

L'indirizzo delle idee per la Rete delle Cose. Il progetto cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject

RICERCA
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Elisabetta Ginelli, Gianluca Pozzi,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

elisabetta.ginelli@polimi.it

gianluca.pozzi@polimi.it

Abstract. Le tecnologie abilitanti dell'industria 4.0, il ri-conoscimento della "centralità" del progetto e l'integrazione tra concezione e prassi progettuale sono alla base del progetto sperimentale cHOMgenius. Vincitore del Bando Smart Living, finanziato da Regione Lombardia per sostenere Progetti di S&I realizzati da partneriari di imprese e Università, il progetto risponde agli obiettivi di introdurre prodotti, processi/servizi nuovi o migliorativi dal punto di vista tecnologico, produttivo e organizzativo, per valorizzare il tema dell'"Abitare intelligente". cHOMgenius dimostra quanto l'*indirizzo delle idee*, rappresentato dall'approccio della cultura tecnologica di "esecutività" del progetto e di "anticipazione delle decisioni", produca innovazione per la *rete delle "cose"*.

Parole chiave: Esecutività del progetto; Industrializzazione; Costi del ciclo di vita utile; Condivisione della sperimentazione; Progetto evolutivo.

Introduzione

La cultura tecnologica della progettazione ha storicamente fondato il proprio approccio al progetto secondo un processo di co-rispondenza tra progetto/fattibilità e tra progetto/esecutività praticato e verificato in continuum sin dalla fase della sua concezione (Losasso, 2017). Tale è la motivazione per cui il progetto esecutivo non è considerato, in questo saggio, equivalente alla fase procedurale sequenziale della progettazione così come definita dal Codice degli Appalti, bensì intende discorrere del principio culturale/progettuale e della sua evoluzione significativa nella costruzione dell'opera architettonica, in relazione al tema della sostenibilità e dell'industrializzazione, e di quanto tale principio abbia rigorosamente diretto il progetto cHOMgenius, ora in fase di sperimentazione realizzativa.

Tale esperienza si innesta nel raggiungimento dei benefici attesi dall'Industria 4.0 (Ministero dello Sviluppo Economico, Piano Nazionale Industria 4.0, 2017) qui tradotti in: "flessibilità", connotata dalla produzione di piccoli interventi ai costi della grande scala ad alto valore semantico; "velocità" di passaggio tra realiz-

zazione del prototipo e produzione nella ricostituzione di una continuità tra progetto e produzione; "produttività", attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermo lavori; "qualità del prodotto finale" mediante monitoraggio della prototipazione; "qualità economico-ambientale" nella minimizzazione degli sfridi e nella ottimizzazione delle risorse mediante un preciso controllo del processo progettuale; "garanzia di competitività" del prodotto finale grazie a maggiori funzionalità derivanti dall'*Internet delle cose*, dalla rete strategica degli attori e dalla scelta "sistemica" dei prodotti e della loro gestione.

Esecutività del progetto, anticipazione delle decisioni e intervento reattivo: LA RICERCA

Vittoria nel 1997, per spiegare il significato di tecnologia dell'architettura, esordisce affermando cosa non è: non è tecnica costruttiva codificata, non è insieme di elementi costruttivi autonomi, non è supporto "fisico" alla composizione, non è l'omologazione del mondo del processo, del prodotto o dell'innovazione in contrasto con il mondo delle forme; «la cultura tecnologica della progettazione è lo strumento intellettuale della progettazione, in opposizione a una tecnica degli elementi costruttivi limitata alla esecutività dell'opera architettonica» (Vittoria, E. in Cupelloni, 1997).

Per quanto sopra richiamato il tema del progetto esecutivo nella sua accezione "asettica" è qui sostituito dal principio di esecutività del progetto in quanto posizione culturale di sapere tecnico, sinonimo di "possibilità" in quanto valore del progetto, nella precisa volontà di ri-collegare cultura e ragioni del progetto con la cultura e le ragioni della produzione (Scoccimarro in Crespi, 1987) applicando una strategia di rete fra gli attori che concor-

The direction of ideas for the Internet of Things. cHOMgenius project. Prototype System&SharedProject

Abstract. Qualifying technologies of Industry 4.0, the recognition of the project's "centrality" and the integration between ideation and design practice are at the basis of cHOMgenius experimental project, winner of "Smart Living" call for tender and funded by Regione Lombardia to support experimental development and innovation projects (S&I) carried out by partnerships and universities. This project responds to the aim of introducing new or ameliorative products, processes/services from a technological, productive and organisational perspective, in order to valorise the 'Smart Living' theme. cHOMgenius proves that the *direction of ideas* (represented by the technological culture's approach to design, which need to be "accomplishable" and to "anticipate decisions") produces innovation for the *Internet of "things"*.

Keywords: Accomplishable design; Industrialisation; Costs of useful life cycle;

Sharing of experimentation; Evolutive design.

Introduction

The technological culture of design historically has had its approach based on a correspondence between design/feasibility and design/implementation, which has been verified and practiced on a continuous basis since the time of its ideation (Losasso, 2017). Hence, accomplishable design is not herein considered equivalent to its sequential procedural stage, as defined by the Code of public contracts; this essay rather focuses on the cultural/design principle and its significant evolution in relation to building construction and the concepts of sustainability and industrialization, as well as on how such principle has rigorously managed cHOMgenius project, which is now

undergoing a practical experimentation process.

