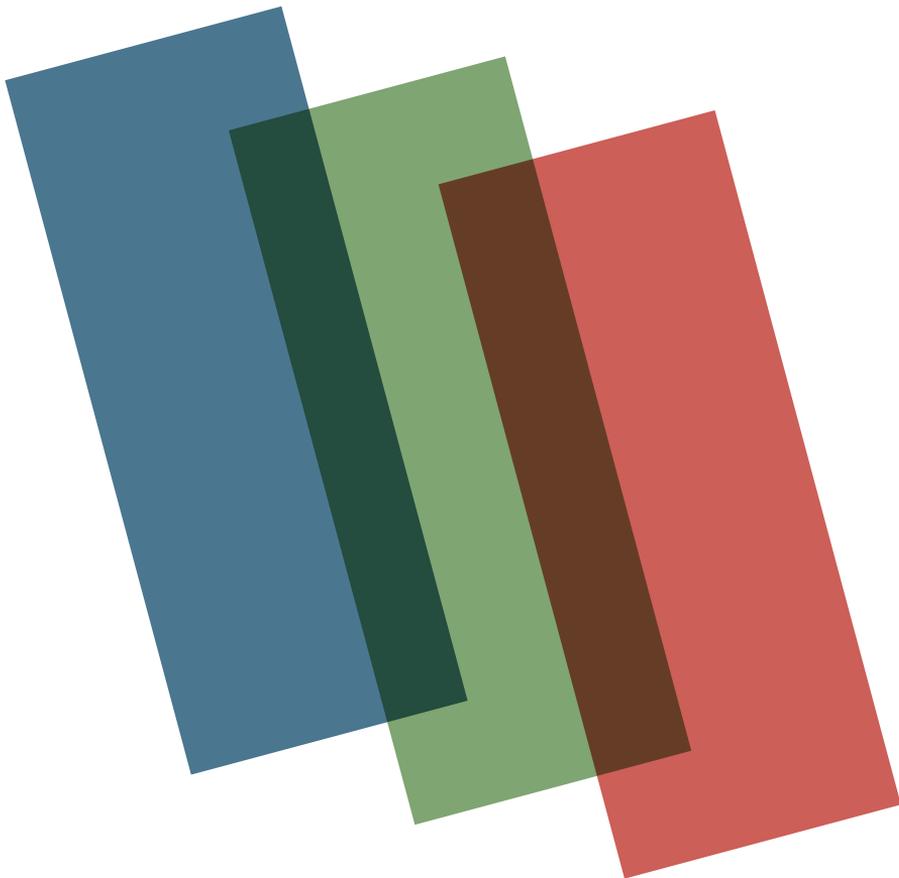


Vittoria Bonini
Paolo Galelli
Alessio Minetto

Tomorrow is Reloading

Il ruolo del digitale nel progetto
della città contemporanea



Vittoria Bonini
Paolo Galelli
Alessio Minetto

Tomorrow is Reloading

Il ruolo del digitale nel progetto
della città contemporanea

Responsabili Collana

Christiano Lepratti
(Università di Genova)

Renata Morbiducci
(Università di Genova)

Comitato scientifico

Carmen Andriani
(Università di Genova)

Thomas Auer
(Technische Universitaet Muenchen, Germania)

Umberto Berardi
(Ryerson University, Toronto, Canada)

Enrico Dassori
(Università di Genova)

Andrea Giachetta
(Università di Genova)

Marylís Nepomechie
(Florida International University - Miami, USA)

Thomas Spiegelhalter
(Florida International University - Miami, USA)

Questo libro raccoglie gli esiti dalla ricerca condotta da Vittoria Bonini, Paolo Galelli e Alessio Minetto per l'elaborazione della loro tesi di laurea in Ingegneria Edile - Architettura, avvenuta nel marzo 2018 presso la Scuola Politecnica dell'Università di Genova. Lo studio è stato seguito dalle relatrici Renata Morbiducci (Prof.ssa di Architettura Tecnica presso il Dipartimento di Architettura e Design dell'Università di Genova) e Ilaria Delponte (Prof.ssa di Tecnica e Pianificazione Urbanistica presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università di Genova) e ha ottenuto la dignità di stampa. Il presente scritto restituisce la prima delle tre parti che compongono tale lavoro di ricerca.

