

Emilio Pizzi, Dipartimento ABC, Politecnico di Milano

emilio.pizzi@polimi.it

Abstract. La qualificazione della domanda nei processi di realizzazione delle opere comporta necessariamente una definizione più puntuale in ordine ad aspetti di funzionamento nel tempo delle strutture e di efficacia del rapporto costi e benefici dell'investimento. Ciò significa attribuire alle fasi iniziali del processo nuove valenze decisionali e nuovi strumenti di controllo e guida delle fasi successive in vista di obiettivi di razionalizzazione del processo in una logica di ottimizzazione degli apporti progettuali. Da questo punto di vista assumono particolare importanza sia la prefigurazione di scenari e corrispondentemente di regole fondate sul complesso di conoscenze acquisite sulle differenti soluzioni, sia l'adozione di nuovi strumenti di controllo digitale del progetto in vista della fabbricabilità degli elementi che lo compongono attraverso processi sempre più orientati sotto il profilo industriale.

Parole chiave: Analisi propedeutiche, Progetto integrato, Forme complesse, Modellazione digitale, Automazione dei processi

Introduzione

Come è noto, la legislazione vigente riconduce l'origine del processo progettuale e realizzativo alla puntuale definizione dei contenuti del Documento Preliminare alla Progettazione. Documento nel quale dovrebbero essere definiti in modo esaustivo obiettivi e strategie del processo progettuale. In realtà, nonostante la programmazione delle opere pubbliche nel nostro paese debba fondarsi su un'attenta analisi della fattibilità di ciascun intervento, questa fase così decisiva viene tuttora praticata con strumenti a dir poco improvvisati e quasi emergenziali, minando sin dall'origine la correttezza dell'iter attuativo.

Lo studio di fattibilità dovrebbe contenere al suo interno capitoli di approfondimento finalizzati a valutare sia le condizioni ostative sul piano regolamentare, dell'impatto ambientale, delle risorse, sia il grado di soddisfacimento dei bisogni atteso¹.

In sintesi si tratta di valutare l'opportunità di un investimento

per la collettività avendo soprattutto una visione proiettata alle condizioni di esercizio, ai costi globali e al grado di adeguatezza nel tempo della struttura ipotizzata.

È quindi indubbio che quanto più si riescono ad anticipare i caratteri distintivi dell'intervento tanto più si riesce a comprenderne l'efficacia ovvero l'inutilità.

Si ricorda che dello studio di fattibilità dovrebbero fare parte i seguenti capitoli fondamentali:

- Analisi propedeutiche e alternative di progetto
- Fattibilità tecnica
- Compatibilità ambientale
- Sostenibilità finanziaria
- Convenienza economico-sociale
- Verifica procedurale
- Analisi di rischio e sensitività

Se ci si sofferma sui primi due punti, risulta evidente come l'avvio di un iter progettuale e realizzativo capace di intercettare la domanda e le aspettative sociali non possa prescindere da una fase strategica fondata sulla disamina di possibili alternative di progetto. Ciò significa che per ogni nuova opera debbono essere formulate precise ipotesi progettuali su cui verificare non solo la rispondenza ai bisogni, ma anche il livello di costo nonché i possibili ritorni economici. Occorre quindi anticipare sin dall'origine la fase di definizione dei caratteri del progetto: anticipazione che, peraltro, dovrebbe ricomprendere anche una coerente disamina degli aspetti realizzativi sotto il profilo della fattibilità tecnica. Si viene in tal senso a rovesciare, in qualche modo, il principio di una progettazione tecnologica unicamente come fase avanzata del processo ideativo progettuale.

Toward the simplification of the design process chain aimed at optimizing the productive processes to improve innovation and competitiveness

Abstract. The demand within the process of building construction requires necessarily a deeper definition in terms of time and cost management. It means that new instruments of control are to be inserted in the first phases of any design. The prefiguration of scenarios and the presetting of rules and constraints along with the adoption of new digital fabrication softwares assume particular importance in process more and more oriented into a file to factory/fabrication method.

Keywords: Preparatory analysis, Integrated design, Complex shapes, Digital Modeling, Process Automation

Introduction

The Italian current regulation connects the origin of any design process to a specific definition of contents within the 'Documento Preliminare alla Progettazione' (Design Preliminary Document). This is a document

in which a series of targets and strategies of the design are to be written and exhaustively defined.

This phase, especially important in the design of public buildings, is sometimes overlooked and poorly studied, damaging from the beginning the realization process. It should include chapters studying the site and local regulations, environmental and resources impacts, and the fulfilling of all the needs. The document at last aims to the evaluation of an investment for the collectivity, through a specific vision towards costs, use and time (Bambagioni, 2012).

There is no doubt that the more objectives are studied beforehand the more understanding you get of their values, either positive or negative.