Such experience is grafted onto achieving the expected benefits related to Industry 4.0 (Ministry of Economic Development, "Piano Nazionale Industria 4.0" national strategies, 2017), here translated into: "flexibility", i.e. production of small interventions as compared to the costs of high semantic value large scale; "rapidity" of the passage from prototype accomplishment to production within continuity restoration between design and production; "productivity", through shorter set-up times, reduction of mistakes and operational interruptions; "quality of the final product" by means of prototype monitoring; "economic-environmental quality" regarding the minimisation of shrinkages and the optimisation of resources, through the exact monitoring of design processes; "guaranteeing

rono alla progettazione, produzione e uso del prodotto finale. L'esecutività si affianca al concetto di anticipazione delle decisioni, considerato come strumento indispensabile per controllare la "possibilità" del progetto attraverso l'attenzione al processo progettuale con cui si giunge al prodotto.

Recentemente il principio di esecutività, in quanto "possibilità", ha trovato una più specifica declinazione nella progettazione tecnologica ambientale il cui ambito di interesse si dirige verso la gestione e il controllo delle scelte ambientali all'interno dell'economia circolare che, in questa sede, si esplicitano nella logica delle 3R.

Il significato tradizionale di *projectare* si irrobustisce, esplicitando punti di vista ulteriori nell'affrontare la complessità del reale: la coscienza dell'utilizzo consapevole delle risorse e della gestione del fine vita rende ancora più esplicito nel progetto il senso del fattore "tempo". Nella recente storia il tempo, riferito alla durata dell'edificio, ha imposto il requisito di manutenibilità; riferito alla durata delle risorse, ha compreso il tema del risparmio energetico e dell'utilizzo di energia rinnovabile per la sostenibilità ambientale; riferito alla realizzazione ha imposto riduzione dei costi, maggior sicurezza in cantiere, ecc.

A sua volta la variabile costo non comprende più il solo costo di costruzione e di gestione ma incorpora ciò che viene denominato "costo del ciclo di vita" dell'edificio. Esso include le fasi che vanno dall'acquisizione della materia prima alla trasformazione, distribuzione, utilizzo e ai processi di fine vita, nonché tutti gli impatti ambientali, gli effetti sulla salute, i rischi legati alle risorse e gli oneri associati pertinenti per la società¹.

Tuttavia esiste un altro concetto di tempo, interpretato in termini dinamici, che si relaziona al futuro dell'edificio considerato in termini multidimensionali inteso come:

the competitiveness" of final products, thanks to increasing functionalities deriving from the Internet of Things, the operators' strategic network and the "systemic" choice of products and their management procedures.

Design implementation, decision anticipation and reactive intervention: RESEARCH

In 1997, in order to explain the meaning of architecture technology, Vittoria begins clarifying what it is not: it is neither a coded building technique, nor an assembly of autonomous building elements, a "physical" support for composition, the standardisation of the worlds of processes, products and innovation contrasting with the world of forms; «design technological culture is an intellectual tool of design, as opposed to a technique for building elements which is limited to the imple-

mentation possibilities of an architectural work» (Vittoria, E. in Cupelloni, 1997).

While the notion of accomplishable design has been previously stressed according to its "aseptic" sense, it will be replaced now by the principle of accomplishable design seen as a cultural position in terms of technical knowledge. Thus, it becomes synonym for "possibility" meant as design value, specifically aimed at reconnecting the culture/reasons of design and production (Scocimarro, in Crespi, 1987) by applying a network strategy between cooperating operators in the fields of design, production and final product consumption.

Implementation goes along with the concept of decision anticipation, which is considered an essential tool to control design "possibility" as it focuses on the processes leading to the product.

1) risorsa nel suo insieme e come parti che lo compongono;
2) opera che tende alla "riduzione", che impiega e produce "riciclo" e che mira al "riuso" delle parti, nella logica delle 3R e dell'economia circolare (Fig. 1);

3) opera che si autorigenera, condizione strategica per una valorizzazione economica e per prolungarne il tempo di vita, essendo l'edificio considerato risorsa da rivalutare in continuo;

4) edificio che si trasforma, incorporando adattività e reattività. L'introduzione del concetto di reattività, in uno scenario in cui il "riuso" si auspica diventi una fase riconoscibile del processo edilizio, apre a due interpretazioni: la reattività dell'edificio in relazione alla destinazione d'uso e la reattività delle parti, in quanto porzioni tecnologiche, utilizzabili per altre funzioni possibili.

In questi termini, l'esecutività del progetto, in quanto posizione culturale di sapere tecnico, si ammantava di un ulteriore valore inglobando il tema dell'esecutività per l'anticipazione della trasformazione, supportando la possibile evoluzione del progetto stesso e la conseguente effettiva trasformazione dell'opera nel tempo. In questo modo di intendere l'esecutività, l'"innovazione" e la "progettazione evolutiva" vengono intese sia come percorso creativo, nell'accezione di ricerca dalla nascita di un'idea alla sua realizzazione, sia come organizzazione e gestione di un sistema di flussi informativi, atti alla costruzione di una conoscenza che mira al riconoscimento di soluzioni alternative (innovazione ricombinante) dinamiche e attive, capaci d'innescare miglioramento in un futuro immediato.