Il testo dell'introduzione è a opera di Vittoria Bonini, i testi dei capitoli 1, 2 e 4 sono a opera di Vittoria Bonini e Paolo Galelli, il testo del capitolo 3 è a opera di Paolo Galelli e Alessio Minetto.

Le infografiche sono a opera di Alessio Minetto.

INDICE

Prefazione <i>Ilaria Delponte, Renata Morbiducci</i>	10
Introduzione	12
CAPITOLO 1 La Quarta Rivoluzione Industriale: un cambio di paradigma	14
1.1 Industry 4.0, origini del termine e diffusione	16
1.2 Il caso italiano	19
1.3 Cosa imparare dalle politiche nazionali Industry 4.0 europee	21
1.4 Verso il cambio di paradigma	24
Infografica 1.1 - You say you want a Revolution?	26
Infografica 1.2 - Numerically speaking, most of human history is boring	28
Infografica 1.3 - Industry 4.0 in Europa	30
Infografica 1.4 - Cluster tecnologici nazionali (CTN)	32



CAPITOLO 2			
Costruzioni e Industry 4.0: una rivoluzione digitale	40		
2.1 Il settore edile è cruciale per la società, l'economia e l'ambiente	41		
2.2 L'importanza di cogliere la sfida della digitalizzazione	43		
2.3 I problemi dell'accogliere l'innovazione nel settore delle costruzioni	45		
2.4 Edilizia 4.0 nel panorama italiano	46		
Infografica 2.1 - Produttività del settore delle costruzioni negli Stati Uniti tra il 1964 e il 2012	50		
Infografica 2.2 - La produttività del lavoro nel settore delle costruzioni per nazione tra 1995 e 2015	52		
Infografica 2.3 - Le fasi della progettazione nel Building Information Modeling	54		
Infografica 2.4 - La scarsa digitalizzazione del settore edile ha contribuito al declino della sua produttività	56		
Infografica 2.5 - Il BIM in Italia	58		
CAPITOLO 3			
Megatrend: le nuove tecnologie applicate alla progettazione	64		
3.1 Veicoli autonomi	65		
Infografica 3.1 - Veicoli autonomi: pro e contro	68		
3.2 Robotica avanzata	70		
Infografica 3.2 - Robotica avanzata: pro e contro	74		
3.3 Nuovi materiali	76		
Infografica 3.3 - Nuovi materiali: pro e contro	80		
3.4 Stampa 3D	82		
Infografica 3.4 - Stampa 3D: pro e contro	86		
3.5 Big Data	88		
Infografica 3.5 - Big Data: pro e contro	92		
3.6 Internet of Things	94		
Infografica 3.6 - IoT: pro e contro	98		
3.7 Realtà virtuale	100		
		Infografica 3.7 - Realtà virtuale: pro e contro	104
		3.8 BIM (Building Information Modeling)	106
		Infografica 3.8 - BIM: pro e contro	110
		CAPITOLO 4	
		La città nella Quarta Rivoluzione Industriale: come il digitale sta rivoluzionando lo spazio urbano	120
		4.1 L'avvento della Ubiquitous City	122
		4.2 Dalla Smart City alla Senseable City	123
		4.3 L'immobilismo dell'urbanistica nella società dell'accelerazione	125
		4.4 Hackerare la città	128
		Postfazione	138
		Bibliografia	140
		Sitografia	150

Prefazione

Il presente scritto è il frutto di un lavoro svolto grazie a una tesi di laurea del Corso Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura dell'Università degli Studi di Genova in cui le qui due scriventi sono relatori e contemporaneamente investigatori dello studio.

Il titolo *Tomorrow is Reloading* subito incuriosisce per la sua ermeticità: di quale 'domani' si sta parlando? Cosa dovrebbe ricaricarsi? Nulla fa presagire che si parli di architettura e di urbanistica; anzi, per esse, si ricorda spesso un glorioso, non sempre ahimè, passato ma davvero, anche in questo campo, sta accadendo qualcosa di nuovo?

Soltanto continuando con il sottotitolo si capisce che il focus della trattazione si incentra sul futuro della progettazione e della costruzione della città, che non può più prescindere dai caratteri e dai presupposti dell'era digitale.

