore edile, in cui architetti e costruttori potrebbero essere incentivati a lavorare sul mercato internazionale.

1. Sheridan, L., Visscher, H. J., & Meijer, F. M. (2003). Building regulations in Europe Part II: A comparison of technical requirements in eight European countries. *Housing and Urban Policy Studies* 24.

14. Nel caso di progetti di modifica o ristrutturazione, il Decreto Edilizia conferisce all'esecutivo comunale (il Sindaco e gli Assessori) il potere di concedere esenzioni. Questo potere è destinato a casi in cui i requisiti, che sono stati pensati per nuovi edifici, siano considerati troppo onerosi. I requisiti per gli edifici esistenti specificano l'entità di tale potere e i livelli minimi che si applicano in caso di esenzioni per gli edifici di nuova costruzione.

Questo consente di andare oltre alla nozione di "standard" favorendo un margine di modifica e interpretazione successive maggiore. La formulazione delle norme del loro "Decreto Edilizio" è frutto del Programma di Azione per la deregolamentazione. In breve, i criteri per la regolamentazione sono i seguenti:

- deve essere giuridicamente esplicito ed equo;
- deve essere univoco e quindi misurabile e verificabile;
- dovrebbe presentare solo una minima restrizione alla libertà e all'innovazione nel design.

L'obiettivo è riportato nel titolo: "Decreto 7 agosto 2001 recante l'emanazione di norme relative all'edilizia dal punto di vista della sicurezza, della salute, della funzionalità, dell'economia energetica e dell'ambiente (Decreto Edilizio)". Questi obiettivi sono interpretati in cinque temi: la sicurezza include sicurezza antincendio e struttura, la salute è separata dalla sicurezza; viene introdotta la funzionalità e al posto di un unico tema di sostenibilità; troviamo capitoli separati per l'economia energetica e l'ambiente. Il "livello di rischio di performance" è contabilizzato in tre modi:

- Separazione dei requisiti per i nuovi edifici e livelli minimi di requisiti per gli edifici esistenti;¹⁴
- Individuazione dell'applicazione dei requisiti in materia di "funzioni utente" (user functions);
- Identificazione dell'applicazione dei requisiti in relazione a determinate dimensioni o occupazioni delle funzioni dell'utente.

Questi sono integrati da un capitolo introduttivo di "definizioni". Per i servizi, il metodo di determinazione è spesso un riferimento alle condizioni di connessione del modello delle società di servizi pubblici. Le note esplicative al Decreto Edilizio fanno riferimento anche a certificati attestanti la qualità dei materiali o dei prodotti, "Kwaliteitsverklaring", che possono essere utilizzati per dimostrare che soddisfano i livelli di prestazione richiesti dal Decreto. In Olanda il Ministero dell'edilizia abitativa, della pianificazione territoriale e dell'ambiente elenca i certificati di prodotto e di contratto, che riconosce come relativi a una o più clausole del decreto edilizio.

Al di fuori delle norme nazionali, il Decreto Edilizio non attribuisce alcuno statuto speciale alle linee guida progettuali che non siano sotto il diretto controllo del Ministero. Pertanto, un progettista che si avvalga di tali indicazioni deve verificare se soddisfa i requisiti funzionali e operativi. (Sheridan et al;2003)

15. Delibera 18.8.1934 n. 5261
Regolamento generale edilizio
del comune di Roma. (Testo
coordinato ed aggiornato)

Il Decreto Edilizio non offre esempi di soluzioni: la sua formulazione, utilizzando requisiti prestazionali, è intesa a consentire un elevato grado di libertà progettuale. Il Decreto consente 'soluzioni equivalenti' qualora una proposta non soddisfi uno o più requisiti operativi, magari per particolari caratteristiche del sito, o per l'utilizzo di materiali o tecniche costruttive innovative. In tali casi, lo sviluppatore deve dimostrare che la soluzione proposta soddisfa l'intenzione del requisito funzionale e il livello di prestazione descritto dal valore limite o dal metodo di determinazione.

Il nostro quadro nazionale individua gli standard con il D.M. n. 1444 del 2 aprile 1968, una norma che detta i limiti e le regole in materia urbanistica in Italia, valide su tutto il territorio nazionale e recepite dai Piani Regolatori Generali di ciascun comune italiano, così come sono oppure restringendo ulteriormente i limiti forniti *"di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti"*. È poi il comune di competenza che adotta il suo proprio regolamento edilizio che fissa le dimensioni minime e le altezze massime dei vari ambienti. Nel caso di Roma ad es. nell'articolo 40¹⁵ le dimensioni sono fissate a un minimo di 14 metri quadri per il soggiorno, le stanze delle abitazioni a 9 metri quadri, l'altezza massima interpiano a 2,70 metri quadri e così via, rendendo in ogni caso difficile un'interpretazione diversa da quella determinata sia dimensionalmente che funzionalmente (nel caso delle abitazioni). È evidente dunque che un sistema così organizzato presenta delle rigidità maggiori rispetto allo standard visto precedentemente. La conseguenza di ciò è che il margine di applicazione dei nuovi principi di flessibilità architettonica è ridotto e che sarebbe necessario un ripensamento del quadro complessivo.

Per approfondire la normativa di livello regionale è utile esaminare a scopo esemplificativo le normative della Regione Lazio. La legge norma gli ambiti nei quali devono perseguirsi gli obiettivi descritti attraverso i comuni, parti di territorio nei quali si possono eseguire interventi di ristrutturazione edilizia e urbanistica o interventi di demolizione e ricostruzione degli edifici esistenti con il riconoscimento di una volumetria o di una superficie lorda aggiuntive rispetto a quelle preesistenti nella misura massima del 30 per cento; il mutamento delle destinazioni d'uso degli edifici tra le destinazioni previste dallo strumento urbanistico generale vigente ovvero il mutamento delle destinazioni d'uso tra quelle compatibili o complementari all'interno delle categorie funzionali; la delocalizzazione, la ricostruzione e/o edificazione con premialità in aree trasformabili all'interno dell'ambito territoriale anche con trasferimento totale o parziale della volumetria esistente, la bonifica delle stesse. Le destinazioni d'uso individuate dalla legge sono all'interno delle seguenti categorie funzionali: residenziale, turistico ricettivo, direzionale, servizi e commerciale limitatamente agli esercizi di vicinato; produttivo, direzionale, servizi e commerciale limitatamente alle medie e grandi strutture di vendita. In sintesi il nostro regolamento assume un carattere specifico e rigido, forse troppo rigido per assecondare la natura complessa e dinamica del progetto flessibile, determinando soluzioni che si rivelano eccessivamente tecnicizzate e definite, dunque restie alle trasformazioni.

Interessante invece l'aspetto che riguarda gli edifici esistenti, per i quali sono previste premialità al fine di implementare il patrimonio edilizio energivoro. Per gli Interventi per il miglioramento sismico e per l'efficientamento energetico degli edifici la legge propone incentivazioni mediante premi sulla volumetria edificabile fino al 20 per cento della superficie utile esistente degli edifici a destinazione residenziale, per un incremento massimo di 70 mq di superficie. Punto a favore la possibilità di ottenere aumenti di volumetria in adiacenza o in aderenza rispetto al corpo di fabbrica, anche utilizzando parti esistenti dell'edificio, consente per l'appunto il riutilizzo e il mutamento di funzioni all'interno degli edifici, anche in zone di piano regolatore semicentrali, e quindi in ultima istanza una maggiore flessibilità nella progettazione.

5.2.4. Normative ISO in materia di adattabilità e smontaggio

L'ISO (international Organization for Standardization) è una federazione mondiale di organismi nazionali di normalizzazione (organi membri dell'ISO). Attraverso il comitato tecnico ISO, vengono redatti standard tecnici internazionali, delle quali ogni organo membro gestisce un argomento in particolare, per il quale poi viene istituito un comitato tecnico da cui viene rappresentato. Ai lavori partecipano anche organizzazioni organizzative e non governative internazionali, in collegamento con l'ISO.¹⁶

In particolare, **L'UNI EN ISO 20887: 2020** in materia di adattabilità e smontaggio è la più recente in materia di flessibilità costruttiva, e fornisce dei principi utili alla pianificazione della vita di edifici e opere di ingegneria civile, dando un contributo positivo in più allo sviluppo di edifici sostenibili e sicuramente più versatili. Mentre la progettazione degli impianti è un processo che cerca di garantire che l'arco di vita di un bene costruito eguagli o superi la sua vita di progetto, la progettazione per lo smontaggio e l'adattabilità costituisce una strategia per ottimizzare sia la vita degli impianti che quella del progetto. La strategia non implica l'eccesso di spazio per soddisfare un vasto numero di incognite. Da un punto di vista più ampio, il recupero e il conseguente riuso o riciclo delle componenti disassemblate e dei materiali potrebbe essere di supporto in prospettiva dello sviluppo di un'economia circolare.

Anche se in campo teorico e accademico le teorie che implicano la costruzione in *layers* sono oggi piuttosto consolidate, nel campo dell'industria delle costruzioni l'edilizia è sempre stata dipendente dai tradizionali metodi di assemblaggio e dai processi che non considerano la decostruzione in fase di progettazione: prodotti e materiali spesso non sono facilmente recuperabili per il riuso, riciclaggio o recupero di energia, e dunque si trasformano in rifiuto, spesso interrato.

Concepire gli edifici per poterli smontare facilmente fin dalle prime fasi della progettazione potrebbe migliorare anche le prestazioni dell'edificio nelle sue fasi di utilizzo, manutenzione (inclusa riparazione o sostituzione delle componenti, ristrutturazione) e

16. Nell'ambito delle normative ISO si ritengono di interesse anche la norma L'UNI EN ISO 14024:2018 (Etichettatura ambientale di Tipo I), definisce i criteri di certificazione per il conferimento del labeling, è di natura volontaria, multicriterio e la sua verifica viene svolta da terze parti (es. marchi Ecolabel EU e FSC); L'UNI EN ISO 14021:2016 (Etichettatura ambientale di Tipo II), che specifica i requisiti per le etichettature ambientali auto-dichiarate (es. marchio "Riciclabile"); L'UNI EN ISO 14025:2010 (Dichiarazioni ambientali di Tipo III), che si basa sull'analisi LCA (o Life Cycle Assessment, normata dalla normativa mondiale ISO 14040 del 2006) e assegna al prodotto certificato una documentazione tecnico-informativa (come la dichiarazione ambientale di prodotto EPD)

della sua fine (disassemblaggio, riuso, riciclo). Poter scomporre l'edificio in parti vuol dire esplicitare prima della costruzione stessa la modalità di recupero dei materiali con cui verrà costruita.

Gli aspetti di adattabilità della DfD/a (*design for disassembly and adaptability*) supportano l'idea di un uso continuativo di assetti costruiti per accogliere cambiamenti sostanziali tipici della nostra società (demografici, sociali, economici e tecnologici del contesto e delle sue necessità) all'interno di uno specifico assetto costruito esistente o in espansione.

La normativa si rivolge a tutti gli stakeholders interessati come finanziatori e costruttori dei manufatti edilizi, ma anche a progettisti e futuri utenti. Non tutti i principi sono ugualmente validi in tutte le fasi, ma è possibile implementare più dettagli, a livello di progetto. Le esigenze degli utenti potrebbero anche cambiare per quanto riguarda la loro limitazione delle capacità fisiche o delle loro necessità negli anni. Nel caso delle residenze, un edificio adattabile può consentire agli utenti di vivere una vita indipendente nel loro ambiente familiare il più a lungo possibile. La norma si propone di articolare il progetto seguendo vari obiettivi e livelli di analisi:

- specifico - per adattamenti noto/previsto,
- generale - per eventuali adattamenti futuri e sconosciuti.

Inoltre, gli adattamenti di un edificio possono essere sequenziali, ovvero che si verificano naturalmente nel corso dell'arco di vita (spesso non reversibili), o paralleli, in grado di eseguire varie funzioni, in genere ripetibili per un periodo di tempo. Gli adattamenti specifici, sia in parallelo che in sequenza, sono meno astratti e più chiaramente definiti nei requisiti funzionali e di norma prevalgono sugli adattamenti generali. Se i principi della progettazione universale sono presi in considerazione all'inizio (ad es. rispettando lo spazio necessario per manovrare un telaio di deambulazione o una sedia a rotelle, la larghezza della porta, l'assenza di soglie o l'installazione di rampe e ascensori), può evitare la necessità di costosa conversione in una data successiva. I principi di progettazione per l'adattabilità da prendere in considerazione secondo la norma sono:

- a) **versatilità**; ovvero la capacità di ospitare diverse funzioni con **modifiche minime alla struttura**
- b) **convertibilità**; ovvero la capacità di adattarsi a cambiamenti sostanziali delle esigenze degli utenti apportando **modifiche sostanziali**.
- c) **espandibilità**; è la capacità di un progetto o la caratteristica di un sistema di ospitare un cambiamento sostanziale che **supporta o agevola l'aggiunta di nuovi spazi**, caratteristiche, capacità e possibilità.

La norma in questione, dunque si pone come strumento pratico basato sulla comprensione delle interdipendenze tra componenti e livelli. In sostanza, più che uno strumento per valutare la flessibilità, come un insieme di strategie, strumenti e procedure per guidare e migliorare il design per la flessibilità, l'adattabilità ed il riuso.

La classificazione funzionale specifica della **UNI EN ISO 20887: 2020** è stata inoltre adottata nel sistema di certificazione BREAAM,¹⁷

ovvero il metodo di valutazione della sostenibilità leader a livello mondiale per la pianificazione generale di progetti, infrastrutture ed edifici. Il sistema riconosce e riflette il valore degli asset più performanti lungo tutto il ciclo di vita dell'ambiente costruito, dalla nuova costruzione all'uso e alla ristrutturazione. dell'edificio è stato intrapreso dal cliente e dal team di progettazione da Concept Design (RIBA Stage 2 o equivalente), che include raccomandazioni per misure da incorporare per facilitare l'adattamento futuro. Le misure di adattamento funzionale¹⁸ sono state adottate nella fase di progettazione per progettazione tecnica in conformità con le raccomandazioni della strategia di adattamento funzionale, ove pratiche e convenienti. La tabella 69 (fig. 1) si trova nella sezione "issue" **WST 06 (Waste)**, nell'ambito della categoria numero 10 che incoraggia la gestione sostenibile (e il riutilizzo ove possibile) dei rifiuti edili e operativi attraverso future manutenzioni e riparazioni associate alla struttura dell'edificio e agli interni. Incoraggiando le buone pratiche di progettazione e costruzione, le questioni in questa sezione mirano a ottimizzare il riutilizzo dei materiali, ridurre gli sprechi derivanti dalla ristrutturazione e dall'allestimento, nonché attraverso il funzionamento dell'edificio,

17. BREEAM - Sustainability Assessment Method [accessibile] https://www.breeam.com/ndrefurb2014manual/content/10_waste/wst06.htm

18. Di pari passo con l'architettura sostenibile, anche la materia delle certificazioni muove i primi passi dagli anni Settanta e Ottanta con le prime sperimentazioni in campo energetico, rimanendo però circoscritta all'ambito dei prodotti e alla dimensione degli impatti ambientali. Nel 1990 fu lanciata la prima certificazione (BREEAM) seguita dallo sviluppo di altri strumenti per monitorare la valutazione ambientale negli edifici, soprattutto per quanto riguarda la scelta dei materiali in base al loro ciclo di produzione: risale al 1996 lo sviluppo dello statunitense LEED, il protocollo ad oggi più conosciuto e diffuso, al 1997 il danese Energy Rating e al 1998 lo svizzero Eco-Bau. Dai primi anni 2000 si assiste a un'ulteriore crescita e utilizzo di tali metodi estimativi, con la loro conseguente estensione di applicazione, ad esempio nasce nel 2001 in Giappone la certificazione CASBEE, del 2003 è l'australiano Green Star e del 2004 il Protocollo ITACA (Italia).

Figura 1. Tabella 69

La tabella 69 fornisce esempi di misure di progettazione funzionale che possono essere adottate quando si considerano l'accessibilità, l'adattabilità spaziale e l'espandibilità. Misure di progettazione che consentano un adattamento futuro

incoraggiando la sua deviazione dalla discarica. Include inoltre il riconoscimento di misure per ridurre i rifiuti futuri a seguito della necessità di modificare l'edificio alla luce dei futuri cambiamenti climatici. La issue 06 in particolare incoraggia la considerazione e l'attuazione di misure per accogliere i futuri cambiamenti nell'uso dell'edificio e dei suoi sistemi nel corso della sua vita.

EDIFICIO	FLESSIBILITA' A LIVELLO DI COMPONENTI	FLESSIBILITA' SPAZIALE
TESSUTO E STRUTTURA mura perimetrali, involucro, attacco a terra, attacco al cielo	utilizzo di sistemi e prodotti che consentano una facile sostituzione	disposizione tale da aggiungere estensioni o modifiche per aumentare la capacità dell'edificio
IMPIANTI E SERVIZI elettrico e idraulico, condizionamento, scale e ascensori, sistemi antincendio	inclusione di requisiti di gestione e feedback della costruzione per esigenze operative future, utilizzo di prodotti o sistemi che consentano facili sostituzioni	previsione della capacità nell'infrastruttura per consentire l'espansione e l'adattamento futuri
PROGETTAZIONE INTERNA finiture, pavimenti, partizioni connessioni.	layout in griglie standardizzate uso di finiture intrinseche per consentire la sostituzione utilizzo di dimensioni dei materiali standardizzate	identificare o riconoscere potenziali requisiti funzionali futuri uso efficiente dello spazio per consentire qualsiasi aumento di spazio

5.2.5. Cenni sulle direttive in ambito di riuso

Di recente la preoccupazione per la questione climatica e la recente necessità di un adeguamento normativo sui temi della sostenibilità ha portato ad un aumento della ricerca nell'ambito delle certificazioni energetiche e dei marchi ecologici. In questo senso, sempre nell'ultimo decennio si assiste al varo di differenti norme europee e mondiali per l'etichettatura, le dichiarazioni ambientali e l'adeguamento energetico degli edifici. **La direttiva 2012/27/UE** esplicita l'importanza dell'efficienza nell'uso dell'energia nella Ristrutturazioni di immobili. Gli Stati membri stabiliscono una strategia a lungo termine per incentivare investimenti nella ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati. Tale strategia comprende:

- a) una rassegna del parco immobiliare nazionale fondata, se del caso, su campionamenti statistici;
- b) l'individuazione di approcci alle ristrutturazioni efficaci in termini di costi, pertinenti al tipo di edificio e alla zona climatica;
- c) politiche e misure volte a stimolare ristrutturazioni degli edifici profonde ed efficaci in termini di costi, comprese profonde ristrutturazioni per fasi;
- d) una prospettiva rivolta al futuro per guidare le decisioni di investimento dei singoli individui, del settore dell'edilizia e delle istituzioni finanziarie;
- e) una stima fondata su prove del risparmio energetico atteso, nonché dei benefici in senso lato. Una prima versione della strategia è pubblicata entro il 30 aprile 2014 e successivamente aggiornata ogni tre anni e trasmessa alla Commissione nel quadro dei piani d'azione nazionali per l'efficienza energetica.¹⁹

Tali direttive hanno evidente impatto anche nella fase di progettazione degli edifici e nella previsione del loro mantenimento e di una loro futura trasformazione per adeguarsi all'evolvere della situazione climatica e, visti gli eventi dovuti alla pandemia, anche

19. 2020, Eur Lex, accessibile online [<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=it>]

20. Principali aspetti ambientali nel settore delle costruzioni, ISTITUTO FONDAZIONE SVILUPPO SOSTENIBILE, accessibile on-line [http://www.comitatoscientifico.org/temi%20SD/industria/Industria_file/SECONDA%20PARTE_Edilizia.pdf]

al mutare degli stili di vita il quadro fornito dall'ENEA al Congresso ICMQ (SAIE Bo 2005) sulla certificazione energetica degli edifici costituisce un grande passo di consapevolezza verso la sostenibilità. Emerge nettamente che fra i tre settori principali dell'economia (industria, trasporti, residenziale-terziario) il settore più impattante in termini di consumi energetici è quello residenziale con il 41% del totale: valore in crescita secondo i dati riportati dal "libro Bianco (ENEA)". Infatti, secondo quanto attestato dal documento, i consumi del 2004 riguardanti nel complesso la costruzione e la ristrutturazione degli edifici, in termini di energia primaria, è pari a circa 190 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio). Tale dato percentuale è salito dal 41% al 45 % del fabbisogno nazionale, con un tasso dell'1% annuo di aumento.²⁰

Parimenti, il settore dell'edilizia nell'UE è il più grande consumatore di energia in Europa, assorbe il 40% dell'energia totale prodotta e presenta inefficienze per circa il 75% degli edifici. Dati questi bassi livelli di efficienza energetica, la decarbonizzazione delle scorte di edifici è uno degli obiettivi a lungo termine dell'UE. Questi dati ci dimostrano come la questione dell'efficienza energetica, che nella progettazione degli impianti sia strettamente interlacciata con il concetto di flessibilità in edilizia, in quanto la progettazione di impianti all'interno degli edifici da un lato ne limita fortemente le possibilità di trasformazione e modifica, mentre dall'altro offre eccezionali opportunità di rinnovamento e incentivazione economica al cambiamento di uso o alla sua ottimizzazione.

Gli strumenti di progettazione sostenibile e le certificazioni energetiche sono ormai largamente diffuse e provocano controversie e dibattiti ancora irrisolti. Infatti, mentre da un lato risultano di certo utili per una diffusione corretta sui temi della sostenibilità ambientale e delle sue implicazioni, dall'altro rischiano di schematizzare le pratiche da mettere in atto. Infatti spesso e volentieri le certificazioni sono monodirezionali e selettive e non considerano il contesto ambientale e sociale del progetto sottoposto ad esame, escludendo dunque gran parte di quegli elementi che definiscono la qualità di un progetto e che dialogano con tutti gli attori coinvolti.

5.3 Il capitale della flessibilità - Economia di mercato e parti interessate

“In tempi incerti anche nel costruire s’impone l’uso ragionevole delle risorse. [...] La parsimonia è necessaria non soltanto nella realizzazione di un fabbricato, ma anche e soprattutto nella sua gestione. Solo un edificio che richiede il minimo di mezzi per il suo funzionamento e il suo mantenimento è realmente economico. E solo un edificio siffatto è davvero sostenibile. Protegge il portafoglio del cliente e, al tempo stesso, protegge l’ambiente: consuma poca energia, emette poca anidride carbonica e non inquina l’aria, la terra e l’acqua.”²¹ Nel 1983 Nigel Slack, professore emerito della Warwick Business School, afferma in merito alla flessibilità rapportata alla produzione che la flessibilità abbia tre dimensioni: la gamma di possibili assetti che un sistema può adottare, il costo del passaggio da un assetto all’altro e il tempo necessario per il cambiamento tra i diversi assetti.²² Questo definisce la flessibilità come un processo relativamente rapido nel tempo, e lo mette in relazione con il rapporto tra beneficio/costo del cambiamento. Normalmente di un processo o di un prodotto edilizio si possono valutare prestazioni e qualità; si possono ad esempio fare previsioni sui costi di cantiere, misurare la quantità di rifiuti prodotti; allo stesso modo le prestazioni di affidabilità di un processo possono essere derivate dagli obiettivi e dai programmi di consegna, che combinati offrono il quadro complessivo di efficienza di un processo o un prodotto. Ma quale criterio di valutazione possiamo usare per determinare la flessibilità di un edificio? È molto improbabile che qualsiasi edificio costruito possa di fatto costituire un modello quantificabile da cui dedurre dati per elaborare una strategia.

Qualsiasi dato dovrebbe fare affidamento sulle opinioni di chi si occupa del suo utilizzo, della sua costruzione e della sua manutenzione, e su ciò che l’edificio potrebbe fare e in quali condizioni. Di conseguenza investire in un progetto che si dichiara flessibile diventa più rischioso a livello di investimenti, poiché a fronte di un esito incerto i costi di costruzione sono più elevati, dettati dalla necessità di utilizzare tecniche e materiali più innovativi della media²³ (Durmisevic, 2006). Le scelte di materiali, tecnologiche che si fanno nel presente infatti devono influire sulle scelte future,

21. (V.M. Lampugnani, Cinque proposte per costruire in tempi incerti | Five Proposals for Building in Uncertain Time, domus 1000, 2016)

22. Nigel Slack, (1983), "Flexibility as a Manufacturing Objective", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 3 Iss 3 pp. 4 - 13

23. Durmisevic, E. (2006); Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction, TUDelft. Consultabile. [<http://resolver.tudelft.nl/uuid:9d2406e5-0cce-4788-8ee0-c19cbf38ea9a>]

24. 2003: M.Clift, Life cycle costing in the construction sector, Industry and Environment - a quarterly review, Volume 26 No 2-3 Sustainable building and construction 2003

ma di fatto qualunque progetto si confronta con l'incertezza della conoscenza più avanzata delle tecniche e della società che ne dovrà usufruire. Per ogni progettista che si confronta con la flessibilità è necessario confrontarsi anche con il tempo, e dunque includere l'incertezza come dato di progetto, di conseguenza la flessibilità come unica premessa non è sufficiente a giustificare le scelte che si compiono nel presente, né a stabilire probabili usi futuri. Progettare spazi flessibili vuol dire progettare sia per gli usi presenti che quelli futuri, incoraggiando l'uso di uno sviluppo che si raccordi alla domanda del mercato, alla catena di produzione e all'utente finale, in un processo che consideri sia gli investimenti che il loro ritorno in termini di tempi e rischi. L'implementazione di questi processi richiede dei compromessi e dei trade-off, per compiere scelte che possono essere obbligate da fattori come la complessità tecnica, la mancanza di tempo e risorse, il rischio di obsolescenza e l'informazione limitata che abbiamo su costi o limiti ambientali dell'intero processo ambientale. È importante che tutte le parti coinvolte negli aspetti relativi alla progettazione, fornitura di prodotti, costruzione, messa in servizio, uso e manutenzione abbiano conoscenze sufficienti per attuare i risultati previsti. I progettisti hanno un ruolo importante nel considerare la flessibilità nei loro processi e per facilitare le migliori opportunità tecniche, economiche e ambientali.

Fino a poco tempo fa, gli investitori ritenevano che la maggior parte del rischio finanziario si verificasse durante la fase di costruzione. I costi durante la costruzione possono essere influenzati da condizioni impreviste del terreno, condizioni meteorologiche avverse, carenza di manodopera e materiale, superamento dei tempi, difetti e budget errati. Tuttavia, gli investitori che finanziano progetti a lungo termine si rendono conto che c'è ancora maggiore incertezza nelle fasi operative degli edifici. La mancanza di comprensione delle prestazioni degli edifici e della frequenza e del motivo per cui cambiano, e dove dovrebbe verificarsi la necessità di intervento, rende inaffidabile la previsione dei costi futuri.²⁴ (Clift, 2003) Nel segmento immobiliare l'Europa e i singoli paesi realizzano superfici che raddoppiano ogni 3 anni e che in Italia ha quasi raggiunto la cifra di 18 milioni di metri quadri. L'Europa ha deciso che il settore delle costruzioni è uno dei più produttivi e uno di quelli

che impattano di più e, e per questo è presente in tutti i piani di investimento al 2030 e al 2050. Sul come verranno investite queste risorse + il tema della salubrità e del comfort sono fondamentali. La centralità degli utilizzatori nell'utilizzo degli edifici è una utopia se non è visto in equilibrio con l'ambiente che lo circonda. I protocolli europei costituiscono di fatto delle linee guida importanti, ma allo stesso tempo sono strumenti perfettibili e valutano solo il rischio creditizio e finanziario, e non quello umano. È importante riportare la qualità realizzativa e progettuale al centro dei processi, di costruire edifici aperti e neutrali e di valorizzarli ai fini degli investimenti futuri. Dato che le esigenze dei proprietari e dei locatari cambiano, gli edifici devono essere rinnovati frequentemente, con conseguente costo e perdita economica per mancato utilizzo durante la ristrutturazione. L'analisi dei processi di ristrutturazione rivela che gli edifici richiedono modifiche in tutti i componenti, e che la varietà di tali modifiche è determinata dalle relazioni tra i sistemi. Includere strategie di flessibilità nel processo di progettazione aumenta il costo del budget in media di meno del 2% mentre consente, nell'ambito della prima ristrutturazione²⁵ un risparmio pari al 2% del costo di costruzione iniziale.

Le teorie che hanno studiato la standardizzazione dei profili di utenza sono state messe in crisi dalla crisi economica e pandemica, alla quale si aggiungono criticità in termini di proprietà, accesso alla casa, provenienza culturale, reddito, livello di istruzione per una buona fetta di popolazione europea. La società di oggi non risponde a dei modelli specifici né in ambito residenziale né per quanto riguarda gli spazi collettivi. Progettare rivolgendosi ad un modello di utenza specifica non è una strategia vincente in termini previsionali, poiché non tiene in considerazione la varietà di elementi che la caratterizzano né i possibili cambiamenti al suo interno. A questo si aggiunge un livello di difficoltà ulteriore, legato alla durata della permanenza degli usi.

Un progetto, sia nel caso di una riqualificazione che nel caso di un nuovo edificio residenziale o ad uso pubblico, è legato inevitabilmente al concetto di durata che, nell'ottica di questo paragrafo, ha un risvolto economico importante. Oggi esistono una varietà di casistiche in cui parliamo di usi temporanei, e quindi di

25. Report Ance/Censis, Un piano per le città Trasformazione urbana e sviluppo sostenibile. Materiali per una riflessione a tutto campo. Aprile 2012

26. Elio Bosio e Warner Sirtori.
Abitare. Il progetto della residenza
sociale fra tradizione e innovazione,
Maggioli Editore, 2010, p.132

27. Elio Bosio e Warner Sirtori.
Abitare. Il progetto della residenza
sociale fra tradizione e innovazione,
Maggioli Editore, 2010, p.134

durata breve, che sono localizzati specialmente in aree cittadine dove oltre ad un nucleo stanziale di famiglie (tradizionali ma anche allargate, single e conviventi) vivono gruppi di studenti, lavoratori con contratto a tempo determinato, turisti ecc. A questa richiesta di spazi eterogenei, che potrebbe identificarsi quasi come soggettiva, si affianca una domanda che raccolga i bisogni di tutti, volta alla sostenibilità economica, ambientale e sociale, i cui obiettivi sono la salvaguardia e gestione nel tempo delle risorse che includano le future generazioni.²⁶ La domanda si è diversificata su più livelli, generando nuovi modi di vivere lo spazio: dal cambiamento della struttura e del tempo per il lavoro all'innovazione tecnologica. A questa nuova domanda, tuttavia, risponde un'offerta non idonea e rigida al cambiamento. La maggior parte degli immobili sul mercato non sono efficienti dal punto di vista energetico, risalgono al dopoguerra e spesso sono caratterizzati da alti livelli di obsolescenza tecnologica e funzionale. In Italia, solo il patrimonio edilizio rilevato nell'anno del censimento Istat (2011) contava circa 59,1 milioni di cui l'84,3% ad uso residenziale: un parco immobiliare caratterizzato da bassa qualità tecnologica, architettonica e costruttiva, caratterizzata perlopiù da strutture obsolete che per il 55% richiedono manutenzione o sostituzione avendo più di 40 anni. È importante ricordare che fino agli anni '70 in Italia non vi era alcuna normativa relativa al risparmio energetico, un problema serio se si considera che gli edifici sono importanti cause di consumo e spreco energetico.

Diventa quindi importante, nel momento della progettazione, considerare la durabilità dell'edificio in modo da prevenirne la demolizione e il conseguente spreco di risorse. Inoltre, nello specifico caso dell'Italia, vi è anche una difficoltà legata allo stretto legame della produzione edilizia con le tecniche tradizionali, o tradizionali evolute.²⁷ Questo fattore limita la ricerca e la sperimentazione che le innovazioni tecniche possono aprire, come la produzione edilizia off-site. Poter lavorare all'oggetto architettonico fuori dal cantiere, non solo permette la riduzione di tempi e costi, ma anche di migliorare la vivibilità delle persone vicine al cantiere (o anche dentro all'edificio stesso) durante i lavori. Spesso domanda e offerta non si incontrano e questo si traduce in un'obsolescenza tipologica e omogenea che appiattisce le prospettive e il potenziale intrinseco nella diversità e complessità della domanda.

La progettazione architettonica ambientale dovrebbe promuovere una visione a lungo termine, oltre la consegna del prodotto finito e che continua oltre la visione del progettista, con l'uso. In un'ottica di passaggio dei poteri dal progettista all'utente, considerato come parte attiva del processo. La flessibilità, come indicata nel primo capitolo, è strettamente connessa alla partecipazione dell'utente, ora questa concezione sembra essere apprezzata da altri settori del mercato (ad esempio: Prodotti di arredo montabili e personalizzabili) e quindi ricercati in quello edilizio. La flessibilità diventa così un "amuleto sociale", e cioè una rigenerazione condotta e trainata dal basso, che crea partecipazione e capitale sociale.

Il cambiamento rapido oggi non è attuabile se non con interventi importanti e costosi in cui la qualità tecnologica si risolve in soluzioni mono prestazionali, relative ad esempio all'efficienza energetica. Le conseguenze spesso portano a risultati limitati e limitanti, che si dichiarano nuovi, ma sono anacronistici nella concezione, e non permettono agli utenti di essere guidati, conducendo all'immobilismo. Le esigenze della contemporaneità richiedono una nuova esigenza di flessibilità, che come in passato è legata a molteplici fattori, ridefinendo la qualità dell'abitare.²⁸

Dai progetti analizzati emerge che esiste un grande potenziale di ritorno economico in termini di investimento a lungo termine; difatti un finanziatore sarà più interessato ad un ritorno economico a seguito degli investimenti tecnologici effettuati e al comfort che ne trarranno i futuri utenti. La visione a lungo termine ha però bisogno di un'approvazione ad ampia scala in cui gli attori del processo e gli utenti si dividono il controllo dello spazio, ampliando la temporalità della progettazione e le sue modifiche e quindi il suo potenziale, in un'ottica di flessibilità che agisca su più livelli. Il potenziale di ritorno sull'investimento a lungo termine può essere visto come la capacità del patrimonio edilizio storico della città di ospitare funzioni mutevoli e soprattutto orientare i capitali, non solo privati ma anche pubblici, verso investimenti in beni che mantengono il loro valore nel tempo. Infine, la percezione della prestazione di un edificio varia in base al soggetto che ne gode: un finanziatore sarà più interessato ad un ritorno economico a seguito degli investimenti tecnologici, gli utenti daranno maggior rilievo al comfort interno.

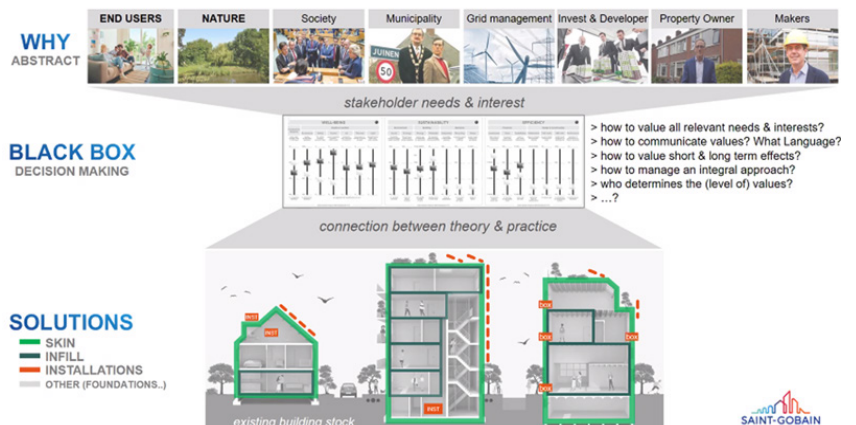
28. Spiga V; Robiglio M.; (2019) La flessibilità nella residenza contemporanea; Tesi Magistrale del Politecnico di Torino P.67

[1] Cupelloni L. (2020). Ambiti e finalità del progetto di ri-qualificazione. La progettazione tecnologica ambientale applicata alla compagine urbana. Working papers. Rivista online di Urban@it - 2/2020 ISSN 2465-2059

e alla sicurezza, un osservatore esterno noterà come l'edificio si inserisce nello spazio collettivo e il suo linguaggio formale. Sebbene la progettazione architettonica, la costruzione, il finanziamento e i metodi di regolamentazione varino, le questioni che affrontano sono simili e sono – ancora senza un nome comune – sempre più intese come un'estensione pragmatica della pianificazione infrastrutturale nella progettazione degli edifici

le aziende di costruzione sono sempre più coinvolte nel finanziamento di nuove soluzioni, dimostrandosi dei “volani” di innovazione per quanto riguarda servizi e prodotti che offrono sostenibilità, resilienza e controllo dell'utente. È il caso ad esempio della Saint Gobain, che nella sua campagna di investimenti ha sviluppato posizioni forti in segmenti di mercato in espansione: edilizia fuori sede, sanità, mobilità elettrica e chimica delle costruzioni. Nel settore delle costruzioni, Saint Gobain si è posta in prima linea come fornitore di materiali, soluzioni e servizi a basse emissioni di carbonio, coadiuvando le linee di ricerca del gruppo Open Building. Anche il sostegno dei privati genera sempre qualche ombra, poiché parliamo di grandi aziende che hanno chiaramente interessi nello sviluppare e portare avanti un certo tipo di proposta, c'è da dire che questo consente di attuare l'investimento iniziale: se le aziende collaborassero con le autorità decisionali politiche e gli stakeholders coinvolti nei processi, si abbatterebbero i costi iniziali a fronte di un investimento consapevole, condiviso e di lunga durata.

UNDERSTANDING & MANAGING COMPLEXITY



Il passaggio chiave dunque per minimizzare il rischio di investimento e massimizzare il profitto è riconoscere il cambiamento e il controllo del progetto condiviso come passo decisivo. Il rigido funzionalismo si è rivelato inefficace. In questo periodo di transizione, l'edificio aperto non dovrebbe essere scelto solo come soluzione tecnica, ma come obiettivo fondamentale di equilibrio di gestione e cambiamento, e le nuove tecnologie costringono investitori e clienti a pianificare il cambiamento. Il lavoro da fare è continuare a migliorare i meccanismi di governo della società rispondendo alle reali pressioni che deve affrontare l'ambiente edificato quotidiano contemporaneo. Per raggiungere lo scopo, oltre alle pratiche partecipative, si tratta di mettere in campo la ricerca scientifica sia a servizio della tecnologia e delle grandi aziende, che nello studio dei contesti ambientali e sociali per avvicinare domanda e risposta, e nello stesso tempo raggiungere il maggior numero possibile di *stakeholders*[1]. (Cupelloni, 2020)

1. Hertzberger H. (2000), *The Structure of The Ordinary*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Stati Uniti. p.210

5.4. SOCIETÀ FLESSIBILE

5.4.1. Verso Una Nuova definizione di “Fluidità Spaziale”

Come visto nei paragrafi precedenti, le esigenze degli utilizzatori finali di qualsiasi ambiente progettato e destinato allo svolgimento delle attività umane del progetto architettonico sono determinanti nell'immaginare nuovi modelli di spazio flessibile. La società plasma l'architettura e l'architettura diventa quindi il riflesso dell'equilibrio tra fattori politici, economici, sociali, tecnologici e ambientali legati al momento storico in cui il progettista, l'organismo politico e l'investitore economico si trovano ad operare. *“L'unico modo immaginabile per conciliare l'architettura e la nostra cultura, spinta come è dal cambiamento costante, si trova in una coscienza collettiva che può distinguere tra ciò che è fluido e mutevole e ciò che è stabile e preservabile, con la capacità di accogliere ripetutamente il nuovo. Questa capacità di conseguenza deve aver anticipato, per così dire, ogni atto espressivo e quindi contenere una sintesi di ciò che la condizione umana, nella misura in cui questa possiede una sorta di costante nei suoi strati più profondi, ha da offrire. Nel corso dei secoli, l'architettura è diventata un processo sempre più dinamico messo in atto nel tempo come una successione ininterrotta di trasformazioni che vede i monumenti letteralmente ridotti a momenti.”*¹

2. Gehl, J. (2020, July). Public Space & Public Life during COVID-19. <https://gehlpeople.com/announcement/public-space-public-life-during-covid-19/>

3. Honey-Rosés, J., Anguelovski, I., Chireh, V., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J., Mawani, V., McCall, M., Orellana, A., Oscilowicz, E., Sánchez-Sepúlveda, H., Senbel, M., Tan, X., Villagomez, E., Zapata, O. & Nieuwenhuijsen, M. (2019). The impact of COVID-19 on public space: an early review of the emerging questions – design, perceptions and inequities. *Cities & Health*. [online] <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1780074>

4. Olmo C.; (2003) *Architettura e storia*, Donzelli Editore

Questa condizione denuncia il bisogno di una riflessione sui moderni approcci progettuali, non solo in termini spaziali ma anche e soprattutto del nostro vivere insieme. Il concetto di permanenza è cambiato ed il concetto di proprietà che tradizionalmente veniva associato alle abitazioni come spazio vivibile deve essere reinterpretato; in un contesto virtuale, nomade e mutevole, confidiamo sempre più nelle nuove tecnologie e nella capacità di alterazione e trasformazione spaziale a-scalare. Inoltre, considerando la reale situazione di emergenza sanitaria dovuta al Covid-19, l'uso attuale dello spazio pubblico è significativamente ridotto² (Gehl,2020) e il suo futuro dipenderà strettamente da misure che saranno in grado di ripensarlo in modo flessibile e adattabile³ (Honey- Rosés et al, 2020) In un momento in cui il nostro ambiente costruito è costantemente alterato che, mutano le possibilità e le necessità collettive. In questa indagine collettiva ciò che consideriamo latente e al contempo in continuo stato di eccitazione è proprio un accumulo di una dimensione a-temporale che forse rappresenta uno dei sedimenti più attraenti dell'architettura. Come scrive Carlo Olmo *“Un'architettura non incorpora il tempo solo quando si decide di porre mano a essa. Le culture, le misure, le norme, il luogo, le ragioni e le argomentazioni, chiamate a sorreggere la necessità di costruire quell'opera, la distribuzione degli spazi dentro e attorno a essi contengono gli usi che nel tempo si sommano in quegli spazi, come tante matricosche, e generano ognuna scansioni diverse del tempo.”*⁴ Ogni progetto di architettura dunque ingloba le problematiche del tempo, del luogo e della società in cui viene progettato, nonché il bagaglio culturale e interpretativo di chi *“decide, progetta, costruisce”*. Anche il contesto normativo, in continuo mutamento, i confini geografici sono fattori determinanti, che influiscono profondamente nella progettazione. Si progetta o si modifica un edificio **sempre in risposta ad alcuni stimoli**, come il cambiamento dell'ambiente, le esigenze del proprietario/utente, ecc. e il livello di intervento è influenzato dalle caratteristiche fisiche dell'edificio, nonché dalle persone e dalle strutture organizzative che interagiscono con l'edificio. Newton, nel suo libro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687), sosteneva che lo spazio ed il tempo fossero in realtà due entità universali, distinte ed assolute. Queste concezioni hanno dominato la fisica e la cultura scientifica fino almeno al 1905, quando A. Einstein pubblicò la teoria della Relatività Speciale. Da

quel momento, spazio e tempo diventarono relativi, cioè dipendenti dal sistema di riferimento in cui si trova l'Osservatore. Non solo, spazio e tempo diventarono anche elastici, fondendosi a formare un unico tessuto, a quattro dimensioni, tre spaziali ed una temporale.⁵(Manzalini, 2021)

Con questa digressione ci si vuole concettualmente avvicinare all'idea che l'architetto deve avere nei confronti di una nuova "fluidità spaziale" e cioè "un'elasticità" applicata all'architettura. Il tempo trasforma lo spazio, che abita inevitabilmente qualunque progetto. Il sistema di riferimento di cui fanno parte "l'osservatore" dunque nel nostro caso specifico il progettista (che deve progettarlo) e l'utente finale (che fruisce del progetto), è temporaneo e relativo al momento in cui sono proiettate le loro idee e le loro necessità. Lo scopo di uno spazio elastico è quello di andare oltre la flessibilità fino a raggiungere la nozione di "indifferenza funzionale". Un'elasticità dunque che si traduce anche nel modo di pensare o meglio "ripensare" non solo la durata delle componenti tecnologiche dell'edificio o dell'autorialità di un'opera, ma anche alla durata delle funzioni che un'opera deve ospitare, ad esclusione di abitazioni e funzioni specializzate. Qualsiasi altra destinazione d'uso dovrebbe essere considerata "temporanea" e come tale pensata sia nel processo progettuale che costruttivo. Le soluzioni possono essere delineate secondo una originale declinazione di "non-finito", laddove la costruzione di spazi e sistemi intelligenti, fisicamente e tecnologicamente disposti all'adattamento, contenga fin dall'origine la possibilità della modificazione, senza che questa divenga laboriosa se non dannosa e traumatica.⁶ (Cupelloni, 2020)

5.4.2 I nuovi modelli organizzativi, i cambiamenti in atto pre-pandemia

Il capitolo è stato scritto e rivisto molte volte nel corso del periodo che ha scosso notevolmente la società e i tempi che stiamo vivendo. La Pandemia da COVID-19 ha segnato certamente un prima e un dopo, e dunque molti elementi si sono aggiunti giocoforza alla riflessione critica sulla nostra società. Si è pensato, per convenienza, di distinguere gli elementi e i modelli che stavano inevitabilmente cambiando già prima della pandemia, e inserire in un altro capitolo con alcune riflessioni dovute a quello che forse abbiamo capito in

5. A. Manzalini (2021). La Natura Fluida della Realtà. Speciale Fisica Quantistica in Scienze Biofisiche Ottobre-Dicembre. Rivista online. Accesibile [<https://www.medicinaquantistica.info/wp-content/uploads/2021/10/La-Natura-Fluida-della-Realta.pdf>]

6. Cupelloni L. (2020). Ambiti e finalità del progetto di ri-qualificazione. La progettazione tecnologica ambientale applicata alla compagine urbana. Working papers. Rivista online di Urban@ it - 2/2020 ISSN 2465-2059

7. Richard Sennett, L'uomo flessibile. Le conseguenze del nuovo capitalismo sulla vita personale. Feltrinelli, 1999 (ed.or. The Corrosion of Character, The Personal Consequences of Work In the New Capitalism, Norton, New York-London, 1998) p 45

8. Rapporto Istat 2021 https://www.istat.it/storage/rapporto-annuale/2021/Rapporto_Annuale_2021.pdf

questo (poco) tempo in cui stiamo ancora metabolizzando gli effetti di ciò che la pandemia ha comportato.

