

Andrea Campioli,

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

andrea.campioli@polimi.it

Queste note descrivono il ruolo che oggi la cultura tecnologica riveste nella progettazione dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito. Una particolare attenzione è posta ai temi della sostenibilità, della digitalizzazione e dell'incertezza che richiamano l'attività progettuale a una rinnovata responsabilità nel compito di rinsaldare il legame tra teoria e prassi.

Cultura, tecnologia, progetto

Nella locuzione “cultura tecnologica della progettazione” il sostantivo “cultura” fa riferimento alla produzione di una collettività definita nel tempo e nello spazio e richiama il processo di sedimentazione delle conoscenze teoriche e operative. Nell'ambito delle costruzioni e dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito esso assume connotazioni molto diversificate a causa della specificità di ogni contesto e della differente struttura dei processi e dei soggetti in essi implicati.

L'aggettivo “tecnologica” si riferisce invece, a quell'insieme di tecniche basate sulla comprensione e lo sfruttamento di fenomeni naturali per l'utilità dell'uomo. Arthur (2011) sviluppa un'interessante riflessione sulla natura della tecnologia a partire da una triplice definizione: la tecnologia “è un mezzo per soddisfare uno scopo umano”; la tecnologia è “un insieme di pratiche e di componenti”; la tecnologia è “l'insieme complessivo degli apparecchi e delle pratiche ingegneristiche disponibili a una cultura”. Muovendo da questo quadro definitorio, egli formula una teoria dell'innovazione tecnologica nella quale l'essenza di ogni tecnologia è costituita dalla comprensione di fenomeni naturali, comportamentali e organizzativi che possono poi essere programmati per raggiungere una finalità. Il riferimento a fenomeni naturali

e allo stesso tempo a fenomeni comportamentali e organizzativi offre un'interessante chiave di lettura per comprendere la specificità che la cultura tecnologica assume allorché è riferita alla progettazione dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito e, in modo ancora più specifico, alla progettazione dell'architettura, dove, più che in altri campi dell'agire umano, essa è inscindibilmente connessa a una dimensione simbolica e a un orizzonte di senso che travalica la dimensione tecnica. Qui la tecnologia non solo è parte integrante di quell'insieme complessivo degli apparecchi e delle pratiche ingegneristiche disponibili alla nostra cultura, quello che Kelly (2010) ha definito come *technium* e Hughes (1987) come *technological system*, ovvero il coacervo di artefatti fisici, di organizzazioni e di saperi, ma essa è anche l'insieme delle pratiche che consentono di trasformare l'ambiente per soddisfare l'esigenza di abitare dell'uomo, in senso materiale, ma anche simbolico. La tecnologia è l'esito di una determinata società e, al tempo stesso, ne è principio di trasformazione. In questa prospettiva la cultura tecnologica è anche cultura sociale e cultura etica: una cultura tecnologica antropologicamente adeguata (Nardi, 2002).

La specificazione “della progettazione” individua infine, l'obiettivo verso il quale la cultura tecnologica è orientata. In tal senso la progettazione si pone come attività di anticipazione, di previsione, di formulazione di ipotesi: essa è esplorazione euristica delle soluzioni possibili, tra le quali individuare quella più adeguata al problema da risolvere. All'interno di una prospettiva di coerenza tra le premesse e i risultati da conseguire, sul piano metodologico, la progettazione opera secondo un processo di continuo aggiustamento dell'ipotesi di partenza e di revisione puntuale degli strumenti da utilizzare. Lo stretto legame con la realtà impone

THE CHARACTER OF TECHNOLOGICAL CULTURE AND THE RESPONSIBILITY OF DESIGN

These notes describe the role that technological culture plays today in designing processes of transformation of the built environment. They focus particularly on issues of sustainability, digitisation and uncertainty, all of which urge renewed responsibility upon design in the task of consolidating the link between theory and practice.

Culture, technology, design

In the expression “technological culture of design”, the noun “culture” refers to the production of a spatially and temporally defined community and to the process by which theoretical and working knowledge is accumulated. In the field of construction and transformation of the built environment, it takes on a large variety of connotations, because of the specific nature of each context and the different structure of the processes and actors that they involve.