La qualità di un'opera (indicata dal Piano di Sviluppo dell'Industria 4.0) si misura in base alla capacità di progettare in una logica di resilienza, cioè di progetto predittivo (dell'"esserci", capace di includere la possibilità e il mutamento) e di adattività e

Implementation as "possibility" has recently developed a more specific declination with environmental technological design, whose scope of interest is oriented towards the management and the monitoring of environmental choices within circular economy, herein manifesting themselves through the 3Rs logic.

The traditional meaning of "*projectare*" thus becomes stronger, clearly expressing further points of view when facing the complexities of reality: the awareness of a conscious use of resources and end-of-life management renders the meaning of "time" factor even more explicit within design. In recent history, time as building duration has imposed the maintainability requirement, whereas time as resource duration has included energy saving and renewable energy exploitation for environment sustainability; time as

referring to fulfilment has required a decreasing in the costs, greater safety in yards, etc.

The cost variable currently no longer comprises only building and management costs, rather incorporating also the so-called "life cycle cost" of a building. The steps included therein range from the acquisition of raw materials to the transformation, distribution, use and end-of-life processes, as well as all environmental impacts, effects on health, resource-connected risks and associated burdens relevant to society¹.

However, there is another concept of time which is interpreted in dynamic terms and relates to the building's future, wherein the building is seen from a multi-dimensional perspective and considered as:

1) a resource as a whole and as its constituent parts;

01 |



- 2) a work tending to “reduction”, which uses and produces “recycle” and aims at “re-using” parts, within the meaning of the 3Rs logic and circular economy (Fig. 1);
 - 3) a work which auto-regenerates, which is a strategic condition related to economic valorisation and lifetime extension, as the “building” resource needs to be reassessed constantly;
 - 4) a building in continuous transformation, which incorporates adaptivity and reactivity.
- The introduction of the reactivity concept in a scenario where “re-use” is hopefully expected to become a recognizable step of building processes opens onto two interpretations: the building’s reactivity in relation to its intended use and the components’ reactivity as technological portions potentially performing other possible functions.

In this respect, accomplishable design as a cultural position in terms of technical knowledge assumes yet another value, absorbing the implementation theme to anticipate change and supporting the project’s possible evolution, as well as the work’s subsequent and actual transformation in time. Such interpretation of implementation leads to understand “innovation” and “evolutive design” as the creative path (from the research point of view) from the birth of an idea to its concrete accomplishment; as management and organisation means of an information flow system adapted to find alternative (recombining innovation), dynamic and active solutions, able to trigger improvement for the immediate future.

Work quality (as indicated by the development plan of Industry 4.0) is measured according to design capaci-

ties within a resilient, i.e. predictive design logic – the logic of “being”, embracing possibility and change) – and an adaptive and reactive context, able to evolve and transform its components (Perriccioli, Ginelli, 2018). Considerations about anticipation, adaptivity and reactivity within the meaning of the 3Rs logic introduce reversibility as a key design connotation. Such association incorporates the act of anticipating transformative implementation abilities, whose purpose is both to sum up competences and, through the sharing of design objectives, to build clusters to produce innovation (adaptivity) and introduce opportunity-generating solutions (reactivity).

Technological and technical solutions clearly play a fundamental role: among others, the industrialisation in the building sector (Norsa, 2017; Taylor,

2016) is considered an essential driver for the development of building industry (Cresme, 2018). This feature has been highlighted also in more recent regulations, e.g. the 7th requirement introduced by Regulation (EU) 305/2011 of the European Parliament as of 9th march 2011. In fact, said industrialization ensures the monitoring and efficiency of performances, the cheapness, the guarantee of results and a constant improving of product quality. It also allows for a collaborative contamination of competences, meaning new strategies taking form among operators; this would lead to the subsequent adoption of building solutions within the scope of circular economy, requiring cultural, design and management abilities with regards to multiple fields related to project development and stressing design centrality.

reattività (capace di trasformarsi e trasformare le sue parti) (Perriccioli, Ginelli, 2018).

Le riflessioni su pre-dizione, adattività e reattività, all'interno della logica delle 3R, introducono la reversibilità quale connotazione chiave del progetto che incorpora l'azione di anticipazione dell'escutività trasformativa il cui scopo non si limita a costruire una sommatoria di competenze ma, tramite la condivisione di obiettivi progettuali, costruisce cluster per generare innovazione (adattività) e introduce soluzioni per generare opportunità (reattività). Ovviamente le soluzioni tecnologiche e tecniche hanno un peso fondamentale: tra esse l'industrializzazione del settore delle costruzioni (Norsa, 2017; Taylor, 2016) ritenuta imprescindibile driver dello sviluppo del comparto edilizio (Cresme, 2018), carattere ribadito anche dalla recente normativa (tra cui il 7° requisito introdotto dal Regolamento UE 305/2011 del Parlamento Europeo del 09/03/2011). Essa è infatti in grado di garantire il controllo e l'efficacia delle prestazioni, l'economicità, la garanzia di risultato e il miglioramento continuativo della qualità di prodotto. Consente una contaminazione collaborativa delle competenze, che si traduce in nuove strategie fra gli attori, con conseguente implementazione di soluzioni costruttive nell'ambito dell'economia circolare, che richiede capacità culturali, progettuali e gestionali dei molteplici campi che riguardano l'elaborazione del progetto, ribadendone la centralità.

cHOMgenius. Soluzioni straordinarie per l'abitare intelligente. LA SPERIMENTAZIONE

zato per l'edilizia residenziale permanente, la cui risultante è in

L'impostazione teorico culturale sopra accennata è la base del progetto cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject, un modello di sistema industrializ-

zato per l'edilizia residenziale permanente, la cui risultante è in

cHOMgenius. Extraordinary solutions for smart living. THE EXPERIMENTATION

The aforementioned technical-cultural approach is at the basis of cHOMgenius project. PrototypeSystem&SharedProject is an industrialised system template meant for permanent residential building trade, whose resultant has just begun to be constructed. The OFFGRID-character prototype is composed of fully "tightening" technical, constructive solutions; digital-type in-use management/energy solutions; and innovative, highly maintainable solutions for aseismic security and economic sustainability as compared to the offered performances.