Per comprendere qualcosa di così complesso come il nostro ambiente costruito, dobbiamo cercare ciò che è comune nelle sue molte manifestazioni e costante nelle sue trasformazioni. Come per tutti gli studi sui fenomeni fisici, i modelli di cambiamento rivelano le leggi a cui sono soggetti. Allo stesso tempo, il cambiamento è conseguenza dei nostri interventi. Pertanto, imparando a vedere l'ambiente in termini di cambiamento, impariamo anche a capire i modi in cui ci organizziamo come agenti che agiscono su di esso. Nonostante ciò, la gran parte della società ha continuato a mantenere modelli economici obsoleti basati sull'organizzazione gerarchica e piramidale dei ruoli, su sistemi prestabiliti, improntati alla personalizzazione e soprattutto sulla redditività. Se nella società industriale e modernista, la stabilità era data dalla "(...) presenza combinata di grandi aziende, sindacati forti e garanzie introdotte dallo stato sociale",⁷ (Sennet,1998) ora tutto ciò viene messo in discussione dal diffondersi dei contratti di lavoro a breve termine o occasionali, accompagnati da un cambiamento strutturale all'interno delle nuove istituzioni.

Il modello di utenza a cui si devono rivolgere i futuri progettisti, sia in ambito residenziale che collettivo, ha subito profonde trasformazioni dettate dall'evoluzioni (o piuttosto involuzioni) demografiche. Diversi fattori come l'abbassamento del tasso di natalità e fertilità, l'aumento dell'età media della popolazione, l'evoluzione dei nuclei familiari, in un ruolo all'interno della famiglia e i flussi migratori hanno cambiato profondamente la struttura della popolazione europea e con essa gli effetti concreti, di notevole consistenza, sulla domanda di una società in continuo movimento.

Nel caso del settore residenziale, la famiglia tradizionale si è ormai evoluta in una tipologia relazionale diversa, che tiene conto di divorzi, convivenze, unioni consensuali e famiglie monoparentali. Il record negativo del minor numero di nascite toccato nel 2019 è stato di nuovo superato nel 2020. I nati della popolazione residente sono stati 404.104, in diminuzione del 3,8 per cento rispetto al 2019 e di quasi il 30 per cento a confronto col 2008, anno di massimo relativo più recente delle nascite.⁸

A partire dagli anni Duemila l'apporto dell'immigrazione, con l'ingresso di popolazione giovane e con comportamenti riproduttivi differenti, ha causato – anche a seguito dei ricongiungimenti familiari favoriti dalle regolarizzazioni della componente straniera irregolarmente presente – un leggero innalzamento di questo valore, ma sta lentamente perdendo efficacia man mano che aumenta l'età media della popolazione straniera residente e procede un processo di assimilazione nei comportamenti riproduttivi. Va comunque precisato che il calo di nascite registrato nel 2020 è stato influenzato solo in piccola parte dalla pandemia. In un paese come l'Italia, dove ancora i due terzi dei nati sono all'interno del matrimonio (anno 2019), il dimezzarsi delle nozze nel 2020 – e la riduzione ancora maggiore di coppie giovani al primo matrimonio – ha ridotto il numero di potenziali genitori, almeno rispetto al comportamento riproduttivo osservato fino a oggi. È, dunque, interessante domandarsi quali potrebbero essere gli effetti di breve e medio termine della contrazione dei matrimoni sulla natalità dei prossimi anni. Con i dati al momento disponibili è possibile avanzare una prima risposta delineando uno scenario che prende in considerazione la serie storica dei matrimoni celebrati in Italia dal 2014, al netto di quelli in cui gli sposi erano entrambi residenti all'estero (1,9 per cento nel 2020, 3,4 per cento media 2014-2019), componente verosimilmente marginale nel computo dei nati vivi della popolazione residente in Italia. I nati da genitori entrambi stranieri, scesi per la prima volta sotto i 70 mila nel 2016, sono arrivati a circa 63 mila nel 2019, riflettendo anche l'effetto delle dinamiche migratorie dell'ultimo decennio.

Anche a livello europeo la tendenza demografica è in decrescita, con un aumento dell'età media e il persistere di bassi livelli di natalità. Dagli anni '60 la popolazione è aumentata di 98,9 milioni, e nemmeno i livelli migratori hanno bilanciato un calo che è iniziato dagli anni '60, con un progressivo aumento anche dell'età media genitoriale. Alcune previsioni al 2050 elaborate dall'Eurostat, prevedono che la percentuale di over-65 arrivi al 28,1% del territorio europeo. Questo ha un'influenza diretta per esempio nel tipizzare la famiglia che utilizza oggi un appartamento: nel rapporto annuale Istat 2021 infatti, emerge come in Italia il modello dominante non risulta essere più la coppia di coniugi con figli (32% della popolazione), ma monopersonali di giovani adulti salgono al 7.9% le famiglie

9. [online] Rapporto delle Nazioni Unite, <https://undocs.org/en/E/2021/58>

10. Spiga V.; Robiglio M.; (2019) La flessibilità nella residenza contemporanea; Tesi Magistrale del Politecnico di Torino P.44

ricostruite ammontano ad un milione, e le libere unioni superano sono oltre il milione.

La fascia dei giovani che vanno dai 18 ai 30 anni, è legata all'instabilità dei contratti di lavoro che hanno più remore nel mettere su famiglia, o a lanciarsi nel mondo imprenditoriale. La tendenza è quella di cercare alloggi con contratti di affitto brevi, (a seconda di esperienze lavorative o di studio, dalla durata dei contratti etc.) spesso in alloggi condivisi in appartamenti da due a tre camere, che riflette la tendenza verso la progettazione di spazi ad personam, e di un mercato immobiliare che esclude inevitabilmente una grande fascia di popolazione. Infatti una buona parte dei giovani tra i 25 e i 35 non dispone di una casa propria nonostante abbia raggiunto un'indipendenza economica: il 42% vive con i genitori o in coabitazione, il 35% ha la proprietà dell'alloggio mentre il restante 22% abita in affitto. La condivisione degli spazi, sia in ambito residenziale che lavorativo ha generato nuovi modelli caratterizzati dalla temporaneità. Anche l'invecchiamento della popolazione genera conseguenze dirette sulla progettazione di spazi abitativi, per l'assistenza di cui necessitano e per permettergli di continuare a vivere in autonomia nelle loro case di appartenenza, sfruttando domotica e sistemi intelligenti.

Prima dell'inizio della pandemia di COVID-19 nel 2020, la crescita media dell'economia globale era già rallentata. La pandemia ha causato la peggiore recessione economica globale dalla Grande Depressione e ha avuto un impatto enorme sui tempi di lavoro e sui redditi. Nel 2020, l'8,8 per cento dell'orario di lavoro globale è stato perso rispetto al dato del quarto trimestre del 2019, che equivale a 255 milioni di posti di lavoro a tempo pieno e circa quattro volte superiore alle ore perse durante la crisi finanziaria globale nel 2009.⁹ I giovani e le donne nel mondo del lavoro erano già stati particolarmente colpiti dalla crisi del mercato del lavoro. Inoltre il lavoro in azienda tendeva già ad un'organizzazione "a rete": le promozioni, le assunzioni e i licenziamenti facevano capo a sistemi poco chiari e costanti, a condizioni di lavoro precarie e a qualifiche sempre poco definite.¹⁰ (Spiga, 2019) Un quadro dunque, che una crisi pandemica non poteva far altro che aggravare.

5.4.3 La pandemia e il suo impatto

Come più volte detto la tematica della flessibilità ha un senso nella misura in cui assume come peculiare caratteristica la capacità di adattare l'ambiente di vita costruito alle mutevoli esigenze della vita umana. A conferma della centralità di questa affermazione, e anche della sua attuale urgenza, ci sono gli ultimi eventi che ci hanno coinvolto globalmente. La pandemia ha fatto emergere nuove problematiche, quali la necessità del distanziamento sociale dovuto al Covid-19, la possibilità di lavorare in modo produttivo anche on-line, problematiche che si sono innestate su processi già in atto soprattutto nel mondo occidentale, come la mutata natura dei nuclei familiari. Anche se, come già detto, dall'inizio della pandemia di COVID-19 avvenuto nel 2020 la crescita media dell'economia globale era già rallentata, secondo l'ultimo rapporto del Dipartimento degli Affari Economici e Sociali delle Nazioni Unite la pandemia ha causato la peggiore recessione economica globale dalla Grande Depressione. Ha inoltre avuto un impatto enorme sui tempi di lavoro e sui redditi. Nel quarto trimestre del 2020, l'8,8 per cento dell'orario di lavoro globale è stato perso rispetto al dato dell'anno precedente, che equivale a 255 milioni di posti di lavoro a tempo pieno; una cifra circa quattro volte superiore alle ore perse durante la crisi finanziaria globale del 2009. I giovani e le donne sono stati particolarmente colpiti dalla crisi del mercato del lavoro. L'economia globale si sta lentamente riprendendo, sebbene l'attività potrebbe rimanere al di sotto dei livelli pre-pandemia per un periodo prolungato.¹¹ (United Nation Council, 2021). Come suggerisce Habraken, dobbiamo cercare di comprendere il funzionamento dell'ambiente costruito per migliorarlo, dalle conoscenze così acquisite, i nostri tentativi di migliorarlo e dunque cercare di decifrare quali impatti ha avuto la pandemia sul nostro modo di vivere gli spazi.

Nuove forme di flessibilità, non solo spaziali ma anche e soprattutto del nostro vivere insieme, si rendono necessarie e devono essere indagate. Il concetto di permanenza è cambiato ed il concetto di proprietà che tradizionalmente veniva associato alle abitazioni come spazio vivibile deve essere reinterpretato; in un contesto in continua evoluzione confidiamo sempre più nelle nuove tecnologie e nella capacità di alterazione e trasformazione spaziale a-scalare.

11. Liberamente tradotto da - Progress towards the Sustainable Development Goals - E/2021/58 [online] https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/28467E_2021_58_EN.pdf, ultimo accesso 03/09/2021

12. Gehl, J. (2020, July). Public Space & Public Life during COVID-19. <https://gehlpeople.com/announcement/public-space-public-life-during-covid-19/>

13. Honey-Rosés, J., Anguelovski, I., Chireh, V., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J., Mawani, V., McCall, M., Orellana, A., Oscilowicz, E., Sánchez-Sepúlveda, H., Senbel, M., Tan, X., Villagomez, E., Zapata, O. & Nieuwenhuijsen, M. (2019). The impact of COVID-19 on public space: an early review of the emerging questions – design, perceptions and inequities. *Cities & Health*. [online] <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1780074>

14. Richard Sennett, *L'uomo flessibile. Le conseguenze del nuovo capitalismo sulla vita personale*. Feltrinelli, 1999 (ed. or. *The Corrosion of Character, The Personal Consequences of Work in the New Capitalism*, Norton, New York-London, 1998) p 45

15. Zygmunt Bauman, (2002) *Modernità liquida*, Laterza, Roma-Bari (edd. or. *Liquid Modernity*, 2000.)

Inoltre, considerando la reale situazione di emergenza sanitaria dovuta al Covid-19, l'uso attuale dello spazio pubblico è significativamente ridotto¹² (Gehl,2020) e il suo futuro dipenderà strettamente da misure che saranno in grado di ripensarlo in modo flessibile e adattabile¹³ (Honey- Rosés et al, 2020). In un momento in cui il nostro ambiente costruito è costantemente alterato, mutano le possibilità e le necessità collettive. In questa indagine collettiva ciò che consideriamo latente e al contempo in continuo stato di eccitazione è proprio un accumulo di una dimensione a-temporale che forse rappresenta uno dei sedimenti più attraenti dell'architettura.

Tutti questi aspetti erano ben chiari da prima dell'inizio della pandemia e ci coinvolgevano in una realtà nella quale la volatilità di tutti i processi richiedeva l'apertura dei limiti delle nostre certezze, per permettere che le stesse si evolvessero. Nonostante ciò, la gran parte della nostra società ha continuato a mantenere modelli economici obsoleti basati sull'organizzazione gerarchica e piramidale dei ruoli, su sistemi prestabiliti, improntati alla personalizzazione e soprattutto sulla redditività. Se nella società industriale e modernista, la stabilità era data dalla "(...) presenza combinata di grandi aziende, sindacati forti e garanzie introdotte dallo stato sociale",¹⁴ (Sennet, 2006) ora tutto ciò viene messo in discussione dal diffondersi dei contratti di lavoro a breve termine o occasionali, accompagnati da un cambiamento strutturale all'interno delle nuove istituzioni.

Nei primi anni del 2000 il sociologo Zigmund Bauman aveva definito la nostra società "Liquida", equiparando il brusco passaggio da un sistema economico all'altro all'impatto che hanno i passaggi di stato in fisica, che si muovono da un sistema economico all'altro come i corpi fisici passano dallo stato solido a quello liquido: *"I liquidi, a differenza dei corpi solidi, non mantengono di norma una forma propria. I fluidi, per così dire, non fissano lo spazio e non legano il tempo. Laddove i corpi solidi hanno dimensioni spaziali ben definite ma neutralizzano l'impatto del tempo (resistono con efficacia al suo scorrere o lo rendono irrilevante), i fluidi non conservano mai a lungo la propria forma e sono sempre pronti (e inclini) a cambiarla; cosicché ciò che conta per essi è il flusso temporale più che lo spazio che si trovano a occupare e che in pratica occupano solo "per un momento":*¹⁵ In un'epoca in cui viene meno la sicurezza data dall'

abbondanza, dallo sviluppo delle industrie che indirizzavano verso la linearità della vita degli individui, certa, imperturbabile e sicura. (Spiga, 2019) La solidità dell'epoca moderna si sgretola lentamente aprendo la strada ad un nuovo momento rappresentato dall'incertezza, la temporaneità, la velocità, ma anche l'instabilità e la precarietà. La dirompente comparsa del Covid - 19, ha drammaticamente confermato la situazione socio-economica di cui parlava Bauman: una figura transitoria in continuo cambiamento, che fa sì che l'essere umano navighi nell'incertezza, in una società legata a fattori educativi, culturali ed economici.

Concetti strettamente condizionati da fattori economici e culturali devono fondersi per aprirsi a processi indeterminati più consoni alla nostra "società liquida". Gli edifici come parte del sistema infrastrutturale devono far fronte a molti cambiamenti nel corso della loro vita. Questi includono: la necessità di soddisfare le mutevoli esigenze dei proprietari e degli utenti; rispondere alle condizioni di mercato, ai requisiti legislativi e alle sfide del cambiamento climatico e di altri fattori ambientali come rischi di allagamento o calore; e migliorare le prestazioni tecniche e funzionali dell'edificio.

5.4.4 La pandemia e nuovi modi di vivere lo spazio

Allo stesso modo, oggi quest'incertezza latente appare come un'opportunità per generare nuovi processi di pensiero, necessari per dare risposta ad una realtà con natura mutevole o sconosciuta, i cui limiti non possono essere definiti o quelle che non hanno alcun limite. L'incertezza pertanto influenza anche la naturalezza delle nostre certezze, eliminandone la componente statica e rafforzandone l'evoluzione.

Lo smartworking ad esempio, ha comportato una vera e propria dematerializzazione dello spazio fisico, rendendo possibile svolgere l'azione di lavorare in qualunque momento e in qualunque luogo. Ciò ha acuito ancora di più la necessità di spazi ibridi, poco definiti, caratterizzati da un'indifferenza funzionale che consenta l'inserimento di più attività nello stesso momento. Le nostre case sono diventate di colpo ambienti polivalenti di intrattenimento, sport, lavoro, continuando a necessitare anche di spazi intimi e di convivialità.

16. Angelici, Marta and Profeta, Paola, Smart-Working: Work Flexibility Without Constraints (2020). Online Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3556304> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3556304>

Sia il posto flessibile che l'orario flessibile sono molto apprezzati dai lavoratori. Secondo la Sesta indagine europea sulle condizioni di lavoro, realizzata dalla Fondazione europea per il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro (Eurofound, 2017), i lavoratori apprezzano il controllo e la libertà su dove e quando lavorare, ovvero la possibilità di lavorare in un luogo diverso sia dall'ufficio che da casa, nonché un orario flessibile. Oltre il 20% dei lavoratori (uomini e donne) intervistati dall'indagine ha riferito che l'orario di lavoro non è adeguato ai propri impegni familiari e sociali. Il rapporto di Gallup conferma che la flessibilità degli orari è di crescente importanza e suggerisce che la propria casa è solo una possibile alternativa al posto di lavoro.

Circa il 37% dei dipendenti intervistati ha dichiarato che cambierebbe lavoro per benefici legati a un luogo di lavoro flessibile (per parte della settimana lavorativa) e più della metà degli impiegati (54%) ha dichiarato che lascerebbe il lavoro per uno che offre orari di lavoro flessibili (Gallup, 2017). Tra i millennial, queste percentuali riportate sono aumentate rispettivamente del 50% e del 63% (Angelici et al.; 2020). I millennial vogliono benefici che siano direttamente collegati alla loro vita e a quella dei loro familiari e sono disposti a cambiare lavoro per assicurarseli. Luoghi e orari di lavoro flessibili sono per loro una priorità, il che imporrà una riorganizzazione del lavoro per i datori di lavoro che vogliono competere per una forza lavoro moderna.¹⁶ Inoltre, la casa è solo una possibile alternativa all'ufficio, e non necessariamente l'alternativa più conveniente: può anche darsi che, a parità di riduzione del tempo di pendolarismo, il doppio guadagno di migliorare l'equilibrio tra lavoro e vita privata e aumentare la produttività possa essere ottenuto meglio quando i lavoratori lavorano in una biblioteca, in un parco, in un luogo diverso vicino alla loro residenza, o in un luogo che può cambiare senza il controllo del datore di lavoro, invece di casa, dove i loro doveri familiari possono interferire con la loro attività lavorativa.

Negli spazi pubblici di intrattenimento, di coworking e nelle scuole, le nuove tecnologie digitali arricchiscono e integrano i sistemi di apprendimento. Nelle scuole si parla di classe liquida e/o scomposta: ovvero aule che sono legate ad una differente gestione dello spazio e delle postazioni di lavoro, queste infatti rimangono flessibili all'interno dell'aula: "Una ragionata disposizione dei

banchi deve, pertanto, consentire di rispettare le esigenze didattiche degli insegnanti consentendo soluzioni alternative e praticabili senza che questi nuovi assestamenti trascurino l'attenzione alla tutela dell'efficienza visiva e sonora e siano rispettosi del mantenimento di una postura corretta ed equilibrata da parte degli alunni.¹⁷ (Indire, 2011) Le attività di Didattica a distanza prevedono la costruzione ragionata e guidata del sapere attraverso un'interazione tra docenti e alunni. Qualunque sia il mezzo attraverso cui la didattica si esercita, non cambiano il fine e i principi. Essa avviene attraverso il collegamento diretto o indiretto, immediato o differito, attraverso videoconferenze, video-lezioni, chat di gruppo; la trasmissione ragionata di materiali didattici, attraverso il caricamento degli stessi su piattaforme digitali e l'impiego dei registri di classe in tutte le loro funzioni di comunicazione e di supporto alla didattica, con successiva rielaborazione e discussione operata direttamente o indirettamente con il docente, l'interazione su sistemi e applicazioni interattive educative propriamente digitali. Il solo invio di materiali o la mera assegnazione di compiti, che non siano preceduti da una spiegazione relativa ai contenuti in argomento o che non prevedano un intervento successivo di chiarimento o restituzione da parte del docente, sono privi di elementi che possano sollecitare l'apprendimento e non sono quindi ritenuti parte della Didattica a distanza.

Tuttavia, la didattica e il lavoro a distanza attualmente avvengono in spazi non consoni alla situazione che stiamo vivendo, rivelandosi inadeguati in termini di dimensioni e mancanza di flessibilità, accentuando non solo i rischi per la salute, ma interferendo anche con la produttività del lavoro a distanza e delle prestazioni scolastiche.¹⁸ Con l'avvio dell'improvviso lockdown per contenere la diffusione della pandemia di COVID-19 infatti, le case di milioni di persone sono state riorganizzate in diversi modi: camere da letto trasformate in postazioni di lavoro, cucine in sale web-meeting, soggiorni in aule web, e balconi (se presenti) negli unici spazi di pausa.¹⁹ Gli spazi e dunque gli edifici influiscono su come e dove le persone socializzano; come gestiscono lo studio; il lavoro il relax e il tempo libero; quanta privacy hanno e come possono adattarsi alle emergenti condizioni di abitabilità dei luoghi (isolamento, instabilità).² Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

17. [online] <https://www.indire.it/2011/05/25/modelli-di-learning-landscape-per-le-scuole-del-futuro-prossimo/>

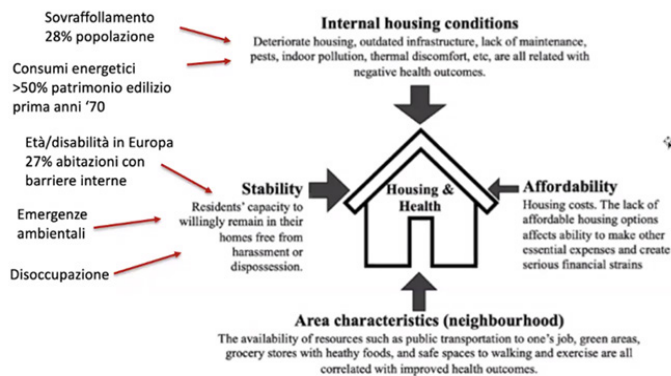
18. Lindert J. (2019) Environment and mental health: developing a research agenda. *European Journal of Public Health*. 4, November 2019;29 ckz185.074, <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz185.074> .

19. Signorelli, C., Capolongo, S., D'Alessandro, D., & Fara, G. M. (2020). The homes in the COVID-19 era. How their use and values are changing. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 92-94. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10125>

20. Royal Institute of British Architects (RIBA) The case for space. The space of England's new homes. RIBA 2011. <https://www.architecture.com/-/media/gathercontent/space-standards-for-homes/additional-documents/ribacaseforspace2011pdf.pdf>. (last access 25th June 2020)

infatti, lo spazio abitativo deve essere tale da garantire un'adeguata privacy per soddisfare le esigenze degli occupanti, essere accessibile e fruibile da un'utenza estesa ed essere sufficientemente ampio da ospitare comodamente persone di età diverse.²¹ Deve quindi rispondere a requisiti ergonomici, in modo da salvaguardare l'incolumità degli utenti, senza richiedere particolari misure di protezione e deve rispondere ad esigenze di privacy ed avere caratteristiche che ne consentano l'utilizzo per svolgere le attività quotidiane in totale sicurezza e benessere. Infatti, avere uno spazio adeguato in casa è un aspetto fondamentale del benessere e della salute, perché la distanza interpersonale e le relazioni spaziali tra le persone e l'ambiente giocano un ruolo fondamentale nel sentirsi a proprio agio o a disagio in una determinata situazione.²²

Garantire alloggi sicuri ed adeguati ed accessibili, i problemi emersi con il primo lockdown. Fonte: Daniela D'Alessandro (2021)



Problemi degli alloggi durante il lockdown per la pandemia di Covid-19

from Taylor 2018, modified

21. World Health Organization (WHO) (2010) International workshop on housing, health and climate change: Developing guidance for health protection in the built environment – mitigation and adaptation responses. October 2010. Meeting report. https://www.who.int/mediacentre/events/meetings/2010/housing_workshop/en/ (ultimo accesso 27 giugno 2021)

22.

23. Signorelli C, Capolongo S, Buffoli M, Capasso L, Faggioli A, Moscato U, Oberti I, Petronio MG, D'Alessandro D. Italian Society of Hygiene (SItI) recommendations for a healthy, safe and sustainable housing. *Epidemiol Prev*. 2016;40(3-4):265-270. <https://doi.org/10.19191/EP16.3-4.265.094>.

È quindi necessario adottare strategie mirate e soluzioni progettuali adeguate alle nuove necessità spaziali, prestando particolare attenzione alle dimensioni degli ambienti, per garantirne la salubrità, l'accessibilità e la flessibilità interna, al fine di consentire l'adattabilità a eventuali mutamenti della struttura distributiva, sia nel breve e a lungo termine.²³

tema	Indicatori per uno spazio salubre, sicuro e sostenibile	
Flessibilità, adattabilità, condivisione e affollamento degli spazi abitativi e funzioni conformi situate all'interno degli edifici.	Costruzioni esistenti	Nuove Costruzioni
	fruibilità e accessibilità almeno in termini di adattabilità degli spazi abitativi	fruibilità e accessibilità degli spazi abitativi
	flessibilità degli spazi interni	flessibilità degli spazi interni
	qualità degli spazi abitativi: mobili, standard dimensionali	qualità degli spazi: mobili, standard dimensionali, viste
	compatibilità tra le diverse funzioni dell'edificio	compatibilità tra le diverse funzioni dell'edificio
	flessibilità degli spazi condominiali (piani terra, interrati, piani liberi)	flessibilità degli spazi comuni dell'edificio (piani terra, seminterrati, piani liberi) ²⁴

Fonte: Signorelli, C., Capolongo, S., D'Alessandro, D., & Fara, G. M. (2020)

24. La tabella riassume alcune raccomandazioni scaturite dalla quarantena imposta durante la pandemia di COVID-19 di cui si dovrebbe tenere conto sia per la ristrutturazione di costruzioni preesistenti che per la realizzazione di nuovi edifici. Le raccomandazioni di Benessere e Salute Pubblica per un'abitazione sana, sicura e sostenibile sono inquadrate nei seguenti punti chiave: 1. Elementi e spazi verdi visibili e accessibili; 2. Flessibilità, adattabilità, condivisione e affollamento degli spazi abitativi e funzioni conformi situate negli edifici; 3. Riappropriazione dei principi e degli archetipi di base dell'architettura sostenibile, del comfort termico e della qualità dell'aria interna (IAQ); 4. Consumo di acqua e gestione delle acque reflue; 5. Gestione dei Rifiuti Solidi Urbani; 6. Automazione abitativa e campi elettromagnetici; 7. Materiali da costruzione e finiture per interni. Signorelli, C., Capolongo, S., D'Alessandro, D., & Fara, G. M.

(2020). The homes in the COVID-19 era. How their use and values are changing. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 92–94. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10125>

25. L. Capasso, S. Capolongo, A. Faggioli, M.G. Petronio, D. D'Alessandro (2015) . Living in a semi-basement in the era of floods. Italian law cause inequalities in health protection. *Ann Ig.* 2015 Mar-Apr;27(2):502 4. <https://doi.org/10.7416/ai.2015.2038> .

26. Antonello Sanna, Società, luogo e progetto. *Apprendere dalla crisi*, in *Techne* n 14, 2017

27. [online] Rapporto delle Nazioni Unite, <https://undocs.org/en/E/2021/58>

28. Eurostat 2018. Statistiche sugli alloggi. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Housing_statistics. (ultimo accesso 25 giugno 2021)

29. Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) XII Rapporto Qualità dell'ambiente urbano. Edizione 2016. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/statodellambiente/xii-rapporto-qualita-dell2019ambiente-urbano-edizione-2016>. (ultimo accesso 25 giugno 2021)

5.4.5. Gli elementi di criticità e i target al 2050

La condizione di precarietà della nostra società post-pandemica a reclama con forza l'apertura di spazi di riflessione, e a ricercare nuove soluzioni per quelle realtà che hanno dimostrato avere una dimensione marcatamente temporanea, obbligandoci a riconoscere la loro crescita eterogenea e la necessità di nuove strategie sufficientemente flessibili per adattarsi all'esistenza di un futuro incerto, in costante mutamento.²⁶

Anche se la crescita media dell'economia globale era già rallentata, la pandemia ha causato la peggiore recessione economica globale dalla Grande Depressione e ha avuto un impatto enorme sui tempi di lavoro e sui redditi. Nel 2020, l'8,8 per cento dell'orario di lavoro globale è stato perso rispetto al dato del quarto trimestre del 2019, che equivale a 255 milioni di posti di lavoro a tempo pieno e circa quattro volte superiore alle ore perse durante la crisi finanziaria globale nel 2009.²⁷ I giovani e le donne nel mondo del lavoro sono stati particolarmente colpiti dalla crisi del mercato del lavoro. L'economia globale si sta lentamente riprendendo, sebbene l'attività possa rimanere al di sotto dei livelli pre-pandemia per un periodo prolungato. Dopo una crescita media di circa il 2% dal 2014 al 2018, il PIL reale globale pro capite è aumentato solo dell'1,3% nel 2019 e si stima che sia diminuito del 5,3% nel 2020 a causa della pandemia. Si prevede che il PIL reale globale pro capite aumenterà nuovamente del 3,6 per cento nel 2021 e del 2,6 per cento nel 2022.

Prima dell'inizio della pandemia, il lavoro informale rappresentava il 60,2 per cento dell'occupazione globale, equivalente a 2 miliardi di persone con lavori informali caratterizzati da una mancanza di protezione di base, compresa la copertura della protezione sociale. Più di tre quarti, 1,6 miliardi di lavoratori informali, sono stati significativamente colpiti dalle misure di blocco legate alla pandemia o stavano lavorando nei settori più colpiti. Sono ad alto rischio di cadere nella povertà e sperimenteranno maggiori sfide nel riconquistare i loro mezzi di sussistenza durante la ripresa.

Dal punto di vista dimensionale, l'Istat segnala che più di un quarto della popolazione residente italiana vive in condizioni di sovraffollamento²⁸ e il 20% delle abitazioni presenta problemi di degrado da umidità e notevoli problemi strutturali.²⁹

Questi problemi sono molto più diffusi per quanto riguarda la popolazione immigrata.³⁰ Situazioni simili si riscontrano anche in altri paesi, come descritto, ad esempio, dallo studio CABE,³¹ che ha evidenziato come molti individui considerino lo spazio disponibile in casa insufficiente o inadeguato per lo svolgimento delle attività basilari della vita quotidiana. Spazi non conformi alle caratteristiche adeguate e alle esigenze degli utenti possono porre ostacoli alla piena fruizione degli ambienti o rappresentare una fonte di pericolo. Gli impatti sulla salute di uno spazio abitativo inadeguato sono vari: molti sono associati al sovrappollamento, altri all'accessibilità.³² (D'Alessandro, D., Gola, M., Appolloni, L., Dettori, M., Fara, G. M., Rebecchi, A., Settimo, G., & Capolongo, S. 2020).

Oltre agli aspetti legati alla Pandemia, questi elementi di criticità e indeterminatezza segnano la necessità di spazi diversi da quelli costruiti fino ad ora. Anche se con i superbonus e gli incentivi si sta cercando di venire incontro alle difficoltà e alla precarietà lavorativa e abitativa della società di oggi, una copiosa fascia di popolazione ha difficoltà ad accedere al credito e al mercato della residenza. L'utenza collegata al mercato della residenza e del lavoro è cambiata, dovuta anche alle trasformazioni demografiche degli ultimi vent'anni, questo può essere considerata una seria criticità che si traduce in alloggi troppo onerosi e lunghe liste d'attesa per gli alloggi sociali.

In questo quadro, L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nel 2015, fornisce un progetto condiviso per il presente e il futuro delle persone e del pianeta. I 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG), sono un urgente invito all'azione da parte di tutti i paesi - sviluppati e in via di sviluppo - in un partenariato globale.³³ Riconoscono che la fine della povertà e di altre privazioni deve andare di pari passo con strategie che migliorano la salute e l'istruzione, riducono le disuguaglianze e stimolano la crescita economica, il tutto affrontando il cambiamento climatico e lavorando per preservare i nostri oceani e le nostre foreste. Gli SDG si basano su decenni di lavoro da parte dei paesi e delle Nazioni Unite, incluso il Dipartimento per gli affari economici e sociali delle Nazioni Unite.

La Divisione per gli obiettivi di sviluppo sostenibile (DSDG) del

30. Dettori M, Altea L, Fracasso D, Trogu F, Azara A, Piana A, Arghittu A, Saderi L, Sotgiu G, Castiglia P. (2020). Housing Demand in Urban Areas and Sanitary Requirements of Dwellings in Italy. *J. Environ. Public Health.* 2020;1–6 <https://doi.org/10.1155/2020/7642658>.

31. Lo Studio Ingegneri Associati CadAcademy& BimEngineering (Studio CABE) fondato nel 2013 fornisce servizi integrati per il settore delle costruzioni di ingegneria e di architettura, dalla scala territoriale a quella architettonico-tecnica, con particolare specializzazione nel controllo operativo del processo edilizio, dalle attività di progettazione, alle fasi di realizzazione degli interventi, ai compiti di gestione attesi durante la vita utile dell'opera conclusa.

32. D'Alessandro, D., Gola, M., Appolloni, L., Dettori, M., Fara, G. M., Rebecchi, A., Settimo, G., & Capolongo, S. (2020). COVID-19 and Living space challenge. Well-being and Public Health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 61–75. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10115>

33. UN, Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals>

Tabella 2.1 Riferimenti e indicatori dagli obiettivi di sostenibilità DG11

dipartimento degli affari economici e sociali delle Nazioni Unite (UNDESA) fornisce un supporto alle SDG e le relative questioni tematiche, tra cui acqua, energia, clima, oceani, urbanizzazione, trasporti, scienza e tecnologia, il Global Sustainable Development Report (GSDR).

Ai fini della tesi, sono dunque stati isolati gli obiettivi, le macro categorie e gli indicatori al 2050 dove il concetto di flessibilità in architettura potrebbe avere un impatto positivo. Ai fini della tesi, sono dunque state isolate le macro categorie e gli indicatori al 2050 qui quali il concetto di flessibilità in architettura potrebbe avere un impatto. In particolare l'Obiettivo 11 consiste nel rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili. Ciò significa anche l'accesso a un alloggio sicuro e conveniente, che sta diventando più difficile per le giovani generazioni in tutto il mondo.

Macro-Categoria	SDG Target	Indicatore associato alla flessibilità
Inclusività	11.3	1. Impatto percentuale della partecipazione diretta della società civile alla pianificazione e gestione urbana.
	11.2	2. Entro il 2030, garantire l'accesso per tutti a un alloggio adeguato, sicuro e conveniente e servizi di base e aggiornare baraccopoli
accessibilità	11.a	4. Attuazione di piani di sviluppo urbano e regionale basati su proiezioni demografiche e sul fabbisogno di risorse.
sostenibilità	11.3	5. Tasso di consumo dei terreni.
	11.6	6. Adozione di misure di mitigazione e adattamento per ridurre l'impatto ambientale.

5.4.6. Le trasformazioni “dal basso”

Il processo di trasformazione agisce su strutture più o meno flessibili e soprattutto, come analizzato, risponde ad una domanda sociale di spazi da abitare e da vivere: per questo si deve almeno menzionare anche una dimensione “inconsapevole” della trasformazione, quella non progettata ma inevitabile, quella delle occupazioni spontanee, dal basso. Le occupazioni sono fenomeni sociali molto attuali e diffusi nella nostra società, che spinta da contingenze e forti necessità come quella dell'emergenza abitativa trasformano interi stabili in complessi residenziali, ribadendo ancora una volta il carattere sociale e democratico di qualunque progetto. Un fenomeno anche sostenibile, che conferma quanto sia importante la riqualificazione piuttosto che la statica conservazione di edifici vuoti in abbandono e degrado.

Prima della pandemia, le città avevano un numero crescente di abitanti delle baraccopoli, un peggioramento dell'inquinamento atmosferico, spazi pubblici aperti minimi e un accesso conveniente limitato ai trasporti pubblici. Gli impatti diretti e indiretti della pandemia di COVID-19 stanno rendendo ancora più improbabile il raggiungimento di questo Obiettivo, con un numero maggiore di persone costrette a vivere negli slum, dove la qualità della vita sta peggiorando e la vulnerabilità è in aumento. Il numero di abitanti degli slum ha continuato a crescere nel corso degli anni, superando 1 miliardo nel 2018. Gli abitanti degli slum sono più diffusi nelle tre regioni dell'Asia orientale e sudorientale (370 milioni), Africa subsahariana (238 milioni) e Centro e Asia meridionale (226 milioni).³⁴

Possiamo guardare al progetto architettonico in sé come ad un atto trasformativo, poiché è di fatto un intervento che apporta modifiche all'equilibrio del territorio. Possiamo distinguere sempre un "prima" e un "dopo" nel progetto di architettura, sia per le nuove che per le vecchie costruzioni. L'azione architettonica è sempre un'alterazione del nostro intorno, quindi progettare non è che ripensarlo un'altra volta, un tentativo di trasformare continuamente la realtà (costruita o figurata) per riadattarla al nostro pensiero. Il progetto ha dunque un carattere proiettivo, e in questo, la flessibilità dello spazio si pone come cerniera tra passato (stratificato nelle condizioni contestuali da conoscere e interpretare) e futuro, anticipato dal progetto e dalla prefigurazione di nuovi equilibri possibili. Il tempo è un fattore mutevole, parlare di flessibilità significa anche parlare di sostenibilità, di un progetto che va avanti "per tentativi ed errori"³⁵ (Friedman, 2017).

Non esiste progetto architettonico o tecnica costruttiva che non sia soggetta alla reinterpretazione nel corso dei secoli, a dimostrazione del fatto che di un'architettura, più che dello stile formale, rimane la qualità spaziale e materiale.

Il processo di trasformazione e di riqualificazione degli oggetti architettonici, ovvero l'atto di interpretare in modo diverso un'area o un contenitore vuoto attribuendogli una funzione diversa da quella di partenza, si disloca nel tempo secondo una sequenza passato-presente-futuro ed anticipa gli assetti a venire attraverso una procedura che riattualizza il passato, stratificato nei caratteri estetico-formali e tecnico-costruttivi³⁶ (Bovati, 2017).

34. Fonte: Progressi verso gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile – E/2021/58. Accessibile online <https://sdgs.un.org/goals/goal11>

35. Marco Arrigoni, Tetti e ripari: l'idea di architettura di Yona Friedman, «il Tascabile», 24 febbraio 2020

36. Bovati Marco (2017), Il clima come fondamento del progetto, Georg W. Reinberg, Marinotti, Milano, pp. 33-34

37. Dati tratti dal sito ufficiale dell'intervento. [Online].
Accessibile: <https://www.spintimelabs.org/drupal/spintime>
[Accesso: 12-Giu-2019].

38. CSA La Tabacalera accessibile online: <https://latabacalera.net/c-s-a-la-tabacalera-de-lavapiés/>

È il caso per esempio a Roma degli “Spin Time Labs”, dove l'ex sede Inpdap, dal 2014 ospita più di 150 nuclei familiari.³⁷ (SpinTime, 2017) Un edificio di rappresentanza che era progettato per uffici e che oggi è un vero e proprio condominio, con una comunità che organizza attività, concerti e manifestazioni pubbliche. I 4800 metri quadri di laboratori offrono alla collettività una vera mixité funzionale; dalla falegnameria (che produce attrezzature per gli eventi e mobili per i diversi spazi dell'edificio) a corsi di sartoria, di disegno, di tango o arti marziali, stesura di testi teatrali, intaglio del legno, fino ad arrivare ad un corso di birra artigianale. Un altro interessante caso europeo, che sottolinea quanto gli iter burocratici, le tempistiche concorsuali e i costi di costruzione spesso si dimostrino insostenibili è quello de “la Tabacalera”, ovvero la ex- Manifattura Tabacchi di Madrid. Sgomberata nel 2000, subito dopo la privatizzazione di La Tabacalera/Altadis l'edificio è rimasto in stato di abbandono e conseguente degrado per dieci anni, nonostante i reclami e le battaglie per aprire l'edificio ad un quartiere povero di spazi pubblici.³⁸ Nel novembre 2007 il Consiglio dei Ministri aveva approvato un accordo per la creazione del Centro Nazionale delle Arti Visive (CNAV), la cui sede doveva essere situata nella Tabacalera. Il 29 luglio 2008 sette squadre di architetti vengono invitate via e-mail a presentare una proposta, e nel novembre 2009 il progetto di Nieto e Sobejano si aggiudica la gara. Il progetto, ha un costo di 30 milioni di euro, non viene realizzato per mancanza di budget e la DGBA propone che l'associazione culturale SCCPP realizzi un progetto artistico-culturale nell'edificio.

Questa associazione, che aveva partecipato ai dibattiti cittadini sul futuro dell'edificio, estende la proposta ad altri gruppi e abitanti del quartiere Lavapiés e accetta l'incarico dalla DGBA (Dirección General de Bellas Artes), firmando un contratto di un anno in cui si impegna a sviluppare un progetto denominato Centro Sociale Autogestito La Tabacalera, utilizzando 9.200 mq dei 30.000 di cui dispone l'edificio.

