

# CHOMGENIUS COME ESEMPIO DI SMART SHIPPING CONTAINER BUILDING, TRA ECONOMIA CIRCOLARE E INNOVAZIONE

Elisabetta Ginelli<sup>1</sup>, Gianluca Pozzi<sup>1</sup>, Giulia Vignati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dip. ABC, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito.

**Sommario** – Il progetto “cHOMgenius. Prototype-System and SharedProject. Soluzioni straordinarie per l’abitare intelligente” propone un sistema costruttivo modulare. Esso sperimenta soluzioni progettuali, tecniche costruttive, strutturali ed impiantistiche per abitazioni OFFGRID a controllo domotizzato, gestite da tools digitali informatizzati con relativi strumenti di verifica e monitoraggio, in una logica di completa smontabilità, riuso e riciclo secondo le più recenti direttive europee. Il progetto, che vede come Partner insieme al dipartimento ABC del Politecnico di Milano e due aziende lombarde, si avvale del sostegno di venti aziende nazionali ed internazionali e dell’UNI – Ente Italiano di Normazione. La risultante di cHOMgenius è un prototipo realizzato a fine 2020. Il sistema è costituito da soluzioni tecnico-costruttive interamente “a ser-raggio”, da soluzioni gestionali/energetiche in uso di tipo digitale, da innovative soluzioni di avanzata manutenibilità per la sicurezza antisismica e la sostenibilità economica, in rapporto alle elevate prestazioni energetiche offerte e alle soluzioni tecniche adottate. cHOMgenius si inserisce all’interno degli Shipping Container Building: questo lo colloca a pieno nell’ambito dell’economia circolare, con il riuso di container HC 20’ e 40’ costruiti in acciaio corten, utilizzati come struttura portante del sistema abitativo. Il prototipo è oggetto di una valutazione LCA, i cui esiti ed illustrazione della metodologia sono stati trattati in modo dettagliato nell’articolo dedicato parallelo al presente e presentato in questa rivista (S. Giorgi, M. Lavagna, E. Ginelli, “Valutazione LCA di un edificio realizzato con container per trasporti marittimi riusati”). L’obiettivo di questo contributo è di fornire un inquadramento sullo stato dell’arte dello Shipping Container Building e presentare soluzioni non convenzionali testate con la realizzazione del prototipo per illustrare possibili direzioni per il settore delle costruzioni in relazione al tema dell’economia circolare. In particolare nella progettazione e realizzazione del prototipo l’applicazione del concetto delle 3R ha permesso di verificare (analizzando anche le criticità emerse durante la costruzione) e rendere tangibile il raggiungimento di: i) una riduzione di materiale in termini di quantità, energia grigia, tempo, con un miglior utilizzo dei prodotti, imprimendo loro un carattere di multifunzionalità; ii) il riciclo di prodotti e materiali, attraverso l’utilizzo della tecnologia a secco, con la scelta di materiali disaccoppiabili per evitare non solo costi di separazione, spesso antieconomici, ma

per evitare cicli industriali inquinanti per il loro riciclo; iii) il riutilizzo/riuso, qui inteso come il più evidente plus della filiera circolare, perché considerato sinonimo di moltiplicazione della vita dei prodotti.

**Parole chiave:** progetto per la residenza, disassemblaggio, eco-efficienza, riduzione, riuso.

## CHOMGENIUS AS AN EXAMPLE OF SMART SHIPPING CONTAINER BUILDING, BETWEEN CIRCULAR ECONOMY AND INNOVATION

**Abstract** – The project “cHOMgenius. Prototype-System and SharedProject. Soluzioni straordinarie per l’abitare intelligente” proposes a modular constructional system and experiments design solutions, construction techniques, structural and plant engineering for OFFGRID dwellings with home automation control, managed by digital tools with relevant verification and monitoring instruments, in a logic of complete disassembly, reuse and recycling according to the most recent European directives. The project, which includes as partners two Lombard companies with ABC Department of Politecnico di Milano, avails itself of the support of twenty national and international companies and UNI – Ente Italiano di Normazione and the resultant is the a prototype of a system of solutions for OFFGRID dwelling, with the realized of a living space at the end of 2020, in which to experiment the reuse of the container HC 40 ‘as a structural element of transfer, with implementation of structural and anti-seismic checks, characterized by maximum flexibility and customization in typological solutions, in housing cuts and in facade and finishing solutions, also thanks to a design for industrialization (reduction of design costs and guarantee of the result) based on technologies and recycling of primary / secondary resources (maintainability, disassembly, selective disposal ...) with a high degree of customization (response to multiple user targets), for a reduction in construction times (installation in situ with predefined rules of the game) and management control in use. cHOMgenius fits into the Shipping Container Buildings: placing itself fully within the circular economy, with the reuse of HC containers 20 ‘and 40’ in corten steel, used as the supporting structure of the dwelling system. The prototype was evaluated with an LCA analysis, whose results and methodology were discussed in detail in a specific article, presented in this journal. The objective of this paper is to provide a framework about the Shipping Container Building, showing unconventional solutions that have been an experiment in the con-

\* Per contatti: Via Ponzio 31, 20133 Milano. Tel. 349.1272867; e-mail: giulia.vignati@polimi.it

struction of the prototype, to illustrate possible directions for the construction sector in relation to the theme circular. In particular, the application of the 3R principles in the design and construction of the prototype allowed to verify (with an analysis of the critical issues that emerged during the construction) and demonstrate the achievement of: i) reduction of material in terms of quantity, embodied energy and time, with better use of products, giving them a multifunctional character; ii) recycling of products and materials, through the use of dry technologies, with the choice of using decoupling materials to avoid not only disassembly costs, often uneconomical, but to avoid polluting industrial cycles for their recycling; iii) reuse/reuse, here understood as the most evident plus of the circular supply chain, because it is considered synonymous for the in-crase of products' life.

**Keywords:** *design for living, disassembly, eco-efficiency, reduce, reuse.*

*Ricevuto il 15-4-2021. Modifiche sostanziali richieste il 24-5-2021. Accettazione il 5-7-2021.*

## 1. LO SHIPPING CONTAINER BUILDING COME SISTEMA COSTRUTTIVO EMERGENTE

Il contributo offre un inquadramento dell'impiego dello shipping container in edilizia a partire da un'analisi della letteratura scientifica, da interventi realizzati a scala internazionale e da un caso pilota realizzato dal gruppo di ricerca che dimostra la validità dei principi generatori del progetto. L'obiettivo è illustrare possibili orientamenti del settore delle costruzioni nel quadro della sostenibilità che passa attraverso l'innovazione, l'industrializzazione e il pre-assemblaggio.

Lo Shipping Container Building (SCB) è un sistema costruttivo emergente, sviluppatosi soprattutto negli ultimi due decenni (Ginelli & Pozzi, 2017) che prevede l'impiego di container da spedizione come struttura portante. Il loro ri-utilizzo in architettura costituisce una strategia vantaggiosa in termini di impronta ambientale, abbattendo l'impatto complessivo dell'edificio, dimostrato da specifiche analisi LCA (Atmaca & Atmaca, 2016; Giriunas, K., Sezen, & Dupaix, 2012; Islam, Zhang, Setunge, & Bhuiyan, 2016), che considerano il riuso di questi elementi come moduli strutturali a impatto zero (ad esclusione dell'incidenza delle operazioni di trasporto e trasformazione dello stesso). Queste tematiche sono approfonditamente trattate all'interno di un articolo presentato in parallelo in questa rivista (Giorgi et al., 2021).

Lo Shipping Container Building riconverte oggetti modulari caratterizzati da semplicità di assem-

blaggio che, associati ad una tecnica costruttiva basata sulla prefabbricazione e industrializzazione, permette facili operazioni di disassemblaggio, aumentando la vita utile di un edificio, con positivi risvolti in termini di contenimento dei rifiuti durante tutto l'arco di vita.

Questo sistema costruttivo è stato oggetto di uno studio preliminare per indagarne l'utilizzo e le potenzialità nel settore delle costruzioni, all'interno del Bando Smart Living, finanziato da Regione Lombardia, di un progetto di ricerca "cHOMgenius. PrototypeSystem e SharedProject. Soluzioni straordinarie per l'abitare intelligente" con Partner BFC SISTEMI srl, WHITEAM srl, Dipartimento ABC del Politecnico di Milano (team coordinato da Elisabetta Ginelli, in qualità di responsabile scientifico), e supportato da 20 aziende nazionali ed internazionali (Abet Laminati Spa, ALPAC Srl, BOLDARINO Spa, Comoli Ferrari & c. Spa, Daku Italia Srl, ETERNO IVICA Srl, FOAMGLAS Italia Srl, Fontanot Scale Spa, GSE – Krinner Italia, Index Spa, LIVITH Spa, Metra Spa, Pantecnica Spa, Resstende Srl, SANDRINI METALLI spa, Sanika GmbH, Si.Cop Etanco Italia Srl, Sil Società Italiana Lastre Spa, Tabu Spa, TECNOE-LETTRICA BRAGONI Srl, UNI – ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE), che, a partire dal riutilizzo di container da spedizione, sviluppa un sistema costruttivo modulare e sperimentale, con l'utilizzo di elementi prefabbricati ad uso abitativo permanente, in una logica di industrializzazione personalizzata.

In questa proposta, la locuzione Abitare Smart declina il suo significato verso abitazioni ad elevate prestazioni (energetiche, ambientali, di fruibilità,



**cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject**  
Soluzioni straordinarie per l'abitare intelligente  
Partnership BFC Sistemi. Whiteam. DABC Politecnico di Milano  
Bando Smart Living. Regione Lombardia

Figura 1 – Il prototipo cHOMgenius realizzato

sicurezza, ecoefficienza, gestione d'uso...), grazie ad una concezione di progetto fortemente indirizzato verso l'economia circolare, e quindi la riduzione, il riutilizzo e l'eco-efficienza. Le soluzioni attuate sono caratterizzate da industrializzazione del processo con controllo della qualità, dei tempi di realizzazione e dei costi, anziché centrare lo Smart Building solo sull'IoT (Internet of Things), anche se i sistemi software sono comunque presenti e utilizzati.

Questo sistema, concretizzato in un prototipo realizzato con HC40', è l'oggetto di questo contributo che si concentrerà sui metodi di costruzione e sulle possibilità di riutilizzo dei container di spedizione, sui vantaggi e le opportunità offerte in particolare per l'edilizia residenziale.

### 1.1. Container e il loro riutilizzo

#### 1.1.1. Il container come materiale da costruzione per praticare il ri-uso

L'uso del container da spedizione (shipping container) in architettura appare oggi come un sistema tra i più interessanti, sia come oggetto "visibile" che come struttura "nascosta". Esso costituisce un valido sistema strutturale per gli edifici, permettendo diverse possibilità di riutilizzo e personalizzazione, pur mantenendo un costo contenuto. Gli innumerevoli casi di riutilizzo di shipping container in tutto il mondo, realizzati, testati e abitati, confermano la sua affidabilità d'uso (Abrasheva, Senk, & Häußling, 2012; Bernardo, Oliveira, Nepomuceno, & Andrade, 2013; Boafó, Kim, & Kim, 2016; Oh, Cho, & Kim, 2017; Olivas & Aragonéz, 2013).

L'interesse è giustificato anche dal fatto che il container può essere considerato sia come una risorsa prima (nuova), che come risorsa seconda (riutilizzo o riciclo). La sostenibilità in quanto esigenza imprescindibile da soddisfare concretamente con

azioni mirate, sistemiche e senza riduzionismi, viene qui declinata a partire dall'introduzione del 7° requisito per i prodotti da costruzione (Regolamento UE n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che stabilisce condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio), che esige un'attenzione sui valori ambientali dei sistemi costruttivi, sulla durata, manutenibilità, riciclabilità, dismissione e disassemblabilità delle opere e delle loro parti, sull'organizzazione e gestione del cantiere nella fase di realizzazione e di smantellamento. L'assunzione di responsabilità verso queste condizioni motivano la rilevanza del sistema da costruzione illustrato in questa sede, che qui viene utilizzato in un modo del tutto innovativo rispetto alla consueta prassi.

