

Roberto Giordano, Elena Montacchini, Silvia Tedesco,  
Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

roberto.giordano@polito.it  
elena.montacchini@polito.it  
silvia.tedesco@polito.it

**Abstract.** La finalità del contributo è quella di indagare il ruolo strategico dell'attività di prototipazione fisica nella progettazione, dalla ideazione alla realizzazione, in un contesto caratterizzato dalla sempre più diffusa presenza delle tecnologie digitali e di prototipi virtuali. Partendo dall'individuazione di alcune categorie di prototipi (provocatori, sperimentali, di produzione), l'articolo propone una riflessione critica sugli elementi caratterizzanti le attività di prototipazione nei campi della didattica, della ricerca e del trasferimento tecnologico.

**Parole chiave:** Prototipazione; Learning by doing; Soluzioni tecnologiche innovative; Hands-on design.

## Introduzione

Il convegno "La Produzione del Progetto", che si è svolto nel giugno del 2018 a Reggio Calabria<sup>1</sup>, è stato l'occasione per riflettere e discutere su alcune trasformazioni indotte all'attività progettuale dalle sfide della contemporaneità. Mario Losasso durante il suo intervento nella sessione Qualità del progetto, Qualità della costruzione, ha definito le tecnologie abilitanti come *medium* per una consapevole gestione cognitiva del progetto.

Le funzioni cognitive implicano la codificazione, la trasformazione e l'immagazzinamento delle informazioni per simulare e visualizzare comportamenti di elementi e di sistemi e, più in generale, per gestire le scelte e testare le idee sin dall'inizio del processo di progettazione.

Lo spazio virtuale, «spazio intermedio tra le idee e la materia», in cui sono possibili nuovi livelli di sperimentazione, è ricco di potenzialità, consentendo la simulazione, il controllo e la verifica di informazioni e dati di diversa natura (Falotico, 2017).

Questa «rivoluzione digitale» ha coinvolto inevitabilmente non solo la pratica professionale, ma anche il modo di insegnare il progetto, il modo fare ricerca e di sperimentare, il modo di ingegnerizzare e produrre nuove soluzioni tecnologiche, come do-

Experiment, develop and provoke: the prototype as an instrument of design

**Abstract.** The aim of the essay is to investigate the strategic role of physical prototyping in design, from concept to application, in a context characterised by the increasingly widespread presence of digital technologies and virtual prototypes. Starting from the identification of certain categories of prototypes (provocative, experimental, production), the article proposes a critical overview of the elements that characterise prototyping activities in the fields of education, research and technological transfer.

**Keywords:** Prototyping; Learning by doing; Innovative technological solutions; Hands-on design.

## Introduction

The conference entitled "The Production of Design", held in Reggio Calabria in June 2018<sup>1</sup>, was an oppor-

tunity to review and discuss some of the design transformations resulting from contemporary challenges. Mario Losasso defined the enabling technologies as a medium for a conscious cognitive management of design during his presentation in the session on Design Quality, Construction Quality. Cognitive functions involve the coding, transformation and storage of information to simulate and visualise the behaviour of elements and systems and, more generally, to manage choices and test ideas from the very beginning of the design process.

The virtual space, the «intermediate space between ideas and matter», where new levels of experimentation are possible, is full of potential, allowing the simulation, control and verification of different types of information and data (Falotico, 2017). This «digital revolution» has inevitably involved not only the professional sphere, but also the way design is taught, the way research and experiment are carried out and the way new technological solutions are engineered and produced, as documented by the extensive cultural debate in progress (Church, 2017; Neuckermans, 2017; Paris, 2017).

However, learning and research, from the perspective of a cognitive science, can also be characterised through constructive and interactive processes, particularly through the development of the prototyping of materials and components; prototyping being understood as a medium for consciously analysing and assessing design. In the fields that characterise the academy – didactics, research and technological transfer – hands-on activity, understood as physical prototyping, is used from the concept through to the

documented dall'ampio dibattito culturale in corso (Chiesa, 2017; Neuckermans, 2017; Paris, 2017). Tuttavia, apprendimento e ricerca, nella prospettiva di una scienza cognitiva, sono anche caratterizzabili attraverso processi costruttivi e interattivi, in particolare attraverso lo sviluppo della prototipazione di materiali e componenti; prototipazione da intendere anch'essa come mezzo (medium) per analizzare e valutare coscientemente il progetto. Negli ambiti caratterizzanti l'accademia – didattica, ricerca e trasferimento tecnologico – l'attività *hands-on*, intesa come prototipazione fisica, è utilizzata dall'ideazione alla realizzazione del progetto per diverse ragioni: apprendere, sviluppare idee, raccogliere feedback, prendere decisioni, esplorare tecnologie e monitorarle nel tempo, scoprire opportunità di miglioramento. I prototipi fisici rivestono un ruolo fondamentale nell'ambito della progettazione tecnologica e del suo insegnamento poiché possono essere utilizzati come: *learning tools*, per rispondere a domande tipo: «Come funziona?» oppure «Funzionerà?»; *communication tools*, per fornire una rappresentazione visiva e tattile tridimensionale di immediata comprensione; *integration tools*, per verificare l'assemblabilità o le modalità di connessione di elementi e componenti di un sistema; *milestones*, per dimostrare il raggiungimento di risultati tangibili (Ulrich and Eppinger, 2012).

Nelle Scuole di Architettura, come il MIT - Massachusetts Institute of Technology - o l'ETH di Zurigo, la prototipazione fisica rappresenta un'esperienza di didattica efficace, il metodo formativo si basa sull'"imparare facendo" e i laboratori costituiscono le "officine" in cui realizzare "al vero" l'idea architettonica (Paris, 2017). Nei Design-Build projects, sviluppati in tutto il mondo

ably involved not only the professional sphere, but also the way design is taught, the way research and experiment are carried out and the way new technological solutions are engineered and produced, as documented by the extensive cultural debate in progress (Church, 2017; Neuckermans, 2017; Paris, 2017).