Dopo due anni in cui la situazione giuridica dipendeva da quel contratto e da un rinnovo per un altro anno, LTBC, articolata come un progetto autonomo, chiede alle autorità di stipulare un contratto di cessione d'uso che desse stabilità, nell'edificio e nel tempo, attraverso l'esperienza partecipativa dei cittadini. Tale incarico entra quindi in vigore nel gennaio 2012, per un periodo

di due anni, prorogabile di due a due fino ad un massimo di otto. Il trasferimento è stato effettuato all'Associazione Culturale CSA La Tabacalera de Lavapiés, associazione creata dall'assemblea del centro sociale -e alla quale chiunque può aderire- con l'unico obiettivo di avere una figura giuridica valida che potesse farsi carico del trasferimento. Nello statuto dell'associazione si esplicita che essa non interferisce con le decisioni del CSA, lasciando la materia nelle mani dell'assemblea e delle commissioni che gestiscono il centro, tutte aperte a chiunque voglia partecipare.

La Tabacalera diventa quindi un centro sociale, che promuove la partecipazione diretta dei cittadini alla gestione del pubblico dominio. Un centro culturale che concepisce la cultura come un concetto inclusivo, che racchiude le capacità creative e sociali dei cittadini. Queste capacità includono non solo la produzione artistica, ma anche l'azione sociale, il pensiero critico e la diffusione di idee, opere e procedure che cercano di espandere e democratizzare la sfera pubblica.

39. Rete di gruppi autonomi che si autosostentano proponendo attività culturali <https://sindominio.net/fiambreira/scppp/septiembre/organizacion.htm>



Ancora più significativo è l'esempio a Caracas della David Tower. Il grattacielo, progettato con l'intento di essere lo sfarzoso simbolo di potere del gruppo finanziario Confinanzas del Banco Metropolitano del Venezuela, è diventato il più grande edificio al mondo ad essere stato oggetto di squatting abusivo da parte di famiglie in difficoltà economica, tanto da conquistarsi il titolo di Favelas verticale. La struttura, voluta dal banchiere venezuelano David Brillembourg, doveva essere una moderna torre di Babele, simbolo dell'ambizione economica del paese: 45 piani, terzo grattacielo più alto del Venezuela e ottavo in tutto il Sud America. Nel 1994 la crisi economica bloccò il progetto, e dal 2007 è abitata da oltre 2.500

famiglie, con numero di nuclei familiari che varia da 1.400 a 2.500.⁴⁰

Il progetto è stato premiato alla Biennale di Venezia “Common Ground” nel 2012 come perfetto esempio dell’abitare collettivo informale, “*Il grattacielo mancato*” un premio non solo al progetto ma soprattutto agli abitanti dell’edificio che, nonostante le condizioni, sono stati in grado ridare nuova vita e destinazione d’uso ad un edificio lasciato incompiuto e abbandonato.



Alcune immagini Della Torre David
– di David Brillembourg, Caracas
fonte: <https://designtellers.it/architecture/la-torre-david-a-caracas-e-altri-progetti-come-sogni-infranti-di-rinascita/>

Come architetti e progettisti abbiamo una grande responsabilità nell’immaginare il futuro del pianeta: si stima che nel 2050 la popolazione raggiungerà i 9,7 miliardi, Questo significa che più che cercare nuovo spazio dobbiamo cercare di reinventare e salvare quello che abbiamo. Dobbiamo utilizzare il pensiero creativo e il design per incorporare edifici antichi, storici o attualmente esistenti nel presente e nel futuro delle nostre città, adattandoli con sensibilità e con l’utilizzo delle nuove tecnologie e del design bioclimatico.

Ci sono tanti modi per implementare il riutilizzo adattivo negli edifici, così come precedentemente affermato, c’è una maggioranza di spazio edificato rispetto a quello edificabile, quindi la domanda sta nel dove e come iniziare. Quali aspetti dovremmo avere in mente prima di affrontare un progetto di riqualificazione? In che modo affrontare questi progetti? Gli edifici non devono più mirare solamente al principio di sostenibilità ma devono essere rigenerativi o “restorative”⁴¹ (Restore, 2017), e quindi non solo conformarsi al luogo in cui vengono progettati ma essere in grado di apportare miglioramenti al loro contesto, motori attivi in un mondo che cambia troppo velocemente. La risposta possibile in questo senso può essere la flessibilità e le strutture esistenti offrono grandi opportunità e margini d’azione.

40. Dati tratti dal sito ufficiale dell’intervento. [Online]. Accessibile: <https://www.spintimelabs.org/drupal/spintime> [Accesso: 12-Giu-2019].

41. Liberamente tradotto da COST, “CA16114 - REthinking Sustainability TOwards a Regenerative Economy (RESTORE),” 2017. [Online]. Accessibile: <https://www.cost.eu/actions/CA16114/#tabs%7CName:overview>. [Accesso: 12-Apr-2019].

ABSTRACT (INGLESE)

After framing the historical and current context, it is interesting to investigate the impact of historical knowledge on contemporary processes of flexible design. In fact, we can say that the awareness of past experiences and identified theories does not end, but becomes the baggage of today's designers and their design approach. The research object of our study offers us the possibility of knowing and rediscovering what has been derived from the past and how it has been developed in the field of flexibility in the light of new technologies and new stimuli from society. That is, it is possible to understand which strategies have worked, how they have evolved, to identify the problems encountered along their path. Since each solution is temporary and closely linked to its actuality, it is interesting to select some of the contemporary experiments considered to be the most innovative, also because the possibility of creating truly modifiable building structures based on the diversification of uses and the changing social, environmental and technological demands appears today really feasible as demonstrated by various real estate transactions carried out or in progress.

CAPITOLO 6 CASI STUDIO: FLESSIBILITÀ E PROGETTO CONTEMPORANEO

ABSTRACT

Poiché i risultati della ricerca scaturiranno da una riflessione tra pensiero e progetto, la selezione di casi appropriati è importante per trarre risultati concreti che possano aggiungere valore alla ricerca. Lo scopo di questo metodo è acquisire conoscenze generali sul caso, essere meglio preparati e identificare quali strategie siano state implementate nella progettazione degli edifici e per quali ragioni. La ricerca oggetto del nostro studio ci offre la possibilità di conoscere e valutare le strategie sviluppate nel campo della flessibilità alla luce delle nuove tecnologie e dei nuovi stimoli della società. Pertanto, la definizione dei criteri è fondamentale per stabilire le condizioni per la selezione dei casi, che possono contribuire in modo significativo alla ricerca. La ricerca teorica, l'inquadramento scientifico e le condizioni al contorno serviranno come base per la ricerca empirica. È possibile cioè capire quali strategie hanno funzionato, come si sono evolute, individuarne ostacoli e possibilità. Poiché ogni soluzione è temporanea e strettamente legata alla sua attualità, è interessante selezionare alcune tra le sperimentazioni contemporanee ritenute più innovative. La possibilità di creare organismi edilizi realmente modificabili in base alla diversificazione degli utilizzi e al mutare delle richieste sociali, ambientali e tecnologiche appare oggi realmente attuabile come dimostrato da diverse operazioni immobiliari realizzate o in corso di realizzazione.

6. CASI STUDIO: FLESSIBILITÀ E PROGETTO CONTEMPORANEO

6.1 Criteri e obiettivi di analisi

Con l'obiettivo di indagare l'applicabilità e la rilevanza delle strategie individuate nei capitoli precedenti, la prima parte di questo studio è stata quella di indagare quali di queste sono state effettivamente implementate in progetti reali considerati innovativi e, quali invece non siano state prese in considerazione in caso negativo. Le teorie e gli studi presentati nei capitoli precedenti fino ad oggi sulla progettazione aperta e sugli edifici polivalenti offrono una panoramica abbastanza completa di ciò che può essere fatto dagli architetti per generare flessibilità. Si è inoltre cercato di dimostrare come questa potrebbe davvero aumentare la sua efficacia dando valore a lungo termine agli investimenti pubblici e privati nel settore delle costruzioni, e di come ogni cambiamento debba necessariamente rispondere a una normativa. Per ridurre il campo d'analisi, la definizione di flessibilità è stata ridotta a due punti cardine: in primo luogo la possibilità di cambiare uso/tecnologia/servizi; in secondo luogo la capacità di un edificio e delle sue parti di adattarsi all'evoluzione della domanda degli utenti. Da ciò è possibile trarre due importanti considerazioni: gli edifici e le loro parti dovrebbero essere entrambi in grado di accogliere cambiamenti (senza essere modificati) e di essere modificati/ammodernati (nel caso in cui non siano più in grado di accogliere cambiamenti).

A fronte dell'esistenza del requisito creato da uno stimolo esterno, come un ambiente in evoluzione, le esigenze del proprietario/utente, ecc. la capacità di rispondere a questo requisito può essere vista come il grado di flessibilità degli edifici. Per selezionare i casi studio, sono state poste, in relazione a quanto studiato ed evidenziato nei precedenti capitoli, delle domande relative all'edificio, alle sue componenti e al suo contesto fino ad arrivare alle soluzioni tecnologiche e le componenti adottate. Per quanto riguarda le componenti, si è dato risalto alla parte strutturale e agli impianti.

Questo riporta il focus della ricerca sul fatto che progettando edifici, si deve fare una distinzione tra i componenti con un ciclo di vita lungo, quello che noi vediamo come fondamentale e che costituisce di fatto la caratteristica principale del progetto, e le componenti con una vita utile limitata e per questo adatti a soddisfare le esigenze a breve termine. È essenziale che i tratti tipici degli edifici mantengano il massimo grado possibile di durabilità, vale a dire che la struttura sia conservata integra nel tempo. È questo aspetto che, nell'ottica della sostenibilità, conferisce una rinnovata rilevanza al concetto di flessibilità.

Conoscere la flessibilità, tabella riassuntiva delle domande poste in relazione alle architetture individuate

DESTINAZIONE D'USO	Quali usi è possibile far coesistere, quali e in che modalità.
CONTESTO	Quali soluzioni sono state adottate in relazione al contesto territoriale, legislativo, economico in cui esse si inseriscono.
FUNZIONE	È importante chiarire, prima ancora del modo in cui si intende realizzare la flessibilità, per quale tipologia di utenti si sta progettando.
DURABILITA'	Questa soluzione è durabile nel tempo? È possibile convertire l'edificio ad altri usi? Quali sono i suoi tempi di costruzione?
TECNOLOGIA	Attraverso quali tecniche/tecnologie, sulla base dei precedenti parametri, si intende realizzare la flessibilità?

In generale, possiamo dire che i parametri sono organizzati in modo da analizzare:

COSA (su programma e funzione),

CHI (su chi rende possibile l'intervento, come proprietà e / o finanziamenti),

QUANTO (sulle dimensioni relative e assolute),

COME (o strategia di progettazione: immagine, materiale e struttura).

6.2. Metodologia

I casi studio vengono utilizzati per indagare modalità e strategie di intervento. La selezione dei progetti è stata effettuata tra casi di nuova costruzione, progettati dagli anni '70 ad oggi, che includessero la flessibilità come obiettivo di progetto. La valutazione è stata supportata dalle categorie della norma UNI 20887 del gennaio 2020, (versatile, convertibile, espandibile) che fornisce uno standard di confronto comune rilevante a livello internazionale. Sono stati raccolti casi rappresentativi per i sistemi più diversi e più simili, in modo da costruire un quadro di indagine diversificato, seguendo un processo in due fasi. Al termine della prima fase sono stati individuati 48 casi, tra questi è stato effettuato un processo di selezione basato sulla omogeneità (in termini di nuova costruzione, superficie totale dell'intervento e attualità di progettazione) e sulla variazione (in termini di soluzioni adottate, contesto geografico e normativo). Per raggiungere gli obiettivi della ricerca è stata condotta un'analisi qualitativa sui 15 casi progettati negli ultimi 15 anni, ritenuti rappresentativi e coerenti con l'obiettivo della ricerca. Le schede iniziali sono esplicative dei progetti, quindi volte alla comprensione dei casi studio.

SCALA DI TRASFORMAZIONE	BREVE TERMINE	MEDIO TERMINE	LUNGO TERMINE
GRUPPO (norma uni EN ISO 20887)	ARCHITETTURA VERSATILE Strutture e spazi versatili facilitano utilizzi alternativi nel corso di una giornata o di una settimana con modifiche di sistema minime. Nel progettare per la versatilità per l'adattamento specifico, è importante considerare le esigenze degli utenti mirati. Avere uno spazio che può ospitare molti usi può ridurre l'impronta complessiva dell'edificio, modifiche nel layout attraverso il trasferimento dei componenti, senza modifiche significative.	ARCHITETTURA CONVERTIBILE spazi singoli per molteplici usi. la convertibilità si ottiene progettando lo spazio per facilitare piccole modifiche non strutturali agli spazi interni (ad esempio, partizioni, soffitto e finiture) o arredi per soddisfare esigenze mutevoli, su base non frequente o irregolare o in un momento futuro. La convertibilità per molteplici usi può migliorare la redditività di uno spazio e ridurre la necessità di altre strutture, riducendo così il consumo di risorse ed energia	ARCHITETTURA ESPANDIBILE l'espandibilità comporta la progettazione per consentire aggiunte verticali o orizzontali nello spazio in pianta. L'espansione verticale può richiedere la considerazione delle tolleranze strutturali delle fondazioni e nella sovrastruttura per sopportare carichi più grandi o consentire la possibilità di aumentare facilmente la capacità portante della struttura senza gravi disagi per gli occupanti. Per espandersi orizzontalmente, la progettazione deve facilitare lo smontaggio di pareti, involucri o pareti divisorie esistenti in modo che lo spazio possa essere ampliato senza danni significativi e i materiali possano essere riutilizzati, sul progetto esistente o su un altro.

6.3 Selezione dei casi

La selezione dei casi studio si basa su tre diversi criteri: **caratteristiche del progetto, dimensioni del progetto e innovatività**. Seguendo il primo criterio si sono scelti progetti di nuova costruzione, che dichiarano nelle intenzioni una certa flessibilità e che prevedono una destinazione d'uso mista. Il secondo criterio considera **l'estensione del progetto in termini dimensionali**, in modo da avere casi più o meno omogenei a parità di superficie costruita. Infine il terzo riguarda l'età di progettazione degli interventi, perché si è deciso di considerare **i casi più rispondenti alle condizioni in cui ci troviamo attualmente (in termini di contesto normativo, sociale e tecnologico)**, ideati negli ultimi quindici anni e che verranno **realizzati massimo entro il 2022**. Combinando i criteri precedenti, si sono riscontrati frequentemente casi Olandesi, Belgi e Americani. Per questo si è scelto di confrontare per **somiglianza nell'approccio tecnologico e normativo** i casi somiglianti nella metodologia di processo e nella loro regolamentazione. In Belgio, nei Paesi Bassi e nei Paesi Nordici, come già evidenziato, il processo di nuova costruzione risponde difatti alle politiche economiche nazionali e alle strategie comunali a diverse scale. I processi sono gestiti da strumenti normativi, attuati attraverso normative strategiche. Alla scala locale, gli interventi di nuova costruzione sono individuati come azioni strategiche secondo un programma di partenariato pubblico-privato.

Un ulteriore criterio di selezione è stato poi quello di scegliere edifici la cui validità prestazionale è stata verificata da **certificati Green Building**, per verificare l'impatto che le soluzioni hanno a livello ambientale.

1. MOBILIS

XAVEER DE GEYTER ARCHITECTS (XDGA)

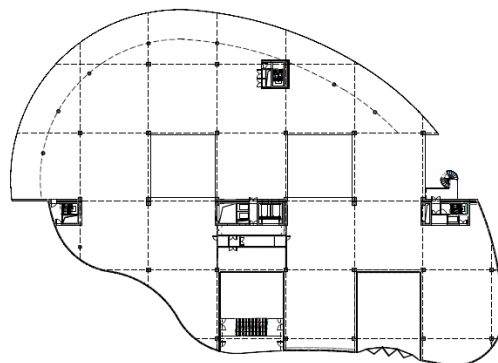


1.Progettisti	Xaveer De Geyter Architects (XDGA)	
2.Committente	Immobiliare privato - D' Ieteren Immo	
3.Sito	Bruxelles (Belgio)	
4.Tipo di edificio e funzione	Progetto ad uso misto con una superficie totale sviluppata di 35.000 m ² . L'edificio è stato progettato per ospitare ogni tipo di funzione. Ai livelli inferiori saranno allestiti locali di vendita e officine per i marchi Volkswa-gen, ŠKODA e SEAT/Cupra. Il resto dello spazio, fino al tetto compreso, è destinato a spazi commerciali, ristoranti, servizi dedicati allo sport e al coworking, aree di parcheggio.	
5.Anno di costruzione	Previsto il Completamento entro il 2022	
6.Sottosistemi e/o componenti del-le prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	La struttura primaria è formata da una griglia strutturale sovradimensionata in calcestruzzo, con una maglia di 16,2 x 16,2 metri e un'altezza di 7 metri. Le solette in calcestruzzo sono calcolate con un'elevata capacità portante per diversi tipi di funzione, comprendenti usi industriali e produttivi e per una durata di 100 anni.
	6.2 Materiali	La facciata comprende una struttura smontabile secondaria in acciaio e vetro con una vita utile di 50 anni. L'interno dell'edificio sarà dotato di materiali e sistemi altamente smontabili, in quanto questo sarà il più frequentemente adattato e sostituito. Il più alto possibile riutilizzo dei materiali esistenti sul sito è la chiave.
	7.2Soluzioni tecnologiche ambientali	L'edificio riutilizza tutte le componenti derivate dalla demolizione del vecchio edificio, per questo ha vinto il premio Be Circular. L'energia sarà generata principalmente dalla tecnologia geotermica. L'edificio inoltre utilizza pannelli solari fotovoltaici, coperture a giardino e sarà a bilancio idrico neutro con un sistema di drenaggio dell'acqua piovana.
	7.3Impianti	Impianti integrati nei solai, completamente smontabili e sostituibili. Energy neutral, climate proof, circolare e in lizza per il livello massimo di certificazione BREAAAM.
	7.4. Mobilità	Mobilis è un progetto che dà forma alla mobilità del futuro e costituisce così un connettore tra la città, i suoi abitanti e l'economia.

Tipo di edificio e funzione

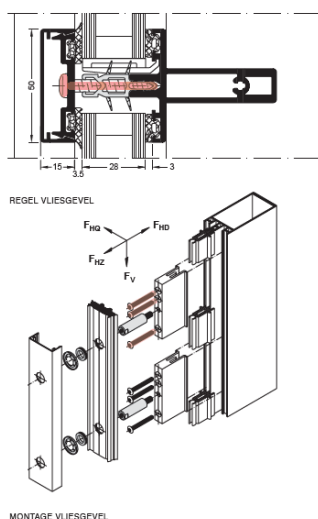
"L'idea di base non è quella di creare un edificio che possa adattarsi all'infinito a nuove attività, ma di ideare una struttura in cui tutto possa succedere." Xaveer de Geyter.

Mobilis si propone come un progetto multifunzionale, flessibile e sostenibile, e occuperà il vecchio sito industriale di Anderlecht-Industrie. (XDGA 2020), L'edificio è una delle massime espressioni tecnologiche di una visione ambiziosa, incentrata su innovazione, sostenibilità e flessibilità. Il nome Mobilis è ispirato allo scrittore francese Jules Verne. In armonia con il motto Mobilis in mobili ("muoversi in mezzo alla mobilità" o "cambiare nei cambiamenti") che compare nei romanzi di Verne, il sito rifletterà la natura mutevole della mobilità.

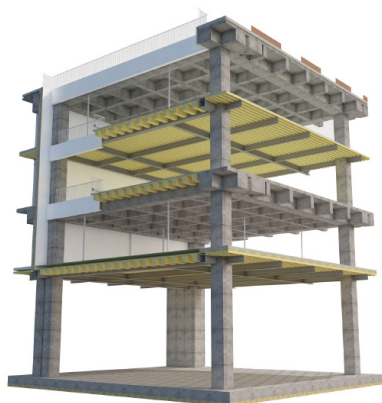


1. Mobilis (accessibile on-line)
<https://mobilis.brussels/en>

2. Bopro (Accessibile on-line)
<https://www.bopro.be/projects/mobilis>



sopra: dettagli di connessioni smontabili in facciata. sotto: Schemi strutturali, forniti dallo studio Courtesy Xavier de Geyter Architects.



Il sito esistente misura 10.400 m² l, e lascia posto ad un progetto urbano misto con una superficie totale sviluppata di 35.000 m². l'edificio ospiterà una grande varietà di tipologie di attività, tra cui il "garage del futuro." Lo studio delle funzioni comprende non solo quelle previste all'apertura del progetto, ma anche quali funzioni sarà possibile sostituire e con quali modalità. Infatti anche se il piano inferiore ospiterà locali a servizio di automobili, queste saranno destinate a scomparire e l'edificio sarà in grado di cambiare radicalmente uso. Ai livelli inferiori saranno allestiti locali di vendita e officine per i marchi Volkswagen, ŠKODA e SEAT/Cupra. Il resto dello spazio, inclusa la copertura, è destinato ad attività produttive con ristoranti, agricoltura urbana, negozi, e commerciali, hub, palestre e spazi di co-working.¹ (Mobilis, 2021) l'intero interno dell'edificio può essere convertito rapidamente per ospitare attività completamente diverse. Ad esempio, lo spazio interno potrà diventare studio, spazio di produzione, hotel, cinema o showroom, uffici, open space, un parcheggio, e così via. Questo significa che Mobilis non avrà bisogno di essere demolito, se e quando l'edificio cambierà destinazione d'uso, consentendo agevolmente cambiamenti di programma nel tempo.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

l'edificio è stato pensato in "layers" e cioè a strati smontabili e sostituibili a seconda della loro durata. Mobilis è stato progettato per una durata di 100 anni a partire dalla struttura in cemento, ed è progettato per massimizzare la flessibilità delle strutture secondarie al suo interno. (Bopro, 2020). Tutti gli elementi sono pensati in una gerarchia che permette massima flessibilità negli interventi di manutenzione.

Sistema statico-costruttivo

La struttura primaria è costituita da una struttura in calcestruzzo, la cui maglia misura 16,2x16,2 metri per un'altezza di 7 metri. Le solette in calcestruzzo sono calcolate con un'elevata capacità portante (sovradimensionate) per consentire diversi tipi di programmi industriali e produttivi e per una durata di 100 anni.² La facciata comprende una struttura smontabile secondaria con una vita utile di 50 anni. Anche La facciata è progettata per fornire vari tipi di

utilizzo dell'edificio con il comfort necessario. L'interno dell'edificio sarà dotato di materiali e sistemi altamente smontabili.

Per rendere la costruzione più efficiente possibile, è stato utilizzato il sistema BIM per ogni aspetto della progettazione dell'edificio. Questo per avere un maggiore controllo in fase di costruzione ed evitare potenziali problemi pratici sul posto. Dopo l'accettazione, il modello BIM verrà trasmesso alla nostra divisione Proprietà. In questo modo possono garantire un'agevole gestione sostenibile dell'edificio

Materiali

Dopo la demolizione del vecchio edificio, ne è stato realizzato un inventario, dai mobili per ufficio alla struttura in cemento. Questo ha permesso di smaltire le componenti in modo totalmente circolare fino alla struttura principale. Elementi come pavimenti rialzati, piastrelle, porte interne, scale, porte sezionali, strumenti da officina, gli apparecchi di illuminazione, gli impianti idraulici e sanitari ed i vari apparecchi elettronici sono stati offerti sul mercato per essere riutilizzati e le travi in legno sono state riutilizzate da terzi. La vecchia struttura in calcestruzzo funge inoltre da aggregato per le nuove componenti. Altri materiali come lastre di granito e mattoni sono stati riutilizzati per il nuovo progetto.

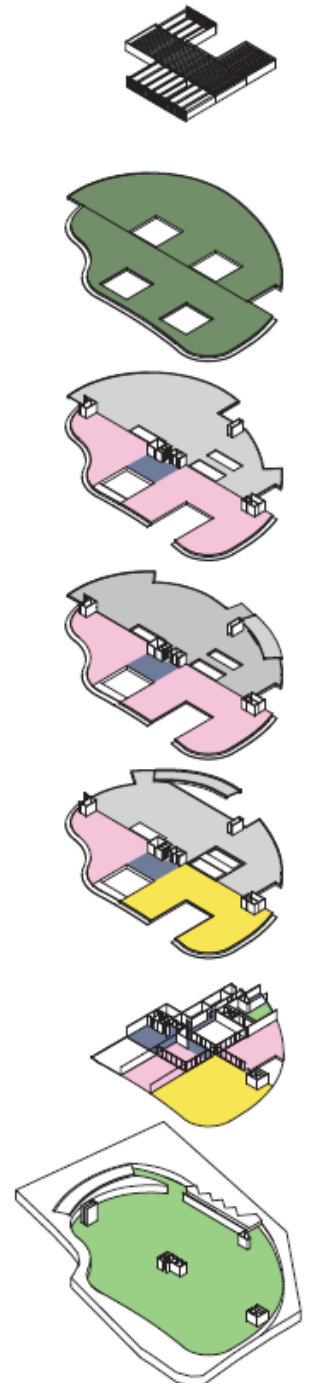
Prestazioni energetiche dell'edificio

Il livello di ambizione fissato per il progetto è il livello di certificazione BREEAM più alto raggiungibile, ovvero "outstanding". L'idea, le tecniche, la scelta dei materiali e il metodo di attuazione sono orientati al raggiungimento di questa ambizione estremamente sostenibile.

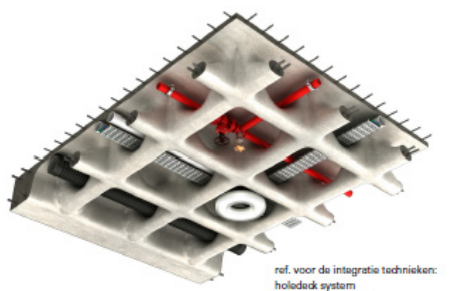
Soluzioni tecnologiche ambientali adottate

L'energia sarà generata principalmente dalla tecnologia geotermica, il che significa che il fabbisogno energetico del progetto sarà soddisfatto in gran parte da fonti rinnovabili. I pannelli solari fotovoltaici sul tetto renderanno Mobilis ad energia zero. La struttura è pensata anche per ridurre al minimo la domanda di acqua di rete con un efficiente sistema di drenaggio dell'acqua piovana del tetto. Ciò garantirà che più acqua piovana possa

Programma funzionale e dettaglio degli impianti, Courtesy of Xavier de Geyter Architects.



3. Région de Bruxelles Capitale,
https://urbanisme.irisnet.be/pdf/RRU_Titre_1_FR.pdf



NIV 4

■ GIARDINO, RISTORANTE, SERRA

NIV 3

■ PARCHEGGIO ESTERNO.
 ■ COMMERCIALI
 ■ COLLEGAMENTI

NIV 2

■ PARCHEGGIO ESTERNO.
 ■ COMMERCIALI
 ■ COLLEGAMENTI

NIV 1

■ PARCHEGGIO ESTERNO
 ■ SHOWROOM
 ■ COMMERCIALI
 ■ COLLEGAMENTI

NIV 0

■ OFFICINA MECCANICA
 ■ SHOWROOM
 ■ COMMERCIALI
 ■ COMUNI

NIV -1

■ OFFICINA MECCANICA +
 PARCHEGGIO

essere utilizzata per irrigare i giardini pensili e sciacquare i servizi igienici, con l'acqua in eccesso che filtrerà nuovamente nel terreno attraverso un canale naturale. Tutto ciò ridurrà le bollette dell'acqua e ridurrà il flusso di deflusso intorno all'edificio. La copertura ospiterà un orto urbano dove il ristorante potrà coltivare i propri prodotti.

Impianti

Gli impianti sono integrati nei solai e montati a secco sulla struttura, completamente smontabili e sostituibili. Sono inoltre stati pensati con dei vani tecnici sovradimensionati

Normativa di Riferimento

Règlement Régional d'Urbanisme (RRU) - Il titolo I stabilisce le "caratteristiche degli edifici e dei loro dintorni" al fine di garantire il rispetto del carattere architettonico dei quartieri della città, favorendo il rispetto degli edifici esistenti al fine di preservare una certa armonia e la creazione di insiemi urbani coerenti. Nel titolo II invece sono definiti i requisiti di abitabilità dei diversi ambienti. Obiettivo del Titolo II è garantire il rispetto degli standard di abitabilità. Tuttavia, si applica in modo flessibile agli edifici esistenti nella misura in cui potrebbe non essere possibile che tutti gli atti e i lavori eseguiti su un edificio esistente siano conformi alle norme prescritte. Si applica quando l'edificio non risponde più alle caratteristiche essenziali di quanto originariamente autorizzato (in fase di realizzazione di un ampliamento o di un piano aggiuntivo, la modifica del numero delle abitazioni o la modifica delle destinazioni o la loro distribuzione) o una modifica dell'abitabilità. Tale prescrizione consente agli enti emittenti di valutare l'impatto dell'opera sul patrimonio esistente e di modulare, se necessario, le peculiari necessità di ogni caso.

2. SAWA, ROTTERDAM, MEI ARCHITECTS



1. Progettisti	Mei Architects	
2. Committente	Immobiliare privato	
3. Sito	Rotterdam	
4. Tipo di edificio e funzione	Edificio residenziale isolato con un mix di proprietà in vendita e in affitto che vanno da 50 a 165 m2,	
5. Anno di costruzione	Previsto il Completamento entro il 2022	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	L'edificio sarà costruito interamente in CLT (legno lamellare incrociato)
	6.2. Materiali e quantità	I componenti sono in Legno, calcestruzzo, acciaio.
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Nel contesto del Green Deal europeo, degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e degli obiettivi del comune di Rotterdam per ridurre le emissioni di CO2
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Vegetazione integrata nell'edificio. Ventilazione naturale. Sistemi solari.
	7.3. Impianti	Le case sono dotate di ventilazione incrociata e temperatura controllata con valvole di ventilazione a CO2 in facciata. Il riscaldamento è sostenibile e prevede pannelli fotovoltaici sui tetti e nel punto più alto. L'energia generata dai pannelli fotovoltaici, viene immagazzinata nelle batterie delle auto, scooter e biciclette condivise.
	7.4. Mobilità	Mobilità condivisa con ricariche elettriche

Tipo di edificio e funzione

Superlofts è un progetto modulare flessibile che offre ai suoi membri la libertà di personalizzare o progettare e costruire autonomamente le proprie case da zero e co-creare spazi condivisi per costruire una comunità di co-living. SAWA è un complesso situato ad Rotterdam e progettato per ospitare circa 100 appartamenti, con tipologie che variano da 50 fino a 100+ m2. La struttura portante principale è costituita da solai, travi e pilastri realizzati con modalità tecnologiche di avanguardia. Il complesso SAWA si sta sviluppando nel cuore del distretto di Lloydkwartier, che è un quartiere storico commerciale di Rotterdam e all'interno del quale sono previste attività in collegamento con le realtà locali e la co-progettazione con i futuri utenti, facendo divenire SAWA un valore aggiunto per l'intero distretto. Edificio residenziale isolato. È stata fatta una scelta consapevole per ridurre il volume edificabile di SAWA rispetto al modello del piano regolatore e di introdurre un volume a gradoni sul lato ovest con il conseguente vantaggio in termini di visuali, terrazzamenti, aperture sul tessuto urbano. Il programma comprende circa 109 alloggi, di cui

2. Mei Architects (Accessibile on-line) <https://mei-arch.eu/projecten/sawa/>

cinquanta appartamenti in affitto. Agli appartamenti si accede per mezzo di un ballatoio, scelto consapevolmente per stimolare la socialità tra i residenti. Il successo di questa scelta progettuale si è già dimostrato in molti altri progetti di Mei, come Fenix I. Il concept residenziale in SAWA prevede inoltre diverse funzioni condivise – come la mobilità, le attrezzature comuni e un orto – che hanno lo scopo di creare una comunità tra i residenti.²

Con un mix di proprietà occupate e in affitto che vanno da 50 a 165 m², i futuri residenti di SAWA formeranno una comunità diversificata e un riflesso della città. Cinquanta appartamenti, circa la metà del numero di abitazioni in SAWA, sono destinati a un affitto a prezzi calmierati. Ciò rende accessibile a più classi sociali di vivere in SAWA, anche a persone a reddito medio per le quali è sempre più difficile trovare una casa a prezzi accessibili in città.

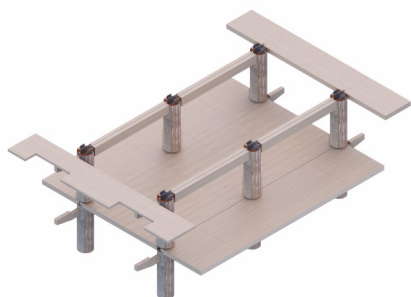


Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

Lo scopo è creare un alto grado di flessibilità e libertà di layout sia per i primi acquirenti che per le generazioni successive, rendendo l'edificio aperto alle trasformazioni future. Gli appartamenti possono essere realizzati e poi modificati garantendo un alto grado di facilità d'uso e flessibilità

Sistema statico-costruttivo

L'edificio sarà costruito interamente in CLT (legno lamellare incrociato) ed è quindi il primo edificio residenziale completamente in legno di 50 metri di altezza a Rotterdam. Per ogni albero tagliato ne verranno piantati tre nuovi. Gli altri materiali utilizzati sono il più possibile biobased e provvisti di passaporto materiale. Inoltre, l'edificio presenta grandi terrazze verdi. Il modulo strutturale in legno prevede un pilastro centrale per ogni porzione strutturale con solai componibili e passaggi degli impianti nello spessore dei pavimenti.



Schemi strutturali, Courtesy of MEI Architects.

Materiali

I componenti sono in Legno, calcestruzzo, acciaio. La struttura portante principale è costituita per oltre il 90% da legno, le soluzioni esistenti vengono combinate e sono progettate per ottimizzare l'applicazione del legno; ridurre al minimo la quantità di calcestruzzo e acciaio nella progettazione, risolvendo i conseguenti problemi di incendio, rumore e vibrazioni. L'obiettivo è quello di lasciare più legno possibile visibile nelle case e sui ballatoi e sui balconi. Solo nei luoghi in cui il legno sarà minimamente vissuto (ripostiglio, wc, bagno), le pareti saranno rifinite con intonaco.

Prestazioni energetiche dell'edificio

Nel contesto del Green Deal europeo, degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e degli obiettivi del comune di Rotterdam per ridurre le emissioni di CO₂, il cliente e l'architetto condividono l'ambizione di realizzare quasi completamente l'edificio, compresa la struttura principale di supporto, in CLT (90, 97 %). I vantaggi di costruire in CLT sono molteplici: oltre al fatto che immagazzina CO₂ e riduce le emissioni, i tempi di costruzione saranno più brevi rispetto alle costruzioni in cemento e aumenterà il comfort abitativo. Anche le città olandesi evolvono rapidamente e subiscono una pressione crescente. Le conseguenze di questa urbanizzazione sull'ecosistema umano – ad esempio inondazioni, temperature eccessivamente alte e aumento delle emissioni di CO₂ – stanno diventando sempre più evidenti. Allo stesso tempo, l'habitat di uccelli, api e farfalle viene considerevolmente limitato dalla crescente urbanizzazione del paesaggio. Il SAWA è un impegno dello studio Mei a cambiare questa evoluzione e a contribuire a un ambiente di vita sano.

Soluzioni tecnologiche ambientali

In collaborazione con ecologisti e biologi cittadini, SAWA è progettato cercando di includere porzioni di ambiente naturale. Ad esempio, integrando sistemi di vegetazioni integrati nei balconi e terrazze, scegliendo le specie da piantumare in modo specifico (a seconda dell'orientamento al sole e dell'altezza dell'edificio) e integrando, ove possibile, nidi e altri elementi che cercano di aumentare la biodiversità del quartiere e attingendo a quella già esistente all'interno della città.

3. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaction=search.detail&year=2011&num=212>

Impianti

SAWA è caratterizzato da una gestione economica degli impianti, che mantengono il comfort e un clima interno salubre e la possibilità di adattamenti futuri. Le case sono dotate di ventilazione incrociata e temperatura controllata con valvole di ventilazione a CO2 in facciata. Il riscaldamento è sostenibile e prevede pannelli fotovoltaici sui tetti e nel punto più alto. L'energia generata dai pannelli fotovoltaici, viene immagazzinata nelle batterie delle auto, scooter e bike sharing. Nella adozione delle soluzioni tecnologiche di costruzione lo studio ha cercato di rispettare i principi di economia "circolare". L'edificio è costruito con un sistema modulare in legno, che utilizza soluzioni a secco (senza colate in opera) e smontabili. Il progetto di SAWA si basa sul principio dell'Open Building: la struttura portante principale è costituita da pavimenti, travi e colonne. Questo crea un alto grado di flessibilità e libertà di layout sia per i nuovi acquirenti che per le generazioni future e contribuisce all'impermeabilizzazione futura dell'edificio..

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

3. GOOGLE NORTH BAYSHORE, BIG & HEATHERWICK STUDIO



Progettista	Studio BIG e Heatherwick studio	
2. Committente	privato	
3. Sito	Mountain view, California	
4. Tipo di edificio e funzione	Edificio Misto per uffici, attività culturali, abitazioni[1]	
5. Anno di costruzione	2015 - In costruzione	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Tensostrutture in acciaio e materiali sintetici, strutture a blocchi in legno
	6.2 Materiali	Acciaio, legno, vetro, materiali sintetici
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Costruito secondo le direttive della California Energy commission che viene implementata ogni tre anni – 2013 - 2016 - 2019 e stabilisce i Building Energy Efficiency Standards [2]
	7.2 Soluzioni tecnologiche ambientali	Strutture trasparenti di copertura, energia solare, riciclo della acque.

Tipo di edificio e funzione

Il progetto per il Campus Google prevede la riqualificazione di quattro aree già occupate da uffici della compagnia la cui metratura verrà ampliata significativamente. Il progetto prevede la trasformazione di una parte di uffici esistenti mediante l'utilizzo di blocchi modulari che possono essere traslati.³ Saranno realizzate 7000 unità immobiliari delle quali il 20% a basso costo. Sono previste grandi pensiline trasparenti che permettono il controllo del clima interno e lasciano entrare luce e aria. La proposta prevede di creare strutture simili a blocchi leggeri che possono essere spostati facilmente man mano che si investe in nuove aree.⁴

A causa della rapida espansione di Google, la rinomata azienda tecnologica ha invitato lo studio, in collaborazione con BIG, a progettare il suo nuovo campus e sede a Mountain View, California.

1. Studio BIG (accessibile online) <https://big.dk/#projects-gccp>

2. California Energy Commission. (accessibile online) <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/building-energy-efficiency-standards/2019-building-energy-efficiency>

3. Mountain View, <https://www.mountainview.gov/depts/comdev/planning/activeprojects/google/googleshorebird.asp>

4. https://www.domusweb.it/it/notizie/2015/03/20/google-mountain_view_campus.html

5. <https://arquitecturaviva.com/works/campus-google-mountain-view-california-5>

6. Arc <https://www.archdaily.com/907540/google-reveals-revised-mountain-view-campus-plan-by-big-and-heatherwick-studio>

Foto del cantiere in costruzione in cui si percepisce la tipologia "ad hangar"
Fonte: Deezeen



Il campus è una combinazione di due progetti - Charleston East e Bay View - concepiti come spazi eterogenei con il potenziale per affrontare le esigenze in continua evoluzione dell'azienda e integrare i modelli di lavoro futuri. La copertura è sospesa dai solai e dalle pareti, dando luogo ad un enorme spazio libero, simile ad un hangar. Difatti il progetto richiama il concetto di Hangar e le prime tensostrutture di Piano. Il programma è distribuito su due livelli collegati da cortili: il piano terra contiene spazi pubblici e servizi ausiliari, mentre i piani superiori ospitano le attuali aree di lavoro e strutture ricreative. Oltre a creare un luogo di lavoro produttivo e piacevole per il suo personale, il team di progettazione ha presto capito che Google voleva che i nuovi edifici avessero un forte rapporto con la comunità locale e offrire una gamma di servizi anche per i vicini, creazione di un campus più aperto e permeabile rispetto ad altri sviluppi auto-centrici tipici nella Silicon Valley. In questa utopia comunitaria, le linee tra interno ed esterno si offuscano: l'asfalto lascia il posto al verde e si incoraggiano passeggiate e gite in bicicletta, la bicicletta anche all'interno e attraverso l'edificio.⁵

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

Il progetto in questo caso sfrutta il concetto di "overcapacità spaziale", come gli hangar e le tensostrutture. Prevede infatti un grande involucro esterno di metratura ingente, per ospitare all'interno un sistema modulare componibile per sottrazione/addizione a seconda delle esigenze.

Sistema statico-costruttivo

Il sistema è misto acciaio, legno con strutture in acciaio che sostengono la copertura trasparente. Edificio destrutturato con tensostruttura di copertura in materiali sintetici trasparenti.⁶

Materiali

I blocchi residenziali sono realizzati in legno e consentono anche la variazione dei volumi e l'aggiunta di blocchi rendendo flessibile l'utilizzo dello spazio. Presenti larghe porzioni di aree vegetate che intervallano le parti costruite.

Prestazioni energetiche dell'edificio

Gli edifici sono protetti da coperture trasparenti sospese, in grado di controllare la ventilazione, l'illuminazione e la climatizzazione in base alle condizioni atmosferiche esterne.

Soluzioni tecnologiche ambientali

Il bilancio energetico a della struttura è concepito in modo da sfruttare la ventilazione e l'illuminazione naturale mediante una copertura trasparente che permette il passaggio della luce ed evita la dispersione del riscaldamento e sfrutta la ventilazione naturale.

Normativa di Riferimento

Le normative in California relative agli standard edilizi possono essere trovate nel California Building Standards Code, indicato anche come Titolo 24 del California Code of Regulations (CCR). Il codice viene pubblicato ogni tre anni con integrazioni di emergenza nel mezzo. La California Building Standards Commission afferma che il California Building Standards Code è una raccolta di tre tipi di standard edilizi di tre origini diverse: Standard edilizi che sono stati adottati dalle agenzie statali senza modifiche rispetto agli standard edilizi contenuti nei codici modello nazionali; Standard edilizi che sono stati adottati e adattati dai codici modello nazionali (ad es. Uniform Building Code, International Building Code, ecc.) per affrontare le condizioni in continua evoluzione della California; e Standard edilizi, autorizzati dal legislatore della California, che costituiscono emendamenti non coperti da codici modello nazionali, che sono stati creati e adottati per affrontare particolari esigenze della California. (Biblioteca di Stato della California, 2020)

7. <https://www.library.ca.gov/law/building-standards/>



Un render del progetto finito,
Courtesy of BIG studio

4. CELLOPHANE HOUSE, TIMBERLAKE ASSOCIATES



1.Progettisti	Arch. Kieran Timberlake Associates	
2.Committente	Industria tecnologica	
3.Sito	New York, esposta al MoMa	
4.Tipo di edificio e funzione	Edificio residenziale isolato, di tipo sperimentale	
5.Anno di costruzione	2008	
6.Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Prefabbricato modulare in alluminio, assemblabile e disassemblabile
	6.2 Materiali e quantità	I componenti sono in alluminio e materiali sintetici. Nella adozione delle soluzioni tecnologiche di costruzione si è cercato di rispettare i principi di una economia "circolare" tramite il completo riutilizzo e la durata delle componenti
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1.Consumo energetico	Energia solare per ridurre le emissioni di CO2
	7.2Soluzioni tecnologiche ambientali	Flessibilità nel ciclo di utilizzo dei materiali e nel ciclo di smaltimento. Possibilità di smontaggio e rimontaggio di tutte le componenti,
	7.3Impianti	Elettrici, alimentati da celle fotovoltaiche integrate nei rivestimenti trasparenti di PET
	7.4Mobilità	Posto auto interno alla abitazione

Tipo di edificio e funzione

Cellophane House è una abitazione di 1.800 metri quadri, con 2 stanze da letto, 2 bagni, un living e dining space, una terrazza ed un posto auto ed è un edificio di cinque piani prodotto fuori cantiere.¹ L'edificio è costituito da una struttura modificabile, i cui componenti offrono una flessibilità sia nel ciclo di utilizzo che in quello di smaltimento e riutilizzo

1. Cellophane House, Kieran timberlake, oro editions 2014

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

L'edificio adotta un concetto di flessibilità versatile e modulare, con una circolarità di processi e materiali.