Alcuni esempi di edifici realizzati mediante l'utilizzo dei container risultano essere significativi per il differente utilizzo, la disposizione e lo sfruttamento del modulo (le cui dimensioni sono assimilabili a quelle di una piccola stanza) come elemento base per lo sviluppo dell'edificio. Esso può essere impiegato con risultati più "tradizionali" o del tutto straordinari, senza o con porzioni strutturali aggiunte.

In sintesi, il container viene utilizzato principalmente come modulo tecnologico, strutturale, spaziale, tipologico, funzionale, che presenta notevoli vantaggi in termini di stabilità, distribuzione del carico e semplificazione dello schema strutturale. L'utilizzo di questi oggetti può rappresentare una strategia costruttiva valida e competitiva. Tra i vantaggi dell'utilizzo del sistema container c'è sicuramente l'elevata disponibilità di questi elementi: quasi 2.000.000 container vengono scaricati e giacciono inutilizzati nei nodi di interscambio (<https://www.eni.com/it-IT/economia-circolare/container-pieni-di-sorprese.html>) e so-



Casi studio raffigurati:

- Crossbox, CGArchitectes, Pont Péan, France, 2009  
<https://cdn.homedsgn.com/wp-content/uploads/2011/01/Cross-Box-21-750x562.jpg>;
- Barneveld Noord Railway station, NL Architects, Barneveld, Paesi Bassi, 2013  
<https://www.archdaily.com/442757/barneveld-noord-nl-architects>;
- 12 Container House, Adam Kalkin, Maine, USA 2003  
<https://www.designboom.com/architecture/adam-kalkin-kalkin-house>

Figura 2 – Sintesi dei possibili utilizzi e dei principali vantaggi sul ri-utilizzo dei container in architettura



no quindi disponibili in tutto il pianeta, sia nuovi che usati, ad un costo relativamente contenuto con una gamma di 1.500€-3.500€ (GLS, 2021), in base allo stato d'uso ed alle capacità residue di trasporto.

Il motivo dell'elevata disponibilità in tutto il mondo di questi oggetti risiede nel fatto che la loro produzione avviene in Cina e, una volta terminato il primo viaggio carichi di merci in uscita da quel Paese, non risulta conveniente in relazione ai costi di trasporto rispetto alla produzione di un container nuovo, effettuare il viaggio di ritorno in assenza di carico. Per questo motivo un numero elevato di container viene depositato nei centri intermodali. Inoltre, l'elevato costo di smaltimento fa sì che questi oggetti stazionino negli hub intermodali per periodi di tempo estremamente lunghi generando enormi volumi di materiale in abbandono (in questo processo, i container devono spesso tornare vuoti nelle loro fabbriche e quindi rimanere nei depositi nei porti e nelle aree terminali fino alla vendita o allo smaltimento. Shanghai, secondo le classifiche stilate nel 2015, è il porto più trafficato (36,5 milioni di TEU – twenty-foot equivalent unit – unità di misura standard di volume nel trasporto dei container ISO, corrispondente a circa 38 metri cubi d'ingombro totale), Singapore seconda a 30,9 milioni, Shenzhen 24,2 milioni, quarta Ningbo-Zhousan con 20,6 milioni e infine Hong Kong.).

Rispetto al loro uso primario i container, seppur abbandonati e dismessi, mantengono elevate prestazioni di resistenza e durabilità per l'uso edilizio e l'aumento della polarità negli ultimi anni del loro impiego in architettura è giustificato da una serie di vantaggi. Primo fra tutti la standardizzazione in conformità agli standard dimensionali e prestazionali dettate dalla spedizione. Nello specifico i container hanno un'agevole maneggevolezza, durabilità e resistenza, in quanto progettati per resistere ad ambienti difficili, come sulle navi oceaniche o durante il trasporto su strada impilati in colonne, trasportando carichi pesanti quasi sei volte il loro peso.

Nel progetto per il riutilizzo, il container si configura come una soluzione flessibile e attrezzabile: è possibile modificarlo facilmente attraverso operazioni di carpenteria (taglio, rimozione, bullonatura e/o saldatura in acciaio) e può essere combinato in strutture più grandi, superando il concetto di costruzione in serie. Infine, è adatto a qualsiasi cluster climatico, a seconda del tipo di isolamento

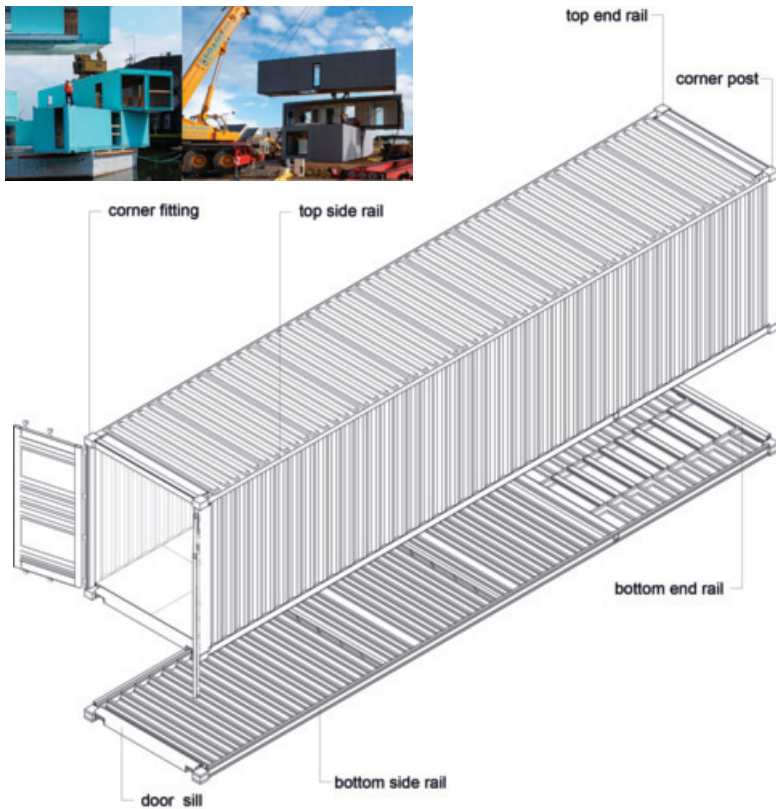
termico e sistema impiantistico con cui viene "attrezzato".

Il modulo ha una funzione tecnologica e ordinaria, fungendo da griglia che costituisce un riferimento geometrico del progetto con una funzione di scansione ritmica a intervalli costanti, su cui innestare l'intero progetto, con notevoli vantaggi progettuali e costruttivi. Il container ha un ruolo spaziale e formale in quanto gli ambienti ottenuti hanno una superficie mai vincolata ma definita da un numero finito di moduli, in modo che gli edifici nascano come aggiunta di moduli spaziali preordinati, beneficiando sia della progettazione che della realizzazione, sia dell'equilibrio formale. Un'ulteriore riflessione collega l'utilizzo del container alle strategie costruttive sviluppate sulla produzione in officina di singoli componenti standardizzati, caratterizzando la fase di costruzione mediante il semplice assemblaggio di elementi già realizzati e finiti altrove.

La scelta di utilizzare il container come sistema di costruzione può essere incardinata su una serie di motivi brevemente elencati e riassunti di seguito:

- 1) il container è oggi configurato come un sistema "emergente", come dimostrano i numerosi interventi che si trovano nel mondo; su scala internazionale viene utilizzato sia per case unifamiliari che per edifici plurifamiliari; per la vita temporanea e permanente; per funzioni diversificate come il commercio, la sanità, il settore dei servizi, ecc...; ne è un esempio il progetto di student housing Urban Rigger di BIG realizzato a Copenaghen per fornire alloggi a costi accessibili (vedi Tabella 1);
- 2) il suo utilizzo fa parte dello scenario di sostenibilità ambientale in quanto può essere considerato una risorsa prima/seconda catalizzata dai principi 3R (Riduzione, Riutilizzo, Riciclo) abbinati al concetto di gestione sostenibile di prodotti e materiali;
- 3) nonostante la persistente crisi finanziaria, emergono ormai da tempo (approfondito nel paragrafo 2.1 di questo contributo) nuove tendenze nel settore immobiliare in termini di performance, costi e fatturato, in particolare nel contesto delle case prefabbricate, che si sono create una nicchia di mercato caratterizzate da un trend positivo in crescita, nonostante le recenti crisi;
- 4) la scelta di adottarlo in combinazione con soluzioni progettuali basate sulla modularità e standardizzazione di soluzioni di assemblaggio di componenti, semicomponenti e di prodotti as-

Tabella 1 – Principali componenti e caratteristiche shipping container ISO HC 40'



CONTAINER ISO HC 40'	
Lunghezze dim. esterne.....	12
dim. interne .....	12
Larghezza dim. esterne.....	2
dim. interne .....	2
Altezza dim. esterne .....	2
dim. interne .....	2
Capacità cubica interna .....	76
Peso lordo max .....	32.450 Kg
Tara.....	3.800 Kg
Carico utile Massimo .....	28.700 Kg
Carico di accatastamento.....	97.200 Kg
Resistenza pavimento.....	7.260 Kg

Casi studio raffigurati:

- Urban Rigger, BIG, Copenhagen, Denmark, 2016  
<https://www.dezeen.com/2016/09/22/big-bjarke-ingels-shipping-containers-floating-student-housing-urban-rigger-copenhagen/>
- Crossbox, CGArchitectes, Pont Péan, France, 2009  
<https://cdn.homedsgn.com/wp-content/uploads/2011/01/Cross-Box-21-750x562.jpg>

sicurano tempi di esecuzione, di posizionamento in situ, di finitura controllati rispetto alle criticità dell'edilizia "tradizionale";

- 5) il sistema di costruzione configurato dal riutilizzo del container rivela potenzialità significative ma, indubbiamente, anche alcune criticità poiché va oltre la normale pratica procedurale, progettuale, processuale ideativa e realizzativa, a cui si impone un'attenzione particolare di regole e norme vigenti in quanto sistema fuori dai canoni stereotipati, quindi suscettibile di pregiudizio e scarsa comprensione.

### 1.1.2. Il container e le sue caratteristiche

Il container di spedizione (Abrasheva et al., 2012; Boafó et al., 2016; Otilia-Alexandra & Daniel Mihai, 2013) è un parallelepipedo in acciaio corten costituito da una struttura del telaio e un riempimento a tre lati in lamiera ondulata, che contribuisce alla rigidità e alle prestazioni strutturali. Il quarto lato è costituito da un portellone a due ante che, una volta chiuso, garantisce un ulteriore irrigidimento dell'intera struttura (con il portellone chiuso un container ISO 40'HC pesa tra i 3800 e i 4150 kg e può contenere al suo interno tra 26.000 e 36.600 kg di merci). Esso è progettato come oggetto mobile ed estremamente resistente, dotato di

quattro dadi angolari in acciaio, che scaricano i carichi e vengono utilizzati per collegare diversi container tra loro, verticalmente e orizzontalmente. La base è irrigidita da una struttura di travetti metallici rivestiti da pannelli di legno che compongono il pavimento.