However, learning and research, from the perspective of a cognitive science, can also be characterised through constructive and interactive processes, particularly through the development of the prototyping of materials and components; prototyping being understood as a medium for consciously analysing and assessing design.

In the fields that characterise the academy – didactics, research and technological transfer – hands-on activity, understood as physical prototyping, is used from the concept through to the

come strategia di *architectural education*, gli studenti sviluppano e costruiscono in scala reale vere e proprie strutture edilizie (Folic *et al.*, 2016).

La letteratura documenta ampiamente l'uso dei prototipi fisici come strumento di sperimentazione, di verifica e di validazione delle performance di nuovi prodotti, nonché esempi sviluppati collaborazione tra università e imprese (Tronvoll, 2017).

In questo scenario, a partire dall'individuazione di diverse categorie di prototipi, si intende proporre una riflessione sugli elementi caratterizzanti le attività di prototipazione fisica in ambito accademico, nei campi della didattica, della ricerca e del trasferimento tecnologico e in particolare sul ruolo che hanno avuto nello sviluppo di alcuni progetti.

### **Prototipi provocatori, sperimentali e di produzione: dalla tassonomia alle esperienze**

La letteratura scientifica identifica diverse modalità di classificazione e metodi legati all'attività di prototipazione fisica (Bogers, 2014; Buchenau, 2000; Lim, 2008; Mayhew, 1986). In particolare, stimolo per la progettazione tecnologica la tassonomia proposta da Stan Ruecker in relazione alle Digital Humanities (Ruecker, 2015) che individua tre diverse categorie di prototipi a seconda dell'obiettivo per cui vengono realizzati: *experiment*, *development and provocation prototypes*. I primi, i prototipi sperimentali, hanno l'obiettivo di produrre una sorta di conoscenza di un'idea che il prototipo incarna, utili per lo sviluppo sperimentale e di ricerca. I secondi sono i prototipi di produzione, destinati allo sviluppo di un nuovo prodotto. Lo scopo dei prototipi provocatori non è affrontare una questione di ricerca o portare allo sviluppo di un prodotto,

application of the project for various reasons: learning, developing ideas, gathering feedback, making decisions, exploring technologies and monitoring them over time, discovering opportunities for improvement.

Physical prototypes play a fundamental role in technological design and the teaching of this subject because they can be used as learning tools, to answer questions such as «How does it work?» or «Will it work?»; communication tools, to provide an immediately comprehensible three-dimensional visual and tactile representation; integration tools, to verify the assemblability or the connection of the elements and components of a system; milestones, to demonstrate the achievement of tangible results (Ulrich and Eppinger, 2012). In schools of architecture, such as the MIT - Massachusetts Institute of Technology - or the

ETH in Zurich, physical prototyping is an effective teaching experience. The training method is based on "learning by doing" and the laboratories are the "workshops" in which the architectural idea can be implemented in real terms (Paris, 2017). In Design-Build projects, developed all over the world as a strategy of architectural education, students design and build real, full-sized constructions (Folic *et al.*, 2016).

Literature extensively documents the use of physical prototypes as tools for testing, verifying and validating the performance of new products, and examples developed in partnership between universities and businesses (Tronvoll, 2017).

In this scenario, starting with the identification of different categories of prototypes, we are going to reflect on the elements that characterise physical prototyping activities in academia, in

ma è invece quello di interrompere il pensiero delle persone, di stupire, di disturbare, insomma di provocare una reazione.

A partire dalla tassonomia proposta, il contributo si sviluppa attraverso un confronto di attività svolte secondo l'approccio *learning by doing*, condotte dal gruppo di ricerca di tecnologia del Dipartimento di Architettura e Design (DAD)- Politecnico di Torino - nei campi della didattica, della ricerca, del trasferimento tecnologico e della produzione. Tali attività, realizzate in modo diretto o in collaborazione con tecnici o aziende di settore, hanno avuto l'obiettivo di valutare, attraverso la prototipazione fisica di soluzioni tecnologiche innovative, la fattibilità tecnologica ed economica, le prestazioni e la sostenibilità ambientale di processi e materiali.

Le numerose esperienze condotte fanno riferimento ad attività di progettazione, costruzione e monitoraggio realizzate sia attraverso la costruzione di mock up sia attraverso la costruzione di prototipi o componenti edilizi.

Attraverso una chiara distinzione tra diverse categorie di prototipi e metodologie di prototipazione e attraverso una esplicita valutazione degli obiettivi potenzialmente raggiungibili (per cultura, ricerca, sperimentazione e didattica), il contributo identifica il ruolo, o meglio, i ruoli della prototipazione nel progetto.

### *Prototipi provocatori*

Tra le esperienze di prototipazione, la realizzazione di prototipi provocatori è quella che maggiormente possiede caratteristiche di incertezza e, allo stesso tempo, una vocazione fortemente interdisciplinare per le competenze che spesso vengono coinvolte. Questi prototipi non possono essere ricondotti in alcun modo a metodologie di ricerca deduttive, sono connotati, al contrario,

the fields of education, research and technology transfer, and particularly on the role they have played in the development of certain projects.

### **Provocative, experimental and production prototypes: from taxonomy to experience**

Scientific literature identifies different types of classification and methods related to the physical prototyping activity (Bogers, 2014; Buchenau, 2000; Lim, 2008; Mayhew, 1986). In particular, the taxonomy proposed by Stan Ruecker in relation to Digital Humanities (Ruecker, 2015), which identifies three different categories of prototype depending on the purpose for which they are made, inspires technological design: experiment, development and provocation prototypes. The former, experimental prototypes, aim to produce a kind of knowledge of an

idea embodied by the prototype, useful for experimental development and research. The second, production prototypes, are destined for the development of a new product. The purpose of provocative prototypes is not to address research or lead to the development of a product, but to interrupt people's thoughts, to amaze, to disturb and, in short, to provoke a reaction. Starting from the taxonomy proposed, the contribution develops through a comparison of activities carried out according to the learning by doing approach, conducted by the technology research group of the Department of Architecture and Design (DAD) - Politecnico di Torino - in the fields of teaching, research, technological transfer and production. These activities, carried out directly or in conjunction with technicians or companies, were aimed at assessing, through the

da modelli induttivi, in cui il risultato non può essere prefigurato a priori o strategicamente programmato. Si tratta altresì di un esito di un processo di elaborazione materiale di fatti, di informazioni e di eventi, che attribuiscono al progetto architettonico il compito di esprimere numerose istanze, a partire da quelle sociali e ambientali.