The priority principles generating cHOMgenius are re-use – synonym for multiplied product life – the disassembling aptitude of components at

the end of their first/nth life and their re-usability in other lives even before they get recycled.

The project won the "Smart Living" call for tender funded by Regione Lombardia, supporting experimental development and innovation projects (S&I) aimed at introducing new or ameliorative products, processes/services from a technological, productive and organisational point of view and thus valorising the "Smart Living" theme. Besides the Politecnico di Milano, the project involves two partner businesses and over 20 supporting companies.

The methodological approach of cHOMgenius is enshrined in the notion of "Life Cycle Cost". It has been deemed able to produce effective and attested effects on the Smart Living chain by promoting and ensuring the system of ideas and the "Internet of

avvio di costruzione. Il prototipo, a carattere OFFGRID, è costituito da soluzioni tecnico-costruttive interamente "a serraggio", 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 prestazioni offerte.

I principi prioritari che generano cHOMgenius sono il riuso, sinonimo di moltiplicazione della vita dei prodotti, la disassemblabilità dei componenti alla fine della loro prima/ennesima vita e la loro riutilizzabilità per altre vite prima ancora della loro riciclabilità.

Il progetto è vincitore del Bando Smart Living 2016, finanziato da Regione Lombardia, che sostiene Progetti di S&I, diretti all'introduzione di prodotti, processi/servizi nuovi o migliorativi dal punto di vista tecnologico, produttivo e organizzativo, per valorizzare la tematica dell'"Abitare intelligente". Il progetto vede, oltre al Politecnico di Milano, 2 aziende partner e più di 20 aziende di supporto.

cHOMgenius, la cui impostazione metodologica si sostanzia nel concetto di "costo del ciclo di vita", è stato ritenuto in grado di generare effettive e comprovate ricadute nella filiera dello Smart Living promuovendo e garantendo il sistema delle idee e la "rete delle cose" attraverso la ricerca di una "innovazione ricombinante".

Il progetto è incardinato sui principi di ibridazione e contaminazione fra settori produttivi differenti e di una forte condivisione di obiettivi fra gli attori.

In estrema sintesi, il principio guida dello studio si basa sulla volontà di innovare la produzione abitativa grazie a prodotti di "trasferimento", utilizzando soluzioni e prodotti multifunzionali ready taylor-made², cioè prodotti a funzioni molteplici, congiungenti l'esistente know-how produttivo con avanzate tecnologie

things", looking for "recombining innovation".

The project pivots on the principles of hybridisation and contamination among different production sectors, as well as on a strong sharing of objectives among operators.

In a nutshell, the study's guiding principle is based on bringing innovation to housing production using "transfer" products and multifunctional, ready tailor-made solutions² – i.e. products with multiple functions combining the existing know-how of production with advanced technologies, in order to provide an in-use "system/product" (the house) with almost null CO₂ generation.

The structural resource harnessed by the project is HC40' sea containers, whose characteristics make them compliant with the guiding principles (Islam, 2016). In fact, the employed

module guarantees high structural performances and does not need heavy additional elements to stabilise the system (Giriunas, 2012; Martinez-Garcia, 2014). Indeed, module aggregation is "direct" – that is, the modules are connected to each other without additional, "intermediate" spaces, thus avoiding the use of supplementary building technologies for the purposes of inserting covering and intermediate garrets. Heat insulations, fasteners and external sheathing are assembled in the workshop for the tightening, before on-site positioning (Fig. 2).

Methodology

Design invariants fit into such context, determining the established performances for the project's resultant. These performances can be summarised as:

- time variable management: short

per fornire un "sistema/prodotto" in uso (l'abitazione) a produzione di CO₂ quasi nulla.

Il progetto utilizza come risorsa strutturale HC40' marittimi, che, grazie alle loro caratteristiche, risultano conformi ai principi guida (Islam, 2016). Il modulo utilizzato, infatti, garantisce elevate prestazioni strutturali, senza la necessità di introdurre pesanti elementi aggiuntivi per la stabilità del sistema (Giriunas, 2012; Martinez-Garcia, 2014). L'aggregazione dei moduli è infatti "diretta", ovvero ogni modulo è collegato all'altro senza la necessità di spazi aggiuntivi "intermedi", evitando l'utilizzo di tecnologie costruttive supplementari per l'inserimento di solai di copertura e di solai intermedi. Il montaggio degli isolamenti termici, delle chiusure e dei rivestimenti esterni viene realizzato in officina per serraggio, prima del posizionamento in situ (Fig. 2).