Tra i tipi di container il più diffuso al mondo è il contenitore ISO, acronimo di International Organization for Standardization, le cui misure sono state stabilite a livello internazionale nel 1967, determinate principalmente dalle condizioni di trasporto via nave e dalle norme sulla circolazione stradale. Tra i vari tipi di dimensioni, quelli più comunemente adottate oggi per il trasporto via mare e via terra sono quelli di 20 piedi (6 metri di lunghezza) e 40 piedi (12 metri). Hanno una larghezza comune di circa 2,4 metri e un'altezza esterna di 2,6 metri (contenitore standard) o 2,9 metri (cubo alto) (vedi Tabella 1). Questo tipo è quindi presente in grandi quantità sul mercato internazionale, oltre a numerose varianti che rispettano le stesse dimensioni ma con la caratteristica di essere ventilati, refrigerati, aperti nella parte superiore o laterale, nonché contenitori e serbatoi per il trasporto di liquidi.

I container ISO sono resistenti all'acqua, agli uragani, ai terremoti e ad altri tipi di disastri naturali

e sono prodotti con uno speciale strato esterno che garantisce anche resistenza al fuoco. Sia per il trasporto che per lo stoccaggio sono agganciati al rimorchio o impilati uno sopra l'altro attraverso un aggancio metallico chiamato twistlock, un elemento di connessione rotante standardizzato che viene inserito nei fori dei blocchi angolari e fissato ruotando un lembo di 90°.

I sistemi utilizzati per il trasporto possono influenzare alcune scelte progettuali per la costruzione di edifici basati sul riutilizzo di container: in molti casi realizzati a livello internazionale i dadi angolari sono stati utilizzati per collegare più elementi tra loro e creare edifici a più piani, limitando i costi e l'inserimento di elementi strutturali.

Il sistema di posa e connessione deve essere in grado di garantire il miglior utilizzo (meccanico, economico, spaziale, ...) del container in base alle caratteristiche intrinseche, impiegano per i collegamenti componenti standard presenti sul mercato e ricorrendo a soluzioni realizzate ad hoc solo se strettamente necessario.

In questo modo, si ottiene un'intensità di utilizzo dei componenti e dei materiali che offrono le migliori prestazioni a costi inferiori. L'uso del container garantisce anche una realizzazione facile e sostenibile, in quanto è facilmente accessibile, può essere facilmente spostato e la sua appartenenza al mondo della meccanica lo pone facilmente nel settore dell'edilizia industriale, sia come oggetto (produzione e assemblaggio), sia come processo di gestione (anche attraverso sistemi BIM) sia per renderlo quindi un materiale da costruzione trasferibile tra i più interessanti oggi sul mercato.

#### 1.1.3. *Potenzialità del sistema container*

L'ampia disponibilità e l'assunzione a "status cult", insieme alla facile trasformabilità, ha consentito un uso parallelo a quello dei trasporti per anni.

Alcuni esempi di edifici costruiti riutilizzando i container sono estremamente significativi per il diverso utilizzo, disposizione e sfruttamento del modulo come elemento di base per lo sviluppo dell'edificio. I casi mostrano i possibili riutilizzi con diversi approcci, dando risultati più "tradizionali" o del tutto straordinari, senza o con porzioni strutturali aggiunte.

A scala internazionale ci sono molte testimonianze di residenze permanenti realizzate con riutilizzo di container, mentre in Italia si ha un loro impiego sporadico per funzioni temporanee (quali info point, villaggi turistici, uffici mobili). Diver-

sa è la situazione per altre funzioni (commerciale, espositiva, teatrale/di intrattenimento, ecc.) dove sono stati effettuati alcuni interventi permanenti.

Di seguito è riportata una collezione di casi studio a livello internazionale che sfruttano il riutilizzo dei container, evidenziando le principali funzioni suddivise in: ludico-ricreativo; commerciale; turistico; infrastrutturale; sanitario; terziario; residenziale.

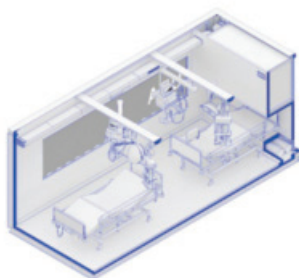
I casi testimoniano i principali approcci alla progettazione e realizzazione all'interno dello Shipping Container Building (vedi Tabella 2 a pagina seguente): da soluzioni ordinarie, in cui la maggior parte delle lavorazioni viene svolta in loco (come la trasformazione e assemblaggio dei moduli come nel caso "Village underground" a Lisbona o l'allestimento di servizi commerciali temporanei come "LCF street food"); alla progettazione di "oggetti unici" (il container e i suoi componenti con specifici allestimenti, come l'unità mobile "The Citizen Care Pod" per effettuare test sanitari e screening, oppure in abbinamento ad una struttura portante per ottenere sbalzi e doppie altezze come nel "Container Stack Pavilion") in cui l'impiego del container è volutamente esplicitato per svolgere specifiche funzioni; al progetto di soluzioni che sfruttino le potenzialità dell'oggetto modulare riducendo le operazioni in loco con diversi risultati progettuali e livelli che vanno dal catalogo definito di soluzioni, a seconda di una configurazione prestabilita dell'edificio (come nel caso del prototipo residenziale "WFH House" che prevede un catalogo di tre possibili configurazioni, o l'abbinamento del modulo con diversi elementi quali tettoia e gradonate per la struttura sportiva "Safmarine Container Sports Centre"); al progetto di un catalogo aperto di soluzioni e componenti personalizzati. Infine, all'attitudine più ricorrente dei casi di SCB, il progetto in cui convergono componenti sia tradizionali che "evoluti" che possono essere assemblati in fabbrica, ma che richiedono molte operazioni in loco (disponendo i container in modo non "convenzionale" come nel trasporto intermodale, ma in posizione verticale o inclinata, in modo da poter ospitare connettivi verticali o diventare coni visuali verso il paesaggio come nel "Shipping Container Terminal" e nel "Devil's Corner"). Degno di nota è l'utilizzo di container per il progetto CURA (Connected Units fo respiratory Aliments) ideato durante l'emergenza sanitaria COVID-19 per la realizzazione di unità di terapia intensiva modulare i cui ideatori, tra gli altri, sono CRA-Carlo Ratti Associati e Italo Rota.



Tabella 2 – Casi internazionali sul riutilizzo dei container in architettura



SOLUZIONI ORDINARIE	“OGGETTI UNICI”	CATALOGO DI CONFIGURAZIONI	SOLUZIONI TRADIZIONALI ED EVOLUTE
<b>Ludico-ricreativo</b> VILLAGE UNDERGROUND Colectivo Warehouse Lisbona, Portugal, 2015 <a href="https://divisare.com/projects/310901-colectivo-warehouse-village-yard-2015">https://divisare.com/projects/310901-colectivo-warehouse-village-yard-2015</a>	<b>Sanitario</b> THE CITIZEN CARE POD WZMH Architects Designs Toronto, Canada, 2020 <a href="https://www.pcl.com/Services-that-Deliver/Pages/Citizen-Care-Pod-Smart-Screening-at-Work-and-Play-US.aspx">https://www.pcl.com/Services-that-Deliver/Pages/Citizen-Care-Pod-Smart-Screening-at-Work-and-Play-US.aspx</a>	<b>Residenziale</b> WFH HOUSE Arcgency Wuxi, China, 2012 <a href="http://arcgency.com/wfh-house">http://arcgency.com/wfh-house</a>	<b>Turistico</b> DEVIL’S CORNER Cumulus Studio Tasmania, Australia, 2015 <a href="https://divisare.com/projects/318532-cumulus-studio-tanja-milbourne-devil-s-corner">https://divisare.com/projects/318532-cumulus-studio-tanja-milbourne-devil-s-corner</a>
<b>Servizi</b> LCF STREET FOOD Whitecrate, London, UK, 2014 <a href="http://whitecrate.co/#title">http://whitecrate.co/#title</a>	<b>Terziario</b> CONTAINER STACK PAVILION Pao People’s Architecture Office Shanxi, China 2015 <a href="https://divisare.com/projects/322359-pao-people-s-architecture-office-container-stack-pavilion">https://divisare.com/projects/322359-pao-people-s-architecture-office-container-stack-pavilion</a>	<b>Sportivo</b> SAFMARINE CONTAINER SPORTS CENTRE Tsai Design Studio Piketberg, Cape Town, South Africa, 2010 <a href="http://zaarchitecture.blogspot.com/2011/07/safmarine-container-sports-centre.html">http://zaarchitecture.blogspot.com/2011/07/safmarine-container-sports-centre.html</a>	<b>Infrastrutturale</b> SHIPPING CONTAINER TERMINAL Tel Aviv studio Potash Architects Tel Aviv, Israel, 2015 <a href="http://www.dezeen.com/2015/07/16/angled-shipping-container-staircase-israeli-port-ashdod-office-potash-architects/">http://www.dezeen.com/2015/07/16/angled-shipping-container-staircase-israeli-port-ashdod-office-potash-architects/</a>



**Modulo sanitario emergenziale**  
 Riconversione di container in stanze di biocontenimento

CURA Connected Units fo respiratory Aliments  
 CRA-Carlo Ratti Associati, Italo Rota Milano, Italia, 2020  
<https://buildingcue.it/progetto-cura-container-emergenza-sanitaria/18718/>

## 2. TENDENZE DEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI: INDUSTRIALIZZAZIONE E PREFABBRICAZIONE

Il settore delle costruzioni in Europa è in forte evoluzione e sta configurando nuove tendenze nel mercato delle abitazioni sia in termini di richieste prestazionali e forme d’uso dello spazio abitativo, sia di costi, giro d’affari, tecnologie e tecniche costruttive, prodotti, componenti e sistemi, che comportano un ripensamento della prassi costruttiva, soprattutto in relazione alla sostenibilità.

Di seguito viene riportato una sintesi del dibattito culturale sul tema dell’industrializzazione e della prefabbricazione, illustrando le possibili applicazioni del sistema SCB con diversi livelli di funzionalità e flessibilità, al fine di mostrare le potenzialità del sistema in relazione alle tendenze del settore. Da alcuni anni, infatti, in Europa è obbligatorio pensare l’edificio in termini di vita globale: questo ha comportato la necessità di considerare, nella progettazione, non solo la durabilità intrinseca dei materiali, ma anche il fine vita degli edifici per una duplice valenza: ridurre il carico ambien-

tale generato dalla dismissione degli edifici e, come conseguenza, ridurne i costi per la collettività. Per la prima volta, la normativa impone che qualunque progetto abbia una forte attenzione per le fasi di demolizione dell'edificio, comportando quindi una serie di scelte progettuali che, fin dalle prime fasi di concezione dell'edificio stesso, siano orientate al principio delle 3R: Riduzione, Riutilizzo, Riciclo.

La sostenibilità nel settore edile passa dunque anche per l'implementazione di materiali edilizi e impianti di nuova concezione (analizzando l'intero ciclo di vita del prodotto e dell'intervento). Questo indirizzo ha avuto una conseguenza attiva sul modo di progettare e sulle modalità realizzative degli edifici, sintetizzabile nella necessità di ridurre i materiali da costruzione, con un possibile affiancamento alle tecniche tradizionali che utilizzano materiali massivi e tecniche a umido; nell'incentivare l'impiego e riutilizzo di prodotti di uso secondo (non nuovi, contenendo le trasformazioni e lavorazioni pesanti di questi ultimi) ed infine l'adozione di prodotti e tecniche di assemblaggio che, alla fine della vita utile dell'edificio, diano origine a prodotti che possano facilmente essere disassemblati e quindi ri-utilizzati o avviati al nuovo ciclo di rigenerazione e riciclo.

Questo nuovo approccio che l'Europa si è voluta dare costringerà nei prossimi anni ad un nuovo modo di progettare e gestire l'intero ciclo produttivo degli edifici, a cominciare dal cantiere (che sarà asciutto e pulito), alla gestione (facilitata ed intelligente in quanto l'edificio sarà facilmente ispezionabile ed i suoi componenti agevolmente sostituibili), alla dismissione (in cui l'edificio potrà essere smontato e disassemblato, diventando una fonte di materie seconde da riutilizzare).