Il concetto di prototipo provocatorio qui illustrato si riferisce al testo di Boer e Donovan (Boer, 2012). Gli autori definiscono il *Provotyping* – sincrasi di provocazione e prototipazione – uno strumento di analisi delle condizioni attuali e allo stesso tempo di messa a punto di soluzioni attraverso cui modificare le stesse condizioni. In altre parole, attraverso un prototipo provocatorio vengono analizzate delle criticità e si elaborano soluzioni alternative che sfidano modelli culturali, sociali ed economici correnti, nonché le prassi consolidate di progettazione. In tale contesto il Politecnico di Torino ha condotto due esperienze, la prima riguarda un progetto di ricerca denominato KeratoStone, la seconda la realizzazione, attraverso un workshop, di un allestimento temporaneo chiamato #AM6<sup>2</sup>.

KeratoStone, dal greco *Kératos*, cioè corno, e dall'inglese *Stone*, ovvero pietra, nasce dalla collaborazione tra ricercatori del DAD e dell'Università delle Scienze Gastronomiche, studenti del Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile e una piccola start-up (13Ricerca) con l'obiettivo condiviso di presentare, in occasione del Fuori Salone 2015 (MI, Italia), un prodotto in grado di sorprendere il pubblico e di farlo riflettere su alcuni temi inerenti l'impronta ecologica associata al consumo di cibo. La sfida si rivolgeva a un modello di consumo specifico, quello di produzione e uso della carne bovina che, come confermato da uno studio condotto dall'Università di Oxford (Poore, 2018)

physical prototyping of innovative technological solutions, the technological and economic feasibility, performance and environmental sustainability of processes and materials.

The numerous experiences undertaken refer to design, construction and monitoring activities carried out both through the construction of mock-ups and through the construction of prototypes or building components.

By clearly distinguishing between different categories of prototypes and prototyping methodologies and by explicitly assessing the goals potentially achievable (in terms of culture, research, experimentation and teaching), the contribution identifies the role, or rather, the roles of prototyping in design.

#### *Provocative prototypes*

Among the prototyping experiences,

rilascia nell'atmosfera fino a 105 kg di CO<sub>2</sub> equivalenti ogni ogni 100 grammi di proteine (4 fette di bistecca); un valore pari alla produzione di quasi 30 Kg di alluminio. La consapevolezza di un impatto ambientale tanto significativo ha comportato l'esigenza, in una fase iniziale, di approfondire il ciclo di vita di un bovino e, in una fase sperimentale, di caratterizzare sottoprodotti e rifiuti con elevate proprietà chimico-fisiche, come, ad esempio, la cheratina contenuta negli zoccoli e nelle corna, normalmente non valorizzata in alcun processo industriale.

Come illustrato in Fig. 1, attraverso operazioni di pulizia, ammorbidente, taglio e posa su un intonaco a base calce – che non potevano essere altrimenti verificate se non attraverso la modellazione fisica degli scarti della macellazione – è stato possibile ottenere un prodotto (assimilabile per prestazioni a una finitura) con un effetto estetico simile a quello un mosaico di madreperla (Fig. 2), dimostrando che un oggetto che nasce nei luoghi dell'immaginario collettivo sinistri, dove avviene la macellazione dei bovini, può, al contrario, distinguersi sul piano formale in modo sorprendentemente raffinato.

#AM6 costituisce invece un'esperienza interdisciplinare che si pone a metà tra didattica innovativa e ricerca applicata. Un team di docenti e studenti della Scuola di Architettura del Politecnico di Torino, in collaborazione con l'associazione culturale Atelier Mobile e l'artista Carlos Valverde, ha sviluppato una proposta di architettura effimera in grado di valorizzare uno spazio residuale della città di Torino all'interno del cosiddetto Bunker, un ex area industriale dismessa alla fine degli anni '80, situata a Nord della città di Torino. La sfida lanciata agli studenti riguardava la capacità di progettare in un ecosistema dove le risorse di materiali e di energia sono limitate; e per rendere pienamente tangibile e

and, at the same time, for developing solutions to change these conditions. In other words, a provocative prototype analyses critical issues and develops alternative solutions that challenge current cultural, social and economic models, as well as established design practices. Politecnico di Torino has carried out two experiences in this context. The first concerns a research project called KeratoStone, the second is the creation, through a workshop, of a temporary installation called #AM6<sup>2</sup>. KeratoStone, from the Greek *Kératos*, meaning horn, and the English word Stone, is the result of a collaboration among researchers from the DAD and the University of Gastronomic Sciences, students of the Degree Course in Architecture for Sustainable Design and a small start-up (13Ricerca) with the shared aim of presenting at the Fuori Salone 2015 (Milan, Italy) a product

capable of surprising the public and making them reflect on certain issues relating to the carbon footprint associated with the consumption of food.