Metodologia

In quest'ottica si inseriscono le invarianti di progetto che determinano le prestazioni stabilite per la risultante progettuale sintetizzabili in:

- gestione della variabile tempo: rapidi tempi di realizzazione, rapidi tempi di risposta agli stimoli esterni³ del sistema, rapidi tempi di smontaggio e riuso o riciclo ("tempo dinamico")
- trasferibilità: le soluzioni (tecno-tipologiche, morfologiche, strutturali, impiantistiche) sono trasferibili in altri contesti geografici ed esigenziali;
- innovazione progettuale e produttiva: trasferimento e/o adattamento da settori di componenti della produzione corrente di prodotti, tecniche e conoscenze, sia del settore edilizio che di altro settore (innovazione ricombinante);
- multifunzionalità qualitativa del sistema costruttivo, intesa

building times and quick response to external stimuli³ of the system, brief disassembly and re-use or recycle ("dynamic time");

- transferability: (techno-typological, morphological, structural and plant-engineering) solutions can be transferred into other geographical and necessity environments;
- design and production innovation: transfer and/or adaptation from production component sectors of current production of manufactures, techniques and knowledges, deriving both from the building industry and other sectors (recombining innovation);
- qualitative multifunctionality of the building system, seen as the possibility to use the whole system or its single components for multiple functions (adaptive system);
- reactive building system: from the

structural (aseismic active system), energy (building/plants integrated management) and technical perspective, related to the entire life cycle of the building and its components.

Originality

Design invariants have been conceived as technological, functional and object requirements/resources. They have been interpreted as *a priori* strategies due to their strong circularity character related to the use and re-use of the concerned resources, giving substance to the concept of "active resilience" of design; such feature is seen as a regeneration ability of the project's intrinsic value, thus becoming "valorising". The proposal's originality consists in a double procedural approach to this topic: top/down (from "theory" to project and prototype); bottom/up (from

come possibilità di usare per più funzioni sia l'intero sistema che i singoli componenti (sistema adattivo);

- sistema costruttivo re-attivo: sia dal punto di vista strutturale (sistemi attivi anti-sisma), dal punto di vista energetico (gestione integrata edificio/impianti) e dal punto di vista tecnico, inteso come relativo all'intero ciclo di vita dell'edificio e dei suoi componenti.

Originalità

Le invarianti progettuali sono state concepite come requisiti/risorsa tecnologico-funzionali e oggettuali, intese come strategie a priori, per il loro carattere di forte circolarità nell'uso e riuso delle risorse coinvolte e che danno concretezza al concetto di "resilienza attiva" del progetto intesa come capacità di rigenerazione del suo valore intrinseco, proponendosi come progetto "valorizzativo".

L'originalità della proposta consiste nel duplice approccio processuale al tema: top/down, dalla "teoria" al progetto e al prototipo; bottom/up, dalla scelta dei prodotti all'esecuzione del prototipo attraverso una "valorizzazione del prodotto", utilizzato con minime modifiche e adattamenti.

Inoltre, l'uso dei contenitori HC che questo progetto persegue è profondamente diverso dalla maggior parte dei numerosi casi studio presi in esame all'interno di questa ormai diffusissima pratica di riuso: qui il container è puramente un modulo strutturale, non viene mai esibito e, grazie all'isolamento e rivestimento dall'esterno, la risultante progettuale può non manifestare in nessun modo la sua presenza.

Risultati

I criteri del progetto "valorizzativo" sopra descritti sono applicati al tema della casa unifamiliare.

the choice of products to prototype implementation through "product valorisation", with minimum variation and adaptation).

Moreover, this project pursues the harnessing of HC containers, which is profoundly different from most case studies examined in relation to such an extremely common re-use practice: here the container is merely a structural module, it never shows and, because it is insulated and sheathed on the outside, the project's resultant may not bear the signs of its presence in any way.

Results

The above-mentioned criteria for "valorising" design apply to detached houses.

The research experience manifests itself in the project of a building mock-up, with a surface of approx.