### 2.1. Industrializzazione edilizia con il sistema container

Ci sono molte evidenze che ormai da alcuni decenni il mercato della residenza chiede innovazione (Losasso, 2010): come ormai testimoniato da numerose fonti (CRESME, 2019; CRESME, 2020; Department for Communities and Local Government UK, 2017; FLA, 2019), l'industrializzazione nelle costruzioni è obbligatorio e inevitabile per soddisfare le esigenze contemporanee.

Il Cresme afferma (confermando la tendenza dei precedenti rapporti) che l'Italia è entrata in un nuovo ciclo edilizio in cui la richiesta di qualità per le

costruzioni è in crescita e in cui il 15% dei nuovi edifici privati residenziali usano tecniche o componenti non tradizionali, come pannelli, telai pre-assemblati, elementi prefabbricati. Molte residenze sono pre-finite, con bagni completi e spesso con l'inserimento dei mobili della cucina: la tendenza è quella di incrementare la qualità generale, di facilitare il movimento dei fruitori, di mantenere alti livelli prestazionali, anche grazie ad una ben progettata manutenibilità.

Il 4° rapporto sulle case in legno (FLA, 2019) conferma questa tendenza, fissando a +10% (2016-2018) l'incremento dell'ammontare economico del mercato delle case in legno (vedi Figura 3), con una prospettiva in crescita nei prossimi anni (+5% nel 2024). Non è un grandissimo mercato per l'Italia (360 ml €/anno), ma esso è cresciuto nonostante le varie crisi e può quindi essere considerato una eccellente cartina al tornasole per testare le tendenze future del mercato. Questo mercato produce case finite, il più delle volte con elementi pre-assemblati, in cui vengono garantite le esigenze dei committenti, quali la qualità, la sostenibilità certificata e tempi certi e brevi di realizzazione.

Uno sguardo alla situazione internazionale conferma questa tendenza, ma mostra anche come molti Paesi stanno supportando e incentivando l'innovazione e l'industrializzazione nel mercato residenziale.

La Gran Bretagna, ad esempio, supporta energicamente i Modern Method of Construction, MMC

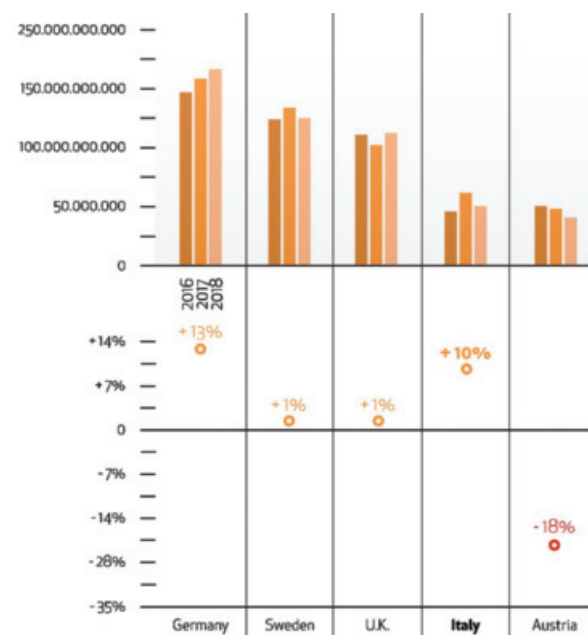


Figura 3 – La produzione di case in legno (€, var. % 2018/2016) da (FLA, 2019)



(CITB, 2019) come una risposta alla mancanza di qualità delle residenze (Department for Communities and Local Government UK, 2017). Alcune linee guida sono significative:

- Step 2: Costruire edifici più velocemente.
- Step 3: Diversificare il mercato, anche grazie a “Boosting productivity and innovation by encouraging modern methods of construction (MMC) in house building” (I report suggeriscono che le case costruite offsite sede possono essere realizzate fino al 30% più rapidamente rispetto ai metodi tradizionali e con una potenziale riduzione dei costi del 25%, Department for Communities and Local Government UK, 2017, p.54) e incrementare (1.49) “Building good quality homes”.

Dalla figura seguente appare chiaro il divario tra le differenti tendenze dell’intera economia e del settore delle costruzioni: anche in un Paese come la Gran Bretagna, considerata “industrializzata”, il mercato delle costruzioni ha avuto un incremento poco significativo negli ultimi 25 anni, confermando la necessità di un cambio di rotta (Figura 4).

La maggior parte dei report (si vedano i riferimenti riportati in bibliografia nella sezione “Report online sul mercato delle costruzioni”) sul mercato delle costruzioni confermano che i processi di Industrializzazione per il mercato residenziale sono in espansione, specialmente perché “planning security and comfort level to be a key driver in the purchasing decision for prefabricated houses” (Berger, 2018).

La Figura 5 a pagina seguente mostra chiaramente la consistenza e le tendenze in atto nel mercato europeo.

Una ulteriore e recentissima conferma può essere rintracciata in Francia, dove un nuovo report (febbraio 2021, *Batiactu, 2021*), commissionato dal Governo Francese a Real Estech, conferma che le costruzioni off-site sono l’unica possibile soluzione per innovare un settore poco propenso all’investimento e ai cambiamenti come quello edile.

Il mercato sta crescendo in consistenza e dimensioni in tutti gli stati europei considerati, confermando che questo genere di innovazione è conveniente e competitivo.

Lo SCB si colloca a pieno in questo scenario, come un sistema costruttivo innovativo e che presenta molti aspetti peculiari che lo rendono particolarmente interessante, ovvero la costruzione di edifici utilizzando i container da trasporto marittimi.

## 2.2. Casi significativi per l’utilizzo del sistema container

Di seguito vengono presentati i principali atteggiamenti alla progettazione degli Shipping Container Building che testimoniano l’elevata funzionalità del sistema e la flessibilità delle soluzioni, esplorando le caratteristiche costruttive degli interventi, riassumendone le principali fasi realizzative. I casi sono stati catalogati in una tabella suddivisa in: dati identificativi; aspetti strutturali (indicando l’esplicitazione figurativa dell’oggetto

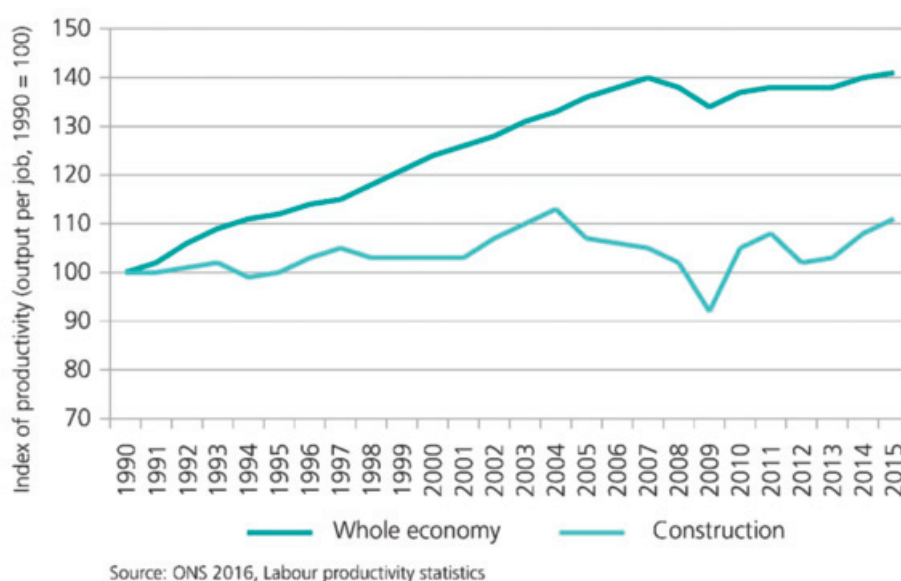


Figura 4 – Indici di produttività (1990=100): intera economia vs. costruzioni. Da (Department for Communities and Local Government UK, 2017)

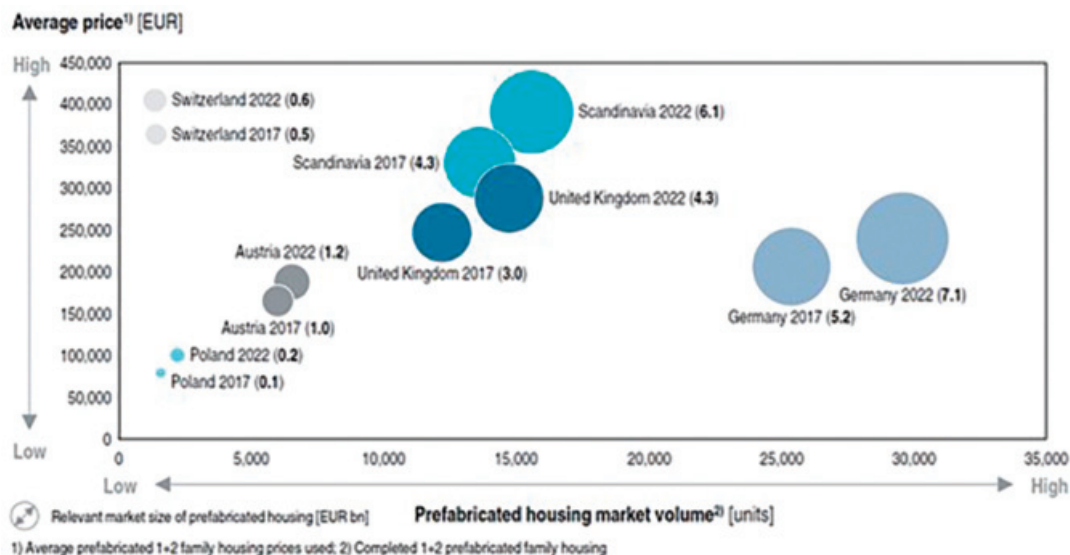


Figura 5 – Il valore di mercato delle residenze mono e bi-familiari tra il 2017 and 2022. Da [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_prefabricated\\_housing\\_market\\_3.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_prefabricated_housing_market_3.pdf) p23

container, il tipo e il numero di elementi utilizzati, le modalità di aggregazione dei moduli); aspetti tecnologici (indicando i componenti principali relativi alla chiusura orizzontale, all'involucro esterno, alla struttura di connessione, alle partizioni interne e alle finiture interne).

Le 4 Tabelle che seguono ne dimostrano la multifunzionalità, esemplificando quattro principali macrocategorie:

- Utilizzo del container come “modulo invisibile” (Paragrafo 2.2.1).
- Il container per la progettazione di “oggetti unici” (Paragrafo 2.2.2).
- Il modulo come elemento ordinario nel progetto di un catalogo aperto di soluzioni e componenti personalizzati (Paragrafo 2.2.3).
- Il container per le residenze “tipizzate” (in relazione ad elevati volumi di produzione) (Paragrafo 2.2.4).

#### 2.2.1. Utilizzo del container come “modulo invisibile”: *WFH House, Arcgency, Wuxi, Cina (2012)*

Si tratta di un'abitazione realizzata mediante tre container da 40' (2 dei quali sovrapposti) con al centro uno spazio a doppia altezza, realizzato in struttura metallica e pannelli sandwich. In questo caso la struttura dei container viene completamente nascosta all'esterno e all'interno ed il suo utilizzo è puramente strutturale. La presenza di uno “spazio altro” oltre ai container garantisce la possibilità di avere un uso maggiormente flessibile dello spazio abitativo centrale. Il caso studio è un prototipo di un sistema a catalogo con tre possibili con-

figurazioni tipologiche (edificio a più piani, case a schiera, ville singole). Sono previste soluzioni predefinite per interni, facciate, aree climatiche e aree sismiche, con la costruzione dei componenti, la loro spedizione e l'assemblaggio in loco.