The challenge addressed a specific consumer model, the production and use of beef, which, as confirmed by a study conducted by Oxford University (Poore, 2018) releases up to 105 kg of CO<sub>2</sub> equivalent into the atmosphere for every 100 grams of protein (four slices of steak); a value equal to the production of almost 30 kg of aluminium. The awareness of this significant environmental impact initially led to the need to analyse the life cycle of a cow and, in an experimental phase, to characterise by-products and waste with high chemical-physical properties, such as, for example, the keratin contained in hoofs and horns, which is not usually exploited in any industrial process.



comprensibile la complessità di tale sfida agli studenti sono stati consegnati un numero finito di listelli lignei con i quali progettare e costruire una soluzione di arredo urbano (Fig. 3). Anche in questo caso non c'era una soluzione prestabilita sul piano formale. Gli studenti, singolarmente o in piccoli gruppi, sono

stati capaci di proporre diverse tipologie di arredo per esterni in conformità ai requisiti di progetto. L'attività di progettazione ha anche coinciso con la definizione di una "scatola di costruzioni", dove si raccoglievano tecnologie, tecniche costruttive e sistemi di assemblaggio. Un *modus operandi* senza interruzioni di con-

As illustrated in Fig. 1, through cleaning, softening, cutting and laying on a lime based plaster – operations which could only be verified by the physical modelling of slaughter waste – it was possible to obtain a product (similar in performance to a finish) with an aesthetic effect similar to that of a mother-of-pearl mosaic (Fig. 2), proving that an object created in places generally seen as sinister, where cattle are slaughtered, can actually stand out on a formal level in a surprisingly refined way.

#AM6, on the other hand, is an interdisciplinary experience that combines innovative teaching and applied research. A team of teachers and students from the School of Architecture of Politecnico di Torino, in partnership with the cultural association Atelier Mobile and the artist Carlos Valverde, has developed a proposal for tempo-

rary architecture capable of enhancing a residual space in the city of Torino inside the so-called Bunker, a former industrial area which was abandoned at the end of the 1980s, located north of the city of Torino. The students were challenged to create a design within an ecosystem with limited material and energy resources; and to make the complexity of this challenge fully tangible and understandable, they were given a finite number of wooden planks with which to design and build a street furniture solution (Fig. 3).

Again, there was no formal pre-set solution. Working individually or in small groups, the students were able to propose different types of outdoor furniture in compliance with the project requirements. The design activity also coincided with the definition of a "construction box", gathering together technologies, construction techniques

and assembly systems. A continuous *modus operandi* in which design and prototyping hybridised to achieve a tangible result.

The creation of provocative physical prototypes in the experiences described should be seen as an opportunity to design according to an unusual approach that develops skills in "learning by doing" and an understanding of the critical issues of the current system of knowledge, traditions and behaviour. As highlighted, despite their complexity, the processes of design and prototyping have taken on an ethical purpose. The products and components produced are the result of cultural, environmental and social stimulation. It is no coincidence that the word "challenge" is used more than once in this paragraph, with the intention of capture the essence of Pro-

tototyping: challenging contemporary models, with the dual aim of provoking thought and providing answers to recent and not so recent problems that have never really been solved.

#### *Experimental prototypes*

Within the scope of technological design, the purpose of an experimental prototype is to address a question of research, to explore and communicate, to obtain a direct assessment of what we are designing. In this scenario, the experimental prototype approaches the concept of Experience Prototyping (Buchenau, 2000), defined as a design process, a "representation", which allows the interaction with the product, the space or the environment that is being designed. As part of this process, prototyping allows us to understand user experiences and the context of reference, and to explore and assess de-

tinuità dove progetto e prototipazione si sono ibridati fino a raggiungere un risultato tangibile.

La realizzazione di prototipi fisici provocatori nelle esperienze descritte è dunque da intendersi come un'opportunità per progettare secondo un approccio non consueto che conduce a maturare sia competenze nell'“imparar facendo” sia a comprendere attraverso il progetto le criticità dell'attuale sistema di saperi, tradizioni e comportamenti. Come evidenziato, pur nella loro complessità, i processi di progettazione e prototipazione hanno assunto una finalità di tipo etico. Prodotti e componenti realizzati sono infatti il risultato di uno stimolo culturale, ambientale e sociale. Non a caso in questo paragrafo, in più di un'occasione, si è fatto uso del sostantivo “sfida”, con l'intenzione di cogliere l'essenza del *Provotyping*: sfidare i modelli contemporanei, attraverso la duplice finalità di indurre riflessioni e di formulare risposte a problematiche recenti, e meno recenti mai davvero risolte.

### Prototipi sperimentali

Nel contesto della progettazione tecnologica, scopo di un prototipo sperimentale è quello di affrontare una questione di ricerca, di esplorare e comunicare, di ottenere una valutazione diretta di ciò che stiamo progettando. In questo scenario il prototipo sperimentale si avvicina anche al concetto di *Experience Prototyping* (Buchenau, 2000), definito come un processo di progettazione, una “rappresentazione”, che consente di interagire con il prodotto, lo spazio o l'ambiente che si sta progettando. Nell'ambito di tale processo la prototipazione consente di comprendere le esperienze degli utenti e il contesto di riferimento, esplorare e valutare le idee progettuali, comunicare le idee sviluppate. Come

sign ideas and communicate the ideas developed. To quote Buchenau: «Experience Prototyping allows us to engage with new problems in new ways». This paragraph describes some examples of prototypes that fulfilled these goals: *understanding, exploring, communicating*.

As part of the MOTE<sup>2</sup> project (Modulo Tecnologico Equipaggiato ed Ecoefficiente - Equipped and Eco-efficient Technological Module)<sup>3</sup>, in order to meet a specific need expressed by Sarrotto Group S.r.l., the DAD technology research group was asked to develop a prefabricated module equipped with highly energy-efficient systems for integration into residential units (new construction, existing buildings).

The aim of the work was to integrate in a single unit, made with dry-light technology, the systems (heating, cooling, production of domestic hot water and

ventilation) necessary to meet the energy efficiency and thermohygrometric comfort requirements in residential buildings.

The research was organised into two main phases:

- phase 1: focused on the definition of the technological, installation and morphological system of the module;
- phase 2: focused on the development of a concept that led to the conception of a physical prototype of the MOTE<sup>2</sup> technology module.