Sistema statico-costruttivo

L'Edificio presenta un'intelaiatura prefabbricata in alluminio. la struttura può essere smantellata mantenendo integri i componenti a loro volta assemblabili in qualsiasi momento.² Ciò evita inoltre che il materiale sia conferito in inceneritori o discariche. Il telaio in alluminio funge da "fondazione" a cui si collegano tutti gli altri componenti e sistemi dell'edificio. Si utilizzano bulloni anziché saldature in modo da consentire un assemblaggio e un disassemblaggio rapido.

Materiali

Cellophane House è rivestita essenzialmente di polietilene tereftalato (PET), una plastica completamente riciclabile impiegata di solito per le bottiglie d'acqua. Le pareti esterne sono realizzate con *NextGen SmartWrap™*, una sottile membrana laminata con all'interno celle fotovoltaiche.³

Prestazioni energetiche dell'edificio

Le pareti della struttura sono realizzate in NextGen SmartWrap, un sistema proprietario sviluppato da KTA costituito da strati di PET trasparente e laminati con celle fotovoltaiche a film sottile. La trasparenza delle pareti consente alla luce del giorno di filtrare all'interno della casa e i pannelli fotovoltaici sfruttano l'energia solare in modo che l'edificio possa funzionare "off-grid".⁴

Impianti

La parete multistrato ad elevate prestazioni controlla la temperatura interna dell'edificio e, grazie allo sfruttamento dell'energia solare, rende l'abitazione indipendente per quanto concerne il riscaldamento. Il pavimento ed il soffitto sono costituiti da finestre in policarbonato traslucido con LED incorporati per l'illuminazione dell'edificio ad alto rendimento energetico. In legno, utilizzando soluzioni a secco e separabili (senza getto). Interessante anche il nuovo sistema nella costruzione dei solai con un pavimento in CLT sormontato da zavorra secca anziché cemento. Ciò rende i componenti del pavimento completamente e i materiali possono essere staccati e riutilizzati in futuro (minerario urbano).

2. www.boschrexroth.com

3. <https://alchimag.net/materiali/sperimentazione-in-alluminio-e-plastica-cellophane-house/>

4. https://www.architectmagazine.com/technology/lighting/cellophane-house-new-york_o

Una foto dell'edificio costruito.
© Timberlake Associates



5. SUPERLOFTS, MARC KOEHLER ARCHITECTS



1. Progettisti	Marc Koehler Architects	
2. Committente	Cooperative Building Group	
3. Sito	Haparandaweg, Amsterdam	
4. Tipo di edificio e funzione	Misto residenziale, terziario, commerciale	
5. Anno di costruzione	Completato nel 2016	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura in calcestruzzo ad elementi modulari interni modificabili
	6.2. Materiali	Calcestruzzo, alluminio, vetri termici
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Condizioni di impiego energetico basso grazie alle soluzioni tecnologiche adottate. Ridondante al momento della progettazione rispetto alla normativa green building della comunità europea e alle norme energetiche della città di Amsterdam[1]
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Recupero dell'acqua piovana, circolarità nella produzione e smaltimento dei materiali. sfruttamento, sistemi di captazione solare. Partizioni interne e chiusure finestrate esterne completamente modificabili senza necessità di ristrutturazione. Recupero acque piovane
	7.3. Impianti	Riscaldamenti a pavimento a bassa temperatura con riscaldamento solare

Tipo di edificio e funzione

Superlofts è un framework di progettazione e sviluppo flessibile. Superlofts offre ai suoi membri la libertà di personalizzare o progettare e costruire autonomamente le proprie case da zero incorporando qualsiasi funzione ibrida e co-creare spazi condivisi per costruire una comunità globale di co-living. Le attuali sedi dei Superloft sono Amsterdam, Delft, Utrecht e Groningen, con altre sedi (internazionali) in costruzione o in fase di sviluppo. L'Edificio è a moduli abitativi componibili e utilizza una struttura flessibile e aperta che si adatta facilmente ai mutevoli cicli di utilizzo e manutenzione per facilitare un modo di costruire circolare e resiliente. I suoi sistemi costruttivi possono essere aggiornati in cicli indipendenti senza sprecare materiali o demolire l'edificio.² Planimetrie efficienti consentono di risparmiare il 20% di spazio di circolazione grazie ai loft a doppia altezza che richiedono solo fermate dell'ascensore alternate e riducono l'altezza degli edifici di 25 cm per piano, consentendo l'aggiunta di un piano extra ogni 10 piani.

1. <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>

2. <https://marckoehler.com/project/the-atelier-lofts-of-superlofts-groningen-combine-working-and-living-space/>

Soluzioni tecnologiche adottate in ambito di flessibilità

I soppalchi sospesi in legno lamellare offrono flessibilità e adattabilità consentendo di aggiungere facilmente spazi, senza la necessità di pareti di supporto, o di rimuoverli. I vuoti generosi portano la luce solare negli spazi per consentire loft più profondi. E' stato applicato un modello di sviluppo cooperativo, in cui i proprietari di case si sono raggruppati per finanziare i primi edifici dei Superloft. I programmi di lavoro e di vita ibridi coinvolgono privati con spirito imprenditoriale che formano nuove economie all'interno delle comunità di Superlofts.

Sistema statico-costruttivo

L'edificio di base (supporto) comprende una struttura prefabbricata in calcestruzzo modulare composta da moduli alti da cinque a sei metri. Questi moduli costituiscono gli spazi grezzi che vengono aggregati in modo specifico in base alle esigenze del proprietario/utente. Gli elementi prefabbricati per pareti e solai in calcestruzzo formano un'unità; diverse unità sono impilate una sopra l'altra per creare la struttura più grande. Gli acquirenti hanno anche l'opportunità di scegliere sistemi di aggregazione preimpostati che possono essere consegnati chiavi in mano.³

Materiali

La facciata esterna è un sistema prefabbricato con telaio in alluminio e tamponamento in triplo vetro. Le aperture delle facciate sono personalizzate per il layout di ogni unità, mentre il telaio sporgente in cemento protegge i balconi per la privacy e le condizioni meteorologiche prevalenti.

Prestazioni energetiche dell'edificio e componenti

L'edificio è dotato di impianti efficienti basati su recupero solare, di acque piovane e riscaldamento a bassa temperatura nei massetti dei pavimenti. Superlofts utilizza una struttura flessibile e aperta si adatta facilmente ai mutevoli cicli di utilizzo e manutenzione per facilitare un modo di costruire circolare e resiliente. I suoi sistemi costruttivi possono essere aggiornati in cicli indipendenti senza sprecare materiali o demolire l'edificio. Ad esempio, la struttura di supporto può essere utilizzata all'infinito, le facciate vengono aggiornate ogni 25 anni, le installazioni (impianti HVAC)

3. <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/superlofts>

Una foto dell'edificio costruito.
© Open Buildings



ogni decennio e gli interni ogni 5 anni. Ogni sistema può essere riutilizzato o riciclato in cicli indipendenti, attingendo all'emergente economia circolare. Si adatta facilmente ai mutevoli cicli di utilizzo e manutenzione per facilitare un modo di costruire circolare e resiliente. I suoi sistemi costruttivi possono essere aggiornati in cicli indipendenti senza sprecare materiali o demolire l'edificio. Ad esempio, la struttura di supporto può essere utilizzata all'infinito, le facciate vengono aggiornate ogni 25 anni, le installazioni (impianti HVAC) ogni decennio e gli interni ogni 5 anni. Ogni sistema può essere riutilizzato o riciclato in cicli indipendenti, attingendo all'emergente economia circolare.

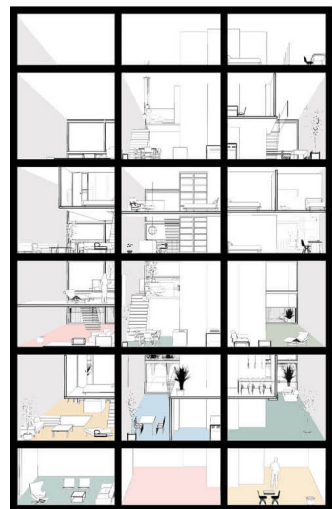
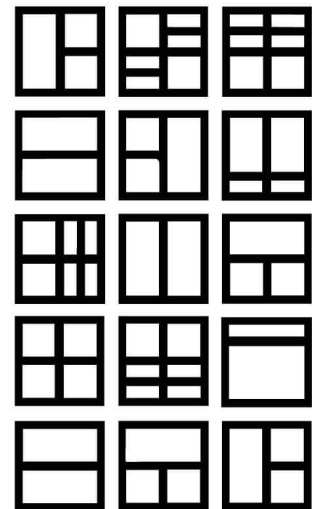
Impianti

I cavedi sono posizionati centralmente (Supercore) e offrono flessibilità poiché consentono di posizionare cucine e bagni quasi ovunque nello spazio. Una facciata intelligente in alluminio integrata incorpora un sensore CO2 per ventilazione, protezione solare, drenaggio, schermi per la privacy e ampi balconi in un'unica unità modulare adattabile. Utilizzando il design passivo, le facciate in vetro a tutta altezza inondano i loft di luce diurna e ammettono la luce solare invernale per riscaldare l'interno.⁴

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

4. <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/superlofts#image-8>



Uno schema che illustra le varie possibilità in facciata
© Marc Koheler Architects

6. JUF NIENKE, STUDIO SEARCH



Progettista	SeARCH, RAU, DS Landscape Architects	
2. Committente	DOKVAST (Compagnia privata di Real Estate), Building For Life	
3. Sito	Amsterdam	
4. Tipo di edificio e funzione	Condominio che ospita 61 appartamenti con parcheggio, negozi e servizi comuni. Totale area 7.500 m2[1]	
5. Anno di costruzione	Progettato nel 2018 realizzato nel 2021	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura portante in calcestruzzo granulare riciclato con moduli prefabbricati in legno lamellare incrociato.
	6.2 Materiali	Calcestruzzo di riuso, legno (HSB E CLT), vetro
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	L'edificio fa parte di Centrumeiland, uno dei luoghi più sostenibili della città di Amsterdam, grazie al sistema di accumulo di energia termica che fornisce alle case dell'intero isolato calore e freddo da terra.

Tipo di edificio e funzione

Juf Nienke è un condominio con un'area di circa 7.500 m2 per alloggi, parcheggi e servizi come luoghi di lavoro condivisi, sale workshop e un punto di raccolta pacchi. Grazie a un efficiente sistema di accesso e all'introduzione di una strada interna di ritrovo, l'intervento è stato differenziato in tre parti: un blocco basso di case unifamiliari a nord, un volume alto e lungo la via Muiderlaan e un volume più piccolo su via Strandlaan. Il crocevia organizza il progetto in modo semplice, logico e ben distribuito. La diversità delle tipologie abitative attira un gruppo eterogeneo di residenti, risultando un mix stimolante. Il progetto offre 61 appartamenti in legno, metà dei quali sono destinati agli insegnanti di Amsterdam e ad altri residenti che lavorano nei servizi essenziali di Amsterdam, come l'istruzione, la sanità e le forze di polizia. Gli altri 31 appartamenti sono affitti privati destinati alle famiglie. I moduli possono variare per contrarre/espandere l'edificio a seconda delle esigenze, rendendo flessibile l'utilizzo dello spazio. Sono presenti larghe

1. Fonte Open Building (accessibile online) <https://www.openbuilding.co/juf-nienke-search>



porzioni di aree vegetate che intervallano le parti costruite. Nel garage semi-sotterraneo, c'è spazio per 25 auto e 246 biciclette. Al fine di risolvere il parcheggio nel modo più efficiente possibile, è stato spostato metà sotto il volume dell'edificio. Questo crea una sorta di entresol che è principalmente parte dello spazio commerciale, ma può anche fornire l'accesso al ponte comune sollevato.

Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio

L'edificio è circolare ed è flessibile grazie ad un sistema modulare. L'intero Juf Nienke è costruito con un circuito intelligente di unità in legno lamellare incrociato (CLT) prefabbricate. Variando le profondità dei moduli prefabbricati in legno ma mantenendo una larghezza standard di 4m, l'alloggio è completamente smontabile. Dopo la fase di gara, Topos è stata responsabile dell'ingegneria BIM. All'esterno il volume appare con una certa durezza evidenziata dal colore nero in facciata lungo tutto l'involucro che esalta la griglia modulare, mentre nelle altre facciate il disegno della griglia si dissolve per lasciare spazio a volumi più piccoli e sfalsati. Questo cambiamento di dimensione di volumetria si collega visivamente agli edifici adiacenti costruiti su piccola scala /auto-costruzione dell'intero blocco di edifici.

Sistema statico-costruttivo

La struttura principale di legno alta 15 metri poggia su una base di cemento di parcheggio e una base commerciale. Il calcestruzzo con granulato riciclato è limitato alla fondazione: una piastra a doppia altezza gettata in opera che da un lato funge da pavimento dello spazio commerciale; dall'altro come "trave" di raccordo la maglia larga del piano terra (più efficiente per i garage e i parcheggi) e la maglia in cui si "incastrano" i moduli al piano superiore.² L'impresa di costruzione Hazenberg,³ coinvolta in questa collaborazione ha realizzato fondazione, seminterrato con parcheggio e plinto di fondazione. Su questo 'plinto' sono posizionati i moduli prefabbricati costruiti in legno (riutilizzabile e riciclato).⁴

2. Dal sito del Costruttore Hazenberg (accessibile on-line) <https://www.hazenberg.nl/projecten/juf-nienke-amsterdam+>

3. CROSS LAMINATED TIMBER (o CLT)

4. Hazenber Gruppo di costruzioni (accessibile online) <https://www.hazenberg.nl/projecten/juf-nienke-amsterdam>

Materiali

I moduli prefabbricati in legno (realizzati in HSB e in parte in CLT) possono essere accoppiati orizzontalmente o impilati verticalmente per creare una varietà di tipologie abitative. CLT sta per legno laminato incrociato (Cross Laminated Timber). Queste lastre di legno massiccio sono composte da diversi strati di legno incollati insieme trasversalmente, esattamente come suggerisce il nome. Poiché le fibre del legno sono incrociate, il materiale ha una maggiore resistenza, stabilità e rigidità in tutte le direzioni, paragonabile al cemento armato. Grazie a queste proprietà, pareti e pavimenti in CLT sono sufficientemente resistenti da sopportare il peso dell'edificio. I materiali utilizzati in Juf Nienke' sono principalmente biobased e riciclati; hanno un basso impatto ambientale e sono in gran parte rinnovabili.

Prestazioni energetiche dell'edificio

La biodiversità è un tema chiave del progetto. Le specie di piantumazione per il giardino interno, la galleria e il terrazzo condominiale sono stati scelti con cura. Sulla copertura dei box auto nel giardino della corte, sono state posizionate delle bat box; mentre sulla copertura dell'edificio è stato previsto un hotel per pipistrelli con alloggi per l'accoppiamento e per l'inverno. Costruendo le abitazioni interamente in legno l'edificio immagazzina più di 580.000 kg di CO₂, rispondendo attivamente alla sfida posta dal cambiamento climatico e contribuendo ad un ambiente di vita sano. L'edificio è collegato alle aree sistema di riscaldamento e fotovoltaico sul tetto produrrà 140KWp.

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

Sezione di Progetto
© Studio SeARCH



7. FENIX LOFT, MEI ARCHITECTS



Progettista	MEI Architects	
2. Committente	Heijmans Vastgoed (Privato)	
3. Sito	Rotterdam	
4. Tipo di edificio e funzione	Residenziale, comprende 212 appartamenti loft (78 in affitto e 134 in vendita, circa 23.000 m2) che vanno dai 40 ai 300 metri quadri.	
5. Anno di costruzione	Progettato nel 2013 realizzato nel 2019	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura mista in calcestruzzo e acciaio
	6.2. Materiali	Calcestruzzo, acciaio, vetro.
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	vetrate a controllo solare ad alta efficienza; riduzione del fabbisogno di calore e raffrescamento solare attraverso tende e balconi esterni; Illuminazione a LED nelle aree comuni; e sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore ad alta efficienza e utilizzo di calore e celle frigorifere per il raffrescamento e il riscaldamento dell'edificio. I giardini pensili e le pareti interne verdi verticali promuovono un ambiente di vita sano, confortevole e inclusivo della natura. Filtrano le polveri sottili dall'aria e i tetti verdi raccolgono l'acqua piovana per il riutilizzo.
	7.3. Impianti	impianti sono disposti in un "core" centrale ad anello

Tipo di edificio e funzione

Questo caso è interessante perché è un progetto di nuova costruzione, che include anche la riconversione ed implementazione di un enorme magazzino esistente, che risale al 1922. L'edificio principale ospita anche un centro commerciale uno spazio polivalente. L'intero progetto, denominato Fenix I si compone essenzialmente di tre parti: Il magazzino esistente della Holland American Line, lungo 140 metri e profondo 40 metri, con due piani e un'altezza libera di 6 metri; un piano intermedio di circa 4 metri di altezza, che consiste in una enorme struttura a capriate con appartamenti soppalcati adiacenti ad un giardino cortile. Alla sommità dell'intera struttura rigenerata è stato costruito il Fenix Loft oggetto di studio, e cioè un nuovo blocco di costruzioni chiuso, che prevede loft di varie dimensioni e spazi esterni circostanti. Questi loft sono progettati e dimensionati secondo le necessità e i desideri degli acquirenti, e in alcuni casi divisi su due piani per mezzo di un atrio. La galleria all'interno dell'edificio collega, tramite quattro ascensori e scale,

ad un passaggio pubblico al piano terra, che attraversa il cuore del magazzino originale.¹

Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio

La caratteristica principale di flessibilità dell'edificio è l'altezza extra del piano (4 metri) e un sistema strutturale aperto, con un core centrale di servizi.

Sistema statico-costruttivo

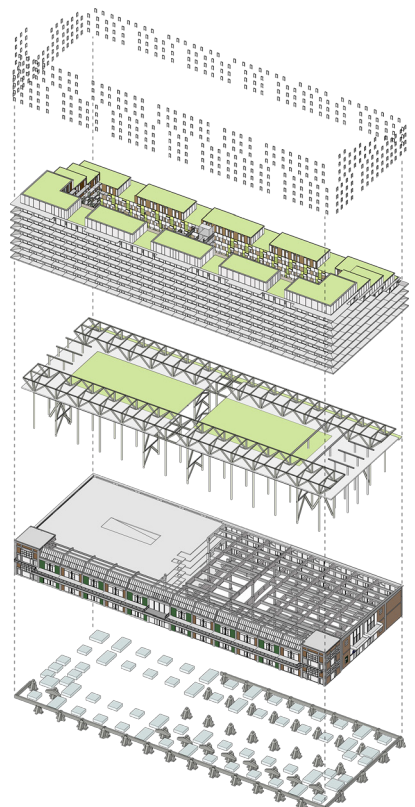
È stata posizionata una struttura in tavolato d'acciaio, del peso di circa un kiloton (1 milione di kg), facendola scorrere attraverso il magazzino esistente e dandogli una fondazione separata, il magazzino monumentale potrebbe essere in gran parte preservato. Inoltre si è potuto aggiungere un notevole volume abitativo, che è stato tecnicamente mantenuto completamente separato dal magazzino. La nuova fondazione del tavolato è inserita tra i blocchi di fondazione esistenti del magazzino. La struttura in acciaio è stata completamente saldata durante i lavori, un metodo davvero eccezionale nei Paesi Bassi. Il nuovo volume in cemento (Fenix Lofts) è stato costruito mediante una costruzione a tunnel in cemento, con pareti costituite da colonne a disco per creare un elevato grado di flessibilità. La combinazione di questa struttura del tavolo in acciaio con una costruzione a tunnel in cemento sulla parte superiore è unica al mondo.

Materiali

La struttura portante principale è in calcestruzzo, composta da colonne a disco invece che da muratura. Gli appartamenti prevedono loft di varie dimensioni e spazi esterni circostanti con moduli di 2,5 metri di profondità. Gli impianti sono disposti in un "core" centrale ad anello, che consente flessibilità. Un aspetto importante del progetto è la "sesta facciata", che corrisponde alla parte inferiore dei balconi. Nel nuovo volume abitativo, le mensole dei balconi sono state eseguite con grande attenzione per riprendere l'estetica dell'edificio pre-esistente. Le balaustre dei balconi, che circondano

1. Mei Architects. (accessibile on-line)
<https://mei-arch.eu/en/projects/fenix-i-2/>

Schema Assonometrico
©Mei Architects



2. Robert Winkel è il fondatore di Mei e l'energico caposquadra del team, composto da una quarantina di designer e specialisti. In 25 anni è riuscito a trasformare lo studio di architettura in una società operante a livello internazionale specializzata in riqualificazione, strategie di sviluppo urbano e concetti innovativi di nuova costruzione. Robert è la forza trainante di tutti i progetti in ufficio. In alcuni incarichi prende parte attiva come iniziatore/sviluppatore.

3. Intervista per Design Curial (accessibile on-line) <https://www.designcurial.com/news/residential-fenix-i-loft-apartments-by-mei-architects-and-planners-7781678/>

Fotografia dell'edificio costruito
©Mei Architects



l'intero edificio, sono realizzate in vetro sandwich e le cosiddette "muse frames": elementi ripetitivi intelaiati industriali in acciaio richiamano il contesto portuale. Gli appartamenti variano da 40 a 300 mq. I primi tre livelli di appartamenti sono costituiti da 80 unità in affitto.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

I piani di proprietà privata sopra sono stati organizzati attorno a colonne di cemento consentendo più libertà progettuale. Dice Winkel:² "La struttura esistente definisce le dimensioni della griglia - 40 mq, 60 mq o 80 mq - ma le persone possono scegliere come configurare i propri appartamenti. In un'intervista per Design Curial, il progettista ha affermato che "Le persone erano davvero contente di avere quella libertà." Ogni appartamento può essere progettato e realizzato in modo diverso."³

Prestazioni energetiche dell'edificio e componenti

Altri aspetti di sostenibilità includono l'ottimizzazione dell'ingresso della luce in combinazione con vetrate a controllo solare ad alta efficienza; riduzione del fabbisogno di calore e raffrescamento solare attraverso tende e balconi esterni; Illuminazione a LED nelle aree comuni; e sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore ad alta efficienza e utilizzo di calore e celle frigorifere per il raffrescamento e il riscaldamento dell'edificio. I giardini pensili e le pareti interne verdi verticali promuovono un ambiente di vita sano, confortevole e inclusivo della natura. Filtrano le polveri sottili dall'aria e i tetti verdi raccolgono l'acqua piovana per il riutilizzo.

Consumo energetico

Fenix I è stato ottimizzato in termini di circolarità e biodiversità per mezzo di una struttura dell'edificio adattabile a prova di futuro, giardini pensili, facciate verticali di cortili verdi, raccolta dell'acqua piovana, vetrate a controllo solare ad alte prestazioni e recupero delle acque piovane, più un sistema ad alta efficienza di stoccaggio caldo/freddo.

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

8. COMMERCE 46, JASPERS-EYERS, KGDV ARCHITECTS



Progettista	JASPERS – EYERS Architects, KGDVS Architects	
2.Committente	IMMOBEL	
3.Sito	Bruxelles	
4.Tipo di edificio e funzione	Uffici, 13 550 m ²	
5.Anno di costruzione	Prevista la costruzione entro la fine 2022	
6.Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura portante mista in acciaio e calcestruzzo rinforzati.
	6.2 Materiali	Calcestruzzo, acciaio, vetro.
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche e impiantistiche dell'edificio	7.1. Consumo-energetico	Ordinanza del 2 maggio 2013 sul codice di gestione dell'aria, del clima e dell'energia di Bruxelles- Versione coordinata del 18 dicembre 2020[1]
		Ordinanza del 7 giugno 2007 relativa alla prestazione energetica degli edifici e al clima interno (si apre in una nuova finestra - Versione coordinata del 14 maggio 2009[2] 62.5 kWh/m ² /annui
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Approvvigionamento energia geotermica
		Pompe di calore
		Pannelli solari
	Bacino di recupero di acque piovane certificazione BREEAM Fossil-free	
7.3. Impianti	Core dei servizi interrato	
7.4.Mobilità	Saranno previsti 70 posti auto, compresi i punti di ricarica per le auto elettriche. Ci sarà anche un numero uguale di rimesse per le biciclette.	

Tipo di edificio e funzione

All'intersezione di due strade principali della città, questo progetto prevede lo sviluppo di un blocco sostenibile di alta qualità. Situato in posizione ideale e con ottimi collegamenti di trasporto pubblico, l'edificio affronterà i cambiamenti negli attuali metodi di lavoro e le nuove esigenze di spazi per uffici in un quartiere in rapida evoluzione.³ Il progetto è composto da tre volumi di varie dimensioni. I volumi sono rifiniti in acciaio inox. La configurazione a gradini di questi volumi forma giardini pensili su due livelli. Il volume inferiore offre spazi comuni all'interno dell'edificio. I suoi pavimenti a doppia altezza permettono ai passanti una vista estesa attraverso l'edificio e nel giardino sul retro. Nel complesso, l'insieme diventa un ambizioso edificio per uffici che mira a dare una nuova luce al Quartier Europeo di Bruxelles.⁴

1. http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2013050209&table_name=loi

2. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/ordo_20070607_peg_v.coord_ibge_juin09.v.site_bil.pdf

3. Immobil group (accessibile online) <https://www.immobelgroup.com/en/projects/commerce-46>

4. Office KGDVS (accessibile online) <http://officekgdvs.com/projects/#office-284>

Sistema statico-costruttivo

L'edificio è dotato di una struttura mista in acciaio attorno a un nucleo di cemento, con lastre di cemento molto sottili. Fuori terra, lo spazio è sfruttato al massimo per arredare gli uffici. Il risultato è che non solo il parcheggio sarà interrato, così come i gruppi d'aria e il riscaldamento. Eccezionalmente, ciò avverrà al piano -3, in modo che il volume del tetto possa essere protetto il più possibile dagli impianti tecnici. Una scelta atipica che si sposa a pieno con l'utilizzo ottimale dei metri quadri a disposizione come spazio ufficio.

Materiali

La facciata ha linee molto pulite ed è composta da 3 volumi, uno dei quali ha vetrate isolanti di 3m x 6m. I tre volumi hanno ciascuno un aspetto e una dimensione diversi e sono rifiniti in alluminio anodizzato con uno speciale aspetto metallico.⁵

Prestazioni energetiche dell'edificio e componenti

Sotto l'edificio è in corso la realizzazione di un sistema di accumulo BTES. Il BEO (Borehole Energy Storage) o BTES (Borehole Thermal Energy Storage) è un sistema di accumulo di energia termica, una struttura sotterranea per immagazzinare grandi quantità di calore solare raccolto in estate per essere utilizzato in inverno. È fondamentalmente un grande scambiatore di calore sotterraneo. Un BTES consiste in una serie di pozzi trivellati. Un vantaggio per il comfort termico degli uffici e il clima. L'intero complesso consente così di risparmiare fino a 26.000 tonnellate di emissioni di CO2 all'anno rispetto a un sistema tradizionale. Grazie a questo, Commerce 46 otterrà l'etichetta BREEAM Excellent.

Consumo energetico

“Per ridurre al minimo l'impatto climatico è stato scelto un edificio a emissioni zero, utilizzando forme di energia rispettose dell'ambiente come l'energia geotermica e i pannelli solari. Il design flessibile, gli ampi spazi con la massima luce naturale e le aree piantumate contribuiscono a una soluzione per ufficio a prova di futuro con attenzione al benessere e al comfort degli utenti”, afferma Adel Yahia, amministratore delegato di Immobel Belgium.

5. Van Roey (accessibile online)
<https://www.groepvanroey.be/nl/referentieprojecten/>



Fotografia dell'edificio costruito
©Jaspers- Eyers Architects

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

Il piano terra è completamente riadattabile, mentre la pianta libera e le pareti mobili consentono differenti tipi di layout. Sia open space che postazioni personali sono realizzabili in termini di corridoi, simmetria delle facciate, ascensori, uscite di emergenza. (Adrien Puylaert, Developer for Immobel,2020)

Normativa di Riferimento

Règlement Régional d'Urbanisme (RRU) - Il titolo I stabilisce le "caratteristiche degli edifici e dei loro dintorni" al fine di garantire il rispetto del carattere architettonico dei quartieri della città, favorendo il rispetto degli edifici esistenti al fine di preservare una certa armonia e la creazione di insiemi urbani coerenti. Nel titolo II invece sono definiti i requisiti di abitabilità dei diversi ambienti. Obiettivo del Titolo II è garantire il rispetto degli standard di abitabilità Tuttavia, si applica in modo flessibile agli edifici esistenti nella misura in cui potrebbe non essere possibile che tutti gli atti e i lavori eseguiti su un edificio esistente siano conformi alle norme prescritte. Si applica quando l'edificio non risponde più alle caratteristiche essenziali di quanto originariamente autorizzato (in fase di realizzazione di un ampliamento o di un piano aggiuntivo, la modifica del numero delle abitazioni o la modifica delle destinazioni o la loro distribuzione) o una modifica dell'abitabilità. Tale prescrizione consente agli enti emittenti di valutare l'impatto dell'opera sul patrimonio esistente e di modulare, se necessario, le peculiari necessità di ogni caso.

9. HET SCHETBLOK

STUDIO ANA ARCHITECTEN



1. Progettisti	Studio Ana Architecten	
2. Committente	Cooperative Housing Community (CPO)	
3. Sito	Lelylaan-Delflandlaan (Amsterdam)	
4. Tipo di edificio e funzione	Residenziale	
5. Anno di costruzione	Completato nel 2017	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura in calcestruzzo su corte centrale portante
	6.2. Materiali	Calcestruzzo, Acciaio, legno, vetro
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Rispondente alle norme energetiche della città di Amsterdam[1]. Decreto edilizio 2012
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Controllo del ciclo di produzione e smaltimento dei materiali secondo i principi dell'economia circolare. Realizzazione di terrazze verdi e ricircolo dell'acqua piovana. Creazione di un parco
	7.3. Impianti	Riscaldamenti a pavimento a bassa temperatura con riscaldamento solare
		Bacino di recupero di acque piovane certificazione BREEAM Fossil-free
	7.4. Mobilità	Saranno previsti 70 posti auto, compresi i punti di ricarica per le auto elettriche. Ci sarà anche un numero uguale di rimesse per le biciclette.

Tipo di edificio e funzione

Het Schetsblok è un edificio che si basa su un concetto di adattamento nel tempo, con l'evolversi delle esigenze abitative, le tendenze sociali, i cambiamenti climatici e le nuove normative. Le tipologie degli alloggi, gli impianti e la facciata (finestre, balconi, materiali, colori) sono stati accuratamente descritti in molte varianti possibili. In questo modo, gli abitanti potenziali possono scegliere entro schemi ben definiti. Edificio a torre in calcestruzzo su corte strutturale centrale, a destinazione residenziale

1. Comune di Amsterdam. <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>

Sistema statico-costruttivo

Gli impianti e la struttura sono integrati al centro dell'edificio, consentendo uno spazio vuoto attorno al nucleo. Per creare la massima flessibilità nella disposizione dei piani, i cavetti per il

passaggio degli impianti sono situati agli angoli del nucleo, così come al centro delle pareti adiacenti alle abitazioni. Tutte le pareti divisorie sono smontabili e possono essere spostate e posizionate ovunque, rendendo possibile l'ampliamento o la riduzione delle dimensioni dell'abitazione. Sebbene ci sia la possibilità di questa flessibilità, questa richiede un lavoro aggiuntivo, poiché il massetto e con esso il riscaldamento a pavimento dovrebbero essere rimossi e reinstallati per soddisfare i requisiti di isolamento acustico. La scissione di un'abitazione e l'aumento del numero delle abitazioni è quindi possibile solo in caso di modifiche sostanziali. La struttura è costituito da un nucleo a corte rettangolare per la rigidità della struttura, dove sono collocati gli accessi, i servizi ed i cavedi per gli impianti. La facciata è portante ed è formata da travi e pilastri rettangolari. Lo spazio aperto così generato su ogni piano, di 350 m², privo di colonne, è il luogo in cui gli abitanti sono liberi di personalizzare la propria abitazione.²

2. <https://www.openbuilding.co/schetsblok-ana>

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

L'adattamento di alcuni elementi della facciata è stimato con un ciclo di vita relativamente breve, come il vetro ed il telaio delle finestre in previsione di richieste e normative più severe in futuro, mentre l'edificio di base rimane intatto. I suoi sistemi costruttivi possono essere aggiornati in cicli indipendenti senza sprecare materiali o demolire l'edificio. La struttura di supporto può essere utilizzata all'infinito, le facciate rinnovate ogni 25 anni, le installazioni (impianti) ogni decennio e gli interni ogni 5 anni. Ogni sistema può essere riutilizzato o riciclato in cicli indipendenti, attingendo all'emergente economia circolare.

Materiali

Calcestruzzo, Acciaio, legno, vetro. Le quattro facciate di Het Schetsblok sono una struttura a travi e pilastri a forma di griglia per consentire la personalizzazione e l'adattamento futuro.

Prestazioni energetiche dell'edificio e componenti

Consumo energetico

L'edificio è dotato di impianti efficienti basati su recupero solare, di acque piovane e riscaldamento a bassa temperatura nei massetti dei pavimenti. Il recupero dell'acqua piovana avviene nel parco di competenza dell'edificio, progettato insieme alle terrazze verdi per creare un aumento della biodiversità urbana.

Soluzioni tecnologiche ambientali

Messe in campo una serie di strategie tra le quali impiego del legno per le partizioni e le finiture, utilizzo di sistemi di captazione solare, superfici verdi private e collettive per le quali si utilizza l'acqua di recupero, impianti a bassa temperatura come il riscaldamento a pavimento. Nelle ipotesi di modifica della configurazione interna degli alloggi è previsto il recupero dei materiali.³

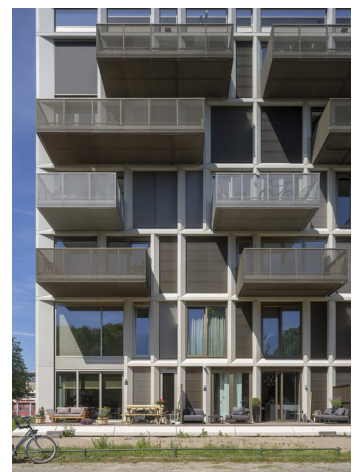
Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

2. <https://www.openbuilding.co/schetsblok-ana>

3. <https://docplayer.nl/147168846-Het-schetsblok-ana-architecten.html>

Fotografia dell'edificio costruito
©Ana Architecten



10. PATCH 22, TOM FRANTZEN ARCHITECTS



1. Progettisti	Tom Frantzen, Karel van Eijken, Laura Reinders	
2. Committente	Lemniskade Projects, Amsterdam (Tom Frantzen and Claus Oussoren)	
3. Sito	Amsterdam	
4. Tipo di edificio e funzione	Residenziale, 5400 m2	
5. Anno di costruzione	Completato nel 2016	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura principale a telaio in legno lamellare
	6.2. Materiali	solaio in acciaio-calcestruzzo, primo piano costruito in calcestruzzo prefabbricato, legno lamellare, vetro
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Edificio energeticamente neutro
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Pannelli solari sul tetto, recupero acque piovane, stufe a pellet a emissioni zero di CO2 che utilizzano come combustibile legno di scarto compresso dell'industria del legno.
	7.3. Impianti	Impianti inseriti in un sistema di solaio Slimline. Praticando fori strategicamente posizionati nel pavimento è possibile inserire e apportare modifiche all'interno e sostituire gli impianti in qualunque momento.

Tipo di edificio e funzione

La patch 22 è nata dalla necessità di svilupparsi in un modo diverso e sostenibile. L'iniziatore e cliente Lemniskade BV, la società dell'architetto Tom Frantzen e del direttore dei lavori Claus Oussoren, con questo progetto ha vinto la gara Buiksloterham Sustainability, lanciata dal comune di Amsterdam nel 2010 e ha contribuito all'obiettivo del comune di realizzare i progetti di nuova costruzione a emissioni zero.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

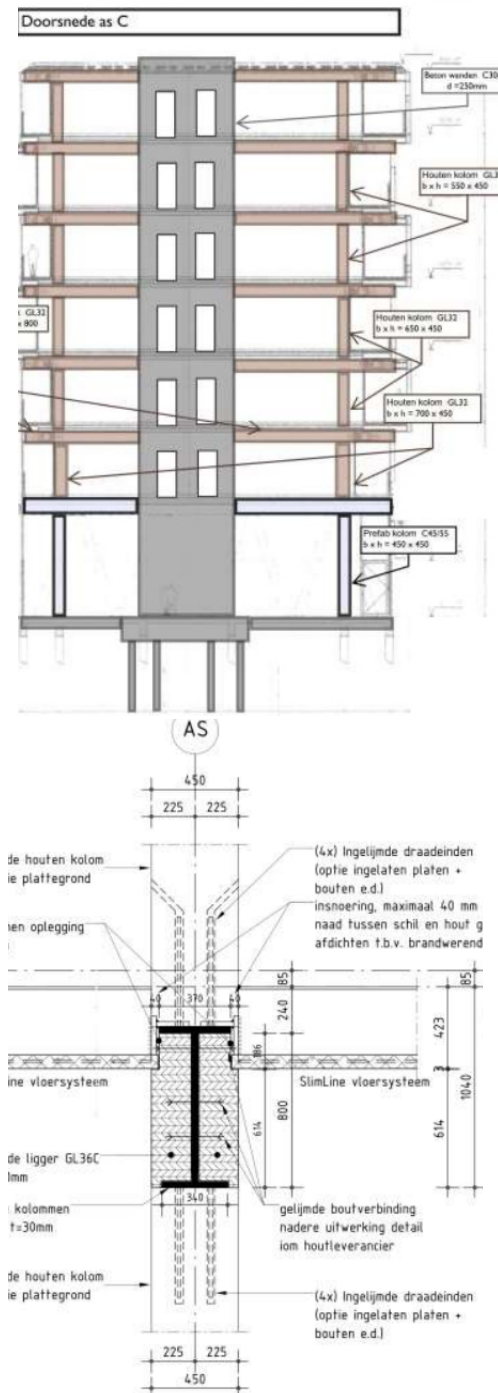
In Patch22 la sezione a molti piani dell'edificio di 5400 mq può essere convertita da commerciale a residenziale e viceversa senza alcuna modifica alla struttura. Gli appartamenti offrono una completa flessibilità di layout perché gli occupanti sono in grado di installare scarichi e cablaggi nei solai secondo le proprie esigenze. I sistemi antincendio e il sistema strutturali sono inoltre progettati con capacità in eccesso, proprio per far fronte ad eventuali cambiamenti funzionali.

Sistema statico-costruttivo

La struttura a telaio trave pilastro è in legno, mentre le tamponature possono essere aggiunte o rimosse a discrezione dell'utente. Grazie all'assenza di pareti divisorie strutturali, alla generosa altezza dei solai di 4 m e all'alto carico del pavimento di 4 kN, i sei piani possono essere utilizzati come grandi loft fino a 540 m² con enormi balconi, fino a otto appartamenti più piccoli o come open space. (Frantzen, 2019) Gli appartamenti possono essere suddivisi o uniti e la divisione in appartamenti rimarrà flessibile in futuro. La struttura in legno è stata adattata a mista per problemi statici: infatti i possibili forti carichi del vento sulla facciata e sulla struttura, su terreno paludoso come quello di Amsterdam, avrebbero potuto sollevare la struttura da terra. Per questo i solai in legno del progetto iniziale sono stati sostituiti con un sistema di pavimentazione ibrido acciaio-calcestruzzo e il piano terra in calcestruzzo prefabbricato. Di particolare interesse ai fini della flessibilità di uso è il solaio "Slimline". Il solaio si configura come una sorta di pacchetto cavo con una copertura estraibile. Il pacchetto è composto da travi in acciaio perforato da 36 cm e una soletta di fondo in cemento da 8 cm. Il sistema "cavo" consente di installare scarichi e altre strutture. Il solaio viene quindi rifinito con una lamiera dal profilo Lewis e un massetto in anidrite di 8 cm con riscaldamento a pavimento. Poiché l'ultimo strato fa parte della barriera acustica tra i due piani, questa soluzione è in parte indipendente dalla struttura portante. Per intervenire sul solaio si deve prevedere qualche intervento di demolizione, ma grazie a dei fori strategicamente previsti in fase di progetto è possibile fare manutenzione sugli impianti in modo agevole. Un altro punto di forza della struttura è che i cavedi sono stati previsti solo nel nucleo centrale dell'edificio, con l'allaccio a scarichi acqua ed elettricità preinstallati dietro la porta di ingresso di ogni unità: ciascun utente può estenderli a piacimento in tutto l'appartamento senza rischiare di non avere la pendenza adeguata. Nell'edificio sono possibili un massimo di 8 unità per piano. Più unità possono essere divise o accorpate in appartamenti di 540 mq. Sovrapponendo normative per abitazioni e uffici, una generosa altezza del pavimento di 4 m e carichi del pavimento di max 4 KN, la struttura in legno può essere suddivisa in sei piani uffici indipendenti o massimo 48 appartamenti.

Materiali

Il materiale principale utilizzato per la struttura e la facciata è il legno lamellare, secondo la filosofia cradle2cradle. Per renderlo resistente al fuoco sono stati aggiunti alla struttura 80 mm di legname in più per aumentare le prestazioni di resistenza al fuoco di 120 minuti. Per la progettazione architettonica l'edificio in legno ha offerto molta libertà



Dettagli del sistema strutturale in legno ©Tom Frantzen

morfologica, evitando i ponti termici, che sono problematici nelle strutture in cemento armato. Un altro vincolo delle strutture in legno è la fragilità quando si parla di isolamento acustico. Poiché non c'è massa per assorbire il suono, la struttura è stata pensata in diversi strati indipendenti.

Prestazioni energetiche dell'edificio

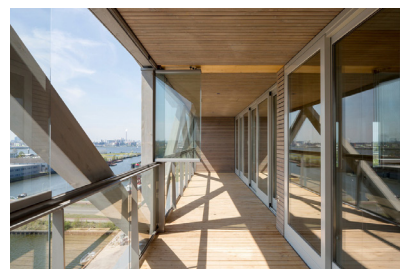
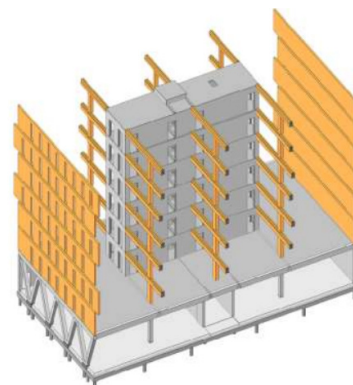
In Patch22, la "sostenibilità" si ottiene attraverso l'efficienza energetica, l'uso di materiali rinnovabili e una grande flessibilità nelle opzioni di layout della pianta. Il progetto del 2009 per Patch22 aveva un punteggio GPR (un punteggio di benchmark del governo olandese) per la sostenibilità di 8,9 e un EPC per l'efficienza energetica di 0,2. Il tetto è interamente ricoperto di pannelli fotovoltaici, che rendono l'edificio energeticamente neutro.