Principali fasi di realizzazione:

- officina: lavorazione dei container (taglio lamiera e inserimento rinforzi);
- trasporto;
- sito: assemblaggio container e aggiunta struttura di inserimento, inserimento della scocca, dei serramenti e delle finiture interne.

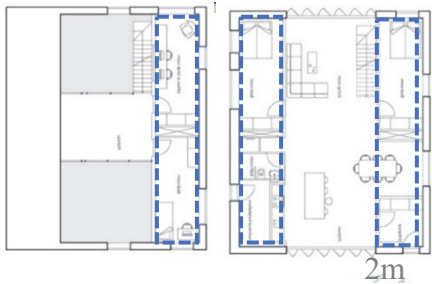
#### 2.2.2. Il container per la progettazione di “oggetti unici”: *Casa Oruga, Sebastian Irrarrazaval Delplano, Santiago de Chile, Chile (2012)*

Si tratta di un'abitazione con un forte impatto visivo e simbolico, che utilizza i container più come icona che come prodotto potenzialmente sostenibile; gli ambienti dell'abitazione sono realizzati mediante l'accostamento di uno o più moduli la cui presenza non viene celata esternamente ma, al contrario, è resa iconicamente esplicita. L'utilizzo di grandi oggetti, la presenza di ampi ambienti e la posa dei container inclinati comporta la realizzazione di un ulteriore sistema strutturale, eseguendo la maggior parte delle operazioni in loco.

Principali fasi di realizzazione:

- trasporto;
- sito: realizzazione piano terra in struttura telaio in calcestruzzo e acciaio; lavorazione dei container (taglio lamiera, inserimento rinfor-

Immagini di riferimento



<b>WFH HOUSE – prototipo</b>	
<b>Dati Identificativi</b>	
Progettista	<b>Arcgency</b> <a href="http://arcgency.com">http://arcgency.com</a>
Anno di Realizzazione	2012
Luogo di Inserimento	Wuxi, China
Fascia climatica	Umida subtropicale
Temperatura media	Estiva 29°C, invernale 6°C
Oggetto	Residenza unifamiliare
Tempi d'uso	Permanente
Superficie Interna	120 mq
Numero livelli	Num. 2
<b>Aspetti Strutturali</b>	
Esplicitazione del container	Container nascosto internamente ed esternamente
Impiego del container	Num. 3 container HC 40'
Aggregazione del container	Num. 2 container impilati con struttura metallica nello spazio centrale (pannello sandwich in metallo e legno)
<b>Sistema tecnologico</b>	
Chiusura orizzontale. FONDAZIONI	Platea di fondazione in cls
Involucro verticale. FACCIAIA	Isolamento esterno, rivestimento in pannelli di bambù con sottostruttura metallica
Involucro verticale. TRASPARENTE	Ampie vetrate
Chiusura orizzontale. COPERTURA	Copertura inclinata
Connettivo verticale. SCALE	Struttura metallica e gradini in legno
Partizioni interne. SOPPALCO	Soppalco con struttura portante in legno
Finiture interne. PARETI E PAVIMENTO	Finitura pareti interne in cartongesso pavimento in legno
<b>Strategie energetiche</b>	
Pannelli fotovoltaici in copertura (circa 20 mq a seconda della localizzazione); possibilità di inserire un tetto verde con raccolta acqua piovana. Num. 1 container dedicato a Modulo tecnico (locale tecnico + cucina) con pompa di calore, serbatoio acqua, sistema di gestione dell'energia.	
Vista esterna	
Planimetrie	
Vista interna	
Fasi realizzative	<a href="http://arcgency.com/wfh-house">http://arcgency.com/wfh-house</a>

zi e parte del rivestimento esterno); montaggio; inserimento dell'addizione della struttura; inserimento dei serramenti e finiture interne/esterne.

2.2.3. *Il modulo come elemento ordinatorio nel progetto di un catalogo aperto di soluzioni e componenti personalizzati: Les Chromatiques – Bigbox, 2A Design – CG Architectes, Saint Giles, France (2009)*

Sistema a catalogo di residenze uni familiari basate su differenti configurazioni tipologiche con container da 40' e 20' su uno e due livelli (in questo sito sono state realizzate tre tipologie: PATIOBOX su un unico livello con patio centrale, BIGBOX in blocco su due livelli, SQUAREBOX su due livelli

li disposti in una L). Il container rappresenta una sorta di griglia strutturale, costituendo l'elemento spaziale e strutturale degli ambienti che articola interamente lo spazio abitativo. È previsto un catalogo di soluzioni predefinite per interni e facciate (a scelta di legno, metallo, pannelli compositi) rispetto alla fascia climatica che interessa la Francia. Il progetto è realizzato in collaborazione con un'azienda automobilistica riconvertita nell'allestimento dei container (PSA Peugeot Citroen Group).

Principali fasi di realizzazione:

- officina: lavorazione container (taglio lamiera e inserimento rinforzi);
- trasporto;



- sito: montaggio container; inserimento della scocca, dei serramenti e delle finiture interne.

2.2.4. *Il container per le residenze “tipizzate”*: FRANKIE & JOHNNY Dormitory, Holzer Kobler Architekturen, Berlino, Germania (20014)

Nelle residenze tipizzate seriali, in cui la cellula residenziale corrisponde al container stesso, sono evidenti le economie di scala, la facilità realizzativa, la modularità funzionale/costruttiva/gestionale. Questa è certamente la massima espressione delle potenzialità intrinseche dei container.

Questo intervento costituisce il primo di tre interventi all’interno di un complesso di residenze uni-

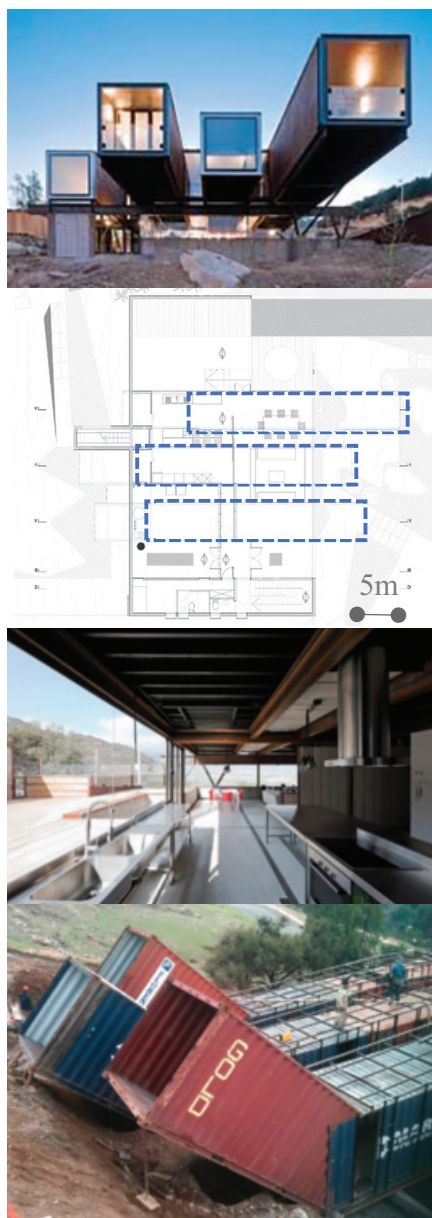
versitarie (superficie totale dei tre lotti 12.187 mq) costituite da container affiancati e impilati. I collegamenti verticali e la distribuzione a ballatoio tra gli alloggi sono inseriti in una struttura metallica esterna. Sono previste tre possibili configurazioni tipologiche (principalmente monolocale composto da un container, bilocale con due container, trilocale con tre container) con finiture interne standard e una dotazione minima di attrezzatura per tutti gli alloggi (blocco cucina e contenitori). Il progetto prevede un sistema standardizzato pre-assemblato in officina.

Principali fasi di realizzazione:

- officina: lavorazione container (taglio lamiera, inserimento rinforzi e finiture interne);
- trasporto;

Tabella 4 – Caso studio 2

Immagine di riferimento



CASA ORUGA	
<b>Dati Identificativi</b>	
Progettista	<b>Sebastian Irarrazaval Delplano</b> <a href="https://www.sebastianirrazaval.net">https://www.sebastianirrazaval.net</a>
Anno di Realizzazione	2012
Luogo di Inserimento	Lo Barnechea, Santiago de Chile
Fascia climatica	Temperato
Temperatura media	Estiva 20,8°C, invernale 8,6°C
Oggetto	Residenza unifamiliare
Tempi d’uso	Permanente
Superficie Interna	350 mq
Numero livelli	Num. 2
<b>Aspetti Strutturali</b>	
Esplicitazione del container	Container e sistema strutturale a vista
Impiego del container	Num. 5 container HC40’+ 6 container HC20’+ 1 open-top (per la piscina)
Aggregazione del container	Container affiancati distanziati, a sbalzo su struttura in acciaio e muri di contenimento in cls
<b>Sistema tecnologico</b>	
Chiusura orizzontale. FONDAZIONI	Platea di fondazione in cls
Involucro verticale. FACCIATA	Isolamento esterno in poliuretano espanso con rivestimento esterno con lastre in acciaio corten
Involucro verticale. TRASPARENTE	Vetrare scorrevoli
Chiusura orizzontale. COPERTURA	Copertura inclinata con pendenze variabili
Connettivo verticale. SCALE	Struttura metallica
Finiture interne. PARETI E PAVIMENTO	Finitura pareti interne in cartongesso e lamiera a vista pavimento in cemento lucidato
<b>Strategie energetiche</b>	
Apertura di vani finestra e lucernari per facilitare la circolazione dell’aria all’interno per massimizzare la ventilazione naturale. Impianto di riscaldamento “tradizionale” con stufa e radiatore	
Vista esterna	<a href="https://vimeo.com/37827924">https://vimeo.com/37827924</a>
Planimetrie	<a href="https://www.archdaily.com/394846/caterpillar-house-sebastian-irrazaval-delplano">https://www.archdaily.com/394846/caterpillar-house-sebastian-irrazaval-delplano</a>
Vista interna	
Fasi realizzative	

- sito: montaggio container; inserimento dell'addizione della struttura; inserimento dei serramenti.

### 2.3. La progettazione di un sistema tecnologico aperto: i container come sistema di trasferimento

Il dibattito su processi/progetto e su sistemi aperti/chiusi parte in Italia negli anni '60: per molto tempo si è cercato di definire quale fosse la strada per arrivare ad una strategia che potesse realmente innovare il settore delle costruzioni. La conclusione, un po' amara, di questi lunghi e fecondi anni di dibattiti può essere letta nell'opera di Fratei-

li, quando ammette (Frateili, 1987) la difficoltà a conciliare le diverse istanze di innovazione con il mercato reale.