L'aspetto dell'indagine che riteniamo di particolare interesse è il processo di analisi eseguito, dal generale, indagando gli aspetti urbanistici, al particolare, esaminando gli elementi di innovazione tecnologica, con l'intento di 'dimostrare' che la 'città del domani' può, potrà, potrebbe delineare molte positive trasformazioni, se sarà in grado di apprendere, acquisire e sfruttare le potenzialità dell'innovazione tecnologica.

Il mondo digitale, negli ultimi 30 anni, è cresciuto fino a diventare cruciale per il funzionamento della nostra società. La rivoluzione è proceduta a una velocità impensabile, nessuna tecnologia ha raggiunto più persone in un arco di tempo così breve come Internet, e non è ancora finita. Il tentativo del libro è quello di mettere in 'connessione' i principali ambiti applicativi dell'innovazione digitale con una realistica, ma positiva, immagine della 'città di domani' in cui l'innovazione sia un nuovo e potenziale strumento per 'ricaricare' una città nuova, più a misura d'uomo e 'confortevole'.

Ma cos'è l'innovazione? Questa parola spesso viene affiancata da un aggettivo: innovazione economica, innovazione finanziaria, innovazione sociale... innovazione tecnologica. La Treccani scrive: «L'innovazione tecnologica può essere definita come l'attività deliberata delle imprese e delle istituzioni tesa a introdurre nuovi prodotti e nuovi servizi, nonché nuovi metodi per produrli, distribuirli e usarli. Condizione necessaria per l'innovazione è che essa venga accettata dagli utilizzatori, siano essi i clienti che acquistano il nuovo bene o servizio sul mercato, o i fruitori di un servizio pubblico [...]. L'innovazione tecnologica non è un fatto meramente scientifico-tecnico, ma un processo sociale di natura dinamica. [...]

Secondo alcuni studiosi, l'innovazione tecnologica è alla base dei cicli lunghi dell'economia: il primo, quello della prima Rivoluzione industriale (circa dal 1770 al 1830), è stato legato alle innovazioni nel settore tessile in Inghilterra; il secondo (1840-1890) all'introduzione della ferrovia; il terzo (1890-1930) all'elettrificazione, all'industria chimica e al motore a combustione interna; il quarto (1930-1980) alla produzione fordista di massa; il quinto (iniziato circa negli anni Ottanta del secolo scorso) alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Ciascun ciclo si è accompagnato a una larga disponibilità e a prezzi bassi di una materia prima chiave per la tecnologia dominante: il cotone nel primo ciclo, il carbone nel secondo, l'acciaio nel terzo, il petrolio nel quarto, il... chip nel quinto». È interessante notare che il quinto ciclo non dipende dal largo utilizzo di una materia, ma da una nuova concezione di processo produttivo, si passa dalla scala 'mega', alla scala 'micro' e, negli ultimi anni, alla scala 'nano'. La sempre minore dimensione di un prodotto base, di uno strumento di produzione, di comunicazione, di processo, ecc., ha creato una nuova tipologia di prospettive che è l'attuale chiave di svolta.

Di conseguenza ogni settore delle attività umane, con tempi differenti, è stato coinvolto nelle diverse 'rivoluzioni'. Quello dell'oggi, dell'informazione, della comunicazione, della connessione, della digitalizzazione, ha già profondamente trasformato il nostro modo di vivere, lavorare, dialogare, studiare, ecc. Allora diventa un momento d'interessante riflessione osservare cosa sta avvenendo e cosa potrà avvenire nelle nostre città, luoghi in cui sempre un maggior numero di persone vivrà e conseguentemente in cui le dimensioni e la complessità, ahimè, aumenterà. Esse sono interessanti nella nostra indagine perché sono un contesto in cui tante innovazioni e trasformazioni sono o possono essere impiegate.

All'interno del composito contesto odierno, l'intento di *Tomorrow is Reloading* è, in estrema sintesi, quello di cercare di accelerare la messa in pratica dei principi chiave della pianificazione urbanistica e della progettazione architettonica (accessibilità, inclusività e sostenibilità) nell'era digitale: nella città, tra i cittadini.