Soluzioni tecnologiche ambientali

Pannelli solari sul tetto. L'acqua piovana viene raccolta e riutilizzata in un sistema di acque grigie. Il calore viene generato utilizzando stufe a pellet a emissioni zero di CO₂ che utilizzano come combustibile legno di scarto compresso dell'industria del legno. L'uso del legno è stato concepito secondo un'etica "cradle to cradle": un approccio biomimetico alla progettazione di prodotti e sistemi che modella l'industria umana sui processi naturali.

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.



Dettagli del sistema strutturale in legno ©Tom Frantzen

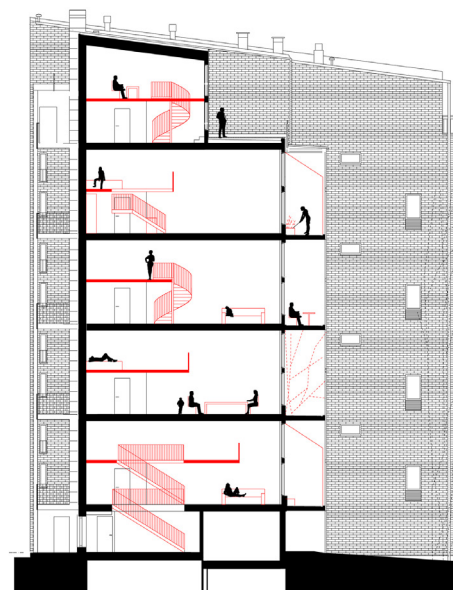
11. TILA OPEN BUILDING, TALLI ARCHITECTS



1. Progettisti	Talli Architecture and Design Ltd.	
2. Committente	Sato Oy (privato)	
3. Sito	Helsinki	
4. Tipo di edificio e funzione	Residenziale, 4352 m2	
5. Anno di costruzione	Completato nel 2010	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura portante a telaio in calcestruzzo prefabbricato
	6.2. Materiali	Calcestruzzo prefabbricato, mattoni e acciaio
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	---
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	--
	7.3. Impianti	Ogni appartamento ha il proprio climatizzazione nello "spazio per gli impianti " (cavedio) fuori dal portone d'ingresso. Il progetto utilizza un solaio cavo con lastre che vengono colate a una certa profondità (200 o 300 mm o qualsiasi altra a seconda del progetto) al di sotto del normale livello del pavimento. Questa profondità extra viene utilizzata per posizionare tubi e condotti di servizio.

Tipo di Edificio e Funzione

Il condominio Tila, composto da 39 appartamenti loft, è un progetto pilota di appartamenti loft a Helsinki, nel quartiere Arabianranta. Gli appartamenti si affacciano a sud attraverso una facciata completamente vetrata e con un balcone che corre per l'intera larghezza dello spazio. Le dimensioni e la struttura degli appartamenti consentono agli occupanti di soppalcare il piano superiore per avere più spazio. Il concetto di neo-loft si basa su un sistema costruttivo aperto: all'interno della struttura dell'edificio disponibile il residente determina e costruisce le suddivisioni richieste. Gli appartamenti sono abitabili subito al momento dell'acquisto (hanno i bagni), ma diventano competiti con l'installazione di attrezzature da cucina. Il fondamento alla base del progetto è che gli occupanti possano mixare in modo discrezionale diverse funzioni all'interno di un unico spazio.



Sistema statico-costruttivo

La struttura portante è in calcestruzzo e gli appartamenti delle unità sono di dimensioni tali da consentire di sopralcare lo spazio. Sono possibili molte variazioni di layout. Gli scarichi idraulici per la cucina si trovano sul lato della stanza principale e consentono diverse disposizioni della cucina, soprattutto nell'unità più grande di 102 m² dove si hanno 2 bagni.

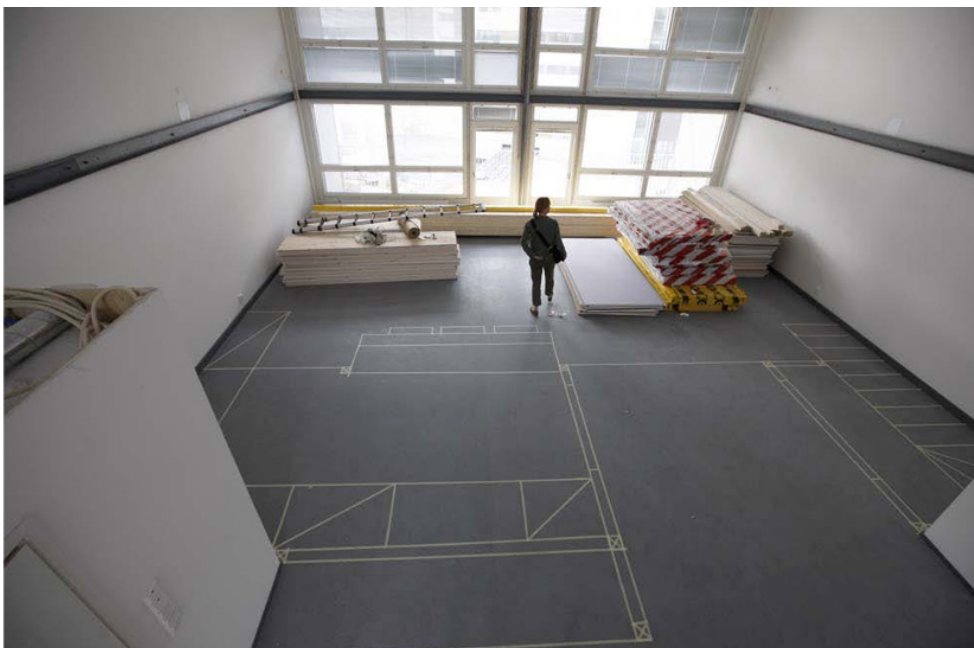
Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

I residenti possono costruire singole stanze o ampliare il proprio appartamento con soppalchi, perché l'altezza dello spazio principale è di cinque metri. L'unità loft di base del complesso residenziale Tila è di 102 m², con due bagni. Gli sbocchi per gli accessori della cucina si trovano sul lato della stanza principale del modulo bagno - che consente diverse disposizioni della cucina - e sono lasciati agli occupanti di costruirsi da soli". (Talli Architects, Open Building 2019)

Materiali

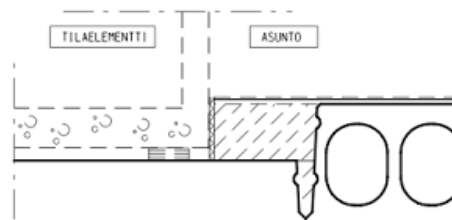
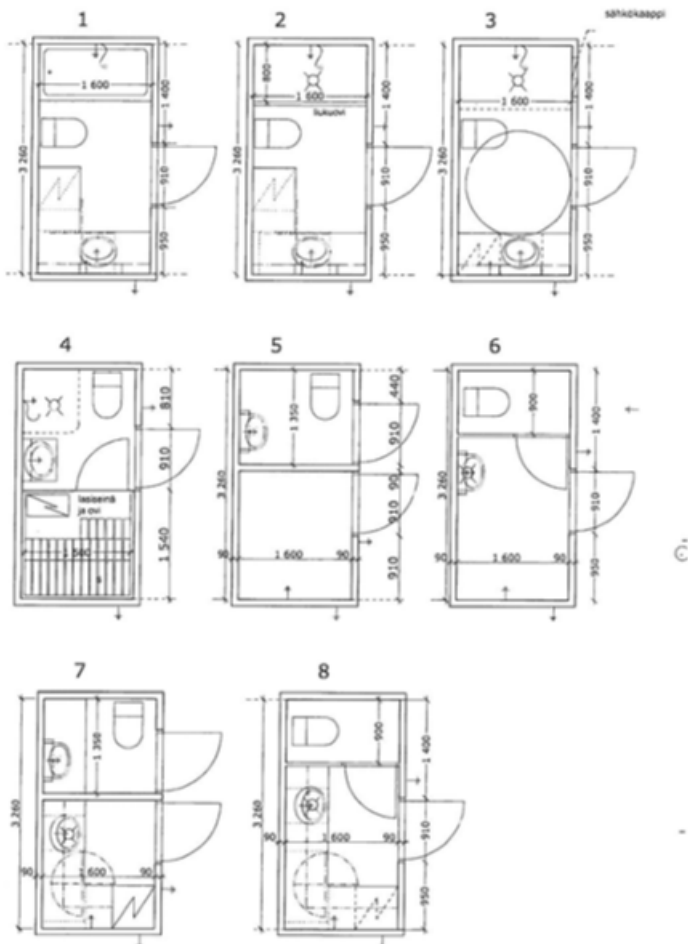
Calcestruzzo prefabbricato per la struttura portante, mattoni acciaio e vetro per la facciata. A livello di impianti non sono state fatte installazioni a pavimento perché considerate troppo costose. I bagni sono blocchi prefabbricati costruiti off-site e assemblati sul posto. Il progetto utilizza un solaio cavo con lastre che vengono colate a una certa profondità (200 o 300 mm o qualsiasi altra a seconda del progetto) al di sotto del normale livello del pavimento. Questa profondità extra viene utilizzata per posizionare tubi e condotti di servizio.

Una tipica unità "vuota" con la planimetria dell'unità abitativa disegnata sul pavimento. I due bagni installati come parte dell'edificio di base sono visibili in primo piano, uno per lato dello spazio. ©Talli Architects



Impianti

A differenza di molti altri paesi europei, in Finlandia è obbligatorio per legge un sistema di ventilazione forzata. È anche previsto dalla legge che l'apparecchiatura debba prendere aria calda dall'aria "sporca" che esce dall'edificio e usarla per riscaldare l'aria che entra. Nel caso più comune c'è una grande sala macchine, da cui tutta l'aria in entrata/uscita va a tutti gli appartamenti. La seconda alternativa è che ogni appartamento abbia la propria attrezzatura di ventilazione. In Tila questo secondo sistema (individuale) è utilizzato in modo molto razionale, ed è molto facile da mantenere. Ogni appartamento ha la propria macchina nello "spazio per i tubi" (cavedio) fuori dalla porta d'ingresso dell'appartamento. L'aria fresca proviene dai corridoi esterni. I condotti dell'aria sono nascosti nel soffitto dei bagni.



Particolare del solaio più sottile sotto il mobile bagno e l'unità bagno prefabbricata ©Talli Architects



Nove varianti bagno tra cui gli occupanti possono scegliere -

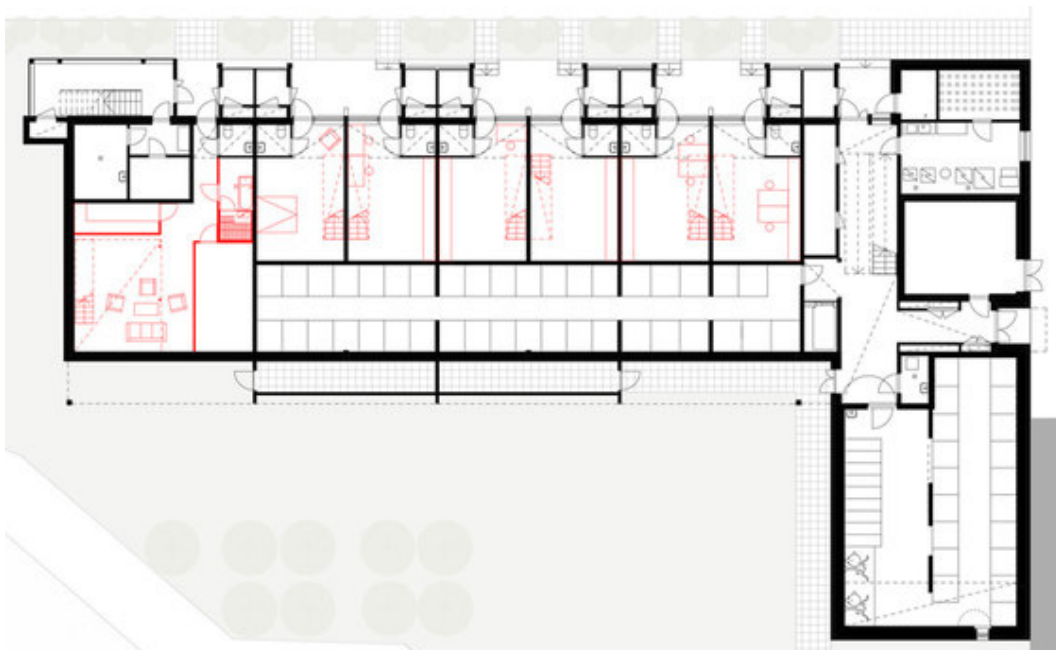
Normativa di Riferimento

Codice di edilizia nazionale della Finlandia La legge sull'uso del suolo e sull'edilizia (132/1999) specifica le condizioni generali in materia di costruzione, requisiti tecnici sostanziali, procedura di concessione edilizia e supervisione degli edifici da parte delle autorità. I requisiti tecnici sostanziali riguardano la resistenza e la stabilità delle strutture, la sicurezza antincendio, la salute, la sicurezza degli utenti, l'accessibilità, l'abbattimento del rumore e le condizioni di rumore, e l'efficienza energetica. Oltre ai requisiti tecnici sostanziali, l'articolo 117 dell'atto prevede la competenza ad emanare decreti concernenti le linee guida per l'uso e la manutenzione degli edifici. Ulteriori disposizioni e linee guida in materia di costruzione sono emesse nel codice edilizio nazionale della Finlandia.

Tradizionalmente le norme del Codice edilizio si applicano solo ai nuovi edifici. In caso di ristrutturazioni o alterazioni le norme sono applicabili solo quando richieste per tipologia ed entità dell'intervento o destinazione d'uso dell'immobile o di parte di esso che può subire variazioni (salvo diversa specifica disciplina). L'obiettivo è quello di consentire flessibilità nell'applicazione del regolamento edilizio, per quanto possibile in considerazione delle caratteristiche e particolarità dell'edificio.

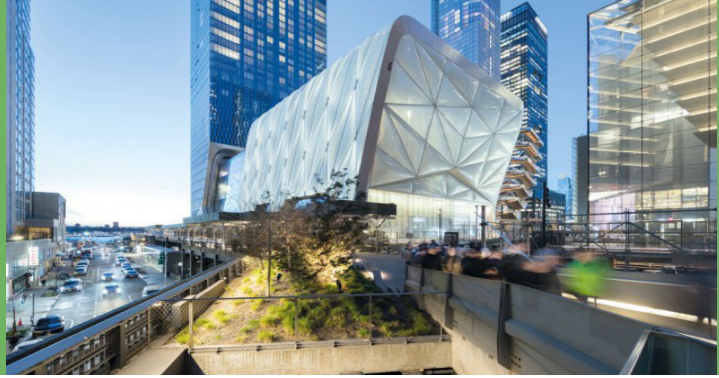
1. <https://ym.fi/en/the-national-building-code-of-finland>

Pianta del piano terra
©Talli Architects



12. THE SHED

DILLER-SCOFIDIO-RENFRO



1. Progettisti	Diller-scofidio-Renfro	
2. Committente	Immobiliare privato	
3. Sito	New York	
4. Tipo di edificio e funzione	The Shed's Bloomberg Building è una struttura a destinazione mista	
5. Anno di costruzione	Completato nel 2019	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Intelaiatura in acciaio
	6.2. Materiali	I componenti sono in calcestruzzo e acciaio.
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	Soddisfatti i requisiti normativi della Bill 1253 (Local Law 97) della città di New York city per edifici di grandi dimensioni.
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	Recupero dell'acqua piovana e ventilazione interna mediante turbine eoliche e sfruttamento dell'illuminazione naturale
	7.3. Impianti	Climatizzazione mediante sistemi tradizionali di ventilazione meccanica ed elettrica
	7.4. Mobilità	Saranno previsti 70 posti auto, compresi i punti di ricarica per le auto elettriche. Ci sarà anche un numero uguale di rimesse per le biciclette.

Tipologia di edificio e funzione

The Shed è un complesso realizzato per un'organizzazione culturale senza scopo di lucro che commissiona, sviluppa e presenta opere d'arte originali, in tutte le discipline, per tutti i tipi di pubblico. The Shed's Bloomberg Building è una struttura di 18.500 m² che può trasformarsi fisicamente per supportare molti tipi di utilizzo. (Abitare, 2019) The Shed si ispira, architettonicamente, al Fun Palace, l'influente ma non realizzata macchina da costruzione ideata dall'architetto britannico Cedric Price e dal regista teatrale Joan Littlewood negli anni '60. Come il suo predecessore, l'infrastruttura aperta di The Shed è pensata PER essere permanentemente flessibile per un futuro incerto e reattiva alla variabilità di scala, media, tecnologia e alle esigenze in evoluzione degli artisti.¹ Gli spazi del back-of-house dello Shed, che comprendono uffici, spazi meccanici, spogliatoi e magazzini, si trovano al livello 1 e ai livelli

1. <https://www.abitare.it/it/architettura/progetti/2019/09/08/diller-scofidio-renfro-shed-new-york/>

inferiori della torre residenziale a ovest, 15 Hudson Yards (progettati da Diller Scofidio + Renfro, Lead Architect e Rockwell Group, Lead Interior Architect). Ciò consente di dedicare la maggior parte dell'edificio della base di The Shed a uno spazio programmabile per l'arte.²L'edificio di base a otto livelli del capannone comprende due livelli di spazio galleria; il versatile Teatro Griffin; e The Tisch Skylights, che comprendono uno spazio per le prove, un laboratorio creativo per artisti locali e uno spazio per eventi illuminato dal cielo. Il McCourt, uno spazio per spettacoli, installazioni ed eventi su larga scala, si forma quando il guscio esterno telescopico di The Shed viene distribuito dall'edificio di base e scivola lungo i binari sulla piazza adiacente.

Sistema statico-costruttivo

La struttura è stata ampliata e riadattata sulla preesistente stazione ferroviaria. Per questo la struttura è mista con parti in Calcestruzzo, parti in acciaio e vetro e partizioni interne in elementi modulari leggeri

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

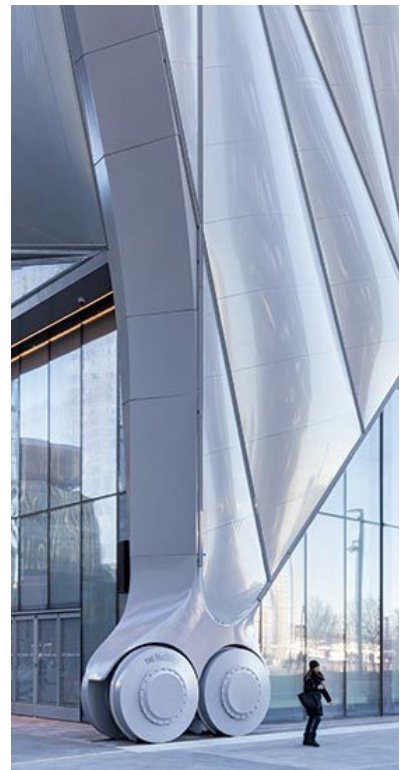
Aggiunta di struttura mobile in acciaio su binari. Materiali trasparenti di copertura. L'edificio è in grado di espandersi e contrarsi facendo rotolare l'involucro telescopico su rotaie. Il sistema cinetico dello Shed si ispira al passato industriale della High Line e del West Side Railyard. Attraverso l'uso di sistemi di costruzione convenzionali per la struttura fissa e l'adattamento della tecnologia della gru a cavalletto per attivare l'involucro esterno, l'istituzione è in grado di ospitare su richiesta una programmazione indoor e all'aperto su larga scala.³

Materiali

Strutture portanti in acciaio. Chiusure perimetrali in vetro e per la parte mobile realizzati in materiali sintetici leggeri.

2. <https://dsrny.com/project/the-shed>

3. <https://www.architecturalrecord.com/articles/14044-the-shed-by-diller-scofidio-renfro-with-rockwell-group>



il guscio retrattile dell'edificio scorre su una ruota del carrello di 6 piedi di diametro
Foto Iwan Baan

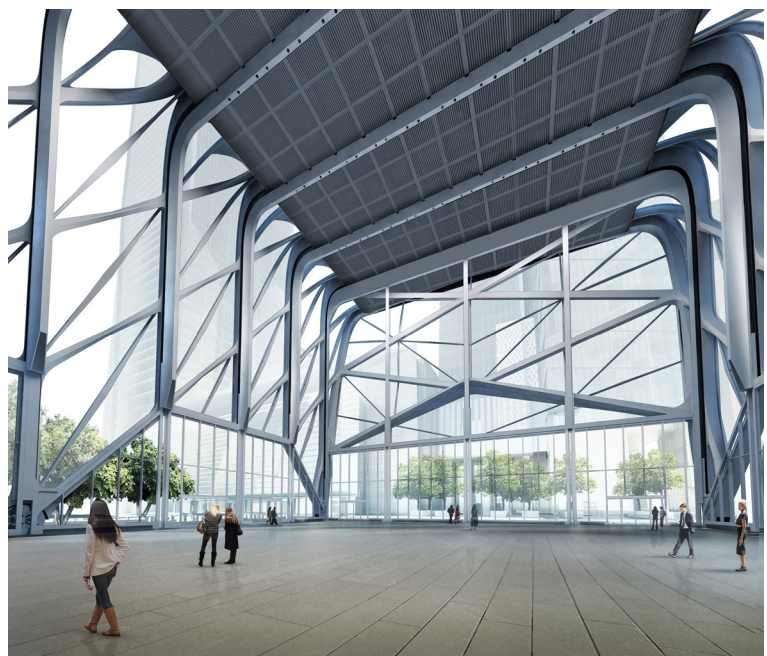
4. <https://codes.iccsafe.org/content/NYSBC2020P1/-ny-chapter-1-scope-and-administration>

Soluzioni tecnologiche ambientali

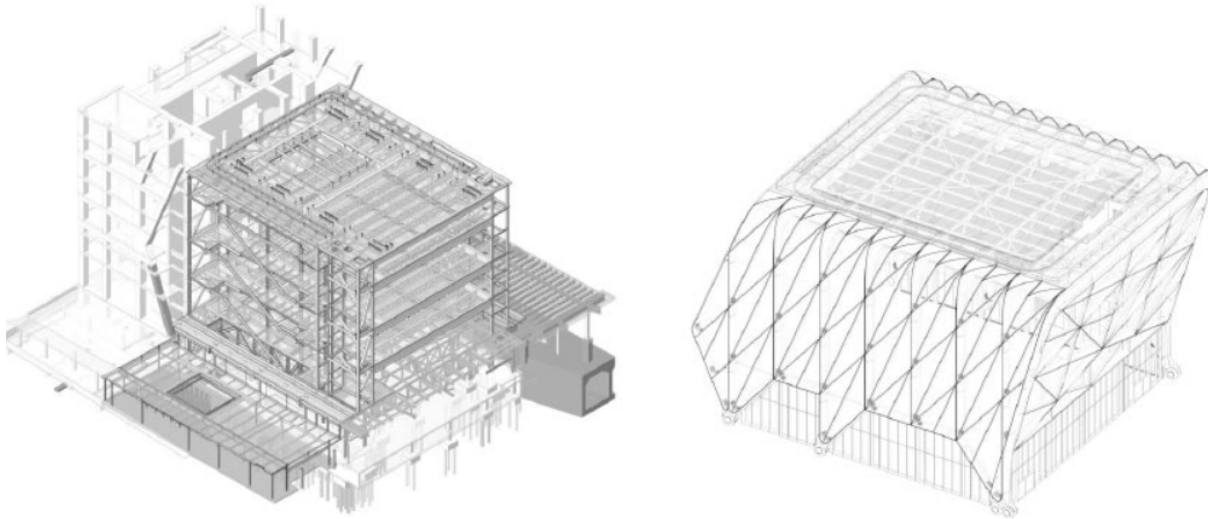
Impianto di climatizzazione con trattamento aria mediante torri di evaporazione e prese d'aria esterne con canalizzazioni a vista interne. presenza di sistemi di recupero acqua piovana, di ventilazione interna mediante turbine eoliche e di illuminazione naturale.

Normativa di Riferimento

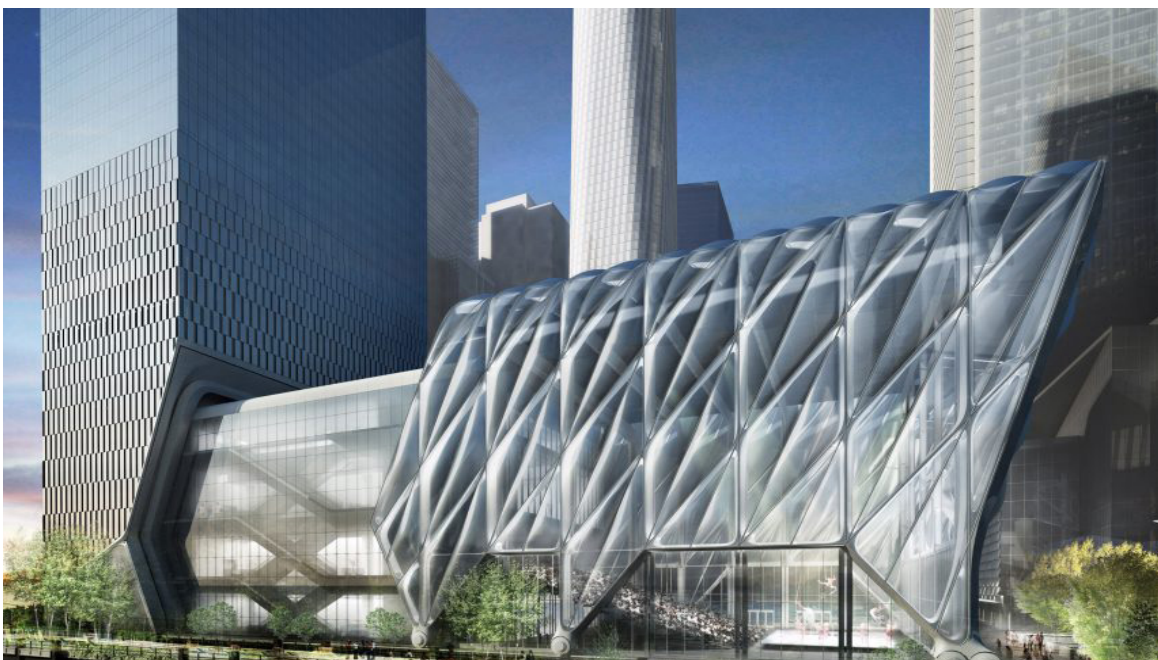
Codice Edilizio 2020 Dello stato di New York. Tutte le responsabilità per la definizione dei regolamenti edilizi, la definizione delle regole e dei criteri relativi all'applicazione, alla supervisione dell'applicazione e all'esecuzione dell'applicazione spettano agli attori governativi. Esiste una relazione tra l'autorità esecutiva e regolamentata e può esistere una relazione di supervisione tra o all'interno di organismi governativi. (van der Heijden, J., 2009) Le disposizioni della parte 1226 del NYCRRR si applicano a tutte le strutture residenziali e non, residenziali esistenti e a tutti i locali esistenti e costituiscono requisiti e standard minimi per locali, strutture, attrezzature e strutture per la luce, la ventilazione, lo spazio, il riscaldamento, i servizi igienico-sanitari.



Render di progetto
©Diller Scofidio Renfro



Render di progetto
e schema strutturale
©Diller Scofidio Renfro



13. TIMMERHUIS

OMA

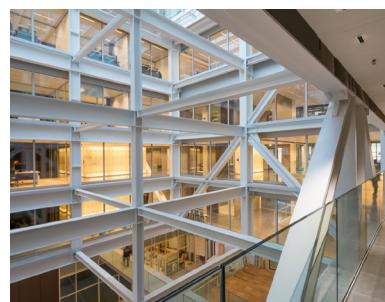


1.Progettisti	OMA - Reiner de Graaf	
2.Committente	Comune di Rotterdam Rotterdam, Stadsontwikkeling Rotterdam	
3.Sito	Rotterdam, Paesi Bassi, 45000 m2	
4.Tipo di edificio e funzione	Destinazione mista, Uffici (25.400m2), Residenze (12.000m2), Parking (3.900m2), Area Commerciale (2.070m2), Museo (1630 m2)	
5.Anno di costruzione	2009 - 2015	
6.Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura a telaio in acciaio a vista con connessioni a secco
	6.2 Materiali	I pannelli di vetro delle facciate sono smontabili così come le pareti divisorie interne.
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1.Consumo energetico	Certificazione BREEAM "Eccellente"
	7.2Soluzioni tecnologiche ambientali	I due atrii fungono da pozzi di ventilazione e sono collegati a un sistema climatico che immagazzina calore in estate e freddo in inverno e rilascia questa energia sotto forma di aria calda o fredda a seconda delle esigenze. La facciata continua a triplo vetro dell'edificio utilizza un isolamento traslucido hi-tech che consente un'alta efficienza energetica.
	7.3.Impianti	Incorporati nei controsoffitti in pannelli a barre d'acciaio facilmente ispezionabili negli uffici e in cartongesso nella parte residenziale.
	7.4Mobilità	La struttura offre parcheggi per i residenti

Tipo di edificio e funzione

Timmerhuis è un edificio altamente adattabile, progettato secondo una rigida griglia rettangolare in grado di ospitare sia uffici che abitazioni. Attraverso questo progetto, l'ambizione del cliente (Comune di Rotterdam) era quella di illustrare che l'adattabilità non ha un impatto negativo sulla qualità e sul prezzo. Il complesso edilizio è situato nel centro di Rotterdam, è stato sviluppato da "Stadsontwikkeling Rotterdam" e progettato da OMA (Office for Metropolitan Architecture) nel 2015. Il progetto di OMA è circondato da due lati da un monumento esistente, Stadstimmerhuis -l'edificio municipale di Rotterdam- che è stato costruito nel 1953 e ristrutturato nell'ambito di questo progetto (Archdaily, 2015; OMA, n.d.-b). Il focus di questo studio è sulla nuova struttura. Oltre a soddisfare i criteri di selezione, vi sono ulteriori ragioni per scegliere di indagare su questo progetto. In primo luogo, la multifunzionalità dell'edificio e l'alto livello di adattabilità funzionale poiché è stato progettato per ospitare sia uffici che abitazioni, a seconda delle esigenze presenti e future degli utenti (OMA, n.d.-b; Frearson, 2015).

- [1.https://www.archdaily.com/778654/timmerhuis-oma](https://www.archdaily.com/778654/timmerhuis-oma)
- [2. https://en.wikipedia.org/wiki/Timmerhuis](https://en.wikipedia.org/wiki/Timmerhuis)



In secondo luogo, il brief di progettazione stabiliva che il Timmerhuis doveva essere l'edificio più sostenibile dei Paesi Bassi, rendendo gli elevati standard di sostenibilità una preoccupazione fondamentale sin dall'inizio del progetto (OMA, n.d.-b). Questo obiettivo è stato affrontato considerando l'adattabilità come un parametro progettuale decisivo per il progetto. Al termine, Timmerhuis ha ottenuto la più alta valutazione di sostenibilità BREEAM, essendo il primo edificio a uso misto nei Paesi Bassi ad aver raggiunto questo obiettivo (Yannos,2020). Infine, il centro di Rotterdam, dove si trova l'edificio, è un'importante area multifunzionale, circondata da spazi aperti pubblici ed edifici storici, che costituisce un ulteriore motivo per selezionare questo caso. Per il Timmerhuis OMA ha concepito un edificio modulare con unità ripetute gradualmente arretrate rispetto alla strada mentre si elevano in due picchi irregolari. La composizione dell'edificio di celle più piccole crea una forma imponente e complessa se vista da Coolingsingel, una delle arterie principali di Rotterdam, e consente sottigliezza e adattabilità quando il nuovo edificio incontra lo Stadhuis (un edificio municipale, del 1953), che lo circonda su due lati.

3. Maxis, Yiannos, (2020) Addressing the mismatch: A strategy for creating adaptable office buildings and adding value for corporations.
4. OMA <https://www.oma.com/projects/timmerhuis>

Sistema statico-costruttivo

Determinando con precisione le dimensioni e la posizione della griglia strutturale in acciaio, sia in termini di campata verticale (altezza pavimento-pavimento 3,6 m) che orizzontale (7,2 x 7,2 m), offre all'edificio la flessibilità di adattarsi alle esigenze dei suoi utenti e una struttura che può ospitare uffici, unità residenziali, funzioni commerciali e parcheggi. L'utilizzo di un'ampia campata, unità modulari e pannelli di facciata indipendenti e proporzionati alla dimensione della griglia, consentono di ampliare e ridimensionare l'edificio. D'altra parte, a causa delle parti a sbalzo della struttura, il potenziale di espansione dell'edificio è limitato solo ad alcune aree.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

L'innovativo sistema strutturale del Timmerhuis genera la massima efficienza e versatilità sia nella costruzione che a livello di programma: le unità possono adattarsi allo spazio ufficio o ai parametri residenziali come desiderato. Le terrazze verdi ai livelli più alti offrono la possibilità di un appartamento con giardino. A livello stradale, la struttura consente un ampio spazio aperto, con moduli che sovrastano piuttosto che invadere un'area interstiziale, favorendo un coinvolgimento attivo e aperto tra il Timmerhuis e la città.

L'adattabilità costituisce un concetto chiave nello sviluppo e nella progettazione di Timmerhuis. Attualmente, metà dell'edificio è di proprietà e utilizzata dal comune (1° - 4° piano) e il resto è adibito ad edilizia abitativa (5° - 14° piano), negozi e spazi museali (piano terra). Nonostante l'attuale suddivisione funzionale, la capacità adattiva dell'edificio gli consente di ospitare usi, configurazioni e inquilini diversi.

Materiali

L'uso di una struttura a telaio in acciaio a vista, connessioni a secco, nonché pannelli di vetro per facciate smontabili e pareti divisorie interne consentono alla forma esterna e alla configurazione interna di Timmerhuis di adattarsi alle esigenze degli utenti. Inoltre, utilizzando controsoffitti sia nell'ufficio (pannelli a barre d'acciaio altamente flessibili, che incorporano impianti di illuminazione e ventilazione) che nel residenziale le aree (cartongesso) rendono i servizi facilmente accessibili. Le dimensioni della struttura a griglia sia negli spazi interni che nelle facciate dell'edificio, consentono l'uso di componenti modulari e standardizzate (unità, pelle e servizi), aumentando le proprietà di adattabilità dell'edificio. Le facciate dell'edificio sono costituite da due sole tipologie di pannelli che sono determinate dalla funzione che vi si trova dietro. Le facciate delle unità abitative possono aprirsi completamente mentre quelle degli uffici hanno aperture minori. L'uso di pannelli modulari per facciate consente di sostituirli nel caso in cui la funzione dell'edificio o le esigenze degli occupanti cambino. Concentrarsi sull'interno dell'edificio, utilizzando componenti standardizzate e modulari (pareti interne, soffitto e mobili),

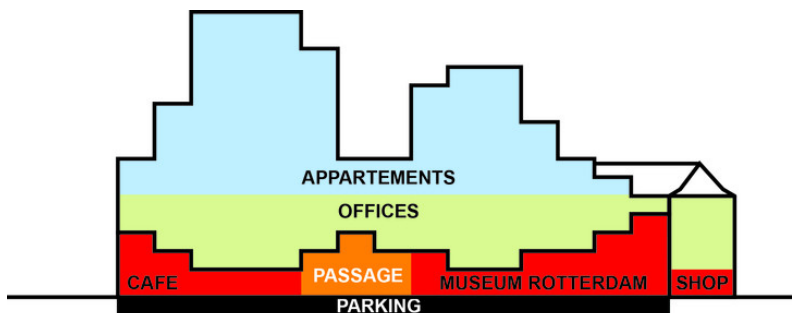


Diagramma esplicativo del progetto
©OMA

pareti divisorie smontabili e unità riposizionabili ne migliorano la flessibilità spaziale. Tali misure consentono all'edificio e in particolare al luogo di lavoro di adattarsi non solo ai cambiamenti su larga scala, ma anche ai frequenti cambiamenti delle esigenze degli utenti.

Soluzioni tecnologiche ambientali

Sia nella sezione esistente che in quella nuova dell'edificio, si possono trovare cinque nuclei (due nuovi e tre esistenti), per la circolazione verticale. Il design di OMA forma due picchi, ciascuno facilitato da un diverso servizio e nucleo di circolazione, al di fuori dei quali, il nucleo di circolazione ha la capacità di servire più funzioni e utenti rispetto ai requisiti attuali. Ciò consente inoltre alle funzioni dell'edificio di seguire una configurazione verticale, se richiesto, e questo dimostra la grande capacità di adattabilità del progetto. La suddivisione in zone degli spazi degli uffici, che incorpora configurazioni sia a pianta aperta che chiusa costituisce un ambiente flessibile che consente di adattarsi ai cambiamenti senza influire sull'intera disposizione del piano.

Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione..

14. WERK12

MVRDV



1. Progettisti	MVRDV, NVO Nuyken von Oefele Architekten BDA e Stadtplaner	
2. Committente	OTEC GmbH & Co. KG	
3. Sito	Monaco, Germania 45000 m ²	
4. Tipo di edificio e funzione	Destinazione mista Uffici , Retail , Culturale , Bar-ristorante , Wellness. 7700 m ²	
5. Anno di costruzione	2014 - 2019	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Acciaio e vetro strutturale
	6.2. Materiali	Acciaio, Cls, vetro
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	
	7.2. Soluzioni tecnologiche ambientali	
	7.3. Impianti	A vista, di facile accesso e manutenzione
	7.4. Mobilità	Parcheggio interrato.

Tipo di edificio e funzione

MVRDV propone un volume semplice con materiali tradizionali come cemento e vetro temperato, oltre alla particolarità di avere sulla facciata lettere alte cinque metri, che emulano le lettere dei fumetti. Morfologicamente l'edificio si fonde con l'ambiente circostante e si presenta come un contenitore flessibile. Per la tipologia dell'edificio, la zonizzazione si sviluppa in sezione, al primo piano si trova la zona commerciale, ai successivi tre l'area sportiva e all'ultimo piano la zona uffici. Al primo livello si svolgono attività commerciali con una serie di ristoranti, caffetterie e bar con accesso pubblico. All'ultimo livello viene sviluppato il programma di un ufficio di innovazione automobilistica, che funge da ancoraggio dell'edificio. Infine, tra questi due livelli, si sviluppa l'area più ampia del programma, l'area sportiva. Rispondendo alla diversa storia industriale dell'attuale sito di WERK12, MVRDV progetta un edificio adattabile, nucleo per il nuovo quartiere emergente Werksviertel-Mitte. Dopo la chiusura degli stabilimenti nel 1996, la zona è diventata un leggendario quartiere del divertimento e della vita notturna; dal 2016 si sta rigenerando in un distretto chiave per le industrie creative, il tempo libero e altro ancora.

- <https://www.mvrdv.nl/projects/298/werk12>
- <https://eumiesaward.com/work/4916>

L'ambizione di MVRDV era quella di realizzare un punto focale nell'area, con un nuovo edificio che si apre in tutte le direzioni e si trova nel cuore della piazza Knödelpfatz. La facciata dell'edificio è trasparente e non separa l'interno dall'esterno, e invece di isolare le sue attività interne, è in costante dialogo con l'ambiente circostante. (MVRDV)

Il sito trasformato mette a confronto il nuovo edificio con i cambiamenti prevedibili in futuro e richiede flessibilità e adattabilità della struttura. I calcoli erano calibrati su un edificio di sei piani - MVRDV ha ridotto il numero di piani a soli cinque livelli, creando piani con soffitti alti e aggiungendo soppalchi localmente. Durante la fase di progettazione, uno dei clienti principali (una sala fitness) era disposto a firmare il contratto solo a condizione che una piscina di 25 metri potesse essere inclusa nell'edificio. Il parcheggio sotterraneo sottostante è stato costruito prima dell'inizio della progettazione del WERK12 ha posto una sfida strutturale particolare. Posizionare una piscina pesante 300 tonnellate sarebbe stato impossibile sopra un garage, oltre ai piani superiori, ma poiché un piano è stato "rimosso" durante la fase di progettazione, è stato possibile aggiungere una capacità di "peso" maggiore. L'ingegnere strutturale ha risolto l'equazione e ha confermato che era possibile includere una piscina con una profondità di 1,40 m, consentendo la firma del contratto e dunque lo sviluppo e realizzazione del progetto. (Fondazione Mies van der Rohe. 2020)

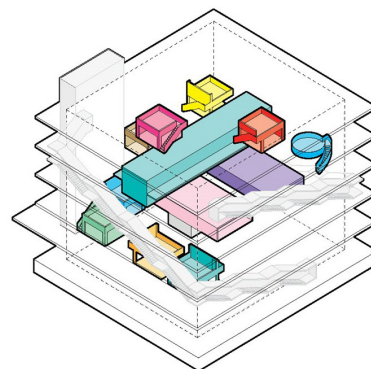
3. <https://www.floornature.it/mvrdv-complesso-multifunzionale-werk12-monaco-di-baviera-15033/>

Sistema statico-costruttivo

Gli architetti hanno voluto rendere la struttura in acciaio e vetro il più minimale possibile. È stata realizzata come una facciata in vetro strutturale con uno spessore di soli 50 millimetri e due diverse profondità costruttive: l'ossatura esteriore, profonda 120 millimetri, sostiene due pilastri e un traverso a un'altezza di tre metri, ciascuno dei quali è di appena 95 millimetri di profondità. (Floornature, Archello 2020)

Come se non fosse abbastanza difficile combinare le diverse profondità costruttive in un unico elemento di facciata, alcune aree richiedevano sopportazione al carico aggiuntivo esercitato sulla struttura in calcestruzzo dalla scala. In queste aree, i carichi sulla facciata in acciaio e vetro vengono trasferiti lateralmente nella struttura collaborante in calcestruzzo tramite traversi, un approccio statico possibile solo con profili in acciaio. Le traverse caricate in questo modo sono state rinforzate con acciaio piatto all'interno, che è completamente nascosto dall'esterno. In linea con la griglia della facciata, le porte antincendio sui terrazzi circostanti - necessarie a tutti i livelli per garantire la via di

Diagramma funzionale
©MVRDV



fuga attraverso le scale- sono alte quasi tre metri. Grazie al sistema di profili in acciaio Janisol, testato e omologato per questa altezza, è stato possibile integrarli con discrezione nella facciata in vetro strutturale e anche quelli al piano terra sono stati progettati per soddisfare i criteri della classe di resistenza RC2.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

Lo scopo del progetto era lasciare, come nel caso del Centre Pompidou, la disposizione in pianta libera e riconfigurabile. Per questo il corpo scala si sviluppa all'esterno dell'edificio, collegandolo alle terrazze esterne, profonde 3,25 mt e presenti ad ogni piano dell'edificio. Per quanto attiene alla flessibilità dello spazio interno, gli architetti hanno liberato l'interno progettando un nucleo esterno sul lato Nord-Est. L'altezza importante dei soffitti, 5,5 metri di interpiano dovuta alla presistenza industriale dell'edificio permette nuove configurazioni, con mezzanine e soppalchi, per adeguarsi alle necessità e richieste future degli utenti.