The methodology adopted entailed the active involvement and interdisciplinary exchange of various players from both the industrial and scientific research sectors.

Starting with the identification and characterisation of the types of systems to be envisaged in the MOTE<sup>2</sup>, the concept focused on the design, in the

sostiene Buchenau: «Experience Prototyping allows us to engage with new problems in new ways».

In questo paragrafo vengono descritti alcuni esempi di prototipi che hanno risposto a questi obiettivi: *comprendere, esplorare, comunicare*.

Nell'ambito del progetto MOTE<sup>2</sup> (MODulo Tecnologico Equipaggiato ed Ecoefficiente)<sup>3</sup> per rispondere ad una esigenza specifica dell'azienda Sarrotto Group S.r.l è stato chiesto al gruppo di ricerca di tecnologia del DAD di sviluppare un modulo prefabbricato e equipaggiato con impianti ad alta efficienza energetica, da integrare in unità abitative (nuova costruzione, edifici esistenti).

La finalità del lavoro è stata quella di accogliere e integrare in

## KERATOSTONE

(dal greco: Kératos = corno ; e dall'inglese: Stone = pietra) Mosaico realizzato attraverso il recupero dei sottoprodotti di categoria 3 del processo di macellazione, nello specifico le corna bufaline. Viene utilizzato come rivestimento decorativo in ambienti interni. È ideale per pareti, soffitti e pavimenti.



<b>Composizione</b>	<b>Commercializzazione</b>
<b>Materiale riciclato :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• corno bufalino</li></ul>	<b>Formato :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• mosaici</li></ul>
<b>Caratteristiche tecniche</b>	<b>Lavorazione</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 100x100 cm / 100x50 cm</li><li>• Calibro 23x23x5 mm</li></ul>	<b>Tecnologie :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• taglio</li><li>• levigazione</li></ul>
<b>Caratteristiche sensoriali</b>	<b>Finiture :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• incollaggio</li></ul>
<b>Lucentezza :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• matte</li></ul> <b>Trasparenza :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• opaco</li></ul> <b>Texture :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• liscia</li></ul> <b>Durezza :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• rigido</li></ul> <b>Colorazione :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• naturale variegata (verde, rosso, bianco, grigio, nero, marrone)</li></ul>	<b>Altre informazioni</b>
<b>Altre caratteristiche</b>	<b>Materiali :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• in parte riciclabile</li><li>• da fonte rinnovabile</li></ul> <b>Varie :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• l'azienda effettua il recupero ed il riciclo di tutti gli scarti di lavorazione</li></ul>
<b>Dichiarate dal produttore :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• leggero</li><li>• di facile manutenzione</li><li>• resistente agli sbalzi termici (UNI EN ISO 10545-9)</li><li>• resistente agli agenti chimici (UNI EN ISO 10545-13)</li><li>• resistente alle macchie (UNI EN ISO 10545-14)</li></ul> <b>Principali applicazioni :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• rivestimenti a parete</li><li>• soffitti</li><li>• pavimentazioni</li></ul>	<b>Footprint</b>
	<b>Consumi energetici CED :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 4,63 kWh/kg</li></ul> <b>Emissioni climalteranti :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,79 kg CO2 eq/kg</li></ul>



un'unica unità spaziale, realizzata con tecnologia secco-leggero, gli elementi impiantistici (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e ricambi d'aria) necessari per soddisfare i requisiti di efficienza energetica e di comfort termico-giometrico nell'ambito di edifici residenziali.

La ricerca è stata organizzata secondo due fasi principali:

- fase 1: dedicata alla definizione del sistema tecnologico-impiantistico-morfologico del modulo;
- fase 2: dedicata allo sviluppo di un metaprogetto che ha portato alla realizzazione di prototipo fisico di modulo tecnologico MOTE<sup>2</sup>.

La metodologia adottata ha visto il coinvolgimento attivo e lo scambio interdisciplinare di attori diversi e appartenenti sia al settore dell'industria sia a quello della ricerca scientifica.

Partendo dall'individuazione e caratterizzazione delle tipologie

smallest possible volume, of a “grain” (mote) which, as well as containing all the services, would facilitate the installation, maintenance, replacement and disassembly operations.

In order to quickly assess the technical feasibility, design workshops were organised with the aim of selecting materials, elements and components, as well as developing the executive design of the module.

While the prototype was being assembled, some changes to the preliminary concepts were necessary to optimise the solution. The creation of a full-scale prototype of the module, in which the housing of the system components was also simulated, made it possible to analyse and verify the strengths and weaknesses of the technological-constructive-morphological and system components (understanding), to identify the corrective actions required

in the subsequent phases of industrialisation of the module (exploring), to transmit the strategic guidelines of the company with a physical testimony (communicating) (Fig. 4).

Experimental prototyping can be applied extensively in the field of research related to the superuse and upcycling of waste materials. In this context, experimentation, the hands-on laboratory activity, involves researchers and students in the development of innovative technological solutions for the building industry, starting with the characterisation of waste from other sectors (textile waste, agricultural waste, for example). The construction of mock-ups makes it possible to understand the optimal design mix in terms of materials and processing characteristics, to explore new technological solutions, to communicate with the companies involved, making

di impianto da prevedere in MOTE<sup>2</sup>,

il concept si è focalizzato sulla progettazione, nel minore volume possibile, di una “particella” (significato di “mote” in inglese) che, oltre a contenere tutti gli impianti, agevolasse le operazioni di posa in opera, manutenzione, sostituzione, disassemblaggio.

Per ottenere una rapida valutazione della fattibilità tecnica sono stati organizzati workshop di progettazione con lo scopo di selezionare materiali, elementi e componenti, nonché sviluppare la progettazione esecutiva del modulo.