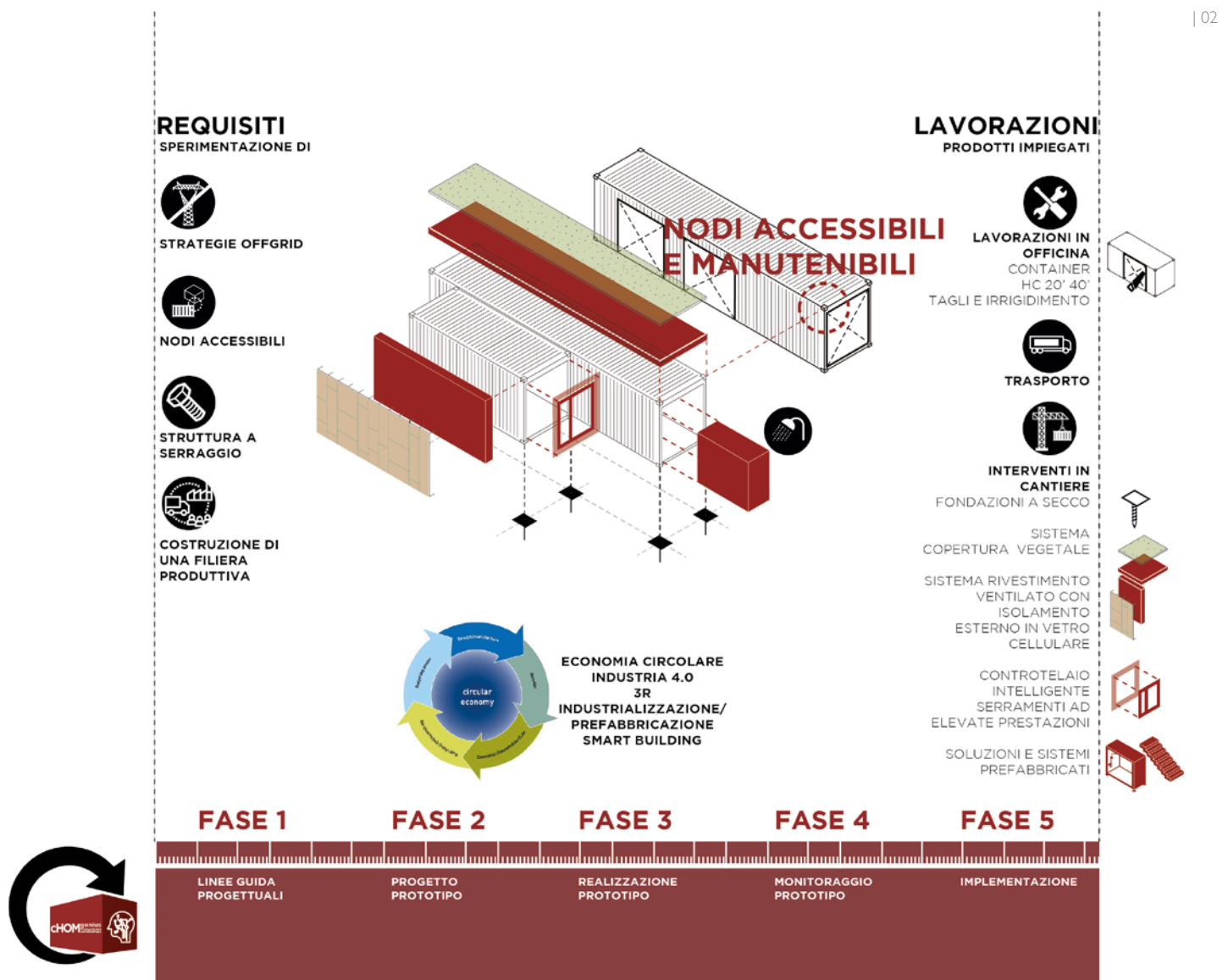
110 square metres developing on two levels. The project's criteria, provided by the technical-cultural tools used by the mock-up, have been classified by different life cycle stages of the intervention:

- 1) Construction of the building and its components, harnessing prefabrication and industrialisation;
 - dry technology with "tightening" techniques;
 - use of long-lasting transfer products (HC40' sea containers) as structural system and casing partial structure of the building;
 - use of dry attachment system on the ground, ensuring the reversibility of the soil's status for disassembly purposes;
 - use of products/system and off-site disassembly;
 - optimised management of dimensional tolerances;

L'esperienza di ricerca si realizza nel progetto di un mockup di un edificio con una superficie di circa 110 mq che si sviluppa su due livelli e che si è avvalso di strumenti tecnico-culturali che hanno fornito i criteri di progetto, suddivisi per differenti fasi del ciclo di vita dell'intervento:

- 1) Costruzione dell'edificio e delle sue parti utilizzando la prefabbricazione e industrializzazione:
- tecnologia a secco con tecnica a "serraggio";
 - utilizzo di prodotti di trasferimento ad alta durabilità (HC40' marittimi) come sistema strutturale dell'organismo edilizio e struttura parziale di involucro;

- utilizzo di un sistema di attacco a terra a secco, che garantisce la reversibilità dello stato del suolo per smontaggio;
- utilizzo di prodotti/sistema e assemblaggio off site;
- gestione ottimizzata delle tolleranze dimensionali;
- utilizzo di elementi prefabbricati (cellula bagno, connettivo verticale, ecc.);
- riduzione al minimo delle lavorazioni in cantiere;
- rovesciamento del processo di posa in opera di alcuni prodotti/sistemi;
- riutilizzo per altri scopi di parti rimosse in fase di lavorazione del sistema strutturale.



- 2) Gestione in uso dell'edificio e delle sue componenti:
 - indipendenza dalle reti di elettricità e gas (OFFGRID);
 - riduzione al minimo delle dispersioni termiche;
 - gestione facilitata del sistema tramite interfaccia semplificata per l'utente finale;
 - autoapprendimento delle apparecchiature elettromeccaniche (dalla gestione del clima ai piccoli elettrodomestici);
 - adattività prestazionale e tecnologica del sistema: sistema testato per differenti fasce climatiche;
 - sostituibilità dei giunti strutturali a prestazioni antisismiche.
- 3) "Fine vita" della funzione principale equivalente alla convertibilità senza trasformazione del sistema:
 - riutilizzo del sistema strutturale per altre funzioni con minimi interventi trasformativi;
 - multifunzionalità dei componenti;
 - flessibilità morfologico/dimensionale;
 - indipendenza tra cellula strutturale e cellula spaziale;
 - energia recuperata a fine funzione: l'energia grigia incorporata nel progetto è disponibile per altri usi.
- 4) "Fine vita" dell'edificio con riuso delle sue parti componenti
 - reversibilità dello stato del suolo per totale smontaggio del sistema di fondazioni;
 - totale smontaggio delle componenti;
 - riuso del sistema strutturale HC40';
 - totale riutilizzabilità delle componenti del sistema abitativo;
 - multifunzionalità delle componenti.
- 5) "Fine vita" dell'edificio e convertibilità delle sue parti componenti:

- use of prefabricated elements (bath cell, vertical connective, etc.);
 - minimisation of yard processing;
 - reversal of the installation process of certain products/systems;
 - re-use, for other purposes, of removed parts during the structural system processing stage.
- 2) In-use management of the building and its components:
 - gas and electricity network independence (OFFGRID);
 - minimisation of heat losses;
 - facilitated system management via a simplified interface for final users;
 - self-learning of electro-mechanical apparatuses (from climate management to small domestic appliances);
 - performance and technology adaptivity of the system: tested

- for different climate brackets;
 - replaceability of structural joints and aseismic performances.
- 3) "End of life" of the main function, equivalent to the system's convertibility without transformation:
 - re-use of the structural system for other functions, with minimised transformative interventions;
 - component multifunctionality;
 - dimensional/morphological flexibility;
 - independence between structural and spatial cells;
 - energy retrieved at the end of the function: the grey energy incorporated in the project is available for other purposes.
 - 4) "End of life" of the building, with component re-use:
 - reversibility of the soil's status, to totally disassemble the founda-

- smontaggio delle componenti;
- riciclo delle componenti dell'involucro;
- riciclo di parti delle lamiere del container.

Implicazione e impatti

cHOMgenius è un ricco intreccio di relazioni che assume il progetto come un'azione etica in regime di scarsità di risorse.

L'approccio culturale, le invarianti, i requisiti e le prestazioni attese, il caso applicativo e le verifiche strutturali ed energetiche previste sono il risultato di un processo di messa a sistema, secondo connessioni multifunzionali, immateriali e materiali, che producono una proposta progettuale, costruttiva e gestionale tecnologicamente avanzata (Ginelli, 2018).

I punti di forza sono molteplici: la manifestazione di interesse da parte di aziende provenienti da settori dell'edilizia e non e da enti (tra cui UNI) attenti all'innovazione; la contaminazione di settori produttivi e creazione di una rete di imprese fra settori diversi; la valorizzazione dei know-how esistenti intesi come saperi consolidati integrabili con tecnologie innovative "ricombinanti" visibili e invisibili; l'alta disponibilità di container intesi come risorsa seconda, a movimentazione facilitata, ad alta reperibilità e durabilità; le strategie progettuali per la replicabilità delle lavorazioni in officina e in cantiere (Bernardo, 2013).

La centralità del progetto viene qui dimostrata nella sua valenza di azione strategica tecnico-funzionale iniziale (prototipo) e nella replicabilità e personalizzazione della soluzione. Pur basandosi, infatti, su soluzioni legate all'industrializzazione e prefabbricazione, non si ammette serialità se non alla scala metaprogettuale-tecnica. Le opportunità innescate dalla proposta sono riassumibili in: evoluzione del settore delle costruzioni in termini energetici,

- tion system;
 - total component disassembly;
 - re-use of HC40' containers structural system;
 - total component re-usability of the housing system;
 - component multifunctionality.
- 5) "End of life" of the building and component convertibility:
 - component disassembly;
 - recycling of the casing's components;
 - recycling of parts of containers' sheets.

Impacts and implications

cHOMgenius is a reach maze of relations assuming design as an ethical action under lack of resources. The cultural approach, the invariants, the requirements and the expected performances, the applicative case and the planned structural/energy tests

result from the creation process of a system according to multifunctional, tangible and intangible connections producing a technologically advanced design, building and management proposal (Ginelli, 2018).

The strengths: the interest expressed by companies operating within and without the building industry, as well as by institutions focused on innovation (such as the Italian National Unification institution); the contamination of production sectors and the creation of an entrepreneurial network bridging different industries; the valorization of existing know-hows, seen as consolidated knowledge which could be integrated into innovative "recombining" technologies, both visible and invisible; the high availability of containers, meant as easily movable, long-lasting second resources; design strategies to replicate processing in workshops and

in cui si deducono nuove tendenze in termini di richieste prestazionali, forme d'uso dello spazio abitativo, costi, giro d'affari, tecnologie e tecniche costruttive, prodotti, componenti e sistemi alla scala nazionale ed internazionale; risposta all'attuale periodo di nuove sfide ambientali culturali ed operative e capacità competitiva di soddisfare esigenze differenziate con risposte tempestive; transizione verso l'Industria 4.0; diminuzione degli sprechi e utilizzo pro-attivo delle risorse; possibile evoluzione normativa per edifici a prestazioni incrementali, a soluzioni tecniche avanzate e innovative sul piano strutturale, energetico/ambientale, funzionale, fruitivo e manutentivo.

Limiti della ricerca

Certamente la proposta presenta ancora alcune criticità, in via di soluzione. Una criticità non trascurabile è la visione generalizzata legata ad una percezione negativa "dell'abitare in un container" con eventuali problemi di accettabilità. Questo problema è facilmente superabile in quanto il contenitore viene utilizzato come sistema strutturale per soluzioni abitative permanenti a prestazioni garantite, quindi non visibile se non per scelta del fruitore. Un'altra può essere rappresentata dalla scarsa proattività dell'apparato normativo vigente, in quanto strutturato su tecniche costruttive tradizionali e su rapporti dimensionali rigidi e prestabiliti; questo lo rende poco incline alla sperimentazione e abbassa il suo valore di sostenibilità istituzionale. L'utilizzo di componenti certificati e certificabili e autorizzati per la verifica strutturale e antisismica possono superare questo limite. Un altro problema potrebbe essere il controllo e la validazione della idoneità strutturale per l'uso residenziale: questo aspetto è mitigabile dalle specifiche operazioni di calcolo e monitoraggio

yards (Bernardo, 2013).