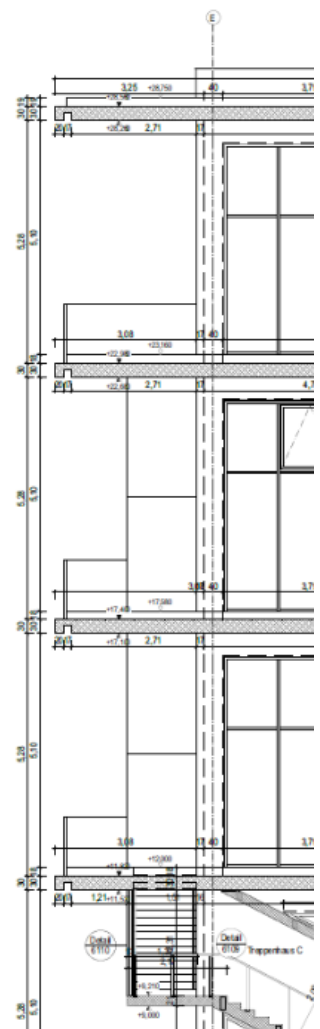
Soluzioni tecnologiche ambientali

Un'altra sfida difficile si è presentata durante la progettazione, ovvero la combinazione di soddisfare il "desiderio di massima trasparenza" del cliente affrontando il forte vento ai livelli superiori dell'edificio, insieme a problemi di guadagno solare e protezione dai raggi solari. "dall'altezza dell'edificio è stato attraverso il concetto strutturale Il corpo strutturale esterno è utilizzato come via di fuga, è stato possibile ampliarlo, cosa che l'architetto descrive come "una vittoria per il progetto". Inoltre, riducendo l'edificio di un piano ma aumentando l'altezza del locale (compreso l'eventuale soppalco), i metri quadrati utilizzabili e la volumetria rimangono gli stessi "ma offrono nuova libertà attraverso l'interpretazione delle normative". Infine, anche il design degli interni presentava ostacoli: "L'altezza del pavimento di 5,5 metri è generosa, ma una volta aggiunte le gallerie, l'altezza della stanza libera si riduce" (Schuster, 2021), causando problemi alla fornitura di uno spazio interno aperto e continuo. Gli architetti rendono omaggio al consulente antincendio Sascha Kaefer per il suo "grande concetto" che ha reso possibili i balconi, offrendo il necessario collegamento visivo dal piano rialzato ai piani principali.

Impianti

A causa della presenza di una palestra, sono entrati in gioco anche problemi di ventilazione e impianti idrici. Gli impianti sono tutti a vista, ancorati a l solaio e facilmente sostituibili a seconda degli usi e delle funzioni.

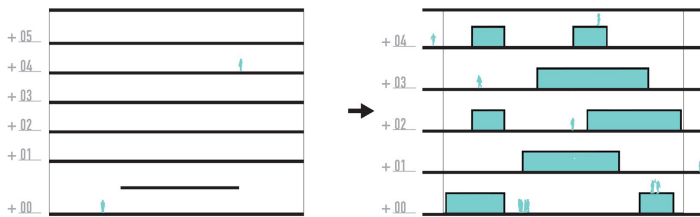
Sezione Tecnica
©MVRDV



Normativa di Riferimento

In Germania, i requisiti generali per le opere strutturali e l'uso di prodotti da costruzione sono stabiliti nei codici edilizi degli stati federali. Ove necessario, questi requisiti generici possono essere specificati da Regole tecniche per l'edilizia.

Diagramma in sezione e foto di cantiere
©MVRDV



VOLUME FORM BRIEF

DOUBLE HEIGHT SPACES



15. THE EDGE

PLP ARCHITECTURE



1. Progettisti	PLP Architecture	
2. Committente	OVG Real Estate (Edge Technologies) & Deloitte	
3. Sito	Amsterdam, Netherlands	
4. Tipo di edificio e funzione	Ristorante, Caffetteria, Strutture per conferenze, Parcheggio per biciclette - aperto al pubblico 40.000 m ²	
5. Anno di costruzione	2006 - 2015	
6. Sottosistemi e/o componenti delle prestazioni fisiche dell'edificio	6.1. Sistema statico-costruttivo	Struttura a telaio prefabbricata in cemento
	6.2 Materiali	Acciaio, vetro, pannelli prefabbricati in cls
7. Requisiti normativi, prestazioni energetiche dell'edificio e componenti	7.1. Consumo energetico	BREEAM eccezionale, con una valutazione del 98,4%
	7.2 Soluzioni tecnologiche ambientali	Orientamento, pannelli solari, riscaldamento e raffrescamento sono controllati tramite un impianto geotermico l'acqua piovana viene raccolta per scopi irrigui oltre che per i servizi igienici.
	7.3. Impianti	
	7.4 Mobilità	Parcheggio interrato.

Tipo di edificio e funzione

L'edificio si trova nel centro di Zuidas, il centro degli affari di Amsterdam, è stato sviluppato da OVG Real Estate ed è stato progettato da PLP Architecture. Il progetto è stato avviato nel 2006 e completato nel 2015, con un periodo di interruzione a causa della crisi, dal 2008 al 2010. The Edge è un complesso di nuova costruzione, con funzioni di uffici abitativi (Archdaily, 2016; OVG Real Estate, 2014). I due obiettivi principali di questo progetto erano fornire un unico ambiente per tutti i dipendenti del gruppo Deloitte; e la creazione di un edificio intelligente, catalizzatore per la transizione di Deloitte verso l'era digitale. Il caso è stato scelto poiché molto performante a livello di sostenibilità, (premiato con il BREEAM eccezionale, con una valutazione del 98,4%), può fornire spunti da una prospettiva diversa rispetto a quanto trovato dalla revisione della letteratura e gli altri casi (BREEAM). La forma e le dimensioni dell'edificio sono molto importanti per la sua adattabilità: l'edificio è stato modellato e orientato in base al sole, e si sviluppa intorno ad un atrio di 15 piani con una forma di U, per consentire una quantità sufficiente di luce naturale in tutti gli

1. <https://www.archdaily.com/785967/the-edge-plp-architecture>

2. <https://www.ovgrealestate.com/>

spazi, aumentando il suo potenziale per ospitare diverse funzioni e configurazioni (Mexis Y, 2020). L'edificio non ha spazi di lavoro fissi, consente a 2.800 dipendenti di lavorare su una qualsiasi delle 1.100 postazioni di lavoro previste (aule di lavoro, sale di concentrazione, scrivanie, scrivanie in piedi, scrivanie da balcone, scrivanie da atrio) (Mexis, 2020). Per fornire questo livello di flessibilità agli utenti, ma anche la possibilità di adattare le proprie postazioni di lavoro (illuminazione e temperatura), in Edge viene utilizzato un sistema digitale di LED: I sensori incorporati nelle lampade possono rilevare la luce diurna, la temperatura, i livelli di CO2, l'occupazione e il movimento, consentendo all'edificio di adattarsi passivamente e attivamente alle esigenze degli utenti, fornendo loro un ambiente di lavoro piacevole, efficiente e interattivo.

Sistema statico-costruttivo

The Edge ha una struttura a telaio prefabbricata in cemento. Le facciate sono costituite da pannelli prefabbricati in vetro (Nord) e in cemento (Sud-Est-Ovest) che ne agevolano la sostituzione. Le facciate sono costituite da pannelli modulari e prefabbricati, vetrati e in calcestruzzo (sud-est-ovest) e da una facciata continua prefabbricata (nord & tetto), le cui dimensioni sono multipli della griglia strutturale e dunque più facili da modificare e adattare alle nuove esigenze (Archello). A dimostrazione della facilità di montaggio delle facciate, è interessante notare che per il montaggio della facciata sono state necessarie solo tre maestranze, a dimostrazione dell'impatto che questo provvedimento può avere nel ridurre i tempi di realizzazione e quindi i costi di progetto. Inoltre, l'utilizzo di servizi regolabili e modulari aumenta la flessibilità e la customizzazione dell'utente.

Soluzioni tecnologiche adottate in termini di flessibilità

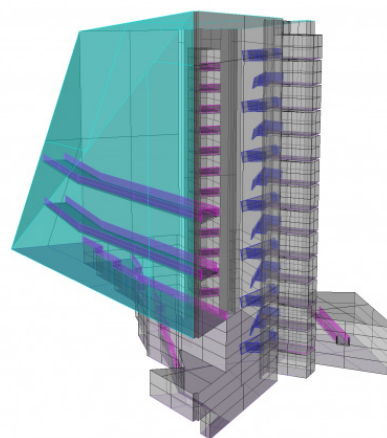
Oltre alle soluzioni modulari e alle connessioni a secco, con l'obiettivo di fornire un ambiente altamente dinamico, a parte le facciate e i nuclei, tutte le componenti come pareti divisorie e vetrate, nonché le singole unità sono smontabili e mobili (Archello). Queste soluzioni, oltre all'uso di pareti e mobili standardizzate, migliorano la capacità dell'edificio di rispondere a cambiamenti su piccola scala e particolarmente frequenti e non richiedono investimenti elevati, rendendoli a basso rischio.

3. <https://www.floornature.it/mvrdv-complesso-multifunzionale-werk12-monaco-di-baviera-15033/>

4. Mexis, Y. (2020), Addressing the mismatch: A strategy for creating adaptable office buildings and adding value for corporations, (Tesi di Master, TU DELFT, Architecture, Urbanism and Building Sciences | Management in the Built Environment),

5 <https://archello.com/story/36639/attachments/photos-videos/4>

Assonometria volumetrica
©PLP

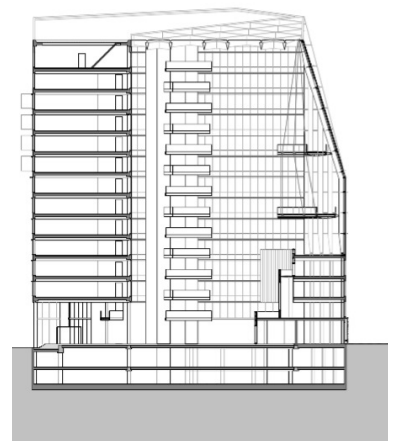


Materiali

L'uso di componenti strutturali smontabili, pannelli di facciata e connessione a secco consentono di alterare la forma e la pelle dell'edificio, fornendo a Edge la capacità di adattarsi a cambiamenti su larga scala come l'espansione delle dimensioni dell'edificio o la modifica delle facciate a seconda della funzione ospitata nel edificio e il ciclo di vita tecnico del pannello (20 anni). (Mexis,2020;Archello). Queste soluzioni tecnologiche sono molto significative e allo stesso tempo sono a basso rischio in quanto non richiedono grandi investimenti. Inoltre in The Edge è stata messa in pratica una parte di stampa 3D. I sigilli vengono modellati con l'aiuto del 3D e quindi stampati con elevata tolleranza dimensionale e assemblati in facciata. "Questa tecnica assicura una forte tenuta al vento e all'acqua e allo stesso tempo assicura un'ottimizzazione del processo di produzione."
(Bergsma - Archello)

Soluzioni tecnologiche ambientali

La sostenibilità era una delle ambizioni chiave del progetto e si riflette nella necessità di un edificio flessibile che ha la capacità di rispondere ai cambiamenti su piccola e grande scala. Considerando che il nostro mondo sta cambiando rapidamente e che tra 50 anni le richieste di edifici per uffici potrebbero essere totalmente diverse, la struttura e l'ingombro dell'edificio sono adatti ad ospitare anche altre funzioni, mentre tutti gli livelli e componenti edilizie hanno la capacità di essere sostituiti. (Archello, Archdaily, Mexis 2020). I pannelli solari installati sul tetto e sulle facciate producono energia elettrica sufficiente a coprire il fabbisogno di tutti gli uffici dell'edificio; il riscaldamento e il raffrescamento sono controllati tramite un impianto geotermico posto a 130 metri sotto il livello del suolo; la posizione dell'edificio è stata studiata in modo da sfruttare appieno la luce solare, mentre l'acqua piovana viene raccolta per scopi irrigui oltre che per i servizi igienici. (Archello,2020)



Sezione di Progetto
©PLP

Impianti

The Edge è uno degli edifici più grandi al mondo con un certificato BREEAM Outstanding. Cees den Ouden, senior project manager di OeverZaaijer, ritiene che la valutazione sia dovuta, oltre all'approccio architettonico, anche alla gestione degli impianti (Archello). L'edificio sfrutta principi di energia attiva, come l'accumulo termico, un sistema a pompa di calore con collegamento al teleriscaldamento, un impianto fotovoltaico sulla facciata sud e sul tetto, costituito da centinaia di pannelli solari e un soffitto climatico nell'edificio che fornisce calore e raffrescamento.




Normativa di Riferimento

Decreto Edilizio Comunale, Praktijkboek Bouwbesluit 2012. Nel capitolo 7 sono incluse le norme sull'uso di strutture, proprietà aperte e terreni. Con un cambio di funzione applicativa, ad esempio quando un edificio per uffici viene trasformato in un edificio residenziale, le norme per gli edifici esistenti si applicano alle nuove applicazioni come limite inferiore assoluto. Se la nuova domanda viene modificata e il livello di qualità della struttura è superiore al livello di qualità minimo per l'edificio esistente, allora quel livello di qualità superiore si applica come livello legalmente raggiunto. Se i regolamenti sulle modifiche richiedono un livello di qualità specifico, allora tale livello specifico si applica come livello di qualità minimo per le modifiche, anche se inferiore al livello legalmente raggiunto. Ciò rende possibile costruire, ad esempio, in un vecchio spazio per uffici libero con un'altezza ad esempio di 4,60 m, costruire un soppalco per la creazione di appartamenti, per cui l'altezza residua non soddisfa più il requisito relativo ai nuovi edifici di 2,6 m. Quanto sopra significa anche che la nuova funzione può essere utilizzata senza alterazioni nella misura in cui la struttura sia già almeno conforme alle normative esistenti per quella nuova funzione.

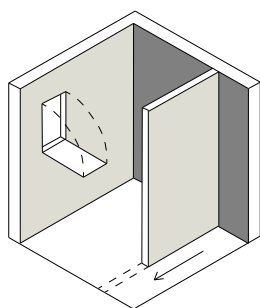


Vista interna della corte centrale
©PLP

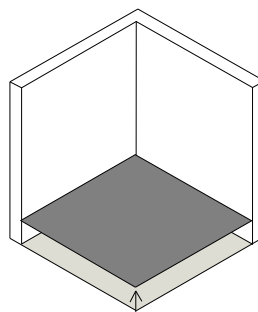
6.4. Quadro Comparativo degli interventi

CASO STUDIO		MOBILIS	SAWA	GOOGLE CAMPUS	CELOPHANE HOUSE	SUPERLOFTS	JUF NIENKE	FENIX LOFT
 COMMITTENZA	Pubblica							
	Privata	●	●	●	●	●	●	●
 DESTINAZIONI D'USO	Possibilità di aggiungere/sottrarre funzioni nel corso del tempo	●		●				●
	Soddisfare più usi allo stesso tempo	●		●		●	●	
	Adattarsi all'evolvere del tempo/nuove funzioni	●		●		●	●	
	combio radicale di destinazione d'uso	●						
	Sostituibilità delle componenti	●			●			
 DURABILITA'	partizioni mobili	●			●	●		
	breve termine (versatile)		●					
	Medio termine (convertibile)			●		●	●	
	Longo termine (espandibile)							
	pianta libera	●						●
	modulare		●	●		●	●	
	capacità in eccesso	●	●	●		●		●
	disassemblabilità		●		●			

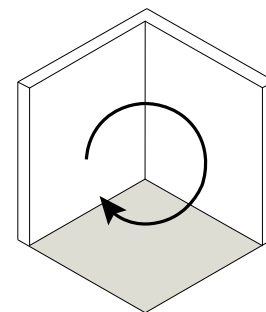
Nel quadro sono sinteticamente riportate le caratteristiche e le strategie riscontrate nei casi studio.



PARTIZIONI MOBILI



SOLAI SOPRAELEVATI



RICONFIGURAZIONE FUNZIONALE

CASO STUDIO	COMMERCE 46	HET SHETBLOCK	SHED MUSEUM	PATCH 22	TILA OPEN BUILDING	TIMMERHUIS	WERK 12	THE EDGE
Pubblica				●		●		
Privata	●	●	●	●	●		●	●
Possibilità di aggiungere/sottrarre funzioni nel corso del tempo	●			●		●		●
Soddisfare più usi allo stesso tempo			●			●	●	●
Adattarsi all'evolvere del tempo/nuove funzioni				●		●		●
combio radicale di destinazione d'uso				●				
Sostituibilità delle componenti		●		●				●
partizioni mobili	●	●		●		●	●	●
Solai sopraelevati		●		●	●			●
riconfigurazione funzionale	●	●		●	●			●
pianta libera	●			●	●		●	
modulare				●	●			
capacità in eccesso			●		●	●	●	●
disassemblabilità		●		●				●

COMMITTENZA

DESTINAZIONI D'USO

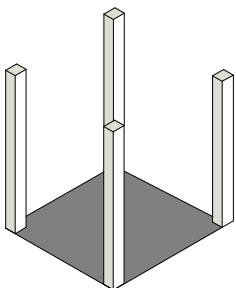
DURABILITA'

breve termine (versatile)

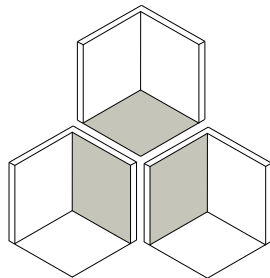
Medio termine (convertibile)

Lungo termine (espandibile)

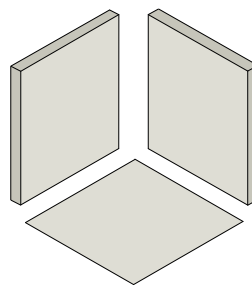
SCALA DI TRASFORMAZIONE (UNI EN ISO 20887)



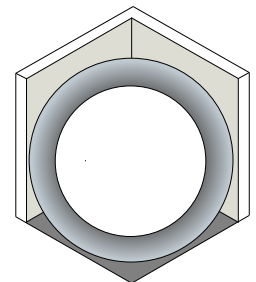
PIANTA LIBERA
STRUTTURA A TELAIO



MODULARITA'



DISASSEMBLABILITA'

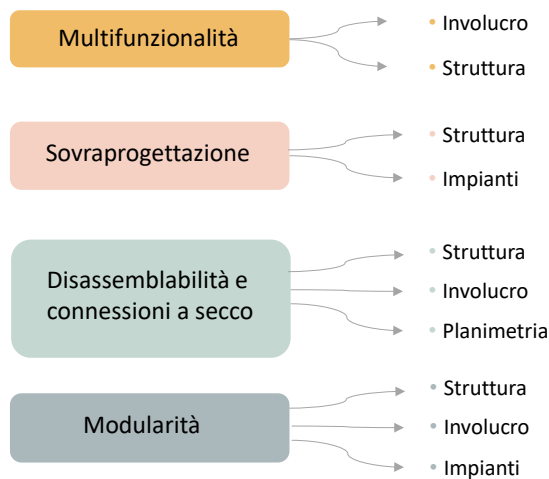


CAPACITA' IN
ECCESSO

Nel diagramma vengono mostrate in modo esemplificativo le principali strategie utilizzate nei casi studio, associate ai relative "livelli" di componenti dell'edificio di Brand.

6.5. Lezioni apprese e strategie individuate

La ricerca empirica si è concentrata sulla raccolta di dati attraverso casi studio sopra citati. Attraverso il confronto dei casi analizzati, è possibile individuare quali siano le strategie più frequentemente adottate e le **soluzioni tecnologiche associate**, le **capacità prestazionali** dell'edificio e **l'impatto delle certificazioni nella scelta delle soluzioni associate**. A livello di contesto, è inoltre possibile individuare quali siano i principali ostacoli nella realizzazione del progetto flessibile e le sue possibilità. Valutare la rilevanza delle strategie individuate per lo sviluppo di immobili adattabili è importante per fornire ai progettisti **un criterio da poter utilizzare per valutare e dare priorità alle misure che desiderano incorporare nei loro edifici**.



Ogni strategia individuata, in particolare, coinvolge l'edificio a diversi livelli e su diverse componenti. Questo riporta il focus della ricerca sul fatto che progettando edifici è conveniente operare una distinzione tra i componenti con un ciclo di vita lungo, - quello che noi vediamo come fondamentale e che costituisce di fatto la caratteristica principale del progetto - e le componenti con una vita utile limitata e per questo adatti a soddisfare le esigenze a breve termine. È essenziale che i tratti tipici degli edifici mantengano il **massimo grado possibile di durabilità**, vale a dire che la **struttura sia conservata integra nel tempo**. È questo aspetto che, nell'ottica della sostenibilità, conferisce una rinnovata rilevanza al concetto di flessibilità.

La sostenibilità rimane una delle ambizioni centrali dei progetti analizzati, e si riflette nella capacità degli edifici flessibili di rispondere ai cambiamenti su **piccola e grande scala**. Considerando che il nostro mondo sta cambiando rapidamente e che la richiesta dei nuovi spazi pubblici e privati potrebbe essere totalmente diversa, la struttura e l'ingombro dell'edificio devono **essere adattati e calibrati a livello di strutture e sistemi antincendio** per ospitare anche altre funzioni, mentre tutti **gli altri strati edilizi devono poter essere letti e sostituiti in modo agevole**. Un altro elemento da sottolineare è come negli edifici **certificati come più performanti** (es. Timmerhuius, The Edge), le varie strategie siano **usate in sinergia**, a livello spaziale e componentistico raggiungendo di fatto, **buoni risultati**. Declinando ostacoli e possibilità dei progetti analizzati possiamo affermare che un'**altezza interpiano generosa** (oltre i tre metri d'altezza), se da una parte genera spazio per aggiungere mezzanine e servizi extra in un secondo momento dall'altra limita il numero di piani totali edificabili. La maggior parte dei progetti analizzati (Timmerhuius, Het Shetblock etc.) sono progettati secondo una rigida **griglia rettangolare in grado di ospitare funzioni variegate**. **La luce libera in pianta consente una riorganizzazione semplice** sia da parte dell'utente che può spostare agevolmente tramezzi e gestire lo spazio sia per l'adattamento ad usi diversi nel tempo.

Tuttavia, necessita di un supporto strutturale che può risultare inefficiente a livello di smontaggio e di materiali e dunque strutturalmente inflessibile. La struttura di un edificio è il livello in cui si verificano molti compromessi: la base della maggior parte dei progetti consiste nell'aver **il minor numero di pilastri e molto caricati**, in modo da non disturbare l'organizzazione spaziale. Questo rende possibile progettare le grandi campate che hanno reso gli edifici industriali analizzati nei primi capitoli particolarmente adattabili e offre agli occupanti la possibilità di riorganizzare la configurazione dei piani. Ross Harvey, direttore tecnico del WSP³¹ a Londra afferma che la flessibilità strutturale rivela un uso inefficiente del materiale in un'epoca in cui il carbonio incorporato è un problema. Infine la capacità in eccesso è sempre utile per facilitare i cambiamenti dell'edificio che si adatta, ma risulta economicamente insostenibile, poichè implica costi di materiale e consumo di suolo maggiori.

30. Dettori M, Altea L, Fracasso D, Trogu F, Azara A, Piana A, Arghittu A, Saderi L, Sotgiu G, Castiglia P. (2020). Housing Demand in Urban Areas and Sanitary Requirements of Dwellings in Italy. J. Environ. Public Health. 2020;1-6 <https://doi.org/10.1155/2020/7642658>.

31. WSP è una delle società di servizi professionali di ingegneria leader a livello mondiale,

In generale, **la disponibilità di luce naturale consente la conversione alla maggior parte degli usi**, compreso quello residenziale, ma **limita di molto la disposizione degli ambienti**, perché non sempre si riesce ad ottimizzare gli spazi seguendo la trama del progetto. Nelle tecnologie dei casi studio più recenti (ad es. Juf Nienke, Superlofts, Commerce 46), viene usato del **calcestruzzo di recupero**, che proviene dalle demolizioni delle preesistenze e che viene integrato con nuovi sistemi in legno lamellare (Cross Laminated Timber). Ripensare a come vengono utilizzati i materiali significa determinare con quanta facilità possono essere recuperati, quale sarà il loro **valore residuo** e se sarà possibile riutilizzarli in futuro. La comprensione della complessità sia della società che dell'edilizia, la capacità di immaginare e rappresentare valori e bisogni futuri e l'abilità di discutere e negoziare indicano che gli architetti potrebbero svolgere **un ruolo chiave nell'attuazione e nella transizione** verso un settore edile orientato al cambiamento.

È essenziale che le componenti principali degli edifici mantengano il **massimo grado possibile di durabilità**, vale a dire che la struttura sia conservata, in analogia alle principali linee della città tracciate da strade, piazze e capisaldi del tessuto costruito e che questa abbia una trama tale da *lasciare spazio*.

I cavedi organizzano in modo invisibile le planimetrie: negli alloggi convenzionali sono posizionati in modo da essere sempre vicini a bagni e cucine, così da ridurre al minimo la distanza dagli scarichi e contatori elettrici e per avere la pendenza a pavimento necessaria a raggiungerli. Nella maggior parte delle abitazioni è comune costruire la struttura in calcestruzzo (prefabbricato e semi-prefabbricato) con impianti elettrici integrati nelle pareti e nei soffitti strutturali, riscaldamento e scarichi inseriti nella parte in calcestruzzo gettato in opera dei solai. **La flessibilità migliora quando le pareti divisorie e gli impianti sono costruiti indipendentemente dalla struttura portante.**

La flessibilità e la libertà di disposizione migliorano ancora di più quando gli edifici consentono di posizionare i cavedi e gli apparecchi di installazione più grandi all'esterno degli appartamenti.

In casi come quello di Patch22 in cui le **planimetrie sono state ideate dagli utenti in una fase successiva a quella dei permessi di costruzione** i progettisti non potevano conoscere in anticipo quali unità si sarebbero fuse in un unico appartamento e quindi non avrebbe avuto senso prevedere collegamenti che attraversassero verticalmente tutte le unità in punti diversi. Per questo è stato previsto **un nucleo centrale con gli scarichi preinstallati insieme ai punti acqua ed elettricità appena dietro la porta d'ingresso**; in questo modo gli utenti hanno potuto far correre gli impianti fino a raggiungere la posizione desiderata, anche se in un secondo momento. Per essere sicuri che ci fosse un'altezza sufficiente per l'inclinazione dello scarico del wc è stata fatta una simulazione immaginando di installare il bagno nell'angolo più esterno dell'edificio e determinando la superficie necessaria affinché questo fosse possibile. In generale nei progetti che si dimostrano più innovativi la soluzione comune è quella di **integrare gli impianti in un solaio dove si può intervenire senza demolizioni** e concentrando in un **"supercore" con un accesso esterno tutte le unità principali di approvvigionamento idrico/energetico**, al quale collegare orizzontalmente i contatori, gli interruttori principali e le scatole di derivazione secondarie installate all'interno dell'appartamento.

infine, appare evidente come Paesi che incentivano l'utilizzo di **strumenti normativi più aperti all'innovazione e al design** (come Paesi Bassi, Belgio e Paesi Nordici) si dimostrano i Paesi in cui la cultura della flessibilità è più diffusa, e che di fatto presentano un gran numero di progetti costruiti, con obiettivi di alta efficienza e standard energetici elevati. Dalla selezione dei casi studio è stato possibile definire tipologie ricorrenti di progetti residenziali ad **uso misto con l'obiettivo comune di ridefinire l'immagine della città in chiave sostenibile, con differenti direttrici di sviluppo**. In tutti i casi analizzati, sia quelli storici che quelli più attuali, **il tema degli impianti rappresenta uno degli aspetti più vincolanti**, anche per la sempre maggiore richiesta di requisiti in tema ambientale e le norme che essi generano. Nelle tipologie residenziali le installazioni dei servizi completamente integrate nella struttura portante e nelle partizioni orizzontali e verticali si rivelano poco per non dire assolutamente non flessibili.

La questione della flessibilità. Teorie, ricerche, progetti.
p. 322

CAPITOLO 7

Conclusioni

Nel capitolo finale vengono analizzati i contributi teorici, metodologici e tecnologici forniti dalla trattazione, con lo scopo di valutare i risultati ottenuti e aprire un dibattito sui possibili scenari futuri della ricerca. L'argomentazione dei risultati segue la struttura dell'elaborato e si differenzia in contributi teorici e metodologici e cioè quei contributi che individuano strategie per affiancare l'approccio empirico con strumenti innovativi di indagine multiscalare. L'obiettivo è quello di restituire un quadro generale sintetico, utile per muoversi più efficacemente all'interno del panorama delle soluzioni proposte e tra le quali poter scegliere le migliori e più adatte ad essere utilizzate in quanto progettisti e soggetti coinvolti. Infine, a partire dalle criticità del capitolo 6, sono state individuate quelli che sono gli ostacoli che costituiscono oggi barriere per diffusione della flessibilità nel progetto di architettura contemporaneo e i punti di forza su cui fare leva.

7. CONCLUSIONI

7.1 Analisi dei contributi teorici e metodologici

Un primo esito della ricerca svolta è quello di fornire un quadro teorico-critico, per arrivare a una visione sintetica della flessibilità in ambito architettonico. Si può affermare che il pensiero flessibile nasca con la rivoluzione industriale ottocentesca, che definisce un modello architettonico nuovo, legato all'implementazione delle nuove tecnologie e ad una nuova visione progettuale, derivata dalla necessità di lavorare in spazi con buone condizioni di abitabilità e salubrità. L'architettura industriale, che conserva le sue qualità spaziali fino ai giorni nostri, è frutto di attenti studi di proporzione tra **dimensione orizzontale e verticale**, ventilazione e illuminazione naturali. Tuttavia, le riflessioni spaziali della prima generazione di edifici industriali si scontrano con i vincoli dimensionali delle componenti tecnologiche, ancora legate ad una produzione più artigianale. La distribuzione dei macchinari e delle funzioni all'interno dello stesso spazio, però, getta le basi per una riflessione più profonda sulla varietà e il miglioramento della configurazione interna dell'edificio. **All'inizio del ventesimo secolo** l'architettura per l'industria inizia ad assumere un proprio carattere, a guidare con le sue innovazioni il progresso nel campo degli impianti tecnologici, delle strutture statiche e dei materiali di sintesi. Lo stesso concetto di produzione industriale muta radicalmente, con lo studio della **prefabbricazione come risposta alle nuove domande di sviluppo e di aumento demografico**. Il ritmo veloce e l'evoluzione dei processi obbligano le fabbriche della seconda rivoluzione industriale ad una progettazione razionale, che si distingue per l'impiego intelligente delle tecniche costruttive e per la sperimentazione tipologica. La tradizionale muratura, che costruiva la struttura come un unicum indissolubile, lascia spazio ad una muratura leggera e libera di articolarsi in modo più complesso; ciò grazie alla trama strutturale e ai materiali come acciaio, calcestruzzo, alluminio, che consentono ai singoli elementi di **"svincolarsi" dai limiti dimensionali**. La fase novecentesca infatti è scandita da una serie

di primati conseguiti nell'ambito della progettazione e della esecuzione delle «grandi strutture»: dalle coperture paraboliche a volta sottile progettate dall'ingegnere e imprenditore Simon Boussiron (1910) per la stazione di Bercy-Paris alle «prime applicazioni della tecnica della vibrazione meccanica» sperimentate da **Eugene Freyssinet** negli hangar dell'aeroporto di Orly (1924). Si afferma definitivamente il cemento armato come elemento di costruzione. Lo spazio "tra" gli elementi strutturali si dilata sempre di più, e **Albert Khan** trova spazio per affermare un modello destinato a diventare un pilastro dell'architettura industriale. È proprio da ciò che il maestro **Le Corbusier** trarrà ispirazione per la sua rivoluzionaria idea spaziale. Il disegno tracciato da Le Corbusier per la città di Algeri nel **1930** in questo senso mostra una sorprendente varietà di possibilità e funzioni. Il Piano di Le Corbusier sarà la chiave di lettura, qualche anno dopo, anche di **John Habraken e Yona Friedman** in quanto propone, in modo esplicito, che ai singoli occupanti sia offerta l'opportunità di realizzare la propria casa esattamente come desiderano, rendendoli parte integrante del processo di costruzione e ideazione.

Con il boom economico degli anni **1950 e 1960** invece la ricerca nell'edilizia si orienta verso un'agevolazione nei tempi e nei costi di produzione e dunque ad una **costruzione low-cost**, imposta dalla grande necessità di alloggi. Il progetto residenziale diventa di fatto il modello tipologico per esplorare nuove idee sul modus vivendi e sull'applicazione delle nuove tecniche costruttive. Si apre spazio all'esplorazione delle **tecniche industriali e alla prefabbricazione** applicate anche al settore edilizio introducendo una nuova estetica e migliorando e velocizzando la qualità di costruzione. Tuttavia questa novità costituisce anche il grande **limite delle sperimentazioni del periodo**, che spesso si riducono ad una monotona **ripetizione standardizzata di tecniche e componenti**, in controtendenza rispetto allo spirito architettonico rivoluzionario che aveva caratterizzato le prime sperimentazioni progettuali. L'equivoco che si crea intorno all'industrializzazione nell'edilizia si basa sul fatto che i progettisti utilizzano nella maggior parte dei casi sistemi pronti, prefabbricati, rigidi e ottimizzati finalizzati ad ottenere bassi costi di produzione e di montaggio, piuttosto che farli diventare strumenti in grado di valorizzare e arricchire il progetto.

È verso la metà del '900, con **Prouvé**, che la sperimentazione industriale riacquista carattere progettuale, poiché egli progetta componenti che sfruttano a loro vantaggio i sistemi di produzione industriale, anticipando quella che sarà la terza generazione di edifici per l'industria.

Con l'avvento del Moderno, nel pensiero architettonico si insinua il cambiamento come fattore inevitabile e condizionante del progetto: si cerca di **svincolare forma e funzione** attraverso l'inserimento dei fattori tempo e ignoto. La flessibilità viene riconosciuta come parte di un processo culturale, che permette agli edifici di essere re-interpretati col passare del tempo. Un elemento per scardinare le pratiche costruttive del passato, attraverso la modularità, la razionalizzazione degli spazi, la standardizzazione degli alloggi e un layout interno variabile.

Tuttavia la flessibilità modernista si risolve spesso in un **eccesso di definizione spaziale** e dunque di **funzionalismo**, che nonostante l'ingegnosità delle soluzioni tecniche proposte risulta, a conti fatti, **rigido**. È con questa premessa che si sviluppano i moti utopistici e rivoluzionari degli anni successivi. Accanto alle nuove sperimentazioni e ricerche del Movimento Moderno si sviluppano correnti dal pensiero più sovversivo (**Team X, Metabolist**), legate ad un ottimismo e ad un entusiasmo per lo sviluppo delle nuove tecnologie e delle nuove tecniche di costruzione (**Cedric Price**), ma anche a rivendicazioni sociali e ad una forte contestazione verso la società del consumo (**Yona Friedman, Christopher Alexander**). Il termine flessibilità inizia ad assumere connotazioni storiche e politiche variegate; il critico storico **Adrian Forty** propone una classificazione per gruppi di significato, che ancora oggi risulta essere valida, distinguendo le tre linee di ricerca che andranno poi a ramificarsi nella ricerca contemporanea: flessibilità come **ridondanza**, **flessibilità attraverso mezzi tecnici**, **flessibilità come strategia politica**.

A chiusura del quadro storico la teoria dei livelli di Habraken è un anello di congiunzione tra ricerca storica e le linee più contemporanea. **John Habraken** formula il principio dei livelli, che verrà implementato con il concetto di Shearing Layers of Change di **Stewart Brand**, nel **1994**. Stewart Brand intende smentire quel famoso "*la forma segue la funzione*" che aveva plasmato generazioni di architetti modernisti, cercando di gli edifici dalla loro rigidità partendo dall'obiettivo di **separare gli elementi con cicli di vita ed usura differenti**, in modo da aumentare la flessibilità e l'adattabilità dell'edificio ma anche, su scala più ampia, delle città. **Con la ricerca contemporanea, si cerca di entrare nell'ambito delle possibilità e delle strategie individuate a livello teorico**, . La ricerca contemporanea di fatto molte delle teorie già trattate e la arricchisce, arrivando ai giorni nostri con una pluralità di linee differenti che includono la **modularità, l'espandibilità/regolabilità**, la **disassemblabilità/sostituibilità**, la **mobilità** dell'intera struttura, la "**scalabilità**" (e quindi la possibilità di aggiungere o frazionare lo spazio a seconda delle esigenze), la **convertibilità**. Il problema concettuale diventa di fatto anche un problema di terminologia universale, per cui sono state prese in considerazione, allo scopo della ricerca, **i termini riconducibili alla flessibilità raggruppandole in due macro categorie**: la prima raccoglie le teorie che realizzano la flessibilità attraverso singole componenti, quindi più relative alle proprietà intrinseche dei materiali e al mantenimento dell'edificio; la seconda incentrata sulla versatilità di uso spaziale e la possibilità di trasformarlo in un intervallo di tempo breve, a seconda delle diverse necessità. Quello che emerge è che **questi approcci utilizzano a loro volta tecnologie differenti**, e non tutte possono essere applicate a tutti gli edifici con buoni risultati. Ad esempio, la modularità strutturale, che consente l'aggiunta di più unità di spazio (come Habraken stesso suggeriva, sia in orizzontale che verticale), non è utilizzabile in tutti i contesti normativi e legislativi. I progetti, nel caso di nuova costruzione, realizzano la flessibilità con la gerarchizzazione delle componenti, le proprietà intrinseche dei materiali

e puntano a modifiche spaziali a basso costo e a bassa manutenzione, che oggi si possono integrare con sistemi “*Smart*” gestibili attraverso l’uso della tecnologia. **La sovracapacità spaziale** invece è una qualità che raramente riscontreremo in un progetto di nuova costruzione, perché andrebbe in controtendenza rispetto alle logiche di consumo di suolo e all’ottimizzazione delle risorse previste dall’agenda Onu al 2030: uno spazio “generoso” è certamente in grado di accogliere la crescente domanda dell’utenza, ma si dimostra più difficile e costoso da costruire e mantenere. Questa caratteristica però è ciò che rende più durevoli le architetture del passato, che si dimostrano per lo più aperte al cambiamento. Come notato ad esempio nel caso degli edifici per la produzione di **Albert Khan**, gli spazi possono essere facilmente ridimensionati con strutture e servizi modulari, essendo una che consente un’espansione aggiuntiva sia in altezza che in pianta. Tra i vari approcci studiati, si riscontrano più di casi di successo per quanto riguarda la progettazione aperta, sul modello di flessibilità di **Habraken** e dunque di “support” e “infill”. La strategia in questione si è evoluta in modo approfondito, trovando implicazioni e connessioni in molte delle linee di ricerca e sperimentazione contemporanee, dai sistemi di informatizzazione a quelli generativi computazionali.

Oggi il concetto di flessibilità dispone di più strumenti attuativi e tools con cui può essere pensato e realizzato ed un ventaglio di materiali e tecnologie sicuramente più avanzato. I materiali utilizzati nelle prime sperimentazioni (calcestruzzo, acciaio e legno) sono ancora validi e si può affermare che ciò che si è evoluto è la tecnologia con la quale questi vengono utilizzati nei progetti più recenti. A proposito dell’analisi sui casi, il dato che emerge è il progetto inteso nella sua unicità, e dunque che il concetto di strategia generica applicabile in ogni caso non esiste. **La tesi di ricerca affronta la discrepanza che intercorre tra la staticità del mercato delle costruzioni e i continui cambiamenti nella domanda degli utenti e degli stimoli del mondo esterno.**

Come indicato sia dalla revisione della letteratura che dalla ricerca empirica, la flessibilità costituisce **una risposta complessa a questo problema**. Gli edifici che hanno la capacità intrinseca di rispondere ai cambiamenti a breve e lungo termine possono resistere al tempo e rimanere utili e funzionali per un periodo di tempo più lungo, riducendo il rischio di obsolescenza che causa problemi non solo ai loro proprietari, ma anche alla società e all'ambiente. D'altra parte, le maggiori criticità sono date dai necessari investimenti iniziali più alti della media, le prospettive a breve termine, l'incertezza del futuro e, soprattutto, l'incapacità degli attori di comprendere i vantaggi a breve e lungo termine dell'adattabilità. Al fine di affrontare questi ostacoli questa tesi si è concentrata sulla **creazione di un framework di riferimento, in grado di indirizzare e stimolare lo sviluppo di progetti che vadano in questa direzione. Di conseguenza, rafforzare il valore alla base del concetto di flessibilità è stato uno dei principali obiettivi della presente disamina.**

Sulla base dei risultati della ricerca teorica ed empirica, gli obiettivi possono variare notevolmente e, di conseguenza, essere forme di valore aggiunto su cui puntare. Indipendentemente dal fatto che le parti interessate coinvolte siano parti pubbliche o private, la definizione di obiettivi ambiziosi, l'interesse a lungo termine e l'impegno nei progetti sono aspetti chiave della realizzazione di edifici a prova di futuro che diano valore ai loro clienti, agli utenti e alla società in generale.

Concentrarsi sul versante delle domande poste in architettura, in prima analisi, e sul lato dell'offerta, in seconda analisi, è un tentativo per provare a riportare la importanza sulla qualità della progettazione affrontando quindi le nuove sfide, in un momento in cui la stessa è sotto pressione, a causa di un mercato saturo di soggetti, che producono edifici di qualità discutibile, scarsa rilevanza sociale e sostenibilità ecologica. Poiché gli architetti hanno una visione completa del ciclo progettuale, il loro lavoro implica un alto grado di responsabilità nei confronti dei loro clienti

e della società. La professione di Architetto è regolata in tutti i paesi europei in modo specifico e la legislazione degli Stati Membri distingue il ruolo dell'architetto da quello dell'appaltatore, che svolge attività commerciale. Tale distinzione è concepita per garantire che gli architetti non siano sottoposti al cosiddetto rischio di impresa, in modo da poter garantire una maggiore imparzialità e professionalità nei rapporti fiduciari con i propri committenti. La nuova frontiera delle operazioni immobiliari residenziali vede sempre più spesso la **necessità di analisi preventive sulla tipologia di alloggi da realizzare: analisi che implicano studi di carattere sociologico, urbanistico, psicologico ed economico.**

7.2. Criteri per la progettazione flessibile

Dai casi studio e dalla ricerca teorica emergono **alcune linee generali** valide per incrementare la flessibilità nei progetti: tuttavia si può affermare che **non esista una strategia fissa**, in grado di semplificare casistiche che si dimostrano diverse da progetto a progetto. Piuttosto è possibile individuare un **insieme di caratteristiche** che consentono di realizzare un edificio più flessibile armonizzando la progettazione e soddisfacendo diversi requisiti. **Il ruolo del progettista**, spesso "sostituito" nelle linee di ricerca più moderne da sistemi computazionali e generativi, in questo caso diventa fondamentale per **analizzare l'edificio nel suo contesto e scegliere le soluzioni tecniche più idonee.**

Stando a queste considerazioni si propone una sintesi delle principali caratteristiche individuate, le quali attingono alle esperienze indagate e ai casi studio selezionati. Queste caratteristiche vanno intese come "capisaldi" dell'architettura flessibile ma **non intendono essere prescrittive o stabilire un insieme di regole rigide** per i potenziali progettisti.