The adjective “technological”, on the other hand, refers to that set of technologies based on the understanding and exploitation of natural phenomena for human benefit. Arthur (2011) develops an interesting argument concerning the nature of technology, starting from a threefold definition: technology is “a means to fulfil a human purpose”; technology is “a set of practices and components”; technology is “the entire collection of devices and engineering practices available to a culture”. Starting from this definitional framework, he develops a theory of technology and technological innovation in which the essence of every technology lies in the understanding of natural, behavioural and organisational phenomena which can subsequently be planned in order to achieve an end. His reference to natural and at the same time behavioural and organisational phe-

nomena provides an interesting key to understanding the specific character which technological culture assumes whenever it refers to the design of processes of transformation of the built environment and, even more specifically, to the design of architecture, where, more than in other fields of human action, it is inextricably bound up with a symbolic dimension and with a meaning horizon that extends beyond the technical dimension. Here, technology is not just an integral part of that overall collection of devices and engineering practices available to our culture, what Kelly (2010) calls a *technium* and Hughes (1987) a *technological system*, that is, the accumulation of physical artefacts, of organisations and skills. It is also the set of practices that enable the environment to be transformed in order to satisfy humanity's living needs, not merely in a material but also in a

alla progettazione un costante confronto con la cultura tecnologica che descrive compiutamente il contesto di riferimento sociale, economico e produttivo.

La cultura tecnologica della progettazione costituisce quindi il luogo naturale della connessione tra teoria e prassi.

Il carattere della cultura tecnologica

L'azione progettuale si colloca entro una prospettiva ampia, di confronto critico con le pressanti esigenze della società, le ingerenze dell'economia, le ragioni della produzione ed è obbligata a confrontarsi con il problema della corrispondenza tra ciò che viene progettato e le aspettative di una determinata collettività e di ogni suo singolo individuo, in un determinato contesto spaziale e temporale. Questa corrispondenza non può essere circoscritta alla sola dimensione tecnica. Emmitt (2013), riferendosi alla realtà del Regno Unito, identifica il campo disciplinare della tecnologia dell'architettura in quel vuoto tra la fase del progetto e la fase della realizzazione che si è venuta a creare, a partire dal diciassettesimo secolo, con la frammentazione delle professioni e la nascita dell'Institute of Civil Engineers (1818), dell'Institute of British Architects (1834) e del Surveyors Institute (1868), sottolineando come la cultura tecnologica costituisca un elemento fondamentale per gestire i processi di trasformazione in modo tale da colmare la distanza che separa l'idea progettuale dalla sua costruibilità. Si tratta di una posizione solo parzialmente condivisibile perché lo spazio della tecnologia dell'architettura è quello molto più ampio dei metodi e degli strumenti che consentono di affrontare situazioni connotate dalla molteplicità dei fini, talvolta contraddittori e comunque non sempre circoscrivibili all'ambito della razionalità. In termini

symbolic sense. Technology is the outcome of a given society and at the same time is the cause of its transformation. Viewed from this perspective, technological culture is also social culture and ethical culture: an anthropologically adequate technological culture (Nardi, 2002).

Finally, the specification "of design" refers to the end goal of technological culture. In this sense, design must be seen as an activity which anticipates, predicts and formulates hypotheses: it is the heuristic exploration of potential solutions, among which it identifies the most appropriate one to apply to the problem to be solved. Set out in these terms, at the methodological level, design operates according to a process by which it continually adjusts its starting hypothesis and carefully reviews the instruments to be used, with a view to consistency between initial premises

and the results to be achieved. Its close ties with reality force design to dialogue constantly with the technological culture that describes the social, economic and production context as a whole. The technological culture of design thus constitutes the natural meeting place between theory and practice.