Mentre il prototipo è stato assemblato si sono rese necessarie alcune modifiche alle ipotesi preliminari, per l'ottimizzazione della soluzione. La realizzazione di un prototipo in scala reale 1:1 del modulo, in cui è stato simulato anche l'alloggiamento dei componenti impiantistici ha consentito infine di analizzare e verificare i punti forti e criticità del sistema tecnologico-costruttivo-morfo-

the potential for implementation of the research tangible. Numerous examples of this approach to technological design have been developed as part of experimental research and master of science thesis.

#### *Production prototypes*

Production prototypes are used in the technological development of new solutions. They are designed to verify performance, make changes and improvements, through the realisation of the final prototype destined to the market and mass production. So they are part of business-oriented research and development activities, conducted internally (internalised R&D) or carried out by an external research body on behalf of the company (outsourced R&D).

An example of a production prototype, developed on the basis of internalised

R&D activities is GRE\_EN\_Stand alone – a “vegetated” furnishing element – developed by Growing Green srl, an academic spin-off of Politecnico di Torino.

On the basis of the results achieved in an industrial development and experimental research project<sup>4</sup>, aimed at the production of a vegetated and environmentally friendly modular panel (Serra *et al.*, 2017), the prototype extends the study from the single panel to an integrated and multifunctional technological system to be used as a partition for indoor environments.

GRE\_EN\_Stand alone is an independent system from the structural and systems point of view, flexible, transformable and on wheels: on one hand, it is a vegetated wall, on the other, it is equipped furniture.

The system combines the advantages of a vegetated wall (dilution of pollutants,

logico ed impiantistico (*comprendere*), di individuare le azioni correttive necessarie nelle successive fasi di industrializzazione del modulo (*esplorare*), di trasmettere gli indirizzi strategici dell'azienda con una testimonianza fisica (*comunicare*) (Fig. 4). La prototipazione sperimentale trova una ampia applicazione nell'ambito dei temi di ricerca legati al *superuse* e *upcycling* di materiali di scarto. In questo contesto la sperimentazione, l'attività di laboratorio *hands-on*, vede coinvolti ricercatori e studenti nello sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative per l'edilizia a partire dalla caratterizzazione di scarti provenienti da altri settori (scarti tessili, scarti agricoli, per esempio). La realizzazione di mockup consente infatti di *capire* il mix design ottimale in termini di materiali e le caratteristiche di lavorabilità; di *esplorare* nuove soluzioni tecnologiche, di *comunicare* con le aziende coinvolte, rendendo tangibili le potenzialità di implementazione della ricerca. Numerosi sono gli esempi di questo approccio alla progettazione tecnologica sviluppati nell'ambito di ricerche sperimentali e di tesi di laurea magistrale.

#### Prototipi di produzione

I prototipi di produzione sono utilizzati nell'ambito dello sviluppo tecnologico di nuove soluzioni. Sono finalizzati a verificare prestazioni, effettuare modifiche e perfezionamenti, fino alla realizzazione del prototipo definitivo destinato all'immissione sul

mercato e alla produzione in serie.

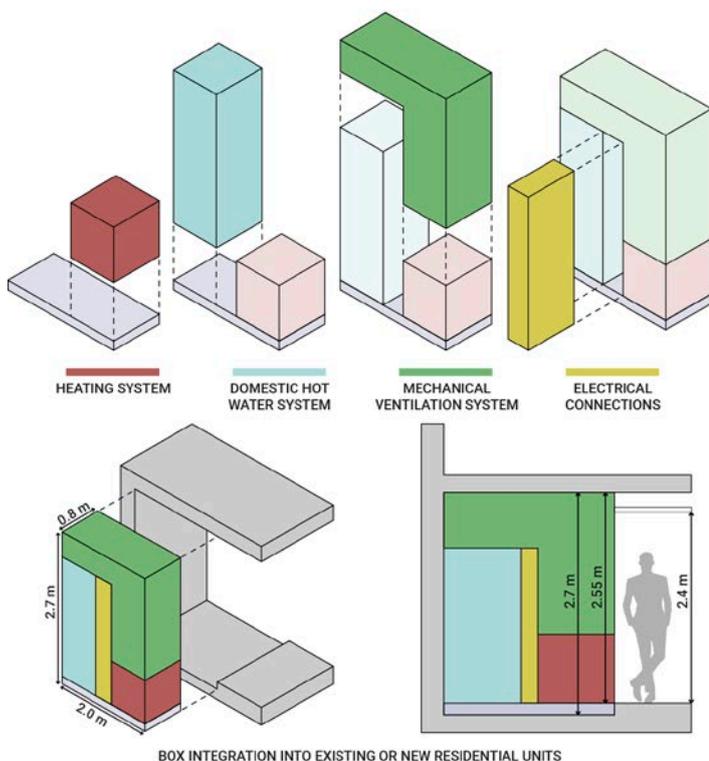
Fanno quindi parte di attività di ricerca e sviluppo orientate al business, condotte internamente all'azienda (R&D internalizzata) oppure svolte da un ente di ricerca esterno per conto dell'azienda (R&D esternalizzata).

Un esempio di prototipo di produzione, sviluppato a partire da attività di R&D internalizzata, è GRE\_EN\_Stand alone – elemento d'arredo “vegetato” – sviluppato dalla start up Growing Green srl, Spin Off accademico dal Politecnico di Torino.

Sulla base dei risultati raggiunti in un progetto di sviluppo industriale e ricerca sperimentale<sup>4</sup>, finalizzato alla realizzazione di un pannello modulare vegetato ed ecocompatibile (Serra *et al.*, 2017), il prototipo estende lo studio dal singolo pannello a un sistema tecnologico integrato e multifunzionale da utilizzare come divisorio per ambiente indoor.

GRE\_EN\_Stand alone è dunque un sistema autonomo dal punto di vista strutturale e impiantistico, flessibile, trasformabile e su ruote: da un lato è parete vegetata, dall'altro è arredo attrezzato. Il sistema unisce i vantaggi di una parete vegetata (diluizione inquinanti, fonoassorbimento, benessere psicoemotivo dovuto alla prossimità con la natura) a quelli di un arredo plurifunzionale (contenimento, esposizione di oggetti, separazione di spazi).