Introduzione

Tomorrow is Reloading è un'occasione per riflettere sulle città di domani. Una presa di coscienza dei cambiamenti in atto nel progetto dello spazio urbano; un tentativo di interpretarli e di coglierne i risvolti pragmatici. Una ricerca sulla modificazione urbana e un pretesto per tornare a parlare di futuro.

Tomorrow is Reloading è un'operazione di *futurecraft*¹, ciò in quanto, per usare le parole di Buckminster Fuller, «siamo chiamati ad essere costruttori, non vittime del futuro».

Fin dalla loro comparsa, circa diecimila anni fa, le città sono state un grande motore di innovazione. Il loro progresso non è però stato lineare: a periodi di stasi sono seguiti momenti di grande cambiamento, durante i quali sono stati ridefiniti gli aspetti chiave della nostra vita quotidiana. Ogni città è infatti l'espressione di una civiltà; ogni forma che assume rispecchia la società per cui esiste, dimostrandosi abile a cambiare assetto nel tempo.

Dalla seconda metà del XVIII secolo le rivoluzioni industriali hanno segnato irreversibilmente la società e la città. Con la transizione dal potere muscolare a quello meccanico, il passaggio dall'elettricità all'elettronica, evolvendo sino alla transizione dal potere meccanico a quello cognitivo, la città si è sempre 'ricaricata', cambiando di volta in volta la sua configurazione.

A detta dei più noti sociologi e tecnologi oggi ci troviamo proprio in una di queste fasi, la quarta rivoluzione industriale. È l'epoca dell'intelligenza artificiale e del *machine learning*, dei veicoli autonomi e della realtà aumentata, dei *big data* e dell'internet delle cose, delle *smart factory* e dei sistemi cibernetici. È la convergenza della sfera fisica e di quella digitale, con la seconda che pervade la prima grazie a un internet sempre più ubiquo, mobile e diffuso.

Tomorrow is Reloading vuole prendere atto di questo cambio di paradigma – anche noto come *Industry 4.0* – e provare a studiarne gli effetti sulla città contemporanea.

In tal senso il testo concentra l'attenzione sull'analisi della situazione attuale sia per comprendere il contesto in cui agisce oggi il progettista, sia per dare un'idea dell'impatto dirompente che la quarta rivoluzione industriale sta avendo sul territorio, sul settore delle costruzioni e sulla pratica progettuale.

Se gran parte dei settori industriali, in particolare quello manifatturiero, hanno beneficiato dalle innovazioni innescate dallo sviluppo delle nuove tecnologie, lo stesso non si può dire per il settore edile che, al contrario, è stato restio a cogliere appieno tali opportunità, registrando una produttività stagnante negli ultimi 50 anni.

Per questo lo studio sceglie di focalizzare l'attenzione su quelle innovazioni tecnologiche scaturite con la quarta rivoluzione industriale, ovvero quei *megatrend* che stanno ormai sempre maggiormente pervadendo il campo dell'architettura, dell'urbanistica e, più in generale, della progettazione.

Si analizzano infine le teorie urbanistiche sviluppatesi nel contesto sociologico della 'città 4.0', partendo dai concetti di *ubiquitous computing* e *Ubiquitous City* di Mark Weiser per arrivare all'*urban hacking* di Saskia Sassen, passando per la *Smart City* e l'immobilismo dell'urbanistica nella società dell'accelerazione (tanto criticati da Rem Koolhaas) e la *Senseable City* di Carlo Ratti, che riceve ogni giorno sempre più consensi.

¹ Il termine *futurecraft*, «arte di costruire il futuro», è utilizzato da Carlo Ratti e Mattheu Claudel nel libro *Le città di domani. Come le reti stanno cambiando il futuro urbano* edito da Einaudi (2017). Il testo è stato protagonista di un'approfondita analisi critica e punto di partenza per l'elaborazione di questa ricerca.

CAPITOLO 1

LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Un cambio di paradigma

La parola 'rivoluzione' indica una trasformazione improvvisa e radicale, una profonda alterazione dei sistemi economici e delle strutture sociali innescata da nuove tecnologie e nuovi modi di percepire il mondo. Tuttavia, gli effetti di questi mutamenti possono impiegare anni a manifestarsi completamente.