The character of technological culture

Design operates within a broad framework, engaging critically with the pressing needs of society, the intrusions of the economy and the logic of production and is forced to address the issue of whether what gets designed corresponds to the expectations of a given community and each single individual, in a specific spatial and temporal context. This correspondence cannot be limited to the technical aspect alone. Emmitt (2013), with reference to the

generali, lo spazio specifico della tecnologia si colloca allora a ridosso di quelle situazioni nelle quali "il conflitto relativo ai fini non può essere risolto mediante l'uso di tecniche derivate dalla ricerca applicata" (Schön, 1983, tr. it., 1993 p. 68) e nelle quali è soltanto "attraverso il processo non tecnico di strutturazione della situazione problematica che possiamo organizzare e chiarire sia i fini, sia i possibili mezzi per conseguirli" (*idem*). L'architettura e, più estesamente, i processi di trasformazione dell'ambiente costruito, costituiscono situazioni di questo tipo.

In questa prospettiva la cultura tecnologica della progettazione identifica un campo concreto di saperi, conoscenze, metodi e strumenti assai ampio e articolato. Al contempo, essa incorpora quell'orizzonte di senso che l'architettura e i processi di trasformazione del costruito devono necessariamente traguardare in relazione alla storia degli uomini, dei luoghi, e delle cose. Affrontare il progetto assumendo la cultura tecnologica come riferimento da un lato consente un riavvicinamento tra l'idea e la sua realizzazione e dall'altro fa convergere due percorsi che, oggi forse ancora più che nel passato, sembrano proseguire parallelamente: il percorso della concezione formale che mira a costruire visioni prescindendo dalla materialità degli oggetti e dei processi realizzativi e il percorso dell'ottimizzazione ingegneristica che, prona alle logiche del performance-based design, si limita a precisare i termini della costruibilità e a minimizzare i rischi di insuccesso, senza preoccupazione alcuna per quegli aspetti che non è possibile ricondurre a una misura della prestazione.

Un primo passo nella direzione di questa convergenza era già stato fatto negli anni '90, quando l'interpretazione della tecnologia dell'architettura in termini di sistematizzazione delle caratteristiche dei materiali e della composizione degli organismi e

United Kingdom, sees the subject area of architectural technology as occupying the void that has developed between the design and building phases, starting from the seventeenth century with the fragmentation of professions and the birth of the Institute of Civil Engineers (1818), the Institute of British Architects (1834) and the Surveyors Institute (1868). He emphasises that technological culture is an essential element in managing processes of transformation in such a way as to bridge the gap between the design idea and its constructability. It is a view that can only be partially shared, as architectural technology occupies a far broader space, taking in the methods and tools that make it possible to address situations characterised by a wide variety of aims, often contradictory and in any case not always circumscribable within the bounds of rationality. In general

terms, the specific space occupied by technology thus lies behind those situations in which "a conflict of ends cannot be resolved through the use of techniques derived from applied research" (Schön, 1983) and in which it is only "through the non-technical process of framing the problematic situation that we may organize and clarify both the ends to be achieved and the possible means of achieving them" (*idem*). Architecture and, in a broader sense, processes that transform the built environment, constitute situations of this type. Viewed from this perspective, the technological culture of design denotes a concrete field of skills, knowledge, methods and tools that is very broad and complex. At the same time, it encompasses that meaning horizon towards which architecture and processes of transformation of the built environment must necessarily aim in

degli elementi costruttivi, tipica del dopoguerra, dimostrò tutta la sua inadeguatezza nei confronti della complessità dei processi di trasformazione in atto. I temi “progetto e decisionalità”, “produzione e management del progetto”, “progetto, tecnologia”, “norma, progetto e committenza”, “progetto intelligente”, “progetto e storia” posti proprio in quegli anni al centro della riflessione (Crespi, Schiaffonati, 1990) sono emblematici dello sforzo condotto per aprire la cultura tecnologica della progettazione a quelle istanze che avevano profonde radici in un contesto sociale economico e produttivo in rapida trasformazione, con l’obiettivo di un ricongiungimento tra teoria e prassi.

Si tratta di temi che hanno indirizzato la ridefinizione del carattere della tecnologia dell’architettura all’interno delle scuole di architettura in Italia e che offrono una visione della cultura tecnologica che va ben oltre la sua natura disciplinare, per rappresentare invece quell’insieme di idee, di conoscenze e di mezzi storicamente stratificati che presiedono i processi reali di trasformazione dell’ambiente costruito.