The different chapters that should be part of the document are hereby cited:

- Preparatory Analysis
- Technical Feasibility
- Environmental compatibility
- Financial sustainability
- Socio-economical Convenience
- Procedural record
- Risks analysis

Just by looking at the first two bullet points, it is clear how the starting of a design process can't disregard a strategic phase funded on the examination of different project options. This means that for every new project there must be several alternatives which may identify different scenarios, costs and economical returns. But to do so it must also be predefined the technical feasibility of the work almost up to the details. This might also lead to an anticipation of the technological design, usually seen as an advanced part of the design process. And since the executive

Proprio perché l'analisi tecnologica delle componenti di un'opera trova una sua precisa rispondenza nella definizione dei costi di realizzazione e gestione dell'opera, anche a fronte della imprescindibilità di una risposta agli scenari di crisi, è indispensabile poter operare con strumenti e metodologie di approccio nuove, rivolte a ricondurre l'iter progettuale ad una sua immediata utilizzabilità da parte del mondo produttivo.

La sfida ambientale

Di fatto le nuove consapevolezza che derivano non già dalla crisi economico-finanziaria del settore delle costruzioni, quanto dalla inadeguatezza di tecniche e pratiche progettuali e costruttive, spingono oggi ad una riflessione globale su nuove possibilità ed occasioni di rilancio. A fronte di nuove sfide planetarie sul piano della sostenibilità, dell'efficienza energetica, della maggiore affidabilità in relazione ai cambiamenti climatici e soprattutto di un più attento rispetto degli equilibri ambientali, sono venuti meno i presupposti per un uso di quelle tecniche costruttive che avevano accompagnato nel bene o nel male la fase di espansione edilizia del dopoguerra.

Se da un lato, infatti, la Commissione Europea attribuisce importanza strategica alle misure di miglioramento dell'efficienza energetica delle costruzioni per raggiungere l'obiettivo 20-20-20 nel 2020 (Commissione Europea, 2007), dall'altro le strategie progettuali e le tecnologie necessarie per ottenere i risparmi richiesti sono già disponibili. Proprio per questa ragione, la Direttiva 2010/31/UE sull'efficienza energetica degli edifici (EPBD) richiede che, a partire dal 1° gennaio 2021, in tutta l'Unione i nuovi edifici privati debbano raggiungere lo standard *nearly zero-energy*.

part deals also in the costs definition and in the building management, we must now operate with new approaches that could link the design process to an immediate connection to the production world.

The environmental challenge

There is today a new awareness, deriving not so much from the economic and financial crisis of the building sector as from the inadequacy of current design techniques and practices, that is fostering a global reflection about new possibilities for a restart. With new, planet-wide challenges in the fields of sustainability, energy efficiency, resilience to climate change and, in general, a more thorough respect for the environmental balance, the construction technologies widely used after the war, and sustaining the building expansion in that period, are

no more appropriate. In fact, if on the one hand the European Commission attributes great importance to the improvement of the energy efficiency of buildings to reach the 20-20-20 goal in 2020 (Commissione Europea, 2007), on the other the design strategies and technologies required to attain the necessary performance levels are already available. For this very reason, the Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (EPBD) requires that all private buildings should comply with the nearly zero-energy standard as of January 2021.

The recent European research project Smart-ECO (Sustainable Smart Eco-Buildings in the EU) (Iannaccone, Imperadori and Masera, 2013) involved a large number of stakeholders from the construction sector, from all over Europe, in a process

defining a vision of European sustainable buildings in 2020-2030 and identifying the most promising innovations (technologies and process) that would allow its implementation. The vision resulting from the confrontation with stakeholders is based on recent international standards defining sustainability for the construction sector (ISO 15392:2008) and on other definitions, such as those contained in CIB's Agenda 21 (CIB, 1999), in various national legislations and in environmental certification tools.

According to the resulting vision, a Smart-ECO building in fifteen years should:

1) be designed from a lifecycle point of view;

2) be constructed with limited resources and minimised energy consumption and waste production;

3) have minimised operational complexity while allowing easy monitoring of technical and environmental performances;

4) be adaptable to changes in capacity, type of users and performance requirements;

5) include local issues in all aspects of design, construction, use and dismantling;

6) facilitate ease of dismantling – reuse, recycle, restore.

As anticipated, the Directive on the energy performance of buildings defines pretty clearly the requirements on energy efficiency and carbon emissions from 2019 on, with at least an intermediate step of improvement before then. Other aspects are not yet defined by regulations or best practices, but were deemed significant for the evolution of buildings (and architecture) in the next twenty years.

practices, ma sono stati ritenuti molto significativi per l'evoluzione degli edifici (e dell'architettura) nei prossimi vent'anni. Tra questi aspetti si possono annoverare i seguenti.

– Mitigazione e adattamento al cambiamento climatico: la mitigazione consiste nell'azione sulle cause del cambiamento climatico (riduzione delle emissioni di gas serra), mentre l'adattamento prevede l'adeguamento degli edifici agli impatti fisici del cambiamento climatico (riduzione della vulnerabilità a temperature crescenti, eventi meteorologici più intensi, ecc.).