1) **Esiste una correlazione tra la quantità di spazio e la flessibilità.** Alcuni progetti hanno sfruttato questa correlazione proponendo uno spazio più ampio e meno funzionalizzato, in base al principio secondo il quale la flessibilità nell'occupazione

dello spazio è più importante rispetto alla offerta di ambienti completamente arredati o con soluzioni impiantistiche integrate ¹ (Till & Schneider, 2005). In quest'ottica gli edifici per l'industria o edifici per uffici possono essere agevolmente ridimensionati con strutture e servizi modulari, poiché in grado di accogliere varietà di modifiche sia in termini di **piani aggiuntivi che di aumento della superficie lorda**. Gli edifici per uffici inoltre sono generalmente progettati per essere regolabili, poiché si avvalgono di tamponamenti mobili, spazi condivisi, superfici superiori al minimo, ecc. Inoltre, **non sono progettati per utenti specifici e consentono di apportare continui adattamenti all'involucro**. Gli edifici residenziali esistenti possono essere convertiti in **edifici del terziario** (o viceversa) grazie alla loro organizzazione degli spazi e alla maggiore altezza utile. Uno di questi è il caso di Tila Open Building (2010). Qui lo spazio con aree a doppia altezza è stato consegnato incompleto agli inquilini per il progetto di finiture e arredamento interno. Questo è anche l'approccio concettuale del loft, in cui un eccesso di spazio indefinito viene consegnato all'inquilino perché lo utilizzi a suo piacimento. **Lo spazio interno è concepito come un grande spazio aperto divisibile grazie ad arredi e pareti mobili**. Possiamo dire che se da una parte la capacità spaziale in eccesso è sempre utile per facilitare i cambiamenti dell'edificio che si adatta, dall'altra risulta spesso economicamente insostenibile, con costi di materiali e consumo di suolo maggiori. Il corollario della correlazione spazio-flessibilità è che quando c'è una quantità limitata di spazio questa può essere vista come un ostacolo alla flessibilità, ma in questi casi bisogna solamente fare uno sforzo progettuale e tecnologico maggiore per adattare quella stessa quantità di spazio ad una molteplicità di usi. (Till & Schneider, 2005).

2) **La flessibilità migliora quando le pareti divisorie e gli impianti sono costruiti indipendentemente dalla struttura portante**. Scelte progettuali semplici ma ponderate come la

¹ Till, Jeremy & Schneider, Tatjana. (2005). Flexible housing: The means to the end. *Architectural Research Quarterly*. 9. 287 - 296. 10.1017/S1359135505000345..

collocazione di scale, nuclei di servizio o ingressi in punti strategici e indipendenti consentono più flessibilità senza costi aggiuntivi. Tuttavia, affinché questo approccio abbia successo, il progettista deve **proiettare scenari e adattamenti futuri a livello planimetrico e tridimensionale per vedere cosa può essere adattato e quale sia il metodo migliore per farlo.** Avere un nucleo centrale con accesso e servizi consente la libera disposizione degli ambienti attorno ai bordi esterni, nonché la possibilità di apportare modifiche in termini di espansione/contrazione dello spazio. **L'involucro degli edifici è relativamente rigido: il nucleo contiene accesso e servizi. Nel mezzo lo spazio può essere indeterminato, con ampie campate e piani aperti che consentono di inserire e rimuovere a piacere partizioni non portanti.** Quasi per definizione quello che si delinea è uno spazio generico, in contrasto con lo spazio altamente tipizzato e determinato che si trova nella maggior parte degli edifici.

3) La flessibilità e la libertà di disposizione migliorano quando i cavedi e le unità impiantistiche più grandi possono essere collocate all'esterno degli appartamenti. La chiara identificazione dei livelli costruttivi della struttura quali involucro, servizi, partizioni interne e finiture consente di aumentare il controllo (e quindi la flessibilità) in fase di progettazione. Se pensiamo ad un intervento manutentivo standard come può essere il rinnovo dell'impianto elettrico, possiamo dire che in un edificio tipo è necessario procurarsi oltre all'elettricista almeno un operaio specializzato per i pavimenti e un pittore per intervenire sul soffitto. I sistemi completamente a vista al contrario garantiscono una facile possibilità di intervento senza dover alterare tramezzature, controsoffitti o vani tecnici e al costo di una sola mano d'opera specializzata. **La disposizione dei servizi, dunque, deve essere attentamente valutata per consentire futuri cambiamenti e adeguamenti.** Questa valutazione prospetta tre diverse soluzioni: in primo luogo, la **collocazione strategica di nuclei di servizi**

a cucine e bagni di essere identificati all'interno di zone specifiche ma non in modo permanente. In secondo luogo, la possibilità di **accedere ai servizi in modo indipendente, così da poter essere modificati in un secondo momento**: se gli apparati tecnici ed i servizi sono raggruppati in zone facilmente accessibili e separate sarà necessario un solo gruppo di operai specializzati per apportare modifiche e adeguamenti agli impianti, con il vantaggio inoltre di poter utilizzare l'edificio anche durante le fasi di intervento.

In terzo luogo, la distribuzione dei servizi sulle superfici orizzontali, per consentirvi l'accesso qualsiasi sia la disposizione planimetrica. **In orizzontale, pavimenti sopraelevati e/o controsoffitti consentono infatti infiniti adattamenti nell'eventuale disposizione planimetrica, i passaggi e i cavedi verticali devono essere raggruppati in condotti facilmente accessibili.** Il modo in cui la maggior parte degli edifici viene mantenuta, e in particolare il loro cablaggio, rimane un ostacolo per la flessibilità dello spazio. **L'integrazione di tecnologia**, spaziando dalle più consuete prese elettriche fino ad arrivare a domotica e *smart systems* nelle partizioni interne è spesso necessaria per soddisfare gli standard di comfort ambientale attuali ma **limita inevitabilmente i cambiamenti futuri**. Una soluzione al problema della manutenzione potrebbe essere una "parete attrezzata" in cui gli impianti sono concentrati lungo una parete lineare, alla quale si accede facilmente dall'esterno (per consentire a fornitori di servizi di apportare modifiche agevolmente) e dall'interno (quando i layout interni vengono modificati).

4) Esiste una relazione tra tecniche costruttive e flessibilità. L'approccio specialistico e multidisciplinare alla costruzione limita la flessibilità futura, in quanto sono necessarie competenze specializzate e multiple per apportare eventuali cambiamenti. A fronte di ciò, seguendo l'esempio della casa a schiera, molti degli schemi abitativi flessibili contemporanei di maggior successo si basano su tecniche costruttive semplici, che consentono interventi futuri con l'uso minimo di manodopera specializzata. Lo scenario

2. Errante, L., & De Capua, A. (2021). Design for Disassembly e riqualificazione del patrimonio residenziale pubblico. Un caso studio. *Techne*, 22, 181-191.

individuato tra i casi studio più frequentemente implica la scelta costruttivo-tecnologica di elementi prefabbricati come per esempio l' XLAM. Insieme al sistema intelaiato, l'X-LAM rappresenta la più diffusa tecnologia costruttiva in legno a secco, senza l'impiego di colle². (Errante, De Capua, 2021). **Ogni parete è dotata di canali per il passaggio degli impianti e permette l'installazione di diverse tipologie di pannelli termoisolanti** in fibra di legno o porta intonaco esterno con cavedio di ventilazione. Il lato interno può essere rivestito in pannelli di gesso-fibra preintonacati o con il legno a vista. La soluzione più comune ad oggi rimane comunque il cartongesso, poichè permette con costi di intervento e manutenzione ridotti di dividere lo spazio senza alterare la struttura degli edifici.

5) La modularità offre benefici attraverso la possibilità di compressione o dilatazione dello spazio, in maniera complementare. La luce libera in pianta consente una riorganizzazione semplice degli spazi, tuttavia, necessita di un supporto strutturale che può risultare inefficiente a livello di smontaggio e di materiali e dunque strutturalmente inflessibile. La struttura di un edificio è il livello nel quale si verificano molti compromessi: la base della maggior parte dei progetti consiste nell'avere **il minor numero di pilastri e molto carichi, in modo da non interferire con l'organizzazione spaziale.**

7.3. Leve e barriere per la progettazione flessibile

Ognuno degli edifici studiati, nello specifico, ha beneficiato della progettazione basata sul concetto di flessibilità. Per questo è stata organizzata un'analisi dei **fattori incentivanti** e dei **limiti** relativi all'applicazione delle strategie individuate nei precedenti capitoli. Avendo offerto una panoramica sulle strategie, si intende proporre una valutazione per campi specifici relativi **ai benefici ambientali, sociali ed economici** per gli stakeholders coinvolti nei processi. I punti di forza e di debolezza dei casi studio, declinati nelle dimensioni sociale, economica e ambientale, evidenziano i punti di contatto che possono essere raccolti in tre temi comuni, come inclusività, accessibilità e sostenibilità come proposto dall'SDG 11 (Tab.2).

L'analisi si rapporta agli indicatori qualitativi presenti all'interno della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS) già individuati nel capitolo 5, paragrafo 5.4.5, i quali orientano di fatto il futuro dei progetti a livello nazionale ed internazionale e che forniscono uno standard di confronto comune rilevante. Gli indicatori sono stati rivisti sulla base dei dati disponibili e modellati per integrarsi con le

Macro-Categoria	SDG Target	Indicatore associato alla flessibilità
Inclusività	11.3	1. Impatto percentuale della partecipazione diretta della società civile alla pianificazione e gestione urbana.
	11.2	2. Entro il 2030, garantire l'accesso per tutti a un alloggio adeguato, sicuro e conveniente e servizi di base e aggiornare baraccopoli
accessibilità	11.a	4. Attuazione di piani di sviluppo urbano e regionale basati su proiezioni demografiche e sul fabbisogno di risorse.
sostenibilità	11.3	5. Tasso di consumo dei terreni.
	11.6	6. Adozione di misure di mitigazione e adattamento per ridurre l'impatto ambientale.

macro-categorie di analisi. Sono stati dunque considerati il target di accessibilità urbana (fisica e sociale), accessibilità e qualità dello spazio degli alloggi, ottimizzazione delle risorse e del fabbisogno energetico.

(Tab.2)

7.3.1. Valutazione complessiva

Nonostante il pluralismo teorico intorno al concetto di flessibilità, la tesi dimostra come la sua definizione sia sempre e in ogni caso relativa ad un approccio che mira alla **qualità del progetto, alla centralità dell'utente, alla sostenibilità dei processi di manutenzione e adeguamento spaziale nel tempo**. Alcune riflessioni erano già state avviate in passato, altre si sono evolute ben prima della pandemia, ma certamente la fluidità spaziale è una sfida che ciclicamente ritrova la sua importanza nel tempo e nello spazio. Quello che emerge è come l'approccio alla flessibilità sia cambiato nel corso degli anni: da essere un aspetto prettamente funzionale e spaziale degli edifici (ad esempio nel caso della convertibilità degli ambienti), si traduce **oggi in un dibattito tra adattabilità e integrazione di differenti sistemi**. In ogni

3. Guy, B., and Ciarimboli, N. (2007), DfD – Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building, Pennsylvania State University, Seattle, USA.

DfD o Design for Disassembly è una progettazione che propone tecniche mirate a semplificare il "montaggio" dell'edificio, al fine di facilitare la manutenzione o di renderne possibile lo smontaggio e dunque consentendo il recupero di sottosistemi da ricondizionare o di materie prime da riciclare. Una progettazione che tenga conto del DFD fin dall'inizio risulta vantaggiosa nel momento in cui si volesse affrontare l'Analisi del Ciclo di Vita - LCA, poiché rende più facile il percorso per l'ottenimento delle marcature EcoLabel, che oggi in alcuni settori stanno diventando un argomento di vendita significativo. I benefici del DFD si realizzano dunque in termini di riduzione costi sia nella produzione (a vantaggio dell'azienda produttrice) sia nel ciclo di vita e recupero del prodotto (spesso a vantaggio dell'utente).

progetto è l'integrazione tra più sistemi all'interno del contesto dato e la loro considerazione come parte dei criteri di nuova progettazione già nella fase preliminare. La progettazione orientata al cambiamento richiede una ricerca rigorosa. I parametri di progettazione convenzionali rimangono importanti anche se è necessario introdurre nuovi requisiti, **come l'accessibilità degli spazi e dei servizi tecnici, o il rapporto tra superficie netta e lorda.** In secondo luogo, come ogni strategia di progettazione, l'attuazione dei principi di flessibilità richiede un'ideazione. Dopodutto, poiché il contesto spaziale, tecnico e finanziario di ogni progetto è diverso, non esiste una soluzione valida per tutti. Più che soluzioni incontestabilmente valide dal punto di vista della flessibilità, possiamo individuare soluzioni che forniscono risposte più adeguate al contesto dove vengono applicate. Tra tutte le strategie, **Il concetto di Design For Disassembly è certamente quello più diffuso e normato:** discende dal *Design for Environment* e tiene conto della sostenibilità del progetto in funzione dell'impatto ambientale, sociale e produttivo (Guy and Ciarimboli, 2007)³. In generale l'obiettivo di ogni strategia è quello di estendere il ciclo di vita dell'edificio o di sue parti prevedendo scenari d'uso alternativi e **limitando i rifiuti e gli scarti della demolizione e/o costruzione.** I criteri di flessibilità implicano precise scelte di processo e di progetto **già nelle fasi iniziali.** Per questa ragione il progetto ricorre a: - tecnologie costruttive a secco; - materiali riutilizzabili, naturali, biodegradabili e riciclabili come recycling feedstock; - soluzioni di design bioclimatico per ridurre la presenza di componenti non riciclabili. Questi accorgimenti facilitano azioni di trasformazione, implementazione e demolizione dei manufatti, la selezione di elementi, materiali e componenti e loro riparazione, riuso o riciclo. **Pertanto "il progetto dovrà essere orientato a forme e tipologie architettoniche dinamiche e adattive, a organizzazioni spaziali multiple, complesse e variabili e ad aggiornamenti tecnologici durante il suo ciclo di vita".** (Guy and Ciarimboli, 2007). **Nel caso di modifiche a breve termine, si ritiene che l'utente dovrebbe direzionare in fase di progettazione le opzioni che vuole "tenere aperte per il futuro":** un edificio aperto

che abbia la possibilità di organizzare gli spazi in una struttura condivisa implica un **coinvolgimento degli acquirenti** in fase progettuale, in **un processo concordato** con tutte le parti interessate; l'utente finale dovrebbe decidere in anticipo quale aspetto di "modificabilità" vuole mantenere all'interno del suo appartamento (nel caso si parli di residenziale, o del suo spazio nel caso di uffici e così via), perché alcune caratteristiche possono essere utilizzate per raggiungere uno o più gradi diversi di flessibilità in base a delle necessità che sono individuali. Questo significa che il progetto e tutte le sue opzioni (idealmente) devono **essere ipotizzate concordate e "disegnate" prima che sia avviata la produzione dello stesso edificio.**

Le prospettive di implementazione sono considerate per campi specifici di analisi, per scala di intervento e di **beneficio atteso**. Gli **ostacoli al livello economico** sono apparentemente i principali deterrenti, mentre i benefici sono rilevanti soprattutto in ambito sociale e ambientale. Le principali parti interessate che sono direttamente coinvolte nel processo sono **i proprietari del progetto, i futuri utenti, l'area di project management e gli appaltatori**. È probabile che i proprietari e gli utenti del progetto siano i più positivi nei confronti dei cambiamenti fisici dell'edificio. **Le parti interessate la cui responsabilità principale ricade sul lato dei costi del progetto, come la gestione del progetto e gli appaltatori, hanno meno probabilità di accettare modifiche in corso d'opera.** Il proprietario del progetto diventa il custode della pertinenza e quindi dell'efficacia del progetto. **Le modifiche e le estensioni sono fonte di grandi disaccordi tra i diversi attori coinvolti nella realizzazione.** Diversi studiosi hanno indicato gli adeguamenti specifici dell'edificio come un fattore chiave per il superamento dei costi dei progetti. Dal punto di vista della gestione del progetto e dell'appaltatore, le modifiche in pianta sono generalmente viste come indesiderabili, anche se gli appaltatori possono vedere gli stessi cambiamenti come una possibilità per migliorare il profitto dei progetti, vendendoli ad un prezzo più elevato come edifici performanti.

4. Secondo il Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, di quei paesi che hanno presentato i loro contributi determinati a livello nazionale (NDC) ai sensi dell'accordo di Parigi, 136 hanno elencato i costi ambientali e finanziari relativi alle emissioni degli edifici e all'efficienza energetica tra le loro massime priorità come così come le sfide sulla strada per raggiungere gli obiettivi concordati. Tale urgenza è evidente non solo a livello nazionale ma anche a livello statale e cittadino (ad esempio, il Climate Mobilization Act di New York e il New Green Deal di Los Angeles) dove l'edilizia è al centro degli obiettivi di decarbonizzazione. Ciò è dovuto al fatto che il settore delle costruzioni contribuisce al 38% del totale globale di anidride carbonica (CO₂). Di conseguenza, molti degli investitori del settore stanno ora allineando i loro portafogli di investimento con l'Accordo di Parigi e mettendo le questioni ambientali, sociali, di governance e soprattutto di cambiamento climatico al centro delle loro strategie di investimento.

7.3.2. Punti di forza: benefici ambientali

I principali benefici ambientali rilevabili sono quelli legati alla condivisione e qualità degli spazi abitativi, al risparmio di consumo di suolo e al fabbisogno di risorse. Come già sollevato nel capitolo 6, ad oggi, l'industria delle costruzioni (IC) ha un grande impatto sui seguenti fattori: consumo di energia ed emissione di CO₂, (38% secondo l'ultimo report)⁴ consumo di risorse (un edificio pesa 1500/kg/m² e prevede il consumo di circa la metà delle materie prime estratte, la metà dei consumi energetici, un terzo del consumo di acqua e un terzo del volume dei rifiuti prodotti). L'IC alimenta il trasporto su strada delle materie prime, contribuendo in questo modo alle emissioni di CO₂ (25% dei trasporti su strada). Inoltre, è dimostrato che la **non adattabilità della tecnologia edilizia convenzionale** in un mercato dinamico costituisca un problema di **bassa produttività ed efficienza** così come di sicurezza legata a grossi eventi climatici (nel caso ad esempio di incendi, inondazioni, terremoti). **Le strategie legate alla durabilità delle strutture portanti e sulla adattabilità dello spazio nel tempo ha sicuramente un impatto positivo nell'ambito della sostenibilità ambientale** poiché non contempla processi di demolizione/nuova produzione legati al prodotto edilizio. La possibilità di espansione/contrazione dello spazio sembra essere una valida alternativa per scongiurare nuovo consumo di suolo. Parimenti gli edifici che realizzano la flessibilità attraverso strategie di manutenzione che prevedono l'assemblabilità/disassemblabilità delle componenti rientrano in un **ciclo di ottimizzazione delle risorse e di economia circolare**. Le certificazioni Leed e BREEAM, così come la normativa UNI, seppur costituiscano ad oggi dei riferimenti per normare questa transizione, attualmente si rivelano strumenti insufficienti per orientarsi in un quadro molto complesso e multidisciplinare come è quello delle strategie proposte. In ogni caso **standard e requisiti minimi sono già presenti sul mercato, soprattutto quelli legati all'ottimizzazione del ciclo di vita e delle sue componenti come come il DfD (Design For Disassembly).**

Nell'ambito dei requisiti normativi, gli appalti pubblici premiano servizi e lavori con alto grado di sostenibilità; ad esempio nel decreto CAM⁵ del 23/06/2022 nell'ambito dell'art. 34 relativo all'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi viene espressamente citato che "Il progetto relativo a edifici di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e ristrutturazione edilizia, prevede che almeno il 70% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati nel progetto, esclusi gli impianti, sia sottoponibile, a fine vita, a disassemblaggio o demolizione selettiva (decostruzione) per essere poi sottoposto a preparazione per il riutilizzo, riciclaggio o altre operazioni di recupero." L'aggiudicatario redige il piano per il disassemblaggio e la demolizione selettiva, sulla base della norma ISO 20887 "Sustainability in buildings and civil engineering works- Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance", o della UNI/PdR 75 "Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare" o sulla base delle eventuali informazioni sul disassemblaggio di uno o più prodotti. In ogni caso la flessibilità nel processo decisionale si basa su un **approccio in cui le decisioni e gli impegni nei progetti vengono presi in sequenza in varie fasi**. La flessibilità del prodotto si ottiene quando il prodotto finale viene pensato per usi alternativi già dalle prime fasi. **Una chiara consapevolezza espressa già dalla fase di progettazione permette di ottenere benefici altrimenti inaccessibili**. I programmi di certificazione o di audit forniscono informazioni sulle condizioni dell'edificio e sulle sue possibilità, ma non ne garantiscono le prestazioni. Spetta ai progettisti in sinergia con i futuri abitanti e le amministrazioni rispondere a queste necessità e individuare le soluzioni opportune, con benefici che avranno efficacia in divenire sul lungo termine.

5. I CAM rappresentano dei requisiti di tipo ambientale, sociale ed economico, volti a indirizzare le scelte della Pubblica Amministrazione, premiando prodotti, servizi, lavori con elevato valore di sostenibilità, in attuazione del Green Public Procurement europeo. In Italia, sono definiti dal "Piano per la sostenibilità ambientale dei consumi del settore della pubblica amministrazione" e sono adottati con Decreto del MATM. La loro efficacia è assicurata dall'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.Lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.Lgs 56/2017), che ne ha reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti. ".

7.3.3. Punti di forza: benefici sociali

Il principale beneficio sociale è il coinvolgimento proattivo degli utenti e dunque l'**inclusività**: gli abitanti devono essere implicati nelle prime fasi del processo di costruzione perché fare scelte nelle fasi successive riduce la flessibilità soprattutto degli apparati impiantistici. In questo approccio **l'architetto diventa anche il "gestore" della parte condivisa dell'edificio e il moderatore in fase di concessione edilizia**. Le modifiche possono ovviamente essere apportate più avanti nel corso della vita dell'edificio, come parte di una ristrutturazione, in un modello di progettazione caratterizzato da una responsabilità di sviluppo a lungo termine. **Il progettista ha il controllo del progetto e il compito di analizzare l'edificio** nel suo contesto, valutando quale sia la soluzione migliore da adottare sia in caso di nuova progettazione che di riqualificazione. Inoltre, è indispensabile anche **trasmettere informazioni e approfondimenti sul valore a lungo termine del progetto al futuro utente**. In ogni caso il tema implica una questione politica e non può prescindere dal coinvolgimento dei cittadini in programmi o politiche urbane che li includano nella progettazione e nella programmazione alla scala dell'edificio. Il riuso promuove una maggiore consapevolezza tra i progettisti e gli utenti che vivono ogni giorno gli edifici: in questo periodo di transizione **i cambiamenti fondamentali nelle strategie e nelle pratiche risiedono nell'equilibrio e nella possibilità di incentivare i processi e i progetti in modo che il controllo e la gestione dell'edificio siano distribuite tra i diversi attori coinvolti**. Il lavoro da fare è continuare a migliorare i meccanismi di governo della società in concomitanza con le reali pressioni che deve affrontare l'ambiente edificato. A questo proposito appare sempre più essenziale **il ruolo delle amministrazioni pubbliche nel ruolo di coordinamento e pianificazione** di grandi interventi di sviluppo delle città, che proprio per la complessità della quale stiamo parlando, deve vedere tutti gli stakeholders coinvolti e interessati.

a definire un disegno complessivo delle nuove porzioni di città che non trascuri tutti i cambiamenti in atto.

La posizione del progettista architettonico rispetto alle esigenze che vengono introdotte dalla transizione verso un ambiente costruito sostenibile, inclusi i principi di economia circolare, si rivela quindi centrale anche se l'attuazione di tali principi dipende dalla loro adozione da parte di appaltatori e regolamenti edilizi. È necessario ridefinire il valore aggiunto dei progettisti all'interno delle attuali transizioni in corso. Progettare vuol dire dare forma agli edifici, dare loro forma e determinare come possono o non possono essere utilizzati, di conseguenza quanto velocemente diventeranno obsoleti. Per questo motivo la **consapevolezza** sul tema della flessibilità tra i progettisti che lo integrano e le varie figure professionali coinvolte è molto importante: **realtà divulgative come quella di Open Building**, che mette in relazione l'ambito accademico, quello dei progettisti e le altre figure legate all'industria delle costruzioni può realmente fare la differenza nel **disseminare un nuovo tipo di coscienza e promuovere l'innovazione mostrando nuovi scenari di attuazione e di efficienza dell'uso delle risorse**. Una valutazione del ciclo di vita sociale (**S-LCA**) o **SocialLife-Cycle Analysis** è un metodo che può essere utilizzato anche in questo caso per valutare gli aspetti sociali e sociologici dei prodotti finali, il loro effettivo e potenziale impatto positivo e negativo lungo il ciclo di vita. Questo si trasforma in un incentivo interno complementare che sostiene gli enti governativi e le amministrazioni nella transizione dell'edilizia. **I risultati di una valutazione S-LCA potrebbero fornire informazioni chiare e verificabili alla committenza**, e dare supporto decisionale. Vantaggi immateriali si ottengono infine da una rinnovata qualità degli spazi che viviamo ogni giorno: avere a disposizione spazi in grado di adattarsi e modellarsi alle nostre esigenze e che ci consentano di costruire **abitazioni, scuole, edifici pubblici con una qualità spaziale e materiale in grado di rinnovarsi ogni giorno con costi e disturbi**

5. S-lca è un'analisi che esamina l'estrazione e la lavorazione delle materie prime, la produzione, la distribuzione, l'uso, il riutilizzo, la manutenzione, il riciclaggio e lo smaltimento finale. L'S-LCA utilizza dati generici e specifici del luogo, può essere quantitativa, semiquantitativa o qualitativa e integra l'LCA ambientale e l'LCC. Può essere applicato da solo o in combinazione con le altre tecniche.

minimi si rivelerebbe centrale nella società di oggi, esposta molto rapidamente al cambiamento. **Dalla qualità dello spazio derivano anche il benessere, il comfort, le condizioni di lavoro, la sicurezza. La quantificazione di questi benefici può rafforzare le ragioni delle aziende e degli investitori.**

7.3.4. Punti di forza: benefici economici

Il beneficio maggiore che si potrebbe trarre da un edificio costruito con principi di flessibilità in ambito economico è quello derivato dall'**efficienza sul lungo periodo con costi operativi e manutentivi inferiori rispetto a quelli che per essere adattati contemplano opere di demolizione/ristrutturazione.** I maggiori benefici sarebbero a carico degli utenti: l'abbattimento dei costi di ristrutturazione, o mutui per richiedere una casa che risponda meglio alle esigenze cui deve fare fronte un utente medio nel corso della vita potrebbe essere considerata un fattore positivo. La riduzione dei costi operativi è un beneficio che spetta principalmente all'occupante dell'edificio, il quale non sempre coincide con il proprietario, cui spettano gli investimenti in fase di costruzione. Se queste figure non dovessero coincidere, potrebbe verificarsi una distribuzione incoerente dei costi tra proprietari e inquilini.

L'obiettivo dell'efficienza richiede investimenti iniziali - a breve termine - per la scelta di prodotti superiori alla media, promettendo vantaggi visibili sul lungo termine, con risparmi su costi di gestione e manutenzione. Inoltre, è da ricordare che ci si muove in un mercato di prodotti e servizi in continua evoluzione e che le tariffe andrebbero comunque sempre verificate. Un aspetto da implementare potrebbe essere quello di raccogliere dati precisi sui costi di gestione e manutenzione di edifici concepiti con le diverse strategie. Sapere quali strategie si rivelano più efficienti dal punto di vista del rapporto costo/gestione a breve e lungo termine potrebbe aiutare ad implementare e convincere le amministrazioni ad investire in edifici più o meno performanti sia dal punto di vista

della flessibilità che dal punto di vista dell'efficientamento delle risorse e di ridurre al minimo i rischi di sistemi inefficienti che possono avere conseguenze costose e dirompenti.

7.3.5. Barriere e ostacoli

Come già accennato i principali svantaggi della flessibilità sono legati alle questioni economiche e alla riduzione di efficienza⁷ nei progetti. L'efficienza è legata al risultato immediato di un progetto. Si tratta di produrre risultati del progetto in termini di portata, qualità, costi e tempi concordati mentre l'efficacia è legata agli effetti a lungo termine del progetto. **La flessibilità è stata vista come una minaccia per la consegna del progetto nei tempi e nel rispetto del budget.**

Per massimizzare l'efficienza, i progetti devono essere chiaramente definiti nella fase iniziale ed eseguiti secondo i piani prestabiliti. Gli aggiustamenti o le decisioni prese in corso d'opera devono essere ridotte al minimo per evitare sprechi o ritardi. Autori di management specificano infatti che **il costo della modifica è generalmente basso nella fase di front-end dei progetti e diventa sempre più elevato con il passare del tempo.**

Questo aumento dei costi di modifica nel tempo è ampiamente accettato come regola pratica e rappresenta una sfida importante per la flessibilità del progetto. Una volta che un progetto è stato deciso e la pianificazione o l'esecuzione è iniziata, è probabile che le modifiche riducano l'efficienza. Per questo le parti interessate la cui responsabilità principale ricade sul lato dei costi del progetto, come i project manager e gli appaltatori, hanno meno probabilità di accettare i cambiamenti: tutto ciò nella migliore delle ipotesi indurrebbe a spese che gli sviluppatori considerano "extra". Nel peggiore dei casi, al contrario la natura sperimentale del progetto potrebbe mettere a rischio i suoi tempi, o le vendite, gli affitti o la soddisfazione del consumatore verso il prodotto finale.

5. Per Ollsen (2006) In generale, l'efficienza è legata alla produzione di risultati diretti del progetto, spesso misurati in termini di costi, tempo e qualità. L'efficacia è legata al valore aggiunto per i proprietari e gli utenti. Il caso a favore della flessibilità sottolinea la possibilità di aumentare l'efficacia di un progetto. La causa contro la flessibilità dei progetti evidenzia gli effetti negativi sull'efficienza dovuti ai cambiamenti e le possibilità di frustrazione dovute alla mancanza di decisioni e impegni.

8. W. Lu, H. Yuan Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China Resour. Conserv. Recycl., 55 (2010), pp. 201-208,

9. S.B. Mahmoud-Jouini, C. Midler, G. Garel Time-to-market vs. time-to-delivery managing speed in engineering, procurement and construction projects Int J Proj Manage, 22 (5) (2004), pp. 359-367

10. C. Midler "Projectification" of the firm: the renault case Scand J Manage, 11 (4) (1995), pp. 363-375
Christophe Midler, nato il 23 luglio 1953, è un ricercatore di management francese specializzato nell'industria automobilistica, laureato all'École Polytechnique . Il suo lavoro riguarda la ristrutturazione dei compiti nell'assemblaggio automobilistico

Questo significherebbe prevedere anche a livello legale modifiche contrattuali tra le società immobiliari e gli utenti legate alle caratteristiche di flessibilità durante la realizzazione del progetto. Alcune modifiche, inoltre, causano meno *inefficienza* di altre.

Un'alternativa a questo approccio, potrebbe essere quella di identificare aree o tipi di modifiche che sono meno difficili da accogliere nei progetti. In questo modo sarebbe possibile scegliere almeno due diverse strategie per gestire i cambiamenti: (a) per evitarli o (b) per ridurre l'impatto negativo dei cambiamenti che si verificano⁸. (Tarpio et al; 2022). **Un cambiamento richiede che qualcosa sia già stato deciso, di conseguenza implica che ci sia una normativa e una volontà politica a supporto dei futuri cambiamenti.** Uno degli scopi chiave delle strategie di flessibilità identificate è quello di **ottenere flessibilità senza coinvolgere la parte impiantistica e strutturale dell'edificio.** Gli incentivi per le diverse parti interessate del progetto sono fortemente correlati alla struttura contrattuale di un progetto e ad altri obblighi finanziari. Uno strumento comune per ottenere flessibilità nei progetti è l'uso di **contratti basati su opzioni**, che consente un'evoluzione continua dei progetti. Mahmud-Jouini et al.⁹ (2020) discutono la gestione del tempo nei progetti includendo anche aspetti di flessibilità. Un fattore chiave nella creazione di situazioni *win-win*, (vantaggiose a parità di interessi tra le parti interessate), nei contratti di ingegneria, approvvigionamento e costruzione risiede nella flessibilità dei contratti e nelle relazioni implicite che vengono create dai contratti. Christopher Midler (1995)¹⁰ studia ad esempio strutture contrattuali che consentano **anticipazioni e incentivi coerenti per costruttori e fornitori** del settore automobilistico. La sua analisi si basa su un approccio fondato sulla teoria di mercato, in cui **trattare la flessibilità può essere un gioco vincente o a somma zero tra le parti interessate.** Ad esempio, nel co-sviluppo di parti automobilistiche, il fornitore non riceve pagamenti aggiuntivi per l'identificazione tardiva della necessità di modifiche nella fase di progettazione. Il fornitore

ha quindi forti incentivi a fornire competenze ingegneristiche per lavorare a stretto contatto con il produttore al fine di comprendere le esigenze e il processo di produzione. **Gli utenti** sono un gruppo di parti interessate che spesso non hanno contratti diretti relativi ai progetti. I loro incentivi **sono quindi meno legati al costo diretto del progetto, e più spesso legati alla qualità e fruibilità del risultato finale. Gli architetti concepiscono il disinteresse degli investitori verso l'inclusione di flessibilità nei loro progetti come ostacolo principale.** L'edilizia è una questione multiforme a cui si applicano interessi diversi, spesso contrastanti e contraddittori. Promuovere la longevità funzionale attraverso una migliore adattabilità riguarda la sostenibilità, ma potrebbe non essere in cima all'agenda degli attori commerciali del settore. Poiché lo scopo del settore pubblico è promuovere il bene comune, ci si aspetta che i governi e le città guidino la transizione verso la sostenibilità dando il buon esempio con le proprie azioni e regolamentando i settori privati. **Le politiche legislative e fiscali del governo sono indispensabili per ottenere un'implementazione efficace.** Questa affermazione è in linea con gli studi esistenti ¹¹(Lu e Yuan 2010 ; Oyedele et al. 2013 ¹²) che suggeriscono che il governo ha un ruolo importante da svolgere nell'attuale agenda di sostenibilità nazionale e globale.

Non è sufficiente che i vantaggi delle strategie di fine vita sostenibili siano ben noti, gli obiettivi del rigore della legislazione sulla flessibilità degli edifici dovrebbero includere politiche appropriate per garantire un'ampia accettazione e conformità tra i professionisti. I requisiti e i termini per il riutilizzo o l'utilizzo degli edifici devono essere chiaramente specificati nei contratti di progetto. Il rigore di tali legislazioni e politiche è stato un modo comprovato per garantire il pieno rispetto degli obiettivi del governo tra i professionisti del settore edile. il Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) e le norme UNI in ambito di disassemblabilità stanno diventando un requisito diffuso per i progetti nuovi e di ristrutturazione.

11. W. Lu, H. Yuan Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China Resour. Conserv. Recycl., 55 (2010), pp. 201-208,

12. L.O. Oyedele, S.O. Ajayi, K.O. Kadiri Use of recycled products in UK construction industry: an empirical investigation into critical impediments and strategies for improvement Resour. Conserv. Recycl., 93 (2014), pp. 23-31

Senza dubbio, il raggiungimento di un certo livello di normazione favorirebbe lo sviluppo di "buone pratiche" standardizzate e linee guida. Una strategia in questa direzione sarebbe quella di attribuire più punti a DfD o a strategie flessibili nel metodo di valutazione ambientale BREEAM. La consapevolezza dei progettisti si mostra nella responsabilità del loro operato e delle loro scelte, a volte anche svantaggiose, e non solo dietro l'adesione a programmi di convenienza. **La disponibilità all'investimento economico, da parte del proprietario dell'edificio, si pone come vincolo anche alla certificazione, e rende l'adesione a questi programmi molto condizionata dalle capacità economiche della committenza.** Un'altra tra le sfide identificate è che i progetti edilizi di edifici esistenti mancano di informazioni sufficienti su come potrebbero essere modificati. L'evidenza dalla letteratura suggerisce anche che le attività di decostruzione sono ostacolate dalla mancanza di informazioni adeguate perché i progetti degli edifici non forniscono informazioni su come gli edifici potrebbero essere decostruiti o utilizzati in modo alternativo.

Il modo in cui le informazioni sugli edifici vengono utilizzate per vari scopi durante tutto il loro ciclo di vita sta trasformando il settore delle costruzioni e rendendo possibile l'accesso a più informazioni. Inoltre, la necessità di **maggiori informazioni per la progettazione, la costruzione, il funzionamento** degli edifici e la manutenzione è diventata vitale a causa della crescente sofisticazione degli edifici. Le informazioni sono ora importanti per tenere traccia dei processi e delle prestazioni di costruzione degli edifici, isolare le inefficienze nelle operazioni realizzative e rispondere alle esigenze specifiche dei clienti. la decostruzione potrebbe anche giovare alla gestione proattiva delle informazioni fornendo **informazioni adeguate sulle opzioni di fine vita dell'edificio già nella fase iniziale della progettazione.** In quanto tale, il coinvolgimento sarebbe vantaggioso sotto diversi aspetti (1) per fornire consulenza sulla specifica di materiali appropriati con un elevato valore di fine vita, (2) per suggerire metodologie di costruzione che potrebbero migliorare la decostruzione o usi alternativi dell'edificio e

(3) per fornire informazioni sulle prestazioni a fine vita dei materiali da costruzione.

Non è comune annoverare l'implementazione del BIM per lo scenario di fine vita degli edifici nonostante il forte aumento dell'utilizzo del BIM negli studi professionali dovuto soprattutto all'aiuto nel passare ad un flusso di lavoro digitale collaborativo. È stato inoltre sottolineato che un altro ostacolo alla diffusione delle pratiche di design disassemblabile è la scarsità di strumenti digitali performanti in grado di identificare gli elementi riutilizzabili a fine vita.

7.4. .Limiti e possibili sviluppi

L'approccio metodologico della trattazione ha delineato i risultati parziali di tre fasi: L'inquadramento storico, la costruzione del quadro esigenziale e l'analisi dei casi di studio; la comparazione degli scenari per la formulazione di criteri di progettazione flessibile. I risultati descritti nel presente contributo hanno indagato **le possibilità analitiche e metodologiche offerte dalla ricerca attuale**. Attraverso una fase di comparazione dei risultati formali e prestazionali degli scenari e dei casi studio si è valutata la sostenibilità degli approcci progettuali adottati, rapportandoli alla dimensione sociale, ambientale, economica. Ciò che emerge dal confronto dei vari scenari e dalla visione futura sull'ambiente costruito, chiaramente inteso come ambiente urbano, è uno scenario di incertezza per le dinamiche sociali e in parte ancora bloccato su flussi di produzione tutt'altro che circolari. È necessario chiarire che le dinamiche che influiscono sul rischio sono di diversa natura, tra cui anche tecnologica ed è qui che bisogna intervenire come progettisti in modo concreto. Dal punto di vista operativo, questo approccio getta le basi per un cambiamento continuo, incrementale e, in una certa misura autonomo.

Il lavoro vuole essere un contributo in direzione della configurazione degli obiettivi per la sostenibilità e dei criteri per misurarla, della valorizzazione e **divulgazione di conoscenza in materia di flessibilità**. muovendo dalla necessità di identificare metodologie, criteri e scenari di trasformazione per agire sulla qualità dell'abitare domestico e urbano. Se l'adattabilità è effettivamente accettata come un fattore chiave per un'edilizia sostenibile, i responsabili politici dovrebbero almeno sforzarsi di identificare e **rimuovere eventuali barriere non intenzionali dal regolamento per cercare di incentivare la progettazione flessibile**, in quanto sembra che il meccanismo di mercato attualmente la incentivi solo in misura molto limitata. Tuttavia, è evidente la necessità di informare meglio il processo decisionale, poiché il potenziale contributo della flessibilità alla sostenibilità sembra attualmente essere poco compreso.

Inoltre, prima che le politiche possano essere attuate con successo, è necessaria una maggiore comprensione delle ragioni del disinteresse del settore. Sarebbe utile a riguardo sondare la percezione degli architetti, dei project manager, dei responsabili politici o degli utenti finali. **Attualmente, l'introduzione della flessibilità avviene quasi esclusivamente nell'ambito dei concorsi di architettura**, o fa affidamento sull'interesse personale dei singoli architetti che lo fanno per ambizione professionale o come contributo al bene comune. La ricerca ha analizzato gli approcci innovativi nella gestione di risorse, materiali e processi, combinati per **esplorare soluzioni orientate alla flessibilità ambientale e sociale, sperimentando forme che gli utenti finali possano capire, scegliere e implementare nel tempo**. Si è tenuto conto delle implicazioni di tali innovazioni sulla cultura del progetto, guardando alle indicazioni comunitarie e nazionali che promuovono scelte materiali più ecologiche, con impatti sull'ambiente e sul settore economico e produttivo. **L'area della tecnologia offre utili argomenti attraverso la definizione di una nuova qualità progettuale e ambientale incidendo sulla sostanza delle trasformazioni**, promuovendo l'innovazione delle strategie orientate alla salute dell'uomo e dell'ambiente e dunque alla sostenibilità

In conclusione sarebbe difficile affermare che le vaste questioni trattate, legate a dinamiche così articolate e in continuo divenire, siano arrivate a produrre un metodo anche parzialmente univoco di approccio alla flessibilità. **I nessi tra i diversi attori coinvolti, i modelli normativi e le questioni relative alla sostenibilità devono costantemente essere rilette alla luce dei possibili scenari di sviluppo, ad esempio mettendo a sistema tecnologie costruttive green, CAM e la verifica degli interventi ammissibili agli strumenti di finanziamento**.

Il passo da compiere è quello di **combinare** le diverse scelte tecnologiche legate ai sistemi di prefabbricazione sempre più avanzati, alla sperimentazione legata all'utilizzo di sistemi informatici e digitali con le esigenze degli investitori e dei produttori di materiali/fornitori per combinare tutti gli elementi in un **quadro strategico**.

14. Galle, Waldo; De Troyer, Frank; De Temmerman, Niels(2015)
The strengths, weaknesses, opportunities and threats of Open and Transformable Building related to its financial feasibility
<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010578435?>

Ci saranno sempre più elementi (individui, gruppi, componenti compatibili e precostituiti) **tra i quali gli architetti selezioneranno e collegheranno le soluzioni migliori, come un grande database di soluzioni dal quale attingere.**

Inoltre sarebbe importante per l'industria delle costruzioni *implementare un* quadro legale e normativo chiaro con i principi *Open Building* e la loro **applicabilità/fattibilità in base ai criteri legislativi locali.**

Sebbene si affermi che sia tecnicamente, organizzativamente e concettualmente fattibile realizzare edifici trasformabili, il loro sviluppo è associato a costi elevati per la progettazione di elementi edilizi alternativi e connessioni reversibili. Pertanto, un ulteriore approfondimento potrebbe focalizzarsi sui vantaggi forniti da strategie di produzione esistenti come la prefabbricazione robotizzata, la customizzazione di massa e la costruzione di sistemi aperti, nonché i reali vantaggi che potrebbero essere generati dallo scambio di informazione tramite BIM. A livello di **componenti**, si potrebbe approfondire lo studio su **sistemi certificati a livello europeo riguardo normative antisismiche e antincendio**; individuando i prodotti esistenti sul mercato o studiando nuove soluzioni per implementare quelli esistenti.

Il tema della flessibilità è un dunque suscettibile di notevoli possibilità di approfondimento e in continua evoluzione proprio perchè **correlato agli aspetti tradizionali del processo produttivo delle costruzioni, ma, soprattutto, agli aspetti tecnologici, ambientali e sociali dell' architettura.**

Per questo studiare la flessibilità e rendendola una delle "matrici" generative della nuova progettazione e dello sviluppo urbanistico futuro rappresenta una grande opportunità come progettisti, in un' epoca storica dove l'aumento della pressione umana e la scarsità delle risorse stanno generando una nuova consapevolezza ambientale.