Con le premesse dei paragrafi precedenti, si afferma qui che probabilmente oggi i tempi sono maturi per la definizione di una "terza via" che possa superare il duplice semi-fallimento dell'industrializzazione edilizia ammesso da Frateilli, a cavallo tra aperto e chiuso, produzione di massa e personalizzazione. Questo proposta nasce anche dalla concezione sul progetto di Ceragioli: «[...] non è affrontato dal punto di vista della produzione o dei singoli elementi. Non si propone una tecnica, ma un modo di affrontare il progetto che possa utilizzare la tecnica più appropriate nelle diverse condizioni

Tabella 5 – Caso studio 3

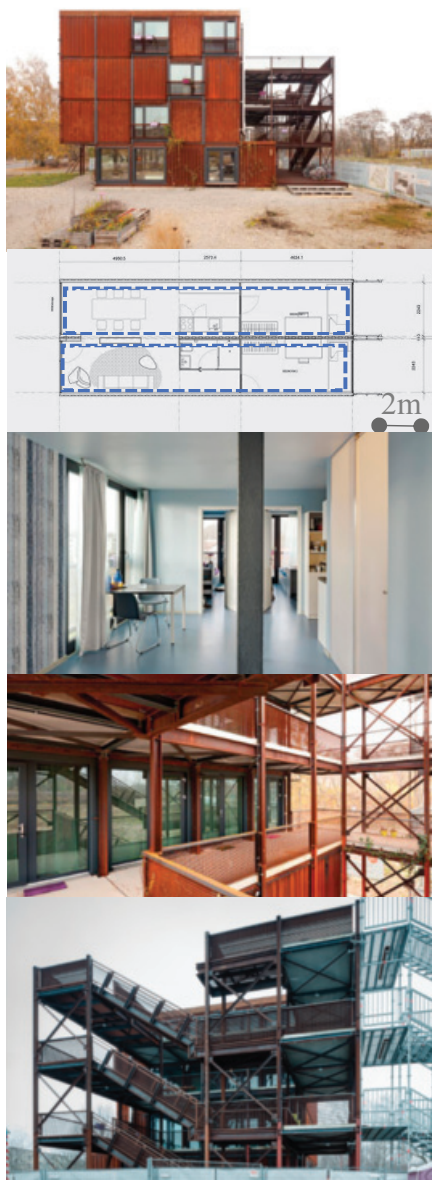
#### Immagini di riferimento



LES CHROMATIQUES – BIGBOX	
<b>Dati Identificativi</b>	
Progettista	<b>2A Design – CG Architectes</b> <a href="https://www.b3-ecodesign.com">https://www.b3-ecodesign.com</a>
Anno di Realizzazione	2009
Luogo di Inserimento	Zac La Forge, Saint Giles, France
Fascia climatica	Oceanico
Temperatura media	Estiva 29°C, invernale 6°C
Oggetto	Residenza unifamiliare
Tempi d'uso	Permanente
Superficie Interna	110 mq
Numero livelli	Num. 2
<b>Aspetti Strutturali</b>	
Esplicitazione del container	Container nascosto esternamente e internamente
Impiego del container	Num. 4 container HC 40'
Aggregazione del container	Num. 2 container affiancati e impilati su num. 2 livelli
<b>Sistema tecnologico</b>	
Chiusura orizzontale. FONDAZIONI	Platea di fondazione in cls
Involucro verticale. FACCIAIA	Isolamento esteriorivestimento esterno in pannelli compositi
Involucro verticale. TRASPARENTE	Vetrate scorrevoli
Chiusura orizzontale. COPERTURA	Copertura piana con pannelli fotovoltaici o tetto verde
Connettivo verticale. SCALE	Struttura metallica e gradini in legno
Partizioni interne. SOPPALCO	Soppalco con struttura portante in legno
Finiture interne. PARETI E PAVIMENTO	Finitura pareti interne in cartongesso pavimento in legno
<b>Strategie energetiche</b>	
Vista esterna Planimetrie Vista interna Fasi realizzative	Pannelli fotovoltaici in copertura; possibilità di inserire tetto verde. Possibilità di utilizzare batterie di accumulo di energia e sistema di gestione dell'energia  <a href="https://www.b3-ecodesign.com/bigbox">https://www.b3-ecodesign.com/bigbox</a>

Tabella 6 – Caso studio 4

Immagini di riferimento



FRANKIE & JOHNNY DORMITORY – Lot 1	
<b>Dati Identificativi</b>	
Progettista	<b>Holzer Kobler Architektren</b> <a href="https://holzerkobler.com">https://holzerkobler.com</a>
Anno di Realizzazione	2014
Luogo di Inserimento	Berlino, Germania
Fascia climatica	Temperato
Temperatura media	Estiva 18°C, invernale -0,5°C
Oggetto	Student housing
Tempi d'uso	Temporaneo
Superficie Interna	600 mq
Numero livelli	Num. 4
<b>Aspetti Strutturali</b>	
Esplicitazione del container	Container visibile esternamente
Impiego del container	Num. 5 container HC 40' + num. 15 container HC 40'
Aggregazione del container	Num. 5 container affiancati al piano terra + num. 5 container sfalsati, affiancati e impilati su 3 livelli
<b>Sistema tecnologico</b>	
Chiusura orizzontale. FONDAZIONI	Plinti in cls
Involucro verticale. FACCIATA	Isolamento internorivestimento esterno in lamiera a vista
Involucro verticale. TRASPARENTE	Ampie vetrate
Chiusura orizzontale. COPERTURA	Copertura piana non praticabile
Connettivo verticale. SCALE	Connettivo esterno e sistema di distribuzione a ballatoio in carpenteria metallica e pannelli in cemento
Finiture interne. PARETI E PAVIMENTO	Pareti interne in cartongessopavimenti vinilici in PVC
<b>Strategie energetiche</b>	
Vista esterna	<a href="http://www.uncubemagazine.com/blog/15970711">http://www.uncubemagazine.com/blog/15970711</a>
Planimetrie	<a href="https://miesarch.com/work/1630">https://miesarch.com/work/1630</a>
Vista interna	<a href="https://holzerkobler.com/project/frankie-johnny">https://holzerkobler.com/project/frankie-johnny</a>
Vista esterna	
Fasi realizzative	

[...] non tanto un sistema, ma una visione sul progetto» (Ceragioli, 1977).

Questo approccio al progetto viene chiamato dagli autori di questo contributo On-demand. Esso è un sistema aperto, in cui la fase decisionale/progettuale del processo ha due momenti distinti: il primo è il progetto delle soluzioni tecno-tipologiche e la seconda è il progetto dell'edificio. Queste due fasi sono connesse, ma la prima è disgiunta ed a priori rispetto all'edificio futuro. La prima fase pone solo alcune generali ipotesi riguardo al progetto finale, ma non è vincolata ad esso. La prima non progetta elementi definiti, ma individua gli standard, gli strumenti operativi per le tecniche realizzative flessibili che daranno ori-

gine ai componenti e ai giunti tra di essi. La fase di progetto dell'edificio usa le soluzioni tecno-tipologiche per "comporre" il progetto del nuovo edificio, insieme ai componenti e agli strumenti della produzione corrente: la fase progettuale dell'edificio non ha perciò i vincoli di natura formale o volumetrica tipica dei sistemi chiusi, in quanto non vi è un catalogo di componenti limitati tra cui scegliere elementi o piante. Un buon esempio di sistemi On-demand possono essere i sistemi chiavi in mano pre-assemblati di case in legno (ad esempio a differenza dell'XLAM, i sistemi Rubner sono "su misura" realizzati con il know-how aziendale e gli standard produttivi delle soluzioni tecno-tipologiche accumulate nel tempo, spe-



cificamente progettate e prodotte per ogni singolo edificio. Gli edifici che usano XLAM, invece, usano un componente ligneo come un elemento strutturale, come potrebbe essere qualunque altro sistema tradizionale realizzato in opera (Rubner, 2021), i sistemi di 3D printing on-site, i sistemi di re-fabrication (Kasperzyk, Kim, & Brilakis, 2017). All'interno di questo scenario si colloca a pieno il progetto cHOMgenius che, a partire dai sistemi di Shipping Container Building, evolve e innova alcuni processi, rendendolo a pieno un sistema On-demand (questa classificazione è stata tratta dalla tesi di Dottorato di G. Pozzi, The design at the core of housing project. Overcoming preclusion to industrialisation between resilience and sustainability. Criteria and categories. Dipartimento ABC Politecnico di Milano).

cHOMgenius, di seguito illustrato, può inoltre essere definito un sistema di trasferimento in quanto attua un triplice trasferimento. Da un lato prende un "contenitore scatolare metallico" nato per il trasporto intermodale e lo trasferisce nel settore delle costruzioni, come modulo strutturale e ordinatore, conferendo ad esso una vita nuova e diversa. In seconda battuta trasferisce tecniche, processi e tolleranze tipiche di un'officina meccanica al settore delle costruzioni, contribuendo ad aumentarne la qualità, la sicurezza e a ridurne i tempi di realizzazione. In terzo luogo, trasferisce un processo partecipativo e coordinato tipico dei grandi e articolati progetti e dei sistemi chiusi ad un sistema aperto e che può essere adattato anche a piccoli interventi, come il paragrafo seguente evidenzia.

### 3. CHOMGENIUS: IL PROGETTO PER UNA NUOVA FILIERA PRODUTTIVA

Il progetto "cHOMgenius. PrototypeSystem e SharedProject. Soluzioni straordinarie per l'abitare intelligente" studia un sistema costruttivo modulare, abbinando tecniche costruttive, strutturali e impiantistiche per abitazioni OFFGRID dotate di controllo domotico e gestite da tool digitali con strumenti di verifica e monitoraggio, in una logica di completo smontaggio (attraverso soluzioni tecnico-costruttive interamente a serraggio), riutilizzo e riciclo secondo la più recente direttiva europea. Questo progetto, che comprende come partner due aziende lombarde insieme al Dipartimento ABC del Politecnico di Milano, è sostenuto da 20 aziende nazionali e internazionali e dall'UNI – ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE. cHOMgenius è uno Shipping Container Building che si colloca totalmente all'interno dell'economia circolare, attraverso il riutilizzo di container HC 40' in acciaio corten come struttura di supporto dell'abitazione. L'approccio al tema dell'economia circolare perseguito è intrinsecamente legato al concetto di 3R, inteso come: i) riduzione del materiale in termini di quantità, energia e tempo incorporati, con conseguente migliore utilizzazione dei prodotti e conferire loro un carattere multifunzionale; ii) riciclo di prodotti e materiali attraverso l'uso di tecnologie a secco, offrendo la possibilità di utilizzare materiali al fine di evitare non solo costi di smantellamento, spesso antieconomici, ma anche per evitare cicli

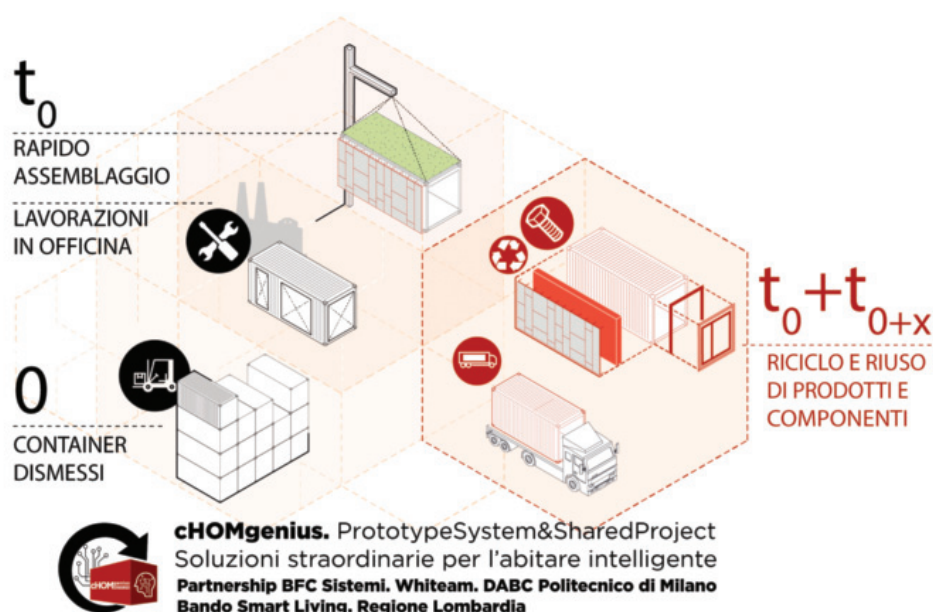


Figura 6 – Schema concettuale del progetto

industriali inquinanti dovuti al riciclo; iii) ri-applicazione/ri-uso, considerata il vantaggio più evidente della catena circolare.