I nuovi temi della cultura tecnologica

L’orizzonte tematico delineato negli anni ’90, pur conservando un’incontestabile attualità, risulta oggi insufficiente a descrivere il contesto con il quale la cultura tecnologica della progettazione è chiamata a confrontarsi.

Molteplici sono i fenomeni socio-economici che stanno inducendo profonde trasformazioni anche nella cultura tecnologica e nelle sue implicazioni con il progetto. Tre sono i temi che potrebbero rappresentare, in estrema sintesi, il quadro di riferimento.

Il primo tema è “progetto, sostenibilità e circolarità dei processi”. La questione della sostenibilità, e la questione della sostenibilità

relation to the history of people, places and things. Dealing with design by taking technological culture as a point of reference makes it possible to close the gap between ideas and their realisation, while bringing together two processes which, today even more than in the past, seem to be unfolding in parallel: the formal design process, which sets out to build visions irrespective of the materiality of the objects and construction processes, and the engineering optimisation process which, being subject to the logic of performance-based design, is limited to specifying the terms of constructability and minimising the risks of failure, without concerning itself at all with aspects that cannot be related to performance measurements. An initial step was made in this direction in the 1990s, when the interpretation of architectural technology in terms of systematisation of the charac-

teristics of materials and of the composition of the building structures and elements that was typical of the post-war period revealed all of its inadequacy in the face of the complexity of the transformation processes underway. The issues of “design and decision-making”, “design production and management”, “design, technology”, “standards, design and clients”, “intelligent design”, “design and history” (Crespi, Schiaffonati, 1990) are emblematic of the effort made to open up the technological culture of design to aspects that were deeply rooted in an economic and production context undergoing rapid transformation, with the aim of reuniting theory and practice.

These are the issues behind the redefinition of the character of architectural technology in Italy’s architecture departments and which offer a vision of technological culture which extends far

ambientale in particolare, impone un ridisegno dei confini delle conoscenze, dei ruoli del progetto e dell’intera filiera sottesa ai processi di trasformazione dell’ambiente costruito.

L’obiettivo della riduzione del consumo di materie prime e di contenimento degli impatti ambientali rende obsoleta la logica lineare del “prendere, trasformare e gettare” e impone il riferimento a nuovi comportamenti e a nuove strategie di azione che hanno come elementi fondativi l’approccio life-cycle (Buyle, Braet, Audenaert, 2013) e la considerazione di un’estesa circolarità dei processi (Murray, Skene, Haynes, 2017). Si tratta di uno scenario innovativo per due ragioni. Da un lato, la considerazione delle conseguenze indotte dalle scelte progettuali deve riguardare l’intero ciclo di vita di un manufatto, preoccupandosi di individuare le soluzioni ottimali, non solo rispetto ai requisiti d’uso, ma anche in relazione ai diversi livelli di efficienza sociale, economica e ambientale che possono essere perseguiti lungo l’intera catena del valore. La soluzione ottimale dal punto di vista ambientale non è quella che minimizza le emissioni di gas climalteranti durante la fase d’uso, ma piuttosto quella che consente di ridurre tali emissioni lungo l’intero ciclo di vita, comprendendo anche le fasi di produzione, costruzione e dismissione. Dall’altro, la circolarità dei processi, mirando a ridurre l’erosione del capitale naturale attraverso l’eliminazione dei rifiuti e l’uso ciclico delle materie prime, impone un contesto di riferimento industriale allargato: soltanto attivando forme di simbiosi industriale (Chertow, 2007) è infatti possibile ottimizzare l’uso delle risorse, utilizzando come materia prima secondaria in un settore ciò che è rifiuto per un altro.

Questa visione implica ancora un volta un ampliamento del punto di vista. La cultura tecnologica non riguarda più soltanto la

beyond its nature as a discipline, instead representing that set of historically layered ideas, knowledge and instruments that govern the actual processes of transformation of the built environment.

The new issues of technological culture

Despite retaining an undeniable relevance, the thematic horizon delineated during the 1990s can no longer adequately describe the context which the technological culture of design is called upon to address.

A plethora of socio-economic phenomena are bringing about radical transformations in technological culture and its implications in respect of design. Essentially, three themes might be taken to constitute a new framework of reference.