– Adattamento a nuove forme di energia: gli edifici costruiti oggi saranno ancora utilizzati quando i combustibili fossili saranno probabilmente esauriti, ed è quindi indispensabile pensare alla possibilità di *retrofit* per altre fonti energetiche. Si dovrebbe anche considerare che l'unica fonte di energia sicuramente inesauribile è il sole.

– Integrazione degli edifici nelle reti energetiche: gli edifici passeranno da consumatori a produttori di energia. È quindi necessaria l'integrazione di produzione centralizzata (tradizionale) e produzione diffusa (distribuita sulle coperture degli edifici) in un unico sistema "intelligente" in grado di bilanciare domanda e offerta di energia (*smart grids*).

– Ridurre il consumo di risorse: il progressivo consumo di territorio, acqua e materie prime impone di progettare considerando il ciclo di vita dei materiali e i relativi impatti. Oltre a prevedere l'uso di materiali recuperati / riciclati / riciclabili, è indispensabile pensare già ora al "*second use*" e alla de-costruzione.

– Progetti adattabili e flessibili: i cambiamenti che caratterizzano la nostra società riguardano una popolazione che invecchia, la migrazione verso le città e il nostro stesso stile di vita. Gli edifici dovrebbero essere in grado di accogliere funzioni oggi non

contemplate o imprevedibili, dal momento che il riutilizzo degli edifici significa conservare delle risorse impegnate per la loro costruzione. Costruzioni progettate secondo criteri di flessibilità e adattabilità a medio termine ("*loose fit, long life*") avranno ragionevolmente un'attesa di vita più lunga.

Sebbene la maggior parte di questi aspetti possano sembrare quasi ovvi, la vera sfida per la Commissione Europea sta nel trasferirli nella prassi corrente del mercato immobiliare, rendendoli uno standard per tutti gli attori del settore delle costruzioni.

Le sfide identificate dalla ricerca Smart-ECO investono l'intero processo edilizio, dalla progettazione integrata, alla gestione dell'energia (risparmio e produzione) a diverse scale, alle fasi di costruzione e gestione dell'edificio, con ricadute significative sulle tecnologie costruttive e sulle fasi di reperimento, trasformazione e installazione di materiali e componenti.

In effetti, tutto il processo edilizio appare oggi messo in discussione dalla difficoltà di conciliare i citati obiettivi prestazionali (che, in parte, un complesso e per molti versi frammentario quadro normativo vorrebbe irreggimentare), con una realtà assai più mutevole fatta di nuove aspettative dal mondo sociale ma soprattutto con una necessaria attitudine al continuo adattamento ad obiettivi che la realtà contemporanea nei suoi aspetti di complessità inevitabilmente pone ormai quotidianamente.

È un dato obiettivo il disorientamento che caratterizza le possibili scelte tecnologico-costruttive quando si affronta ogni nuova sfida progettuale: ciò che sino a ieri sembrava appartenere ad una regola dell'arte consolidata, oggi risulta non più adeguato a nuovi standard e a nuove istanze di affidabilità.

Una situazione di inadeguatezza che evidenzia ancora una volta l'arretratezza del settore, la sua frammentarietà e i limiti di una

Among them are the following.

- Mitigation and adaptation for climate change: mitigation is tackling the causes of climate change through reduction of greenhouse gas emissions; adaptation is adjusting to the physical impacts of climate change (increased temperature, extreme climatic events, etc.), by reducing vulnerability and finding opportunity.

- Adaptation to new forms of energy: short term energy crisis is a concern of energy development. Buildings constructed today will very probably be still in use when fossil fuels will be no longer available and should be ready to be retrofitted for other forms of energy supply (including renewable solar energy, which is certainly inexhaustible).

- Integration of buildings in the energy networks: energy efficiency in buildings needs to be embedded in

considerations of energy efficiency on an urban scale. The challenge for the future is the integration of centralised and de-centralised sources of energy, balancing demand and supply (which is intermittent due to the nature of renewable sources) into the so-called "smart grids".

- Reducing depletion of resources: increasing scarcity and the consumption of fertile land and natural resources are a significant global problem. The life cycle of buildings and their components should be considered in the design process: besides using reused / recycled / recyclable materials, the "second use" and the de-construction of buildings should be assessed from the beginning.

- Adaptable and flexible design for future needs: changes characterizing our society include an ageing population, urban migration, our lifestyle

and work. These often make traditional building approaches obsolete. A design based on the adaptability and flexibility concept makes it possible to continue using the building even if needs have changed: this is the "loose fit, long life" concept.

While most of these issues may look common sense or obvious, the real challenge for the European Commission is to have these concepts transferred to the market, making them current practice for decision-makers, designers, clients, construction companies, etc.