Le ragioni che giustificano lo sviluppo di un prototipo di produzione sono riferite essenzialmente a esigenze di mercato. Nel



caso di GRE\_EN\_Stand alone, esse sono riconducibili a: esigenza di flessibilità e trasformabilità degli spazi tipica dell'architettura contemporanea; esigenza di comfort in ambiente indoor, luogo in cui si trascorre oltre il 90% del tempo; domanda di *green technologies* e assenza di prodotti analoghi in commercio.

I prototipi di produzione sono il risultato di un approccio metodologico ciclico/iterativo di *design - prototyping - testing - implementation*, in cui i feedback ottenuti diventano strumento e guida per il miglioramento delle prestazioni e l'ottimizzazione del prodotto. In GRE\_EN\_Stand alone, la fase di *design* si è focalizzata sullo studio integrato dei requisiti:

- tecnologici (morfologici, dimensionali e funzionali, sulla base di criteri di modularità, multifunzionalità e trasportabilità; disassemblabilità di elementi e componenti, reversibilità delle connessioni, ispezionabilità degli impianti e delle dotazioni; ecocompatibilità dei materiali);
- impiantistici (autonomia impiantistica, riduzione dei consumi elettrici e idrici, riciclaggio dell'acqua di irrigazione, agevole manutenzione);
- agronomici (velocità di accrescimento, scarse esigenze idriche e di manutenzione, effetto tappezzante, diluizione di Composti Organici Volatili, piante edibili e/o con fioritura).

Sulla base dei requisiti individuati, è stato sviluppato il concept, prima, e il progetto esecutivo, poi, di diverse configurazioni di GRE\_EN\_Stand alone. Nei prototipi di produzione il progetto esecutivo riveste infatti un ruolo centrale ai fini dell'industrializzazione, sia in relazione al "progetto del prodotto" sia in relazione al "progetto del processo".

Nella fase di *prototyping and testing* sono stati realizzati più prototipi; in particolare sono stati testati diversi tipi di impianti di

sound absorption, psycho-emotional well-being due to its proximity to nature) with those of multi-functional furnishing (storage, display, separation of spaces).

The reasons that justify the development of a production prototype relate essentially to market demands. In the case of GRE\_EN\_Stand alone, these can be traced back to the need for flexibility and transformability of the spaces typical of contemporary architecture; the need for comfort in an indoor environment, a place where more than 90% of time is spent; the demand for green technologies and the absence of similar products on the market.

Production prototypes are the result of a cyclic/iterative methodological approach to design - prototyping - testing - implementation, in which the feedback obtained becomes a tool and a guide for improving performance and

optimising the product. In GRE\_EN\_Stand alone, the design phase focused on the integrated study of the following requirements:

- technological (morphological, dimensional and functional, based on criteria of modularity, multifunctionality and transportability; disassembly of elements and components, reversibility of connections, inspection of systems and equipment; eco-compatibility of materials);
- for service installations (system autonomy, reduction of electricity and water consumption, recycling of irrigation water, easy maintenance);
- agronomic (speed of growth, low water and maintenance requirements, endless pattern, dilution of Volatile Organic Compounds, edible and/or flowering plants).

On the basis of the requirements iden-

tified, the concept was developed first and then followed by the executive design of different configurations of GRE\_EN\_Stand alone. Executive design plays a central role in production prototypes for the purposes of industrialisation, both in relation to "product design" and "process design". Several prototypes were made in the prototyping and testing phase; in particular, different types of irrigation systems were tested (in relation to the characteristics of the pump, the main and secondary lines and the drip trays) and different types of plants were tested (for the duration of the vegetative cycle). These included ornamental and aromatic plants. One of the main aims of the implementation phase was to obtain a solution with a 100% plant survival rate after rooting. Another fundamental goal of the implementation was to develop a catalogue of solutions (different vegetate-

equipped combinations) on which to base marketing actions (Fig. 5). On the basis of an effective solution from the point of view of vegetation growth, the technological integration of elements and components capable of characterising the opposite face and guaranteeing a different use depending on the function was developed. In order to protect the intellectual property and enhance technological innovation, the final prototype of GRE\_EN\_Stand alone was patented. Production prototypes are often patented; the patent is considered a real intangible business asset, which allows the protection of investments in innovation and research, protecting industrial property, and the enhancement of their economic value through the management of user rights.

## Conclusioni

Lo studio mostra come, nelle varie fasi del processo di prototipazione, il prototipo possa essere utilizzato come vero e proprio strumento di progettazione per coadiuvare il passaggio concettuale e di scala compreso tra l'ambito ideativo e quello realizzativo e come strumento per gestire la complessità del progetto tecnologico.

Lo studio mostra come, nelle varie fasi del processo di prototipazione, il prototipo possa essere utilizzato come vero e proprio strumento di progettazione per coadiuvare il passaggio concettuale e di scala compreso tra l'ambito ideativo e quello realizzativo e come strumento per gestire la complessità del progetto tecnologico.

logue of solutions (different vegetate-equipped combinations) on which to base marketing actions (Fig. 5). On the basis of an effective solution from the point of view of vegetation growth, the technological integration of elements and components capable of characterising the opposite face and guaranteeing a different use depending on the function was developed. In order to protect the intellectual property and enhance technological innovation, the final prototype of GRE\_EN\_Stand alone was patented. Production prototypes are often patented; the patent is considered a real intangible business asset, which allows the protection of investments in innovation and research, protecting industrial property, and the enhancement of their economic value through the management of user rights.



Le esperienze illustrate dimostrano che, dal punto di vista didattico, il *design build* stimola il coinvolgimento degli studenti e il pensiero critico, indirizzando le attività di *problem solving* e *decision making*.