The first is “design, sustainability and circularity of processes”. The theme of

sustainability, particularly environmental sustainability, demands a redrawing of the boundaries of knowledge, of the roles of design and of the entire chain of processes underpinning transformation of the built environment.

The goal of reducing consumption of raw materials and reducing environmental impacts renders the “take, make, dispose” logic of the linear economy obsolete, making it necessary to shift the focus to new behaviours and action strategies based on the life-cycle thinking (Buyle, Braet, Audenaert, 2013) and to consider the need for an extensive circularity of processes (Murray, Skene, Haynes, 2017). This constitutes an innovative scenario for two reasons. On the one hand, the consequences of design choices must be taken into account over the entire life-cycle of an artefact, seeking to identify optimal solutions, not only with regard

consapevolezza delle caratteristiche dei materiali, delle tecniche costruttive e organizzative che consentono di realizzare un'idea, ma deve comprendere quegli strumenti di simulazione e di valutazione che permettono di prevedere e misurare le prestazioni di una soluzione progettuale durante l'intero ciclo di vita. Allo stesso tempo, la cultura tecnologica non è più circoscrivibile al tradizionale ambito delle costruzioni e impone il riferimento a molteplici trasversalità disciplinari e settoriali.

Il secondo tema è "progetto, digitalizzazione e industria 4.0". È difficile definire in quali termini e con quale profondità l'avvento della quarta rivoluzione industriale, la cosiddetta "industria 4.0", riuscirà a indurre una trasformazione nella cultura tecnologica della progettazione. La possibilità di collegare in rete tutti gli oggetti che popolano l'ambiente nel quale viviamo, la disponibilità di sistemi di produzione e di tecnologie ad alto livello di automazione e la diffusione della digitalizzazione all'interno dei processi di progettazione e produzione determinano opportunità di sviluppo senza precedenti per l'industria manifatturiera. Nell'ambito delle costruzioni e dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito la sfida è resa particolarmente impegnativa dall'incertezza delle politiche tecniche, della frammentazione dei processi, dalla polverizzazione e dalle ridotte dimensioni dei soggetti della filiera. Tuttavia, anche in questo ambito, è in questa direzione che ci si sta orientando.

La diffusione di dispositivi di rilevamento controllo e attuazione sempre più evoluti, di connessioni sempre più efficienti e di servizi di elaborazione e archiviazione dati sempre più potenti e capaci a costi contenuti determina finalmente le condizioni necessarie per progettare ambienti intelligenti dalla scala

to use requirements but also in relation to the different levels of social, economic and environmental efficiency that can be pursued throughout the entire value chain. The optimal solution from the environmental standpoint is not the one which minimises climate-changing gas emissions during the use phase, but the one which enables these emissions to be reduced throughout the entire life-cycle, including the manufacturing, construction and disposal stages. On the other hand, the application of circular processes, which aims to reduce the erosion of natural capital by eliminating waste and using raw materials in a cyclical fashion, requires a broader industrial frame of reference: only by implementing forms of industrial symbiosis (Chertow, 2007) is it in fact possible to optimise the use of resources by using what is waste in one sector as secondary raw materials in another.

Such a vision requires an expanded viewpoint. Technological culture is no longer only about being aware of the characteristics of materials and constructions and organisational techniques that make it possible to bring an idea to fruition. It must also include the simulation and assessment tools that allow the performance of a design solution to be predicted and measured over its entire life cycle. At the same time, technological culture can no longer be circumscribed within the traditional field of construction, which makes it imperative to make reference to a wide variety of cross-disciplinary and cross-sector areas.

The second theme is "design, digitisation and Industry 4.0". It is difficult to determine in what terms and to what extent the advent of the Fourth Industrial Revolution, or "Industry 4.0" as it has been termed, will succeed in

dell'edificio (smart building) fino alla scala urbana (smart cities).

Sul versante dell'automazione l'applicazione della robotica alle operazioni di cantiere offre notevoli opportunità di innovazione. Le tecnologie di stampa 3D rendono possibile la realizzazione di oggetti la cui forma non può essere realizzata con altre tecnologie, aprendo scenari inediti per l'attività progettuale e offrendo un ulteriore campo di sperimentazione agli studi teorici sulla produzione di serie personalizzata (Piroozfar, Piller, 2013).