The challenges identified by the Smart-ECO research invest the whole building process, from integrated design, to the management of energy (saving and production) at different scales, to the construction and management of the building, with significant fallouts on construction

technologies and on the sourcing, transformation and installation of materials and components.

In fact, today the whole construction process is strongly challenged by the difficulty of conciliating the mentioned performance goals (which, at least in part, a complex and often fragmented body of regulations tries to define rigidly) with a much more variable reality, full of new expectations from the social areas and, above all, requiring a continuous adaptation to the complexity of contemporary life.

The bafflement experienced by designers in front of today's wealth of technological and constructional possibilities is a typical situation: what was, until recent years, part of a consolidated practice is no longer adapted to today's standards and requirements of reliability.

filiera priva di regole comuni nonostante la presenza di elementi di eccellenza.

Non si tratta più di individuare diverse e più appropriate soluzioni costruttive, quanto ripensare, in questa fase di apparente stagnazione e arretratezza, alla opportunità di intraprendere nuove e più efficienti alternative di sviluppo.

La diffusione delle tecnologie informatiche all'interno del processo ideativo progettuale prefigura la condizione ideale per l'impiego di strumenti non più unicamente indirizzati alla rappresentazione grafica e di calcolo, quanto orientati a governare l'intero processo fabbricativo dei componenti e di assemblaggio degli stessi.

La premessa indispensabile è data dal riconoscimento di un approccio progettuale integrale che valuti, sin dall'avvio, il ruolo dei differenti apporti disciplinari e sappia coordinarli efficacemente in relazione agli obiettivi dati, modulandolo sulle risorse effettivamente disponibili.

Attraverso di esso è possibile approdare ad una nuova visione del cantiere non già come luogo di improvvisazione e continua verifica e ridefinizione delle scelte progettuali attraverso un universo di alternative possibili, quanto a luogo di assemblaggio di parti finite prodotte industrialmente.

La maggiore efficienza data dalla eliminazione di sfridi, dalla riduzione di tempi operativi, da un impiego efficiente delle risorse di mano d'opera e soprattutto dal raggiungimento di risultati certi sotto il profilo prestazionale, senza scostamenti dalle previsioni progettuali, può essere raggiunta grazie ad un profondo cambiamento culturale che comporti una diversa e più avanzata formazione di tutti gli operatori del processo. Il passaggio da un settore a forte componente artigianale ad un settore industriale

This inadequacy highlights once again that the sector is late and fragmented, with an organisation devoid of common rules – if, however, singular excellent examples are not lacking.

The point is not the identification of different, more appropriate technical solutions, but to imagine new and more efficient alternatives for development in this phase of apparent stagnation and backwardness.

The diffusion of information technology in the design process prefigures the ideal condition for the use of tools that are not only aimed at graphical representation and calculations, but also at governing the whole fabrication process of components and their assembly on, or off, site.

The indispensable precondition for this scenario is the adoption of an integrated design process (IDP) that

is able to coordinate and integrate effectively the different disciplinary inputs, modulating the amount of work and information according to the available resources.

Through the IDP, it is possible to imagine the construction site as a place where elements that were industrially produced off-site are assembled; no more a place of improvisation and continuous redefinition of the design choices based on a whole world of possible alternatives.

The higher efficiency deriving from the elimination of wastage, the faster assembly process, the efficient use of labour and, above all, the guaranteed performance levels, free of deviations from the design specifications, can be reached thanks to a thorough cultural change based on a more advanced training of all the participants in the process. The shift from

mature non può essere solo dato da investimenti e dalla creazione di strutture produttive fortemente integrate e competitive, ma può essere reso possibile dal riconoscimento di un territorio comune di condivisione dei saperi capace di indirizzare ogni scelta progettuale verso i suoi esiti fabbricativi nel rispetto di tempi e costi di produzione.

La prefigurazione di nuovi scenari La sempre maggiore complessità dell'opera architettonica non solo sul piano delle componenti

tecnologiche implicate, ma soprattutto per la introduzione di nuove geometrie ed articolazioni spaziali, richiede nuovi strumenti di controllo progettuale legati alla modellazione digitale.

La progressiva diffusione del BIM (Building Information Modelling) avvenuta in questi anni, ma soprattutto una propensione alla interoperabilità dei software, possono costituire, assieme alla interconnessione con tecniche di produzione robotizzata, le premesse per un diverso dominio del progetto sulla definizione dei componenti, sul loro assemblaggio, sul ciclo di vita e sul loro possibile recupero e riciclaggio dopo la dismissione. Questo è sicuramente possibile nell'ottica di una ridefinizione dell'organismo edilizio sempre più caratterizzato da parti intercambiabili e da processi di assemblaggio prevalentemente a secco dei componenti.