### 3.1. Il Progetto e la sua realizzazione

Il progetto di ricerca è la progettazione e prototipazione di un sistema di soluzioni per la residenza, concretizzato attraverso la realizzazione di uno spazio abitativo campione in cui sperimentare l'utilizzo del container HC 40' come elemento strutturale di trasferimento, con l'attuazione di verifiche strutturali e antisismiche. Il sistema costruttivo sperimentato è caratterizzato dalla massima flessibilità e personalizzazione nelle soluzioni tipologiche, nei tagli abitativi e nelle soluzioni di facciata e finitura. Questo risultato è stato ottenuto attraverso una progettazione per l'industrializzazione (riduzione dei costi di progettazione e garanzia del risultato) basata su tecnologie a secco e riciclo delle risorse primarie/secondarie (manutenibilità, smontaggio, smaltimento selettivo ...) con un alto grado di personalizzazione (risposta a molteplici target di utenti), per una riduzione dei tempi di costruzione (installazione in situ con regole predefinite del gioco) e controllo di gestione in uso.

Il sistema cHOMgenius si compone di tre parti: un Lotto Sud costituito da due HC 40' denominati HC3 e HC4; uno spazio "Spazio altro" progettato ad hoc in elementi lineari di acciaio; un Lotto Nord costituito da due HC 40', denominati HC1 e HC2,

con dispositivi di dissipazione sismica appositamente progettati.

Le tre parti di cHOMgenius prevedono alternative e flessibili soluzioni costruttive e prestazionali, al fine di applicare quelle soluzioni nella maggior parte delle condizioni prevedibili in un contesto reale. L'orientamento con asse N/S, condizionato dalla morfologia del lotto di inserimento del prototipo, non è il preferenziale per l'autogenerazione energetica ma di questo si è tenuto conto nella valutazione dei risultati, che sono stati ripesati rispetto ad un orientamento ottimale quale quello con asse E/O. Tutte le condizioni al contorno, dalla sfavorevole conformazione del sito, dal tipo di lavorazioni, dalla concomitanza delle lavorazioni di cHOMgenius con l'attività produttiva dell'azienda BFC SISTEMI srl, dalle dimensioni spaziali dell'officina, del situ a disposizione, ecc., se da un lato hanno resa più complessa la realizzazione, dall'altro hanno portato ad applicare in condizioni più critiche (che si potrebbero anche trovare in un cantiere reale) soluzioni di lavorazione più agevoli ed essenziali.

La progettazione di ogni parte di cHOMgenius ha seguito criteri progettuali e requisiti che hanno caratterizzato l'intero progetto, quali: l'utilizzo della tecnologia a secco con tecnica costruttiva totalmente a serraggio; utilizzo di materiali riciclati e riciclabili; facile montabilità, manutenibilità, accessibilità, smontaggio, sostituibilità e rimontabilità di ogni sua parte, compreso l'attacco a terra che, in una parte, monta sistemi di dissipazione sismica



Figura 7 – Fasi di assemblaggio in officina e di installazione in situ

sostituibili, le cui prestazioni sono state verificate tramite prove condotte in laboratori specializzati. Il prototipo, stante le esigenze dell'azienda BFC SISTEMI srl in cui è stato predisposto e lavorato, che ha eseguito la totalità delle lavorazioni, con ruolo di project manager in coordinamento con il gruppo del dipartimento ABC del Politecnico di Milano, è stato realizzato in due lotti. Il monitoraggio costante quotidiano delle lavorazioni e della posa in opera del primo lotto (Lotto Sud) ha condotto ad un affinamento e perfezionamento, ove necessario, delle lavorazioni successivamente applicate al secondo lotto (Lotto Nord), con successivo monitoraggio, inteso come controllo assiduo e analitico delle fasi di lavorazione, assemblaggio e posa in opera.

La doppia fase di realizzazione è stata dettata dalle seguenti plurime condizioni:

- 1) di progetto, legata alla volontà di sperimentare, attuare, validare e/o correggere lavorazioni del primo Lotto rispetto a quelle applicate nel secondo Lotto, al fine di ottimizzare ulteriormente tempi e risorse;
- 2) dalla volontà di sperimentare in situ il trasferimento di moduli finiti costituenti cHOMgenius, attraverso mezzi mobili da cantiere presenti sul mercato, sperimentando anche soluzioni tecnologicamente avanzate;
- 3) dalle condizioni produttive dell'azienda BFC SISTEMI srl e dalla morfologia del lotto, che sono state considerate come opportunità anziché vincolo, facendo mettere a punto soluzioni sempre più coerenti con gli obiettivi progettuali e in linea con le condizioni di contesto;
- 4) dalla necessità di sperimentare in situ le soluzioni costruttive di giunti, strutturali e non, per la finitura di cHOMgenius;
- 5) da una ricerca di affinamento e miglioramento delle soluzioni di pianificazione e programmazione, delle fasi di lavorazione, montaggio e posa con conseguente diminuzione del numero di lavorazioni, dei tempi e dei materiali utilizzati, sempre in raccordo con le aziende coerentemente, con il principio di progettazione in team.

### 3.2. I parametri guida per il Disassemblaggio e il Riuso

La soluzione progettuale non prevede alcuna demolizione a fine vita, in quanto l'edificio può essere interamente "smontato" e ai suoi componenti

può essere assegnata una nuova funzione e quindi una nuova vita.

Il progetto, pertanto, rientra due volte nella categoria del riuso: in primis ri-utilizza container marittimi dismessi; in secondo luogo, la soluzione di realizzazione a secco, in particolare a serraggio, permette uno smontaggio diretto per singolo componente/materiale, con conseguente riciclo, riuso e riutilizzo delle parti componenti l'organismo edilizio che non vengono volutamente definiti rifiuti come da CAM (CAM Criteri ambientali minimi per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici singoli o in gruppi | CPV (common procurement vocabulary – vocabolario comune per gli appalti pubblici [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/allegato\\_tec\\_CAMedilizia.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/allegato_tec_CAMedilizia.pdf)), ma materie terze, seconde, prime come da obiettivi cogenti di progetto.

#### 3.2.1. Analisi del ciclo di vita

Le analisi del ciclo di vita effettuate sul prototipo (Giorgi et al., 2021) hanno evidenziato come il riuso di container comporti una riduzione di circa il 50% dell'emissione di CO<sub>2</sub> e di circa un terzo di energia incorporata per la struttura portante rispetto a soluzioni tradizionali di analoghe prestazioni, senza considerare che il container riveste anche funzioni di chiusura e partizione.

Nelle analisi LCA condotte su cHOMgenius le fasi C1-C4 del fine vita non sono state considerate per mancanza di letteratura scientifica e database attendibili per delle valutazioni standard delle soluzioni extra-ordinario costruttive adottate. Da questo studio non si è quindi potuto valutare il potenziale vantaggio in termini ambientali legato alla smontabilità del sistema costruttivo adottato nei confronti del fine vita.

Per ovviare a questa mancanza sono in fase di sviluppo, a partire dalla valutazione LCA, delle linee guida che possano dare indicazioni sulla reversibilità alle varie scale e ai vari sistemi, valorizzando il basso impatto ambientale del progetto e dei plus che questo tipo di sistema industrializzato possa avere. Esse sono sintetizzate dalla Tabella 7.

## 4. CONCLUSIONI

Il prototipo realizzato ha dimostrato la validità dell'approccio progettuale e dei criteri realizzativi. La sperimentazione sul campo della progettazione in team ha consentito di costruire un edificio che è servito per testare ed affinare soluzioni tecno/tipo-



**Tabella 7 – Parametri di reversibilità**

<i>Parametro</i>	<i>Definizione</i>	<i>Aspetti progettuali</i>
Reversibilità dello spazio	Declinazione per l'analisi LCA della flessibilità d'uso e dell'adattabilità senza opere e si riferisce allo spazio vuoto contenuto all'interno dell'edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dimensione del volume: risponde alla esigenza di avere un volume circoscritto compatibile con le configurazioni spaziali desiderate in base alla funzione richiesta- Posizione degli elementi fondamentali stabili (strutture, involucro, chiusure, impianti ...) che non limita il numero di opzioni di utilizzo e le possibilità di utilizzare in modo flessibile lo spazio</li> <li>– Capacità strutturale degli elementi resistenti a soddisfare diverse funzioni</li> <li>– Accorpamento impiantistico: gli impianti principali sono concentrati in un volume dedicato, che può anche essere "remoto" rispetto all'edificio. Tutte le canalizzazioni sono concentrate in pochi punti, ma con la possibilità di avere diramazioni secondarie in qualunque punto dell'edificio</li> <li>– Flessibilità impiantistica: gli impianti modulari, a vista e flessibili consentono una facile trasformabilità e "decomposizione" dello spazio senza demolizioni e con interventi rapidi e a bassissima intensità di lavoro</li> </ul>
Reversibilità delle strutture/partizioni	Si declina nel requisito di "riconfigurabilità" e si specifica nella capacità delle componenti "solide" e statiche ad essere modificate e/o sostituite facilmente e con bassa intensità di lavoro ed energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Indipendenza funzionale: fornita attraverso la separazione delle funzioni a livello di edificio, sistema e componenti</li> <li>– Indipendenza tecnica: fornita dalla minimizzazione delle relazioni tra i diversi moduli funzionali e dalla creazione di gerarchie strutturate e aperte che poggiano su elementi di base ben definiti della struttura. Questo parametro viene declinato anche dalla indipendenza fisica degli impianti rispetto alle strutture e alle partizioni: gli impianti sono accostati, con pochissimi punti di fissaggio puntuali</li> </ul>
Reversibilità dei materiali	Si declina in due requisiti base: la separabilità e la riparabilità	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La separabilità è garantita dall'uso di materiali non accoppiati e fissati tra loro solo da sistemi a secco a serraggio: i componenti utilizzati sono pertanto facilmente riconducibili allo stato iniziale prima del montaggio</li> <li>– La riparabilità garantisce la possibilità di allungare il fine vita dei componenti e dell'edificio e consta di alcuni sotto-parametri: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scambiabilità fisica: fornita dalla progettazione di connessioni smontabili che prevengono il danneggiamento degli elementi considerando la geometria, la morfologia, le sequenze di smontaggio, il tipo di connessione</li> <li>• Ispezionabilità: tutti i componenti sono facilmente raggiungibili ed ispezionabili. Inoltre il controllo in remoto delle prestazioni consente di individuare in tempo reale eventuali anomalie e/o guasti</li> <li>• Smontabilità: l'intero sistema è facilmente smontabile e ciascun componente è indipendente dagli altri</li> <li>• Sostituibilità: nel progetto sono stati usati componenti della produzione standard facilmente reperibili sul mercato e quindi facilmente sostituibili</li> </ul> </li> </ul>

logiche e costruttive e che ora mette a disposizione del dipartimento ABC del Politecnico di Milano e dei vari partner una struttura/laboratorio in scala 1:1 in cui testare nel tempo i prodotti e le tecniche impiegate, provare alternative e sperimentare nuove idee, anche grazie ai monitoraggi in continuo che vengono effettuati.

cHOMgenius è costituito da diversi livelli di soluzioni, alcune immateriali (come l'approccio e il coinvolgimento di aziende e stakeholder in una logica partecipativa), alcuni materiali (attrezzature, interfacce e oggetti), che generano soluzioni edilizie e di processo che danno risultati tecnici e logici innovativi.

La proposta progettuale, così come sopra descritta, flessibile e personalizzabile, basata su principi di ibridazione e contaminazione tra i diversi settori produttivi, si colloca a pieno nell'ambito dell'economia circolare. Il perseguimento di questi principi si traduce nell'intento di contribuire al rinnovamento tecnico-costruttivo del settore delle costruzioni, secon-

do un'interpretazione proattiva e concreta delle regole di sostenibilità (ambientale, sociale, economica e istituzionale). Tali regole sono messe a sistema secondo connessioni multi-obiettivo, in grado di produrre proposte tecnologiche avanzate di progettazione, costruzione e gestione per l'opera e volte a rinnovare le caratteristiche prevalenti dell'offerta nell'attuale mercato immobiliare.