Infine, lo sviluppo e la diffusione di tecnologie e processi digitali costituisce una condizione necessaria affinché il settore delle costruzioni possa raggiungere livelli di efficienza e di produttività paragonabili a quelli di altri settori industriali. La digitalizzazione consente l'archiviazione e la condivisione di grandi quantità di dati tratti dalle fasi di progetto, di costruzione o di uso, da cui i diversi operatori possono poi ricavare utili indicazioni. In questa prospettiva i Geographic Information Systems e il Building Information Modeling si delineano come gli ambienti più adeguati per attuare interventi di trasformazione e processi di manutenzione e di gestione efficienti, alle diverse scale.

Il terzo tema è "progetto, incertezza e resilienza". Il tentativo di affrontare il problema dell'incertezza può essere considerato uno dei temi centrali per la cultura tecnologica contemporanea. Non si tratta tanto di affrontare l'incertezza di tipo aleatorio, dovuta alle molteplici variabili causali indipendenti che caratterizzano i processi di trasformazione dell'ambiente costruito, quanto piuttosto di gestire l'incertezza di tipo epistemico, dovuta all'impossibilità di creare modelli della realtà sufficientemente e adeguatamente definiti a causa dell'incompletezza della

bringing about a transformation in the technological culture of design. The ability to connect all of the things that populate the environment in which we live to a network, the availability of highly automated production systems and technologies and the spread of digitisation in design and production processes provide manufacturing industry with unprecedented development opportunities. In the field of construction and of processes of transformation of the built environment, the challenge is made particularly acute by the uncertainty of technical policies, the fragmentation of processes, atomisation and the reduced dimensions of players in the production chain. Nevertheless, a clear shift in this direction is currently underway.

The spread of increasingly sophisticated measurement, control and actuation devices, efficient connections and pow-

erful, low-cost, high-capacity data processing and storage services has finally given rise to the necessary conditions for designing intelligent environments, from the building scale (smart buildings) to the urban scale (smart cities). On the automation front, the application of robotics to on-site operations offers major innovation opportunities. 3D printing technologies allow objects to be created with shapes that cannot be produced using other technologies. This opens up brand new scenarios for design and offers a further field of experimentation for theoretical studies of customised mass production (Piroozfar, Piller, 2013).

The development and spread of digital technologies and processes is essential if the construction sector is to achieve levels of efficiency and productivity that are comparable with those achieved in other industrial sectors. Digitisation

nostra conoscenza. Molteplici sono le incertezze che tradizionalmente affliggono il settore delle costruzioni (Groák, 1992): l'incertezza del mercato, a cui spesso si risponde con la specializzazione spinta oppure massimizzando la flessibilità rispetto a una domanda in rapida trasformazione; l'incertezza della corrispondenza tra progettato e realizzato dovuta in larga parte alla generale frammentazione degli operatori e alla separazione tra la fase di ideazione e la fase di costruzione; l'incertezza dell'organizzazione e della gestione della costruzione sempre condizionate dalla specificità di ogni singolo cantiere e dal rilevante numero di operazioni condotte in sequenza. Accanto a queste, oggi si delineano nuove incertezze imputabili alla necessità di considerare già in fase progettuale ciò che accadrà nell'intero ciclo di vita degli edifici e dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito ai fini di una corretta valutazione della loro sostenibilità. Si tratta di incertezze epistemiche che derivano dalla difficoltà di prevedere la vita utile e il comportamento prestazionale nel tempo di ciò che viene realizzato o, ancora, dall'impossibilità di anticipare le caratteristiche delle tecnologie che, a distanza di anni, saranno disponibili nell'ambito dei processi di demolizione, recupero, riuso e riciclo.