La messa a punto di materiali e stratificazioni caratterizzate da specifici livelli prestazionali integrabili in pacchetti differenti, unitamente alla introduzione di sensori e nuovi nano-materiali aventi una maggiore propensione a governare, unitamente ai fattori di comfort, anche il comportamento energetico del sistema edilizio in relazione alle variazioni delle condizioni ambientali

a sector strongly characterised by handcrafted procedures to a mature industrial sector cannot derive only from investments and the creation of integrated and competitive production chains, but requires the recognition of a common territory where knowledge is shared, allowing to direct every design choice towards its consequence in terms of production, on time and on budget.

The prefiguration of new scenarios

The increasing complexity of the architectural designs, not only in the technological field, but more and more in the introduction of new geometries, requires new instruments of design control and management linked to digital modeling.

The progressive diffusion of the BIM (Building Information Modelling) and software interoperability in the

past few years may lead to new premises for a new control over the project, over the different components, their assembly, life cycles and recycling after their dismission. This is more and more possible if we imagine building characterized of interchangeable parts and dry building systems.

The research allows us to identify new materials and shells with specifically designed characteristics and features; it allows us to introduce sensors and new nano-materials that could manage the energetic behavior of the building in reacting to climate and temperature changes and foresee the aging of certain elements in order to keep the building in shape and controlled.

The global design approach, allows a larger sharing of the negative and positive aspects of the design thus leading to new solutions and self

esterne e del microclima esterno, e con esso anche altri meccanismi prestazionali fino alla durata e al controllo dell'invecchiamento delle parti, in vista di interventi manutentivi o sostitutivi, sono solo alcuni degli scenari oggi sempre più realisticamente perseguibili che la ricerca mette a disposizione.

L'approccio progettuale globale, fondandosi anche sulla diffusione dei dati conoscitivi degli esiti di ogni nuova realizzazione, consente una maggiore condivisione degli aspetti di retrofit negativo e quindi tende a favorire il continuo superamento delle soluzioni meno adeguate selezionando quelle più affidabili e contribuendo alla formazione di maggiori consapevolezze costruttive in tutti gli operatori.

Parimenti la condizione di più facile riarticolazione dell'oggetto edilizio, sempre più costituito da componenti intercambiabili, porterà a migliorare le condizioni di flessibilità e adattività a condizioni d'uso differenziate degli spazi, che saranno sicuramente più suscettibili nell'assecondare le dinamiche di modifica dei comportamenti come sempre più sovente accade in tutte le tipologie edilizie.

Risulta dunque evidente come ci si trovi oggi di fronte ad opportunità e prospettive concrete di cambiamento che non possono essere ignorate.

Gli scenari delineati dalla Commissione Europea per il settore concordano inoltre sulla necessità/opportunità di attivare un processo di riqualificazione del parco edilizio esistente anche in questo caso attraverso nuove e più efficienti tecnologie di miglioramento delle prestazioni non solo sul versante energetico, ma anche sulla qualità globale degli organismi edilizi.

Ne sono un esempio la ricerca EASEE finanziata dalla Commissione Europea per la messa a punto di nuove soluzioni di recu-

pero e ridefinizione degli involucri esistenti e le ricerche svolte in ambito europeo e nazionale che, a partire dalla identificazione di macroaree transregionali aventi caratteristiche omogenee (Cuca et al., 2013), hanno ricomposto strategie di intervento appropriate in relazione alle differenti tecnologie costruttive presenti nei vari contesti (Villa et al., 2013). Prevale, in ogni caso, l'aspettativa per un cambiamento anche nella qualità architettonica, sia nei nuovi interventi sia in quelli di recupero.

Le condizioni che hanno portato alla crisi attuale del settore delle costruzioni, che si intersecano anche con l'insieme dei processi di alterazione dei territori perpetrati in questi anni attraverso la realizzazione di un parco edilizio che mostra evidenti segni di inadeguatezza, deve essere anche l'occasione per una riflessione sulla importanza della qualità dell'architettura per il rilancio del settore.

La modellazione digitale premesse per la fabbricazione robotica di componenti e sistemi

Nel dibattito internazionale la critica converge nel definire un nuovo modo di concepire l'evoluzione della città, accostandola a fenomeni biologici e sistemi

naturali governati da processi computazionali.

Alla base del mutamento, la progettazione computazionale sta radicalmente ridefinendo il modo di progettare ad ogni scala di intervento, dal masterplan, all'edificio, all'oggetto. Ogni elemento dell'architettura appartiene ad un sistema di informazione e interazione capace di generare ordini strutturali complessi. Le informazioni sono gestite ed espresse da algoritmi. Questo modo di progettare consente di generare nuove idee, aumentare le potenzialità intellettive e risolvere problemi logici complessi. Il

awareness in the different operators. More and more buildings are to be constructed with interchangeable components, adding flexibility and adaptability to different uses of the spaces.

In front of us stand now new opportunities of change that cannot be ignored or overseen.

The European Commission in our sector defined new scenarios and objectives towards solutions of regeneration or the urban fabric through the use of new and more efficient technologies to restore a global quality in the built environment.