References

INTRODUZIONE

1. Bovati M. (2017), "Il clima come fondamento del progetto", Georg W. Reinberg, Marinotti, Milano, pp. 33-34
2. Knight, A. and Turnbull, N. (2008), "Epistemology", in Knight, A. and Ruddock, L. (Eds), *Advanced Research Methods in the Built Environment*, Edizioni Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 64-74.
3. Steven G., *The Idea of Building*, London, E&FN Spon, 1992, p. 154
4. Villarroel Walker R., Beck, M.B., Hall, J.W., Dawson, R.J. and Heidrich, O. (2017), "Identifying key technology and policy strategies for sustainable cities: a case study of London", *Environmental Development*, Vol. 21, pp. 1-18.
5. Venturi R., (1980) "Complessità e contraddizioni nell'architettura", Dedalo edizioni, Bari 2002
6. Wing, C.K., Raftery, J. and Walker, A. (1998), "The baby and the bathwater: research methods in construction management", *Construction Management and Economics*, Vol. 16 No. 1, pp. 99-104.
7. Green Building Council Italia (2020) *Linee guida per la progettazione circolare di edifici*, Gruppo di lavoro Economia Circolare di GBC Italia, Rovereto, pp. 25-26

CAPITOLO I

8. Abernathy W.J., Utterback J.M., (1978). "Patterns of Industrial Innovation", *Technology Review*
9. Alexander C., Ishiwaka S, Silverstein M., Jacobson M., Fiksdahl-King I., e Angel S. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, Oxford University Press, New York
10. Alexander C., (1979), *The Timeless Way of Building*, Oxford University Press, USA p.19
11. Alexander, C., Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2017). *A Pattern Language: analysing, mapping and classifying the critical response*. *City, Territory and Architecture*, 1-14.
12. Alsop, (1977) *Speculation on Cedric Price Architects' Inter Action center*, *Architectural Review*,7-8
13. Aoki J., (1999). *The Flexibility of Kazuo Sejima*. *Japan Architect*, vol.35, Autumn, 6-7.

14. Averna M.; Rizzi R.; Stevan C.; (2006) *Abitare la fabbrica. Gli interni dell'architettura per la produzione.* Politecnico di Milano.
15. Banham R., (1990), *L'Atlantide di Cemento: edifici industriali americani e architettura moderna europea, 1900-1925* G. Laterza, Roma
16. Benevolo L. (1971), *Storia dell'Architettura Moderna*, Bari, Laterza, p. 564
17. Bocco A., Bunčuga F., (2018) *Come vivere con gli altri senza essere né servi né padroni*, articolo contenuto in rivista accessibile online [<https://www.doppiozero.com/materiali/yona-friedman-e-le-utopie-realizzabili>]
18. Boesiger W., *Le Corbusier, Oeuvre complète, volume 2, 1929-1934*, Birkhauser, Basilea
19. Brand S., (1994). *How buildings learn – what happens after they're built*, Penguin Books, USA
20. Brian R. Sinclair et al., (2012). *Agility, Adaptability + Appropriateness: Conceiving, Crafting & Constructing an Architecture of the 21st Century. Enquiry – The ARCC Journal of Architectural Research*, 9(1), pp. 35-43
21. Bucci F., (1991) *L'architetto di Ford. Albert Kahn e il progetto della fabbrica moderna*, Milano, Città Studi Edizioni.
22. Cupers, K. (2014). *The Social Project.* <https://doi.org/10.5749/MINNESOTA/9780816689644.001.0001>
23. Curl S., (2006). *A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture*, Oxford University Press, New York, p.257 *Ehrenkrantz ha progettato molti edifici scolastici come Canday Hall, l'università di Harvard, Cambridge, MA (1974) L'Università di Georgetown e Washington DC (1980).*
24. Dawes and Ostwald *City Territ Archit* (2017) <https://doi.org/10.1186/s40410-017-0073-1>
25. De Carli C., *Ricerca in architettura, s.d.*, pubblicata con altri scritti nel 1968, e ora in G. Ottolini (a cura di), *Carlo De Carli e lo spazio primario*, Quaderni del Dipartimento di Progettazione dell'Architettura del Politecnico di Milano, Laterza, Roma-Bari 1997
26. Dipartimento ABC – Politecnico di Milano – *Costruzioni complesse: infrastrutture, salute, attrezzature*
27. Deyong S., (2002) in Terence Riley, et al., *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*, New York: The Museum of Modern Art, pp. 23-32
28. Duffy, F. (1990) *Measuring Building Performance. Facilities*, 8, 17-20.
29. Durmisevic, E. (2006); *Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, TUDelft. Consultabile. [<http://resolver.tudelft.nl/uuid:9d2406e5-0cce-4788-8ee0-c19cbf38ea9a>]
30. Epavcevic, Bojan & Stojaković, Vesna. (2012). *Shape grammar in contemporary architectural theory and design. Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering*. 10. 169-178. 10.2298/FUA-CE1202169T.
31. Ford H. (1991), *La mia vita e la mia opera*, citato in F. Bucci, *L'architetto di Ford. Albert Kahn e il progetto della fabbrica moderna*, Città Studi Edizioni, Milano
32. Forty A., (2005) *Parole e edifici. Un vocabolario per l'architettura moderna*, Pendragon 2005 (ed. or. *Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture*, London, Thames and Hudson)
33. *Fondazione Docomomo Francia*, 2018. Online accessibile [<https://www.docomomo.fr/sites/default/files/2018-10/immeuble-sirh.pdf>]
34. *Future Systems* (1996), *Future Systems, For inspiration only*, Academy Group LTD, London UK
35. Frantzen T., Oussoren C., Van Eijken C. (2018). *PATCH 22: A case Study. Open Building Conference Papers, Open Building Council (NL)*
36. Friedman Y.; Giuffrè R. (cur.); (1975) *Per un'architettura scientifica*, Officina editore
37. Friedman Y., (2000). *Utopie Realizzabili*, Quodlibet Srl, Macerata

38. Giangreco E., (1977), Costruzioni in cemento armato e precompresso, in Enciclopedia del Novecento, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma, vol. II, pp. 325-336.
39. Goldhagen S.W., Lagault R. (2000). *Anxious Modernisms*. Cambridge, MA: The MIT Press
40. Groak S., (1992). *The Idea of Building*, London, E&FN Spon, p. 154.
41. Hao, S., Yu, C., Xu, Y., & Song, Y. (2019). The Effects of Courtyards on the Thermal Performance of a Vernacular House in a Hot-Summer and Cold-Winter Climate. *Energies*, 12(6), [1042. doi:10.3390/en12061042] p.7
42. Habraken N. John (1998), *The Structure of the Ordinary, Form and Control in the Built Environment*, MIT Press, Cambridge
43. Hazmenian B., (2018) *The Evolution of The Pompidou Centre's Air Conditioning System. Toward a New Figure in Architecture*, in James Campbell et al; *Studies in the History of Services and Construction*, Lulu.com (Ebook)
44. Hazmenian B., (2021) *Un tributo a Richard Rogers*. Articolo online, accessibile [<https://www.archphoto.it/archives/6199#sdfootnote2sym>]
45. Hertzberger H. (2014). *Architecture and Structuralism: The Ordering of Space*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam
46. Hildebrand G, Khan A. (2000) – *continuing the legacy, L'arcaedizioni*, Bergamo
47. Horden R., Werner B. (1995), *Light Tech, Towards a light architecture*, Birkhäuser, Basilea
48. Itoh T. (1967) *The Essential Japanese House: Craftmanship, Function, and Style in Town and Country*. Tokyo: John Weatherhill, (1967). New York and London: Harper & Row, Publisher, INC p. 100
49. Itoh T. (1973) *Traditional Domestic Architecture of Japan*, Weatherhill/ Heibonsha, New York p.43
50. Josep Pine B. (1997), *Mass Customization: dal prodotto di massa all'industriale su misura. Il nuovo paradigma manageriale*. Franco Angeli, Milano
51. Kikutake K. (1995). *On the Notion of Replaceability*, *World Architecture*, vol. 33, pp 26-27
52. Kronenburg R. (2007). *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain.
53. Le Corbusier (2008). *Toward an Architecture*, Frances Lincoln Limited Publishers, Los Angeles *Architecture and Structuralism: The Ordering of Space*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam, cap. 2, pag. 37
54. Lefebvre, H., & Nicholson-Smith, D. (1991). *The production of space (Vol. 142)*. Blackwell: Oxford.
55. Lampugnani V.M., *Cinque proposte per costruire in tempi incerti | Five Proposals for Building in Uncertain Time, domus 1000*, p.72, 2016
56. Lourau R., (1967). "Contours d'une pensee critique nomme urbanisme," *Utopie I* pag 11-12
57. Melvin J. (2003). "Cedric Price: Hugely creative architect ahead of his time in promoting themes of lifelong learning and brownfield regeneration", Articolo su *The Guardian*, 15/08/2003 Accessibile [<https://www.theguardian.com/society/2003/aug/15/urbandesign.artsobituaries>]
58. Mitchell, W. J. (1990). *The logic of architecture: Design, computation, and cognition*. Cambridge, MA: MIT press. P. 292
59. Ochshorn, J. (2019). *Flexibility and Its Discontents: Colquhoun's Critique of the Pompidou Center*. In 107th ACSA Annual Meeting Proceedings (pp. 614-19). Pittsburgh, PA: Association of Collegiate Schools of Architecture.

60. Olmo C.; Caccia Gherardini S. (2010) *Metamorfosi Americane – Destruction Through Neglect – Ville Savoye Tra MITo E Patrimonio*, Quodlibet Edizioni, Macerata

61. Parisi R., (2014). Il cemento e l'architettura: storia, archeologia e ambiente, Articolo in rivista semestrale APAI «Patrimonio industriale», n. 14, 2014, Edizioni Scientifiche Italiane SPA, Napoli. pp. 26-35

62. Petriagnani A., (1980), *L'industrializzazione per l'edilizia*, Dedalo Edizioni, Bari Pp. 37-40

63. Prampolini E., (1918). L'«Atmosferastruttura». Basi per un'architettura futurista, in "Noi", II, febbraio 1918, pp n.2-3- 4.

64. Pezzulli, F. M. (2006). Le "Utopie Realizzabili". Dialogo con Yona Friedman. In «Spazi Comuni. Reinventare La Città».

65. Rossi, A. (1966). *L'architettura della città*. Quodlibet Edizioni, Macerata.

66. De Michelis, M. (2002), Aldo Rossi and Autonomous Architecture, contribution in Gilman, H. (2002). *The changing of the avant-garde: visionary architectural drawings from the Howard Gilman collection*. Museum of Modern Art., D.A.P./Distributed Art Publishers p.89

67. Piano R., Rogers R., Franchini G. e Ove Arup & Partners, (1971) *Centre du Plateau Beaubourg*, Archives Nationales, Pierrefitte Sur-Seine, Archives Publiques, Fondo Construction et aménagement du Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, de l'Établissement Public du Centre Beaubourg au CNAC-GP, 20100307, [relazione di concorso] faldone 19, p. 1.

68. Rabeneck A., Sheppard D.,Town P., (1974). Flexibility/ Adaptability. *Architectural Design*, Feb., 76-90.

69. Salingaros NA (2000) *The structure of pattern languages*. *Archit Res Q* 4(2):149–161

70. Schmidt III, Robert; Austin, Simon. (2016) *Adaptable Architecture*. (p.12) Taylor and Francis. Edizione del Kindle.

71. Slaughter, E. (2001). Design strategies to increase building flexibility. *Building Research and Information* - vol. 29, n. 3: pp. 208-217.

72. Till J., Schneider T., (2007), *Flexible Housing*, ed. Burlington: Elsevier Publisher

73. Venturi R., Scott Brown D., Izenour, (1985) *Learning from Las Vegas: The Forgotten Symbolism of Architectural Form – Revised Edition*, MIT Press, Cambridge

74. Vittoria E., Zanuso M., (1962) *Notizie Olivetti, Paesaggio, architettura e design*, Milano, n.76, pp.61-68

75. Weston R., (2003). *Materiali e forme in architettura*, Logos, Modena p. 12.

76. Weeks, J., & Best, G. (1970). Design strategy for flexible health sciences facilities. *Health services research*, 5(3), 263–284.

77. William J. Abernathy, James M. Utterback, (1978). "Patterns of Industrial Innovation", *Technology Review*

78. Wilkinson C., (1999), *Supersheds: The Architecture of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth Architecture Digital Publisher, Oxford, Regno Unito. P IX

CAPITOLI IN LIBRI

79. Alison S., Smithson P., "Draft Framework 4'4", (1956), Concept Document for CIAM X, in Max Risselada and Dirk van den Heuvel(ed.), *Team X 1953-1981, In search of a Utopia of the Present* (ed.), eds. Max Risselada and Dirk van den Heuvel (Rotterdam: NAI Publishers, 2005), 48-49.

80. Cline B., Di Carlo T., (2002) in Terence Riley, ed., *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*, New York: The Museum of Modern Art, p. 58.

81. Pevsner N. (1959) Time and Le Corbusier, *The Architectural Review* n. 746, pp, 159 sgg. Citato da Carlo Olmo in *Metamorfosi Americane – Destruction Through Neglect – Ville Savoye Tra Mito E Patrimonio*, Quodlibet Edizioni, Macerata p.29

82. Prampolini E., L'«Atmosferastruttura». Basi per un'architettura futurista, in "Noi", II, febbraio 1918, pp n.2-3- 4.

ATTI DI CONVEGNO

83. Report of the group discussion "Growth and Change" at CIAM 9 in Dubrovnik in Oscar Newman, *CIAM'59* in Otterlo, (Zürich: Verlag Girsberger, Zürich, 1961, p. 15.

CAPITOLO 2

TESTI SCIENTIFICI:

84. Arge, K. (2005), "Adaptable office buildings: theory and practice", *Facilities*, Vol. 23 Nos 3/4, pp. 119-127

85. Altaş N., Özsoy A., (1998) Spatial adaptability and flexibility as parameters of user satisfaction for quality housing, Building and environment citato in I Kawaz, Sura & Alobaydi, Dhirgham & Salih, Amna. (2020). Studying Flexibility and Adaptability as Key Sustainable Measures for Spaces in Dwelling Units: A Case Study in Baghdad. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 881. 10.1088/1757-899X/881/1/012019.

86. Beadle, K., Gibb, A., Austin, S., Madden, P. and Fuster, A. (2008), "Adaptable futures: setting the agenda", in Hassan, T. and Ye, J. (Eds), *Proceedings of the 1st I3CON International Conference*, Loughborough University, Loughborough, pp. 35-44.

87. Eguchi, T., Schmidt, R., Dainty, A., Austin, S. and Gibb, A. (2011), "The cultivation of adaptability in Japan", *Open House International*, Vol. 36 No. 1, pp. 73-85.

88. Fazey, J.A., Fischer, J., Sherren, K., Warren, J., Noss, R.F. and Dovers, S.R. (2007), "Adaptive capacity and learning to learn as leverage for social-ecological resilience", *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 5, pp. 375-380.

89. Geraedts, R. P. (Maggio 2008). Design for Change; Flexibility key performance indicators. In 1st International Conference on Industrialised, Integrated, Intelligent Construction (I3CON) (p. 11).

90. Geraedts, RP, Remøy, HT, Hermans, M. H., & van Rijn, E. (2014). Adaptive capacity of buildings: A determination method to promote flexible and sustainable construction. In A. Osman, G. Bruyns, & C. Aigbavboa (Eds.), *Proceedings of the 25th International Union of Architects World Congress UIA2014* (pp. 1054-1068). UIA Durban. <https://doi.org/10.13140/2.1.4568.8961>

91. Geraedts R.,(2016) FLEX 4.0, A Practical Instrument to Assess the Adaptive Capacity of Buildings, *Energy Procedia*, Volume 96, 2016, Pages 568-579, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.102>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021630741X>)

92. Gorgolewski, M., 2005. Understanding how buildings evolve. Tokyo, Japan, s.n., pp. 2811-2818.

93. Habraken, N. John. (2008). Design for flexibility. *Building Research & Information*, 36(3), 290-296.

94. Hertzberger, H. (2005). *Lessons for students in architecture* (Vol. 1). 010 Publishers.

95. Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Re Cecconi, F. and DeJaco, M.C. (2017), "A critical review of the developments in building adaptability", *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, Vol. 35 No. 4, pp. 284-303. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2017-0018>

96. Iselin D. & Andrew L., (1993). The fourth dimension in building: strategies for minimizing obsolescence,

99. Nakib, F. (2010, October). Toward an adaptable architecture guidelines to integrate adaptability in building. In *Building a Better World: CIB World Congress*.
100. Kintrea, K., 2007. Housing aspirations and obsolescence: understanding the relationship. *Journal of Housing and the Built Environment*, 22(4), pp. 321-338.
101. Kincaid, D., 2000. Adaptability potentials for buildings and infrastructure in sustainable cities. *Facilities*, 18(3/4), pp. 155-161.
102. Langford, D.A., Macleod, I., Dimitrijevic, B. and Maver, T.W. (2002), "Durability, adaptability and energy conservation (DAEC) assessment tool", *International Journal of Environmental Technology and Management*, Vol. 2 Nos 1-3, pp. 142-159
103. Langston, C., (2014). Measuring Good Architecture: Long life, loose fit, low energy. *European Journal of Sustainable Development*, 3(4), pp. 163-174.
104. Langston, C., (2011). Estimating the useful life of buildings. Gold Coast, Australia, proceedings of AU-BEA2011 Conference, pp. 418-432
105. MacCreanor, G. (1998). Adaptability. a+ t-Housing and Flexibility, 40-45.
106. Manewa, R. M. A. S. (2012). Economic considerations for adaptability in buildings (Doctoral dissertation, Loughborough University).
107. Mexis, Y. (2020), Addressing the mismatch: A strategy for creating adaptable office buildings and adding value for corporations, (Tesi di Master, TU DELFT, Architecture, Urbanism and Building Sciences | Management in the Built Environment), <http://resolver.tudelft.nl/uuid:d3a49003-051f-420c-916b-eb274064436e>
108. Rabaneck, A., Sheppard, D., & Town, P. (1974). Housing: Flexibility/Adaptability. *Architectural Design*, 2, 76-91.
109. Ramirez-Figuero, C., Hernan, L., Gnyet, A. and Dade-Robertson, M. (2016), "Bacterial Hygromorphs: experiments into the integration of soft technologies into building skins", in Kathy, V., Sandra, M., Matias, d.C., Sean, A. and Geoffrey, T. (Eds), *ACADIA 2016 – Posthuman Frontiers: Data, Designers*
110. Sadafi, N., Zain, M. F. M., & Jamil, M. (2014). DESIGN CRITERIA FOR INCREASING BUILDING FLEXIBILITY: DYNAMICS AND PROSPECTS. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13(2).
111. Sebestyen G., (1978). What do we mean by 'flexibility' and 'variability' of systems?. *Batiment International, Building Research and Practice*, 6(6), 370–370. doi:10.1080/09613217808550718
112. Schneider, T., & Till, J. (2007). *Flexible housing*. Architectural press.
113. Schmidt III R., (2014) Designing for adaptability in architecture. (Tesi di dottorato) Loughborough, Inghilterra. Loughborough University Facoltà di Ingegneria Civile. <https://repository.lboro.ac.uk/account/articles/9453791>
114. Schneider, T., & Till, J. (2005). Flexible housing: opportunities and limits. *Arq: Architectural Research Quarterly*, 9(2), 157-166.
115. Scuderi G. (2019) Designing Flexibility and Adaptability: The Answer to Integrated Residential Building Retrofit. *Designs*. <https://doi.org/10.3390/designs3010003>
116. Webster, M.D. (2007), "Structural design for adaptability and deconstruction: a strategy for closing the materials loop and increasing building value", in Robert, L., John, W.W. and Eric, S. (Eds), *Structures Congress 2007-New Horizons and Better Practices*, American Society of Civil Engineers, Long Beach, CA, pp. 1-6

ATTI DI CONVEGNO E SITI ON-LINE

117. Committee on Facility Design to Minimize Premature Obsolescence. Washington DC: Building Research Board, Washington DC: National Academy Press
118. Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., & Gibb, A. (2010, May). What is the meaning of adaptability in the building industry. In 16th International Conference on " Open and Sustainable Building (pp. 17-19).
119. Pinder J. & Wilkinson S., (2001). Measuring the obsolescence of office property through user-based appraisal of building quality. Wellington, New Zealand, CIB World Building Congress
120. [online] UKEssays. (November 2018). Concept of Flexibility in Architecture. Retrieved from accessible: <https://www.ukessays.com/essays/architecture/the-concept-of-flexibility.php?vref=1>

CAPITOLO 3

121. Blind, K., J. Edler, Et Al. (2006). Motives To Patent: Empirical Evidence From Germany. *Research Policy* 35(5) pp. 655-672.
122. Brand S. (1995), Building layers according to Brand – sharing layers of change, [online] <https://www.youtube.com/watch?v=HTSbtM12IZw>
123. De Jonge H., M.H. Arkesteijn, A.C. Den Heijer, H.J.M. Vande Putte, H.J.M., De Vries, J.C. and J. Van der Zwart. (2009) Real estate & housing: Corporate real estate management: Designing an accommodation strategy (DAS Frame), TU Delft, Faculty of Architecture, Department Real Estate & Housing, Delft
124. De Jonge, H.; D.J.M. ; Van der Voordt er al. (2000). Reader M4 Beheren. Delft, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, BMVB.
125. Duffy f., (1998). Design for change, The Architecture of DEGW, Birkhauser, Basel 1998
126. Gosling, J., Sassi, P., Naim, M. and Lark, R. (2013), "Adaptable buildings: a systems approach", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 7, pp. 44-51. Accessibile on-line [<https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.11.002>]
127. Fawcett W., (2011) "Investing in flexibility: the lifecycle options synthesis." the MIT journal of planning 'Projections 10. Designing for Growth and Change', pp. 13-29.
128. Latour B., Yaneva A., "«Give Me a Gun and I Will Make All Buildings Move»: An ANT's View of Architecture", *Ar-deth*, 1 | 2017, 103-111.
129. Olmo C., *Architettura e Storia*, Donzelli 2013
130. Schmidt III, Robert; Austin, Simone. *Architettura adattabile* (pp.45-46). Taylor e Francesco. Edizione del Kindle.
131. Wiener N. (1950). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Garden City, NY
132. Wiener N., (1930) "Genieralized harmonic analysis," *Acta Mathematica*, vol. 55
133. Wittgenstein L., (1953), *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino 1963 da or. Wittgenstein, L (1922) *Tractatus Logico-Philosophicus* (1961 English edition – London: Routledge & Kegan Paul)
134. Walter Kroner è professore presso il dipartimento di architettura del Rensselaer Polytechnic Institute di Troy, N.Y. Kroner, W.M., (1997). *An Intelligent and Responsive Architecture*. In *Automation in Construction*, vol. 6, 381-393. Amsterdam: Elsevier Science B.V

CAPITOLO 4

135. Arge, K. (2005). Adaptable office buildings: Theory and practice. *Facilities*, 23(3-4), pp. 119
136. Chen D., Wang G., Chen G. (2021), Lego architecture: Research on a temporary building design method for post-disaster emergency, *Frontiers of Architectural Research* 10 (4), pp 758 – 770
137. Claypool, M. (2019), Our Automated Future: A Discrete Framework for the Production of Housing. *Archit. Design*, 89: 46-53.[online] <https://doi.org/10.1002/ad.2411>
138. Fiore C. (2018) ACCOGLIERE IL CAMBIAMENTO: LA FLESSIBILITÀ IN ARCHITETTURA, Articolo IFAU '18 – International Forum on Architecture and Urbanism, Pescara
139. Gann, D. M., & Barlow, J. (1996). Flexibility in building use: The technical feasibility of converting redundant offices into flats. *Construction Management and Economics*, 14 p. 55.
140. Goldhoorn B., (2001) (ed), Project Russia 20 – The Free Plan: Russia's Shell-and-Core Apartment Buildings, A-Fond Publishers, Amsterdam, pp 30-32.
141. Habraken N. J., (2008). Design for flexibility, *Building Research & Information*, 36:3, pp. 290-296
142. Habraken, N. J., (1988). Type as a social agreement. Seoul
143. Hertzberger, Herman. Lessons for students in architecture. Rotterdam: Uitgeverij 010, 1991. p. 146
144. Hillier, B., 2007. Space is the Machine. LONDON: Cambridge University Press p 1 – 67
145. Lobos, D., Donath, D., 2010. The problem of space layout in architecture: *arquitectura revista*, 6(2), pp. 136- 161
146. Nourian, Pirouz. (2016). Configraphics: Graph Theoretical Methods for Design and Analysis of Spatial Configurations. 10.7480/abe.2016.14. Phillips, R., Troup, L., Fannon, D. and Eckelman, M.J. (2017), "Do resilient and sustainable design strategies conflict in commercial buildings? A critical analysis of existing resilient building frameworks and their sustainability implications", *Energy and Buildings*, Vol. 146, pp. 295-311.
147. Kendall S., Jonathan Teicher J., (2000). Residential Open Building. 1st edition ed. London, UK: Spon Press. Weston, R., 1996. Modernism. 1st edition ed. London: Phaidon Press.
148. Kendall S., et al (2014) 'Healthcare Facilities Designed for Flexibility', in Romano Del Nord (ed), Healthcare Otherwhere: Proceedings of the 34th UIA/Phg International Seminar on Public Healthcare Facilities, Durban, South Africa, Tesis – University of Florence (Florence)
149. Kendall S., (2017), Four Decades of Open Building Implementation: Realising Individual Agency in Architectural Infrastructures Designed to Last, Articolo in *AD Architectural Design*, Volume87, Issue5Special Issue: Loose-Fit Architecture: Designing Buildings for Change September/October, Pages 54-63
150. Köhler, D. (2016). The Mereological City. transcript-Verlag.
151. Marumo, T. (2005) Development Of Element Technologies Supporting Skeleton/Support Infill House (Demonstrative Experiment For Next Generation Structural Housing)., The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005
152. Matoušek, J., & Nešetřil, J. (2008). Invitation to discrete mathematics. OUP Oxford.
153. Mukala J. (interview with architect Pia Illonen) (2011), 'Tila Housing', *Arkkitehti*, 4, pp 28-39
154. Qingfang L., Ding Y., Liu Y., (2019) Concept and development of a steel-bamboo SI (skeleton-infill) system: experimental and theoretical analysis, *Journal of Wood Science* [online] 10.1186/s10086-019-1830 PP 4, 65, 1

155. Kazunobu M., (2016) 'The Efforts to Develop Longer Life Housing with Adaptability in Japan', *Energy Procedia*, 96, pp 662–73.
156. Schalk M. (2014). "The Architecture of Metabolism. Inventing a Culture of Resilience" *Arts* 3, no. 2: 279-297. <https://doi.org/10.3390/arts3020279>
157. Slaughter, E.S. (2001), "Design strategies to increase building flexibility", *Building Research and Information*, Vol. 29 No. 3, pp. 208-217
158. Smith, R. E. (2010). *Prefab architecture: A guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons.
159. Song, Y., Clayton, M.J. and Johnson, R.E. (2002), "Anticipating reuse: documenting buildings for operations using web technology", *Automation in Construction*, Vol. 11 No. 2, pp. 185-197
160. [online] *Archivio Open Building*. Accessibile: <https://www.openbuilding.co/frans-van-der-werf>
Nourian P., Azadi S., Hoogenboom H., Sariyildiz, S. (2020). *EARTHY: Computational Generative Design for Earth and Masonry Architecture*. 10.13140/RG.2.2.28390.65607.

CAPITOLO 5

161. Angelici, M., Profeta, P. (2020) , *Smart-Working: Work Flexibility Without Constraints* (2020). Online Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3556304> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3556304>
162. Arrigoni M., Tetti e ripari: l'idea di architettura di Yona Friedman, «il Tascabile», 24 febbraio 2020
163. Bauman Z., (2002) *Modernità liquida*, Laterza, Roma-Bari (edd. or. *Liquid Modernity*, 2000.)
164. Capasso, S. Capolongo, A. Faggioli, M.G. Petronio, D. D'Alessandro (2015) . Living in a semi-basement in the era of floods. Italian law cause inequalities in health protection. *Ann Ig.* 2015 Mar-Apr;27(2):502 4. <https://doi.org/10.7416/ai.2015.2038> .
165. Cupelloni L. (2020). *Ambiti e finalità del progetto di ri-qualificazione. La progettazione tecnologica ambientale applicata alla compagine urbana*. Working papers. *Rivista online di Urban@it* - 2/2020 ISSN 2465-2059
166. Bosio E., Sirtori W, (2010). *Abitare. Il progetto della residenza sociale fra tradizione e innovazione*, Maggioli Editore, 2010, p.134
167. Cibula, E., (1971). *The structure of building control – an international comparison* BRS Current Paper CP28/71, BRS, (Department of the Environment).
168. Clift M., (2003), *Life cycle costing in the construction sector*, *Industry and Environment - a quarterly review*, Volume 26 No 2-3 Sustainable building and construction
169. Daldy, A.F., (1969). *Scope of building legislation* BRS Current Paper CP33/69, BRS (Ministry of Public Building and Works).
170. D'Alessandro, D., Gola, M., Appolloni, L., Dettori, M., Fara, G. M., Rebecchi, A., Settimo, G., & Capolongo, S. (2020). COVID-19 and Living space challenge. Well-being and Public Health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 61–75. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10115>
171. Dettori M, Altea L, Fracasso D, Trogu F, Azara A, Piana A, Arghittu A, Saderi L, Sotgiu G, Castiglia P. (2020). Housing Demand in Urban Areas and Sanitary Requirements of Dwellings in Italy. *J. Environ. Public Health*. 2020;1–6 <https://doi.org/10.1155/2020/7642658> .
172. Erba S, Pagliano L. (2021) Combining Sufficiency, Efficiency and Flexibility to Achieve Positive Energy Districts Targets. *Energies.*; 14(15):4697. <https://doi.org/10.3390/en14154697>

173. Honey, C.R., (1970). International comparison of Building regulations: the content and arrangement of regulating documents BRS Current Paper 37/70, London (HMSO).
174. Honey-Rosés, J., Anguelovski, I., Chireh, V., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J., Mawani, V., McCall, M., Orellana, A., Oscilowicz, E., Sánchez-Sepúlveda, H., Senbel, M., Tan, X., Villagomez, E., Zapata, O. & Nieuwenhuijsen, M. (2019). The impact of COVID-19 on public space: an early review of the emerging questions – design, perceptions and inequities. *Cities & Health*. [online] <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1780074>
175. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) XII Rapporto Qualità dell'ambiente urbano. Edizione 2016. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/statodellambiente/xii-rapporto-qualita-dell2019ambiente-urbano-edizione-2016>. (ultimo accesso 25 giugno 2021).
176. Lindert J. (2019) Environment and mental health: developing a research agenda. *European Journal of Public Health*. 4, November 2019;29 ckz185.074, <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz185.074>.
177. Manzalini A., (2021). La Natura Fluida della Realtà. Speciale Fisica Quantistica in Scienze Biofisiche Ottobre-Dicembre. Rivista online. Accessibile [<https://www.medicinaquantistica.info/wp-content/uploads/2021/10/La-Natura-Fluida-della-Realta.pdf>]
178. Olmo C.; (2003) Architettura e storia, Donzelli Editore
179. Pedro, J. B., Meijer, F., & Visscher, H. (2010). Technical building regulations in EU countries: a comparison of their organization and formulation. In W113-Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom (p. 38).
180. Royal Institute of British Architects (RIBA) The case for space. The space of England's new homes. RIBA 2011. <https://www.architecture.com/-/media/gathercontent/space-standards-for-homes/additional-documents/ribacaseforspace2011pdf.pdf>. (last access 25th June 2020)
181. Sanna A., Società, luogo e progetto. Apprendere dalla crisi, in *Techne* n 14, 2017
182. Signorelli, C., Capolongo, S., D'Alessandro, D., & Fara, G. M. (2020). The homes in the COVID-19 era. How their use and values are changing. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 92–94. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10125>
183. Sennett R., L'uomo flessibile. Le conseguenze del nuovo capitalismo sulla vita personale. Feltrinelli, 1999 (ed.or. *The Corrosion of Character; The Personal Consequences of Work In the New Capitalism*, Norton, New York-London, 1998) p 45
184. Sheridan, L., Visscher, H. J., & Meijer, F. M. (2003). Building regulations in Europe Part II: A comparison of technical requirements in eight European countries. *Housing and Urban Policy Studies* 24.
185. Kincaid, D. (2002), *Adapting Buildings for Changing Uses: Guidelines for Change of Use Refurbishment*, Spon, London
186. Spiga V.; Robiglio M.; (2019) La flessibilità nella residenza contemporanea; Tesi Magistrale del Politecnico di Torino P.67
187. UN, Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals>
188. World Health Organization (WHO) (2010) International workshop on housing, health and climate change: Developing guidance for health protection in the built environment – mitigation and adaptation responses. October 2010. Meeting report. https://www.who.int/mediacentre/events/meetings/2010/housing_workshop/en/ (ultimo accesso 27 giugno 2021)

189. Jensen, S.Ø.; Marszal, A.J.; Lollini, R.; Pasut, W.; Knotzer, A.; Engelmann, P.; Stafford, A.; Reynders, G. (2017). IEA EBC Annex 67 EnergyFlexible Buildings. *Energy Build.* 155, 25–34.
190. Johra, H.; Heiselberg, P.; Le Dréau, J. (2019) Influence of envelope, structural thermal mass and indoor content on the building heating energy flexibility. *Energy Build.* 183, 325–339
191. Junker, R.G.; Azar, A.G.; Lopes, R.A.; Lindberg, K.B.; Reynders, G.; Relan, R.; Madsen, H. (2018) Characterizing the energy flexibility of buildings and districts. *Appl. Energy*, 225, 175–182
192. Gehl, J. (2020, July). Public Space & Public Life during COVID-19. <https://gehlpeople.com/announcement/public-space-public-life-during-covid-19/>
193. Geldermans, R.J. (2016), “Design for change and circularity – accommodating circular material & product flows in construction”, *Energy Procedia*, Vol. 96, pp. 301-311.
194. Gordon, A. (1972). Designing for survival: the President introduces his long life/loose fit/low energy study. *Royal Institute of British Architects Journal*, 79(9), 374-76.
195. Langston, C., 2014. Measuring Good Architecture: Long life, loose fit, low energy. *European Journal of Sustainable Development*, 3(4), pp. 163-174.
196. Harvey, J., Heidrich, O. and Cairns, K. (2014), “Psychological factors to motivate sustainable behaviours”, *Proceedings of the ICE – Urban Design and Planning*, Vol. 167 No. 4, pp. 165-174.
197. Nigel Slack, (1983), “Flexibility as a Manufacturing Objective”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 3 Iss 3 pp. 4 – 13
198. Parlamento Europeo, DIRETTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - del 19 Maggio 2010 sulle prestazioni energetiche degli edifici. 2010. COST, “CA16114 - REthinking Sustainability TOwards a Regenerative Economy (RESTORE)”, 2017. [Online]. Accessibile: <https://www.cost.eu/actions/CA16114/#tabs%7CName:overview>. [Accesso:12-Apr-2019].
199. Kronenburg R (2007) *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain.
200. Rapporto istat 2021 https://www.istat.it/storage/rapporto-annuale/2021/Rapporto_Annuale_2021.pdf
201. Schneider Tatjana and Till Jeremy (2007), *Flexible Housing*, Architectural Press, Oxford
202. Sinclair, B. R. (2009). Culture, Context, and the Pursuit of Sustainability. *Planning for Higher Education (PHE)*, Issue 38, pp. 6-22
203. Sandberg, N.H., Sartori, I., Heidrich, O., Dawson, R., Dascalaki, E., Demetriou, S., Vimmer, T., Filippidou, F., Stegnar, G., Završ, M.Š. and Bratlebø, H. (2016), “Dynamic building stock modelling: application to 11 European countries to support the energy efficiency and retrofit ambitions of the EU”, *Energy and Buildings*, Vol. 132, pp. 26-38
204. Vigna, I.; Perneti, R.; Pasut, W.; Lollini, R. (2018) New domain for promoting energy efficiency: Energy Flexible Building Cluster. *Sustain. Cities Soc.* 38, 526–533
205. IPCC (2014), “Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. part a: global and sectoral aspects”, in Field, C.B., B., V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., Maccracken, S., Mastrandrea, P.R. and White, A.N.D.L.L. (Eds), *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge and New York, NY, 1132pp.
- Kronenburg, R. (2007), *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King, London

206. Kronenburg, R. (2007), *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King, London

CAPITOLO 6

207. Dettori M, Altea L, Fracasso D, Trogu F, Azara A, Piana A, Arghittu A, Saderi L, Sotgiu G, Castiglia P. (2020). Housing Demand in Urban Areas and Sanitary Requirements of Dwellings in Italy. *J. Environ. Public Health*. 2020;1–6 <https://doi.org/10.1155/2020/7642658> .

208. Kieran timberlake (2014) *Cellophane House*, oro editions

209. Maxis, Yiannos, (2020) *Addressing the mismatch: A strategy for creating adaptable office buildings and adding value for corporations.*

210 *Intervista per Design Curial* (accessibile on-line) <https://www.designcurial.com/news/residentialfenix-loft-apartments-by-meiarchitects-and-planners-7781678/>

SITOGRAFIA:

210. *Abitare On-line.* <https://www.abitare.it/it/architettura/progetti/2019/09/08/diller-scofidio-renfro-shed-new-york/>

211. *Alchimag* <https://alchimag.net/materiali/sperimentazione-in-alluminio-e-plastica-cellophane-house/>

212. *Architectmagazine* https://www.architectmagazine.com/technology/lighting/cellophane-house-new-york_o

213. *Arquitectura Viva* <https://arquitecturaviva.com/works/campus-google-mountainview-california-5>

214. *Archivio Open Building* (Ultimo accesso 2022) <https://www.openbuilding.co/juf-nienke-search>
Comune di Amsterdam. <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>

215. *Bopro* (Ultimo accesso 2021) <https://www.bopro.be/projects/mobilis> Studio BIG (accessibile online) <https://big.dk/#projects-gccp>

216. *California Energy Commission.* (Ultimo accesso 2021) <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/building-energy-efficiency-standards/2019-building-energy-efficiency>

217. *Comune di Amsteram* (ultimo accesso 2022) *Comune di Amsterdam.* <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>

218. *Database Europeo* (Ultimo accesso 2021) <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaction=search.detail&year=2011&num=212>

219. *Domus Web* https://www.domusweb.it/t/notizie/2015/03/20/google_mountain_view_campus.html

220. *Hazenber Gruppo di costruzioni* (Ultimo accesso 2022) <https://www.hazenber.nl/projecten/juf-nienke-amsterdam>

221. *Immobel group* (accessibile online) <https://www.immobelgroup.com/en/projects/commerce-46>

222. *Marc Koehler Architects.* <https://marckoehler.com/project/the-atelier-lofts-of-superlofts-groningen-combine-working-and-living-space/>

223. *Mei Architects.* (accessibile on-line) <https://mei-arch.eu/en/projects/fenix-i-2/>

224. *Mobilis* (accessibile on-line) <https://mobilis.brussels/en>

225. *Open Building* (<https://www.openbuilding.co/schetsblok-ana>)

226. *Rijks* (accessibile on-line) <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>

228. Regolamento edilizio Belga (Ultimo accesso 2022) https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/ordo_20070607_peb_v.coord_ibge_.juin09.v.site_bil.pdf
229. Scofidio Renfro. <https://www.architecturalrecord.com/articles/14044-the-shed-by-diller-scofidio-renfro-with-rockwell-group>
230. Studio BIG (accessibile online) <https://big.dk/#projects-gccp> http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2013050209&table_name=loi
231. Van Roey (accessibile online) <https://www.groepvanroey.be/nl/referentieprojecten/>

CAPITOLO 7

232. Errante, L., & De Capua, A. (2021). Design for Disassembly e riqualificazione del patrimonio residenziale pubblico. Un caso studio. *Techne*, 22, 181-191.
233. Guy, B., and Ciarimboli, N. (2007), DfD – Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building, Pennsylvania State University, Seattle, USA.
234. Lu W. Yuan Y., (2010) Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China *Resour. Conserv. Recycl.*, 55, pp. 201-208
235. Mahmoud-Jouini S.B., Midler C., Garel G., (2004), Time-to-market vs. time-to-delivery managing speed in engineering, procurement and construction projects *Int J Proj Manage*, 22 (5) pp. 359-367
236. Midler C., (1995), "Projectification" of the firm: the renault case *Scand J Manage*, 11 (4) pp. 363-375
237. Oyedele L.O., , Ajayi S.O., Kadiri K.O. (2014) Use of recycled products in UK construction industry: an empirical investigation into critical impediments and strategies for improvement *Resour. Conserv. Recycl.*, 93, pp. 23-31,
238. Tarpio, J., Huuhka, S. & Vestergaard, I. (2022) Barriers to implementing adaptable housing: architects' perceptions in Finland and Denmark. *J Hous and the Built Environ* 37, 1859–1881. <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09913-1>
239. Till, J.& Schneider, T. (2005). Flexible housing: The means to the end. *Architectural Research Quarterly*. 9. 287 - 296. [10.1017/S1359135505000345](https://doi.org/10.1017/S1359135505000345).
240. Galle, Waldo; De Troyer, Frank; De Temmerman, Niels (2015) The strengths, weaknesses, opportunities and threats of Open and Transformable Building related to its financial feasibility <https://doi.org/10.3929/ethz-a-010578435>

Ringraziamenti

Giunta alla conclusione di un percorso così importante e sono molte ancora le parole da scrivere. Quattro anni sono lunghi e posso dire che questo lavoro è cresciuto con me, mentre io cambiavo molte volte, mentre tutto intorno a me cambiava molte volte, mentre il mondo intero stava già cambiando.

Ringrazio Luciano Cupelloni e Maria Beatrice Andreucci, i miei Professori, per avermi dato l'opportunità di capire cosa vuol dire fare ricerca. Per me, ha voluto dire prima di ogni altra cosa porsi le giuste domande, guardare le cose dalla giusta prospettiva, cercare una via di uscita anche quando tutto perdeva senso. Grazie a questo ho affrontato le incertezze di questi anni e le mie difficoltà personali, e questo è un valore che va al di là del risultato finale e che ripaga ogni fatica.

Ringrazio Thijs Asselbergs, architetto e Professore del Dipartimento di Ingegneria dell'Architettura e Tecnologia della TU Delft per tutte le informazioni e la conoscenza che mi ha trasmesso sul mondo Open Building.

Ringrazio la mia famiglia che mi ha educata all'ascolto, all'empatia, alla bellezza. Che è e sempre sarà la mia prima ancora e il mio primo rifugio. Per tutto l'aiuto e l'amore che mi dimostrano ogni giorno.

Ringrazio Il mio compagno Andrea, che ha saputo esserci in tutte le tappe di questo percorso a tratti difficile.

Ringrazio tutte le donne che fanno parte della mia vita, come amiche o colleghe, per essere fonte di ispirazione, di supporto, coraggio e determinazione. Che non hanno paura di mostrare la propria friabilità ma la inglobano e la superano.

Ringrazio I miei amici, tutti. Porto in me ogni legame.

*"Ai sacrifici occulti e ai magnifici errori,
A l'energie del genio
e ai palpiti de' cuori,"*

e a papà, che resta il mio architetto preferito.