Numerose sono le tecniche che oggi consentono di valutare e gestire i rischi che derivano da questi diversi livelli di incertezza. Un compito particolarmente delicato attende altresì l'attività progettuale che è chiamata ad affrontare l'incertezza individuando, sperimentando e mettendo a punto, alle diverse scale, dall'edificio al territorio, soluzioni resilienti caratterizzate da un'elevata capacità di adattamento.

makes it possible to store and share large quantities of data from the design, construction or use phases from which the various operators concerned can subsequently extract useful information. In these terms, Geographic Information Systems and Building Information Modeling represent the most appropriate tools for implementing transformation projects and efficient maintenance and management processes at the different scales concerned. The third theme is "design, uncertainty and resilience". Uncertainty can be considered one of the central themes for contemporary technological culture. This is not so much random uncertainty, the result of the large number of independent causal variables at play in processes of transformation of the built environment, as epistemic uncertainty, the result of the impossibility of creating sufficiently detailed models of

reality due to incomplete knowledge. A large number of uncertainties traditionally afflict the construction sector (Groák, 1992): market uncertainty, the response to which is often a high degree of specialisation or the maximisation of flexibility as a reaction to rapidly changing demand; the uncertainty of whether the final product will correspond to the design, due in large part to the general fragmentation of operators and the separation between the design concept and construction phase; and the uncertainty of the organisation and management of construction, which are invariably conditioned by the specific nature of each individual construction site and the large number of operations performed in sequence. In addition to these uncertainties, today we are witnessing the emergence of new ones, which can be ascribed to the need to consider right from the design

La responsabilità del progetto

La complessità dei temi che devono essere affrontati nei processi di trasformazione dell'ambiente costruito richiede un impegno responsabile a tutti i soggetti coinvolti. Lo richiede ai committenti, pubblici o privati, a cui spetta il compito di definire requisiti sempre più precisi in termini di sostenibilità, di utilizzo delle tecnologie digitali e di resilienza. Lo richiede alle imprese di costruzione e alle industrie dell'indotto, chiamate oggi a una radicale innovazione tecnologica e a collaborazioni trasversali improntate alla cooperazione più che alla competizione. Lo richiede agli utenti finali, chiamati a cambiare i propri comportamenti nella direzione di una maggior disponibilità all'accesso ai servizi piuttosto che al possesso dei beni.

La complessità dei temi della cultura tecnologica contemporanea richiede un impegno particolare al progetto. In un contesto dove le strutture di progettazione si diversificano per dimensione, per modalità organizzative e per tipologia degli strumenti utilizzati, al progetto si richiede sempre e comunque la capacità di fornire risposte competenti che implicano preparazione e approfondimento rispetto a questioni oggi centrali. Rifuggendo da tecnicismi e riduttive specializzazioni, al progetto si richiede la capacità di traguardare quell'orizzonte simbolico di senso implicito nella cultura tecnologica riferita al mondo dell'architettura, la capacità di corrispondere alle esigenze materiali e immateriali di chi abita gli spazi e i territori che vengono costruiti.

Non ci sono risposte certe e strade risolutive per corrispondere a questa richiesta ma occorre comunque produrre un grande sforzo in questa direzione. Consapevolezza culturale, responsabilità etica e impegno continuato sul fronte della ricerca e della didattica tecnologica per il progetto (Campioli, 2016) sono i presupposti da cui partire.

stage what will happen over the entire life-cycle of the buildings and processes of transformation of the built environment, in order to correct assess their sustainability. These epistemic uncertainties stem from the difficulty of predicting the service life and performance over time of what is to be built or the impossibility of anticipating the characteristics of the technologies that will be available years from now in the area of demolition, recovery, reuse and recycling.

Today there are many techniques which enable the risks deriving from these different levels of uncertainty to be evaluated and managed. Similarly, a particularly delicate task falls to design, which is called upon to tackle uncertainty by identifying, testing and fine-tuning resilient, highly adaptable solutions at the various scales, from the building to the urban scale.