As an example the EASEE research is finding new solutions for the redefinition and the restoration of existing building shells and the different interventions on them.

The different conditions that led to the actual crisis must be now the

occasion for a deep reconsideration on the importance of the quality of architecture for the re-launch of the building industry.

Digital modelling as a premise for robotic fabrication

Nowadays scientists, researchers, architects, engineers are studying and imaging the evolution of the city in a new way, which is inspired by neurosciences, biological phenomena and natural systems. The rising of a new theory is supported by the development of evolutionary algorithms and computational design strategies.

Computational design tools are affecting and driving design at multiple scales, from the size of a city Master plan, through the scale of a building, to the size of an object.

A new state of complexity is gained by linking multiple layers of informa-

tion, which are technically generated by algorithms and lines of code.

The creative process is empowered by the definition of rules that have the potential to generate new type of spaces, visionary shapes and evolved organizational systems.

The computational designer knows how to deal with algorithms in order to understand how to deal with spaces. An interesting aspect of the design process is when a 3D model is the result of the unexpected link of information between different algorithms (Brell-Cokcan e Braumann, 2010). The "computational tool" is nowadays as revolutionary as the invention of the "perspective" in the Renaissance. It is a new tool for exploring new territories and innovative tectonics within the architectural field (Brell-Cokcan et al., 2010).

Through computational tools it is

now possible to design buildings that take into account multiple levels of performance, including the optimization of structural behaviors, energy performances and aesthetic qualities of a building (Gramazio and Kohler, 2008).

From a construction standpoint, thanks to the ongoing advancements on digital and robotic fabrication, computational design is changing the way that buildings are realized (Bärtschi et al., 2010).

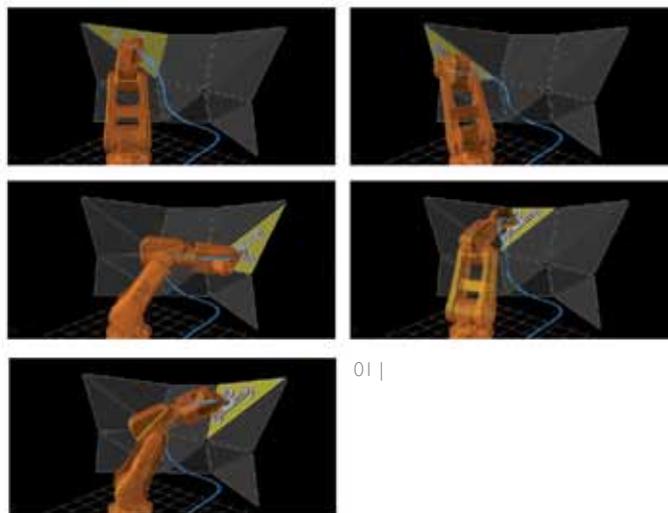
Both the manufacturing and the assembly processes are evolving towards automation. Innovation could be achieved through new hybrid materials (Iwamoto, 2009; Kolarevic and Klinger, 2008) and new way of producing them or through traditional materials where the manufacturing and assembly processes are made possible only by means of com-

processo creativo consiste nel definire delle regole. Queste regole e relazioni governano geometrie e sistemi logici organizzativi. Il “*computational designer*” costruisce modelli tridimensionali generando il codice che li governa (Brell-Cokcan e Braumann, 2010). Esplorare spazi e caratteristiche architettoniche presuppone la gestione degli algoritmi nella definizione delle relazioni tra gli elementi (Brell-Cokcan et al., 2010). Spesso i risultati sono inattesi.

Nella concezione del progetto, dopo cinque secoli, il “processo computazionale” sostituisce la “prospettiva” e le rappresentazioni cartesiane della forma.