Agli albori della storia umana, gli uomini furono nomadi e cacciatori, sempre in movimento e in cerca di cibo. Circa 10.000 anni fa, con lo sviluppo dell'allevamento selettivo e delle prime tecniche agricole, si assistette a un primo cambiamento radicale del modo di vivere: una sorta di 'rivoluzione zero'. Per la prima volta nella storia le persone, in grado di produrre cibo invece che andarne alla ricerca, diventarono capaci di costruire villaggi semi-permanenti (in principio, a distanza di qualche anno, quando i suoli si impoverivano, erano ancora costretti a spostarsi). Fu soltanto grazie a tecniche quali l'irrigazione e la lavorazione del terreno che, 5000 anni dopo, l'uomo iniziò a poter contare su un rifornimento di cibo costante e duraturo, rendendo possibili insediamenti stabili. Con le eccedenze alimentari prodotte grazie a queste tecniche non fu più necessario che tutti si dedicassero all'agricoltura; ciò consentì lo sviluppo di altri mestieri specializzati e, per estensione, delle città.

Da quel momento una serie di rivoluzioni industriali iniziate nella seconda metà del XVIII secolo trasformarono irreversibilmente la società segnando parallelamente una transizione dal potere muscolare al potere meccanico, evolvendo fino a oggi, con la quarta rivoluzione industriale, al potere cognitivo [Infografica 1.1].

La prima rivoluzione industriale, dal 1760 al 1840 circa, fu innescata dall'invenzione del motore a vapore, dalla filatura meccanica e dalla costruzione di ferrovie, e inaugurò la meccanizzazione della produzione. La seconda rivoluzione industriale, tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX secolo, rese possibile la produzione di massa, favorita dalla catena di montaggio e dall'utilizzo sempre più diffuso dell'elettricità. La terza rivoluzione industriale, anche nota come rivoluzione digitale, iniziò negli anni '60, e fu catalizzata dallo sviluppo di semiconduttori, *mainframe computing*, *personal computing* e internet.

Oggi, per usare le parole di Klaus Schwab, fondatore del World Economic Forum¹, in *The Fourth Industrial Revolution*, si pensa di essere «all'inizio di una quarta rivoluzione industriale. È iniziata alla fine di questo secolo e ha costruito le sue fondamenta sulla rivoluzione digitale. È caratterizzata da un internet molto più ubiquo e mobile, da sen-

sori sempre più piccoli, potenti ed economici, dall'intelligenza artificiale e dal *machine learning*. Le tecnologie digitali che dispongono di hardware, software e internet, non sono di per sé nuove, ma a differenza della terza rivoluzione, stanno diventando sempre più sofisticate e integrate e, come risultato, stanno trasformando – radicalmente – la società e l'economia globale»².

Non a caso Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee del Massachusetts Institute of Technology (MIT) si riferiscono a questo periodo come *second machine age* affermando³:

«Computers and other digital advances are doing for mental power –the ability to use our brains to understand and shape our environments– what the steam engine and its descendants did for muscle power».

(Brynjolfsson, McAfee, 2014)

Le fabbriche diventano *smart* e autonome, la domanda di spazio fisico è sostituita da quella di spazio digitale e i sistemi virtuali, dotati di una futuristica 'ciberfisicità' cooperano in modo flessibile rivoluzionando il concetto stesso di produzione.

La quarta rivoluzione industriale non riguarda solo la robotica, le macchine e i sistemi d'intelligenza connessi; il suo campo di applicazione è di gran lunga più ampio. La fusione di queste tecnologie, interagendo coi settori fisici digitali e biologici, sta rendendo questa trasformazione fundamentalmente diversa dalle precedenti. Quanto la multidisciplinarietà, la velocità di diffusione è il secondo principale fattore che caratterizza la quarta rivoluzione industriale. Le tecnologie emergenti e le innovazioni si diffondono molto più rapidamente e a larga scala rispetto alle precedenti rivoluzioni [Infografica 1.2]. La seconda rivoluzione industriale, ad esempio, non si è ancora propagata del tutto, dato che il 15% della popolazione mondiale (quasi 1,3 miliardi di persone) non ha ancora accesso all'elettricità⁴. Questo vale anche per la rivoluzione digitale, con oltre 4 miliardi di persone, la maggior parte delle quali vive in paesi in via di sviluppo, ancora in attesa di fare il primo accesso a internet. Guardando al passato, Klaus Schwab, afferma⁵:

«The spindle (the hallmark of the first industrial revolution) took almost 120 years to spread outside of Europe. By contrast, the internet permeated across the globe in less than a decade».