The responsibility of design

The complexity of the themes that need to be addressed in processes of transformation of the built environment demands responsibility and commitment on the part of all parties concerned. It demands them of clients – whether public or private – whose task it is to set out ever more detailed requirements in terms of sustainability, the use of digital technologies, and resilience. It requires them of construction companies and ancillary firms, who today must implement radical technological innovation and establish cross-cutting collaborations which are geared more towards cooperation than competition. And it demands them of end users, who are called upon to shift their behaviour towards a greater openness to access to services as opposed to possession of goods. The complexity of the themes of contemporary technological culture ne-

REFERENCES

- Arthur, W.B. (2009), *The Nature of Technology. What It Is and How it Evolves*, Free Press, New York (tr. it. di Fassio D., *La natura della tecnologia. Che cos'è e come evolve*, Codice edizioni, Torino, 2011)
- Buyle, M., Braet, J., Audenaert, A. (2013), "Life cycle assessment in the construction sector: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 26, pp. 379-388.
- Campioli, A. (2016) *Tecnologia dell'architettura: un aggiornamento identitario*, in Perriccioli, M. (Ed.), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, FrancoAngeli, Milano, pp. 65-78.
- Chertow, M.R. (2007), "Uncovering industrial symbiosis", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n. 1, pp. 11-30.
- Cheshire, D. (2016), *Building Revolutions: applying the Circular Economy to the Built Environment*, RIBA Publishing, London.
- Crespi, L., Schiaffonati, F. (1990), *L'invenzione della tecnologia. Il processo di costituzione disciplinare della tecnologia dell'architettura*, Alinea, Firenze.
- Emmitt, S. (2013), *Architectural Technology. Research and Practice*, John Wiley & Sons., Chichester.
- Guazzo, G. (2004), "La cultura tecnologica della progettazione", in Bertoldini, M., Campioli, A., Mangiarotti, A. (Eds.), *Spazi di razionalità e cultura del progetto*, Libreria Clup, Milano, pp. 17-27.
- Hughes, T.P. (1987), "The Evolution of Large Technological Systems", in Bijker W.E., Hughes, T.P. and Pinch, T. (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 51-82.
- Kelly, K. (2010), *What Technology Wants*, Penguin, New York, (tr. it. di Olivero G., *Quello che vuole la tecnologia*, Codice edizioni, Torino, 2010).
- McDonough, W., Braungart, M. (2013), *The Upcycle: Beyond Sustainability. Designing Abundance*, North Point Press, New York.
- Molinari, C., Campioli, A. (Eds.) (1994), *Formazione per il progetto, progetto della formazione: metodi, tecniche e nuovi operatori per una gestione innovativa dell'attività progettuale*, Franco Angeli, Milano.
- Murray, A., Skene, K. and Haynes, K. (2017), "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context", *Journal of Business Ethics*, vol. 140, n. 3, pp. 369-380.
- Nardi, G. (2000), *Architettura: tecnologie dell'architettura*, in *Enciclopedia italiana di Scienze, Lettere ed Arti*, Appendice 2000, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani vol. 1, Roma. pp. 90-97.
- Nardi, G. (2002), "Cultura tecnica", in Bertoldini, M. (Ed.), *Saperi e saperi. Teorica e pratica nel progetto di architettura*, Libreria CLUP, Milano, pp. 21-38.
- Piroozfar, P.A.E., Piller, F.T. (Eds.) (2013), *Mass customisation and personalization in architecture*, Routledge, New York.
- Schön, D.A. (1983), *The Reflexive Practitioner*, Basic Books, New York (tr. it. di Barbanente A., *Il professionista riflessivo. Per una nuova epistemologia della pratica professionale*, Dedalo, Bari, 1993).
- Simon, H.A. (1981), *The Sciences of the Artificial*, The MIT Press, Cambridge, (tr. it. di Trani A., *Le scienze dell'artificiale*, Il mulino, Bologna, 1988).
- Wijkman, A., Skånberg, K. (2015), *The Circular Economy and Benefits for Society*, Club di Roma.
- World Economic Forum (2016), *Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology*.
- cessitates a particular commitment on the part of design. In a context where design organisations vary in terms of size, organisational methods and types of instruments used, design is always and in any case called upon to provide competent responses that need preparedness and a thorough understanding of issues which today are central. By avoiding obscure technicalities and reductive specialisations, designing is asked for the capacity to focus on the symbolic meaning horizon that is implicit in the technological culture of architecture, the capacity to meet the tangible and intangible needs of those who inhabit built spaces and places.
- There are no certain answers or ultimate ways of meeting this demand: a great effort needs to be made in this direction. Cultural awareness, ethical responsibility and sustained commit-
- ment on the fronts of research and technology education for design (Campioli, 2016) form the basis on which to start building.