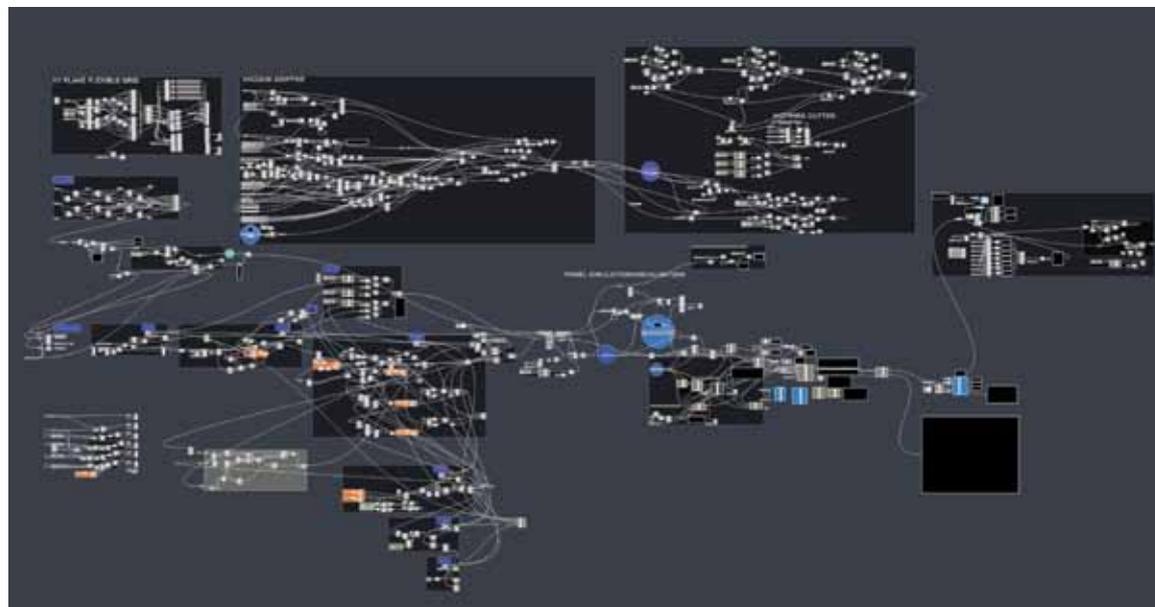
Utilizzando tale processo, le qualità estetiche, strutturali ed energetiche diventano parametri fondamentali nella definizione della forma costruita (Gramazio e Kohler, 2008).

La progettazione computazionale si manifesta nei processi produttivi mediante la fabbricazione digitale e robotica. Si aprono nuove possibilità di impiego di materiali tradizionali (Bärtschi et al., 2010), e al tempo stesso si presentano nuove opportunità per generare materiali innovativi (Iwamoto, 2009; Kolarevic e Klingner, 2008). Le stesse regole che generano nuovi spazi e nuove geometrie si traducono in informazioni per governare macchine a controllo numerico che realizzano tali forme (Ruttico e Lorusso, 2012). L’assemblaggio robotico di elementi che si auto-sostengono reciprocamente mediante sistemi adattivi rappresenta la frontiera nell’evoluzione dei processi computazionali legati alla fabbricazione “*on-site*”.



01 | Computazionale di progettazione e assemblaggio robotico di strutture autoportanti in acciaio. L’algoritmo programma il robot automaticamente per ogni differente traiettoria richiesta dalla variazione geometrica. Si passa da un tipo di produzione seriale ad una produzione differenziata in elementi unici assemblati a controllo numerico con precisione nell’ordine del decimo di millimetro
Robot instructions for the design and the installation for self-bearing steel structures. The algorithm instructs the robot on every single different path required by the geometry. This represents the transition from a production in series, to a customized production of unique elements, with a precision level up to one tenth of a millimeter

02 |



02 | Sistema di progettazione computazionale. Le regole che definiscono la geometria e le informazioni per la produzione sono controllate da algoritmi che generano simultaneamente le simulazioni grafiche per la visualizzazione e il codice informatico per i processi produttivi
Computational design system. The commands that define the shape and the production information are controlled by algorithms that simultaneously create graphical renderings and the code required by the production process



03 | Sperimentazioni 2013 di *pick and place* al Politecnico di Milano. Prof. Francesco Braghin, Prof. Emilio Pizzi, PhD. Antonio Premoli, PhD. Pierpaolo Ruttico
2013 *pick and place test at Milan Polytechnic* Prof. Francesco Braghin, Prof. Emilio Pizzi, PhD. Antonio Premoli, PhD. Pierpaolo Ruttico

L'industria delle costruzioni riceverà nuovi impulsi con l'automazione del cantiere e con l'introduzione dei robot nelle linee di produzione. I sistemi robotici *on-site* permetteranno di far fronte all'imprecisione del cantiere e al problema di compensare le tolleranze di fabbricazione. La velocità e la precisione di un sistema automatizzato digitale sono parametri che renderanno presto competitivi i processi di progettazione e fabbricazione digitale, dando nuovo impulso al settore delle costruzioni (Ruttico e Lorusso, 2012).

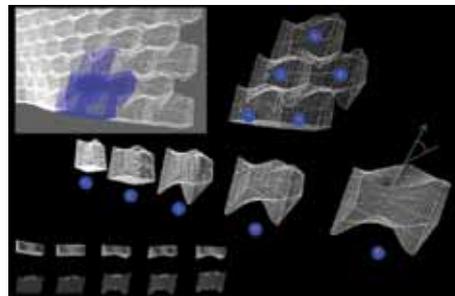
Conclusioni

In sintesi il processo progettuale tenderà sempre più ad intersecarsi sin dalla sua origine con le esigenze delle problematiche fabbricative definendo tempi e modalità realizzative dei compo-

menti e del loro assemblaggio e parallelamente precisando, oltre alla qualità attesa, anche l'entità degli investimenti necessari. Si tratta, in sintesi, di ricomporre i legami tra ricerca, formazione e le diverse componenti del sistema produttivo del settore delle costruzioni attraverso una più stretta interazione di obiettivi e una continua verifica degli esiti del processo di costituzione di un'unica solida filiera che potrà essere competitiva a livello internazionale proprio a partire dalla sua condivisione, ma soprattutto dalla sua reale innovatività.