(Klaus Schwab, 2015)

Grandi aziende, dapprima sconosciute, come Airbnb, Uber, Amazon e Facebook in meno di un decennio sono diventate colossi dell'economia mondiale. L'iPhone, lanciato per la prima volta nel 2007, è stato il primo *smartphone* presentato sul mercato e si stima che entro il 2020 saranno più di due miliardi⁶. Nel 2010 Google ha annunciato il suo primo veicolo autonomo e adesso, sette anni dopo, i veicoli *self-driving* stanno diventando una realtà sempre più diffusa nelle strade di tutto il mondo (si veda il progetto Tesla Autopilot⁷ o il bus senza pilota nel Campus della National Taiwan University⁸). Nell'ottobre del 2017, Sophia è diventata la prima androide a ottenere la cittadinanza Saudita⁹. E si potrebbe andare avanti ancora. A sentire i più entusiasti, in effetti, noi tutti ci troveremo già in una piena *Age of Wonder*, dove le invenzioni che sognavamo con la fantascienza si fanno reali e anche le più improbabili e futuristiche sono già tra noi.

La quarta rivoluzione industriale si presta a essere ancora più impegnativa, diffusa e storicamente significativa rispetto alle tre precedenti. Gli effetti sul territorio e sulla società saranno dirompenti e con tutta probabilità cambieranno irreversibilmente il modo di vivere, di pensare e di percepire il mondo. In questo primo capitolo si proverà a descrivere brevemente la storia, soffermandosi sul caso italiano, per poi riflettere sulle buone pratiche messe in atto dalle politiche europee. Per farsi un'idea dell'impatto che la quarta rivoluzione industriale avrà sul territorio, sull'industria delle costruzioni e sul modo di progettare si ritiene necessario introdurre sinteticamente il tema da un punto di vista generale; di conseguenza risulta opportuno analizzare gli eventi che hanno portato alla quarta rivoluzione industriale e alla diffusione del termine *Industry 4.0*.

1.1 Industry 4.0, origini del termine e diffusione

Hannover, aprile 2011.

Durante l'attesissima Hannover Messe¹⁰, il gruppo di lavoro presieduto da Henning Kagermann, presidente della Acatech (Accademia tedesca delle scienze e dell'ingegneria), Wolf-Dieter Lukas, responsabile delle tecnologie chiave del BMBF (Ministero federale dell'istruzione e della ricerca) e Wolfgang Wahlster del DFKI (Centro di ricerca tedesco per l'intelligenza artificiale) usano per la prima volta il termine *Industrie 4.0*¹¹. In tale occasione i tre rappresentanti dell'unione di ricerca scientifica ed economica del governo federale tedesco¹² annunciano la loro proposta di approvazione per il *Zukunft-sprojekt Industrie 4.0* (Progetto Futuro per l'Industria 4.0), che avrebbe dovuto riportare l'industria manifatturiera tedesca a un ruolo di leader nel mondo. Si discute di sistemi ciberfisici (CPS), internet delle cose (IoT), memorie di prodotto, *Smart Factory* e una nuova generazione di sistemi produttivi in grado di scambiarsi autonomamente informazioni, intraprendere iniziative e controllarsi vicendevolmente per mezzo di internet attraverso modalità di comunicazione *Machine to Machine* (M2M).

Lo studio prosegue e nell'ottobre del 2012 lo stesso ente presenta al governo un'analisi molto accurata degli agenti trainanti e dei punti chiave del nuovo programma industriale tedesco¹³.

Infine, l'8 aprile 2013, ancora una volta alla Fiera di Hannover, viene presentato dallo stesso gruppo di lavoro il *report* finale¹⁴; un aggiornamento del precedente comunicato contenente una previsione dettagliata degli investimenti necessari su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca, imprese e start-up, per riportare la manifattura tedesca ai vertici mondiali e renderla competitiva a livello globale.