Rispetto a questo obiettivo, sono stati definiti una serie di principi progettuali in relazione al tema della sostenibilità e dell'industrializzazione. I principi prioritari che generano cHOMgenius sono il riutilizzo, sinonimo di moltiplicare la vita dei prodotti, lo smontaggio dei componenti alla fine della loro prima / ennesima vita e la loro riutilizzabilità per altre vite anche prima della loro riciclabilità.

Questi principi hanno influenzato il modo in cui il prototipo è stato creato e sono sintetizzabili nel montaggio a secco, la rapidità di attuazione, l'industrializzazione del processo produttivo, l'impiego di componenti leggeri e facilmente trasportabili

li, il facile smontaggio, l'elevata riciclabilità e l'elevata sostenibilità ambientale.

L'aggregazione dei moduli è "diretta", cioè ogni modulo è collegato all'altro senza la necessità di ulteriori spazi "intermedi", evitando l'utilizzo di ulteriori tecnologie costruttive per l'inserimento di lastre di tetto e pavimenti intermedi. Il montaggio degli isolanti termici, delle chiusure e dei rivestimenti esterni viene effettuato in officina stringendo, prima di posizionarsi in situ.

In quest'ottica, vengono riassunte le "invarianti" del progetto che determinano le prestazioni stabilite per il progetto risultante, che possono essere riassunte come:

- gestione della variabile di tempo: tempi di realizzazione rapidi, tempi di risposta rapidi agli stimoli esterni (3) del sistema, rapidi tempi di smontaggio e riutilizzo o riciclo ("tempo dinamico");
- trasferibilità: le soluzioni (teco-tipologiche, morfologiche, strutturali, impiantistica) sono trasferibili ad altri contesti e requisiti geografici;
- innovazione progettuale e produttiva: trasferimento e/o adattamento da settori di componenti dell'attuale produzione di prodotti, tecniche e conoscenze, sia nel settore delle costruzioni che in un altro settore (innovazione ricombinante);
- multifunzionalità qualitativa del sistema di costruzione, intesa come possibilità di utilizzare sia l'intero sistema che i singoli componenti (sistema adattivo) per molteplici funzioni;
- sistema di costruzione re-attivo: sia dal punto di vista strutturale (sistemi antisismici attivi), dal punto di vista energetico (gestione integrata edificio/impianto) sia dal punto di vista tecnico, inteso come relativo all'intero ciclo di vita dell'edificio e delle sue componenti.

Il prodotto proposto possiede un positivo impatto potenziale perché anzitutto si colloca nell'andamento in crescita del mercato e della quantità del volume di affari delle case prefabbricate, che ha tenuto, rispetto la crisi sulle abitazioni ad alte prestazioni; risponde ad un assetto regolamentare e normativo che richiede un miglioramento continuativo di prestazioni certificate e certificabili. Si tratta di un sistema che risponde al soddisfacimento esigenziale di categorie di utenza diversificate e si colloca nell'ambito della ricerca sulla smart city, dove le strutture componenti la città dovranno essere in gran parte ricavati da materiali di recupero, scarto o ad elevato contenuto tecnologico, che ne facciano un reale esempio della possibilità di ricostruire un ambiente urbano, in cui l'abitare si avvale di massimi sistemi di sostenibilità. Rap-

presenta inoltre un prodotto che propone una gestione energetica dell'immobile con attenzione alla qualità ed alla capacità di rigenerazione delle risorse naturali del contesto ed un controllo dell'impatto ecologico.

Nei prossimi anni il mercato dell'edilizia, sostenuto e guidato anche da importanti investimenti come Horizon Europe con il 5° cluster o il Recovery and Resilience Facility (Clima, energia e mobilità – <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/3c6ffd74-8ac3-11eb-b85c-01aa75ed71a1> e NextGenerationEU ([https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en)), avrà una trasformazione in crescita positiva (Santilli, 2021) verso la sostenibilità e la resilienza.

Analizzando i processi realizzativi/costruttivi e il ruolo del progetto sono state formulate delle linee guida, intese come possibili sviluppi propositivi, in grado di superare gli ostacoli all'innovazione per l'edilizia abitativa e perseguire i requisiti oggi cogenti per gli edifici.

Tali linee guida sono dei suggerimenti, sperimentati dal progetto cHOMgenius, che mirano a definire possibili prospettive di sviluppo futuro sul tema della sostenibilità nel settore delle costruzioni verso tre possibili percorsi principali: Plus, Fine Vita e Casi pilota.

"Plus" riguarda la non completa riconoscibilità che hanno gli strumenti normativi nel valorizzare le prestazioni che ha un sistema innovativo, come lo stesso cHOMgenius, rispetto ad edifici *Business as Usual*, ovvero realizzati con soluzioni costruttive convenzionali.

Potrebbe essere utile analizzare il costo globale di costruzione in relazione alle performance. Questo ramo della ricerca ha assunto il concetto di "prezzo edonico" (Herath & Maier, 2011) come un modo possibile per far emergere queste caratteristiche importanti ma non apparenti. Parallelamente, stiamo lavorando con UNI – Ente Italiano di Normazione a una Roadmap per diffondere questo "plus performances" per l'aggiornamento di prassi o standard all'accettazione di questi fattori.

Il "Fine Vita" all'interno del processo di costruzione costituisce una delle sfide fondamentali per la sostenibilità, nonostante sia la fase del processo di costruzione meno studiata e considerata. Un sistema preassemblato con montaggio a secco è sicuramente uno dei migliori prerequisiti per garantire una facile smontabilità dell'edificio per garantire il riutilizzo e il riciclo di componenti ed elementi. Insieme alla ricerca "Plus", la valutazione

“Fine Vita” (non solo dal punto di vista LCA) è una linea di indagine obbligatoria dal punto di vista proattivo e progettuale, che ha poche letterature e dati, che abbiamo esplorato con cHOMgenius e che necessitano di un’analisi approfondita per ottenere uno strumento operativo e un relativo protocollo per aiutare la fase decisionale del processo di progettazione.

I “Casi pilota” appartengono agli strumenti pratici e sperimentali, obbligatori nell’attuale scenario di costruzione: il mercato e le parti interessate hanno bisogno di buoni esempi e casi pilota per mostrare come l’innovazione sia conveniente e fattibile. Un buon esempio di questo approccio potrebbe essere il francese “Permis d’Expérimenter” in cui i progetti molto innovativi possono derogare ad alcune regole e avere un processo più veloce, a condizione che il progetto utilizzi tecniche sperimentali e soluzioni di nuova concezione (MCT, 2019).

## 5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Abrasheva G., Senk D., & Häußling R. (2012). Shipping containers for a sustainable habitat perspective. *Revue De Metallurgie. Cahiers D’Informations Techniques*, 109(5), 381-389. doi:10.1051/metal/2012025.
- Atmaca A., & Atmaca N. (2016). Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied Energy*, 171, 429-443. doi:10.1016/j.apenergy.2016.03.058.
- Batiactu (2021) [www.batiactu.com/edito/constructionhors-sit-solution-un-secteur-qui-investit61316.php](http://www.batiactu.com/edito/constructionhors-sit-solution-un-secteur-qui-investit61316.php)
- Bernardo L.F.A., Oliveira L.A.P., Nepomuceno M.C.S., & Andrade J.M.A. (2013). Use of refurbished shipping containers for the construction of housing buildings: Details for the structural project. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(5), 628-646. doi:10.3846/13923730.2013.795185.
- Berger R. (2018) Prefabricated housing market in Central and Northern Europe – Overview of market trends and development [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_prefabricated\\_housing\\_market\\_3.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_prefabricated_housing_market_3.pdf) p16
- Boafo F.E., Kim J., & Kim J. (2016). Performance of modular prefabricated architecture: Case study-based review and future pathways. *Sustainability (Switzerland)*, 8(6) doi:10.3390/su8060558.
- Ceragioli G. (1977). Note di ricerca su problemi della prefabbricazione fra il 1971 ed il 1975. Torino: Libreria Universitaria Levrotto & Bella.
- CITB (2019) Written evidence submitted by CITB. <http://data.parliament.uk/writtenevidence/committeeevidence.svc/evidencedocument/housing-communities-and-local-government-committee/modern-methods-of-construction/written/101503.pdf>
- CRESME (2019). Il mercato delle costruzioni 2020. XXVII rapporto congiunturale e previsionale. Roma: Cresme.
- CRESME (2020). XXIX rapporto congiunturale e previsionale CRESME. scenari e previsioni per il mercato 2020-2025. Roma: Cresme.
- Department for Communities and Local Government UK. (2017). Fixing our broken housing market. UK: Williams Lea Group on behalf of the Controller of Her Majesty’s Stationery Office.
- FLA (2019). 4° rapporto case ed edifici in legno. Milano: Federlegnoarredo.
- Frateili E. (1987). Il rapporto progetto/industria e la terza rivoluzione tecnologica. In V. Gangemi, & P. Ranzo (Eds.), *Il governo del progetto* (pp. 105-110) Edizioni Parma.
- Ginelli E., & Pozzi G. (2017). Safety and energy controlled prefabricated building system. Paper presented at the Sgem Vienna Green 2017, doi:10.5593/sgem2017H/63/S26.064.
- Giorgi S., Lavagna M., Ginelli E. (2021) Valutazione LCA di un edificio realizzato con container per trasporti marittimi riusati. *Ingegneria dell’ambiente*, vol. 8, num. 2.
- Giriunas K., Sezen H., & Dupaux R.B. (2012). Evaluation, modeling, and analysis of shipping container building structures. *Engineering Structures*, 43, 48-57. doi:10.1016/j.engstruct.2012.05.001.
- GLS (2021) Container usati in vendita. Genoa Logistic Services. [www.genoalogisticservices.com/it/containers/containers-usati.html](http://www.genoalogisticservices.com/it/containers/containers-usati.html)
- Islam H., Zhang G., Setunge S., & Bhuiyan M.A. (2016). Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. *Energy and Buildings*, 128, 673-685. doi:10.1016/j.enbuild.2016.07.002.
- Kasperzyk C., Kim M.K., & Brilakis I. (2017). Automated re-prefabrication system for buildings using robotics. *Automation in Construction*, 83, 184-195. doi:10.1016/j.autcon.2017.08.002.
- Losasso M. (2010). Percorsi dell’innovazione. Industria edilizia, tecnologie, progetto. Napoli: CLEAN.
- MCT (2019) Permis d’experimenter : faciliter la réalisation des projets de construction et favoriser l’innovation. Ministère de la Cohésion des Territoires <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/permisdexperimenter-faciliter-la-realisation-des-projets-deconstruction-et-favoriser-0> visitato il 07/06/2021
- Oh S., Cho B., & Kim D. (2017). Development of an exportable modular building system by integrating quality function deployment and TRIZ method. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(3), 535-542. doi:10.3130/jaabe.16.535.
- Olivas F., & Aragonz O. (2013). Plug and play modular building solutions to reduce lead time, cost and increase flexibility. Paper presented at the IEEE Cement Industry Technical Conference (Paper); 2013 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference, CIC 2013, Orlando, FL. doi:10.1109/CITCON.2013.6525277.
- Otilia-Alexandra T., & Daniel Mihai G. (2013). Structural solutions for emergency architecture. Paper presented at the Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges – Proceedings of the 2nd International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2013; 2nd International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2013, Guimaraes. 1581-1588.
- Rubner (2021) <https://www.rubner.com/en/haus/your-rubner-house>
- Santilli G. (Ed.). (2021). Il futuro dell’edilizia. Milano: Il Sole 24 ore.