NOTE

¹ Si veda al proposito, sul n° 3 - 2012 di *TECHNE* con riferimento agli specifici obiettivi di valorizzazione economica degli interventi, il saggio di Giampiero Bambagioni.



04 | Sperimentazioni 2012 di lavorazione robotica di component per l'architettura al Politecnico di Milano. Prof. Francesco Braghin, Prof. Emilio Pizzi, PhD. Antonio Premoli, PhD. Pierpaolo Ruttico (Ruttico e Lorusso, 2012)
2012 *robotic test of building components at Milan Polytechnic*. Prof. Francesco Braghin, Prof. Emilio Pizzi, PhD. Antonio Premoli, PhD. Pierpaolo Ruttico (Ruttico e Lorusso, 2012)



REFERENCES

- Bambagioni, G. (2012), "Sulla valorizzazione del patrimonio immobiliare pubblico: la valutazione di programmi e progetti (studio di fattibilità)", *TECHNE*, n. 3, pp. 55-61.
- Bärtschi, M., Knauss, T., Bonwetsch, F., Gramazio, F. and Kohler, M. (2010) *Wiggled Brick Bond, Advances in Architectural Geometry 2010*, Springer, Vienna, pp. 137-148.
- Brell-Cokcan, S. and Braumann, J. (2010), *A New Parametric Design Tool for Robot Milling. Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, New York, pp. 357-363.
- Brell-Cokcan, S., Reis, M., Schmiedhofer, H. and Braumann, J. (2009), *Digital Design to Digital Production: Flank Milling with a 7-Axis Robot and Parametric Design. Computation: The New Realm of Architectural Design. 27th eCAADe Conference Proceedings*, Istanbul, pp. 323-330.
- Commissione Europea (2007), *Visione 2020: risparmiare la nostra energia*, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità Europee, Lussemburgo.
- CIB (1999), *Agenda 21 on sustainable construction*, Publication 237, CIB, Rotterdam.
- Cuca, B., Sesana, M. M., Iannaccone, G., Oreni, D. and Caccavelli, D. (2013), "Integration of the Multi-scale Heterogeneous Data for the Deployment of the Concept of Energy Efficiency in Buildings within an SDI Framework", in *Computational Science and Its Applications-ICCSA 2013*, Springer, Berlin, pp. 358-374.
- Gramazio, F. and Kohler, M. (2008), *Digital Materiality in Architecture*, Lars Müller Publishers, Baden.
- Iannaccone, G., Imperadori, M. and Masera G. (2013), *Smart-Eco Buildings towards 2020/30*, Springer, Berlino.
- ISO 15392:2008.
- Iwamoto, L. (2009), *Digital Fabrication: Architectural and Material Techniques*, Princeton Architectural Press, New York.
- Kolarevic, B. and Klinger, K. (2008), *Manufacturing Material Effects – Rethinking Design and Making in Architecture*, Routledge, New York.
- Piller, F. (2004), "Mass Customization: Reflections on the State of the Concept", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, n. 16, Springer, pp. 313-334.
- Ruttico, P. and Lorusso, P. (2012), *Bitmap-Driven Parametric Wall for Robotic Fabrication, Advances in Architectural Geometry 2012*, Springer, Vienna, pp. 205-212.
- Scheurer, F. (2010), *Materialising Complexity. Architectural Design 80*, Wiley and Sons, Hoboken.
- Villa, N., Bonacina, C. F., Grecchi, M., Iannaccone, G., Malighetti, L., Pizzi, E. and Ruta, M. (2013), *Innovative design tools for sustainable refurbishment of large building complexes, in Central Europe towards Sustainable Building Prague 2013 (CESB13) Proceedings*, Prague
- puter numerically controlled machines (Ruttico and Lorusso, 2012). Through the algorithmic design process it is also possible to reciprocally inform "design" and "fabrication" in a feedback loop way. The designer takes more responsibilities by taking into account fabrication constraints and environmental conditions. The construction industry will be enhanced by introducing robotic equipment - within the manufacturing plants - and adopting on-site automated construction systems. By dealing with robotic systems - directly on-site - it is possible to avoid common problems related to imprecision and fabrication tolerances. The speed and precision of automated construction systems will bring computational design towards highly competitive targets, pushing
- the boundaries of the construction industry (Ruttico and Lorusso, 2012).

Conclusion

At last, the design process, from its origin, will be deeply linked with the needs and problems of rapid fabrication, defining times and construction methods of the single components while programming quality and costs.

Research, formation and the different actors of the construction process will be strongly connected through common targets and objectives leading to a continuous examination of the results of a complex and innovative world leading production chain.