In ambito di ricerca, l'attività di prototipazione consente di trasferire la complessità progettuale in modelli in scala reale per analizzarne potenzialità e criticità tecnologiche e prestazionali, attraverso una modalità ciclica di prova, verifica e implementazione.

La prototipazione fisica infine assume un ruolo strategico nel trasferimento tecnologico, nel passaggio tra sperimentazione e

innovazione di prodotto, nel passaggio tra ricerca e industrializzazione.

In taluni ambiti del progettare la modellazione fisica dunque assume e può assumere un ruolo strategico affatto ancillare o subalterno a quello della modellazione virtuale. L'una, ovviamente non esclude l'altra e le due possono coesistere ciascuna con le proprie peculiarità.

La prototipazione è qui da intendere come capacità di indirizzare e innovare il processo edilizio, specie nella fase esecutiva, contribuendo a comporre la sintassi complessiva del progetto. Provocare, sperimentare e produrre prefigurano uno scenario

### Conclusion

The study shows how, in the various phases of the prototyping process, the prototype can be used as an effective tool to assist the conceptual transition and scale between concept and construction, and as a tool to manage the complexity of the technological project. The experiences mentioned show that, from the didactic point of view, the design build approach stimulates the involvement of students and critical thinking, directing problem-solving and decision-making activities. In the field of research, prototyping allows the transfer of the design complexity to full-scale models to analyse potential and critical technological and performance issues, using a cyclical method for testing, verification and implementation.

And last but not least, physical prototyping plays a strategic role in tech-

nological transfer, in the transition between experimentation and product innovation, and in the transition between research and industrialisation.

In some areas of design, physical modelling can and does take on a strategic role that is not ancillary or subordinate to that of virtual modelling. One, of course, does not exclude the other and the two can coexist, each with its own particular characteristics.

Prototyping is understood here as the ability to direct and innovate the construction process, especially in the execution phase, helping to compose the overall syntax of the project.

Provoking, experimenting and producing prefigure a scenario within which to rework and update the art – inspired by Semper's tectonics – with which to compose the parts of the building. A scenario in which the physical model is the expression of

applied research, the formation of a critical thought and, obviously, the production of the design.

### Authors' contributions

The article was written by the authors in equal parts.

### NOTES

<sup>1</sup> Convegno Internazionale SITDA "La produzione del progetto"; Sessione 2: Qualità del Progetto, Qualità della Costruzione, Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018.

<sup>2</sup> #AM6, workshop funded within the scope of Progettualità Studentesca 2017 by Politecnico di Torino.

<sup>3</sup> MOTE<sup>2</sup>, Feasibility study financed under the 2007/2013 ERDF ROPs.

<sup>4</sup> GRE\_EN\_S, Industrial research and experimental development project funded within the framework of POR FESR 2007/2013.

all'interno del quale rielaborare e attualizzare l'arte – ispirata alla tettonica di Semper – con cui comporre le parti della costruzione. Uno scenario nel quale il modello fisico è espressione della ricerca applicata, della formazione di un pensiero critico e, ovviamente, della produzione del progetto.

#### CONTRIBUTO DEGLI AUTORI

L'articolo è stato scritto in parti uguali dagli autori.

#### NOTE

<sup>1</sup> Convegno Internazionale SITDA “La produzione del progetto”; Sessione 2: Qualità del Progetto, Qualità della Costruzione, Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018.

<sup>2</sup> #AM6, workshop finanziato nell'ambito della Progettualità Studentesca 2017 dal Politecnico di Torino.

<sup>3</sup> MOTE<sup>2</sup>, Studio di fattibilità finanziato nell'ambito dei POR FESR 2007/2013.

<sup>4</sup> GRE\_EN\_S, Progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale finanziato nell'ambito dei POR FESR 2007/2013.

#### REFERENCES

Chiesa, G. (2017), “La prassi progettuale esplicito-digitale e l'approccio pre-stazionale”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 236-242.

Boer, L. and Donovan, J. (2012), “Prototypes for participatory innovation”, *Proceeding of the designing interactive systems conference*, DIS'12, pp. 388-397.

Buchenau, M. and Suri, J.F. (2000), “Experience prototyping”, *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, ACM, pp. 424-433.

Falotico, A. (2017), “Cultura del progetto e cultura del fare. L'approccio digitale come dimensione innovativa di processo”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 143-150.

Folić, B., Kosanović, S., Glažar, T. and Fikfak, A. (2016), “Design-Build Concept In Architectural Education”, *Architecture and Urban Planning*, Vol. 11(1), pp. 49-55.

Lim, Y.K., Stolterman, E. and Tenenber, J. (2008), “The anatomy of prototypes: Prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 15(2), p. 7.

Neuckermans, H. (2017), “La progettazione architettonica nell'era della tecnologia”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 33-37.

Paris, S. (2017), “Il rinnovamento della cultura tecnologica nel progetto, tra nuova tettonica e tecnologie digitali. Scenari internazionali dell'insegnamento e della ricerca”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 194-203.

Poore, J. and Nemecek, T. (2018), “Reducing food's environmental impacts through producers and consumers”, *Science*, Vol. 360 (6392), pp. 987-992.

Ruecker, S. (2015), “A brief taxonomy of prototypes for the digital humanities”, *Scholarly and Research Communication*, 6.2.

Serra, V., Bianco, L., Candelari, E., Giordano, R., Montacchini, E., Tedesco, S., Larcher, F. and Schiavi, A. (2017), “A novel vertical greenery module system for building envelopes: The results and outcomes of a multidisciplinary research project”, *Energy and Buildings*, Vol. 146, pp. 333-352.

Tronvoll, S.A., Elverum, C. W. and Welo, T. (2017), “Prototype experiments: strategies and trade-offs”, *Procedia CIRP*, Vol. 60, pp. 554-559.

Eppinger, S.D. and Ulrich, K.T. (2012), *Product design and development*, fifth edition, McGraw-Hill, New York, USA, pp. 289-309.