The project's centrality is proved according to its strategic-action, technical-functional initial value (prototype) and to solution replicability and tailoring. Although based on industrialisation- and prefabrication-linked solutions, it does not tolerate seriality except on a meta-design technical level. The opportunities triggered by the proposal could be summarised as: building sector evolution from the energy point of view, wherein new trends in terms of performance requests, forms of using the housing space, costs, turnover, building techniques and technologies, products, components and systems on the national and international scale; response to modern cultural, environmental and operational challenges, and competitive ability to satisfy differentiated needs with timely reactions; transition towards

Industry 4.0; reduction of wastes and proactive use of resources; possible regulatory evolution for incremental performance buildings, harnessing advanced and innovative technical solutions from structural, energy/environmental, functional, fruitive and maintenance perspectives.

Research limits

The proposal obviously still features some problems, for which a solution is being developed. One particular, non-negligible issue is the generalised view linked to a negative perception of "living in a container", implying some acceptability difficulties. However, a solution is readily at hand: the container is used as structural system for permanent, performance-granting housing complexes; hence the user won't see it, unless he chooses to. Further, the current legislation lack-

previste nel progetto (anche da remoto). Eventuali specifiche regole locali paesaggistiche potrebbero diventare una condizione limite, attenuata tuttavia dalla flessibilità delle soluzioni energetico impiantistiche e dalle possibilità di "personalizzazione", obiettivo imprescindibile del progetto.

Entro la fine del 2019 verrà realizzato un prototipo che sarà oggetto di monitoraggi in continuo e sarà l'occasione per validare gli obiettivi della ricerca dal punto di vista teorico, costruttivo, strutturale ed energetico, anche attraverso prove dinamiche, sollecitazioni attive e prove di smontaggio/sostituzione di componenti.

NOTE

¹ Cfr. Raccomandazione della Commissione del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.

² Si intendono prodotti il cui grado di progettazione consente una adattabilità e personalizzazione per ogni singola applicazione, ben diversi dal concetto di prefabbricazione tradizionale.

³ Sia da parte dei fruitori, sia da parte del contesto localizzativo.

REFERENCES

- Bernardo, L.F.A. *et al.* (2013), "Use of refurbished shipping container for the construction of housing buildings: details for the structural project", *J. Civ. Eng. Manage.*, Vol. 19, pp. 628-646.
- Cresme (2018), *XXVI rapporto congiunturale e previsionale. Il mercato delle costruzioni 2018-2023*, Cresme, Roma.
- Crespi, L. (Ed.) (1987), *La progettazione tecnologica*, Alinea, Firenze.
- Cupelloni, L. (1997), *Antichi cantieri moderni. Concezione, sapere tecnico, costruzione da Iktinos a Brunelleschi*, Gangemi, Roma.

ing proactivity can represent another issue. As it is based on traditional building techniques and rigid, pre-established dimensional relations, it is also less inclined to experimentation and thus imbues a lower institutional sustainability value. The use of certificated and authorised components for structural and aseismic testing could help overcoming such obstacle.

Also controlling and validating structural eligibility for the purposes of residential use could pose a problem: this aspect can be smoothed by given calculations and monitoring measures envisaged in the project (even remotely). Specific, local environmental rules can potentially become a limit condition, however mitigated by the flexibility of energy/plan-engineering solutions and "personalisation" possibilities: the project's ultimate end. A prototype will be built by the end of

2019, which will be constantly monitored. It will be the occasion to validate research objectives from the theoretic, constructive, structural and energy point of views, including through dynamic checks, active solicitations and component disassembly/substitution tests.

NOTES

¹ See the Commission Recommendation of 9th April 2013 related to the use of common methodologies to measure and communicate environmental performances during products and organisations' life cycle.

² I.e. products whose design level allows them to be adaptable and tailored to every single application, strongly differing from the notion of traditional prefabrication.

³ By both users and the localisation context.

Ginelli, E., Chesi, C., Pozzi, G., Maistrello, M. and Lazzati, G. (2018), "Modular integrated smart house: prefab for performance and environment. An innovative research experience for Italy", *Proceedings of the 4th Biennial Residential Building Design & Construction Conference*, February 25-March 1, State College, PA, USA, pp. 565-579.

Giriunas, K., Sezen, H. and Dupaix, R.B. (2012), "Evaluation, modeling, and analysis of shipping container-building structures", *Engineering Structures*, Vol. 43, pp. 48-57.

Islam, H. *et al.* (2016) "Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction", *Energy and Buildings*, Vol. 128, pp. 673-685.

Losasso, M. (2017), "Between theories and practices: Culture, technology, design", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 9-13

Mialet, F. (2017), "Batiment reversible", *AMC*, Vol. 262.

Martinez-Garcia, M. (2014), "Alternative Housing: The Shipping Container Home", Center for Realtor Technology (CRT), National Associations of Realtors.

Norsa, A. (2017), "Lo scenario dell'offerta di costruzioni. The scenario of construction supply", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 77-81.

Perriccioli, M. and Ginelli, E. (2018), "Progettare per l'abitare: strategia e tattiche per affrontare il mutamento", in Lucarelli, M.T., Mussinelli, E. and Daglio, L., *Progettare Resiliente*, Maggioli, Milano.

Taylor, S. (2016), *Off-Site Production in the UK Construction Industry - A Brief Overview*, Construction Engineering Specialist Team, HSE, UK.