Nasce *Plattform Industrie 4.0* e i termini *Industry 4.0* e 'quarta rivoluzione industriale' cominciano a diffondersi in tutto il mondo. I punti cardine del cambio di paradigma sono i seguenti:

- la raccolta e l'analisi dei dati. Con gli *smartphone*, i *social network* e avanguardistici sensori, l'ammontare di dati cresce vertiginosamente e l'abilità di analizzarli e trarne informazioni utili diventa un imperativo per le industrie avanzate.
- l'interazione uomo-macchina (*H2M Human to Machine*) come modalità con cui l'uomo può interfacciarsi con una macchina (*HMI Human Machine Interface*) con

i diversi linguaggi di programmazione e l'interazione macchina-macchina (*M2M Machine to Machine*), come modalità di comunicazione diretta tra dispositivi di ogni tipo attraverso un qualsiasi canale di comunicazione (*wireless* e non).

- la manifattura avanzata intesa come controparte fisica della quarta rivoluzione industriale e come passaggio dal digitale al reale. Una volta raccolti i dati, processati e resi strumento utilizzabile, la manifattura serve a trovare gli strumenti per produrre i beni.

Una politica *multi-stakeholder*, in grado di affiancare enti preposti allo sviluppo tecnologico alle industrie manifatturiere coinvolgendo quante più parti possibile: dal governo alle PMI, dalle grandi aziende alle università, dai grandi centri di ricerca ai *fab-lab*.

Un ottimo esempio per descrivere quest'ultima tendenza alla multi-disciplinarietà è *It's OWL (Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe)*, un network tecnologico nato in Germania nel 2012 e finanziato al 40% dallo Stato e al 60% dalle imprese. «Owl sta per Ost Westfalen-Lippe, regione orientale del Nord Reno Westfalia, il più popoloso dei sedici Länder tedeschi, a ridosso della grande area della Ruhr. Nel Land che fu del carbone e dell'acciaio negli anni Sessanta, dove viene prodotto oltre un quinto del PIL tedesco, la regione orientale Owl ospita uno dei quindici Spitzencluster¹⁵, i cluster di eccellenza della Germania. *It's OWL* mette insieme 200 partner tra aziende (grandi, medie e piccole), università delle scienze e istituti di ricerca (undici)»¹⁶.

I modelli virtuosi di *plattform industrie 4.0*, degli Spitzencluster e di *It's OWL* (inteso come cerniera tra diversi *player* della realtà industriale) ispireranno, dal 2011, le industrie avanzate di tutto il mondo [Infografica 1.3]. In particolare:

- negli Stati Uniti, il governo attiva nel 2011 l'*Advanced Manufacturing Partnership*¹⁷ con l'obiettivo di rinnovare l'industria manifatturiera del paese e restituirle centralità dal punto di vista della capacità occupazionale. LAMP unisce centri di ricerca, università e imprese industriali, oltre a grandi nomi dell'ICT, e nel 2012 conduce alla pubblicazione del *National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*. Il piano prevede 500 mila euro di investimenti in progetti di ricerca, in istituti e laboratori di eccellenza per la diffusione delle competenze tecnologiche.
- in Danimarca, tra il 2012 e il 2013, dalla collaborazione tra cinque scuole politecniche e tre grandi aziende tecnologiche nasce la *Manufacturing Academy of Denmark (MADE)*¹⁸. Iniziativa interindustriale finanziata da pubblici e privati con lo scopo di rafforzare l'innovazione e l'istruzione per rendere più competitiva l'industria manifatturiera danese.
- nel Regno Unito, il 30 ottobre 2013, il governo pubblica una proiezione sul futuro dell'industria manifatturiera in cui vengono presentati gli *High Value Catapult Centres (HVM)*¹⁹, enti che affiancano le imprese in progetti di ricerca in campi come aerospazio, plastiche elettroniche, biotecnologie, nanotecnologie e materiali compositi.
- in Belgio, nel tardo 2013, viene lanciata l'iniziativa *Made Different*²⁰ con lo scopo di incrementare la competitività dell'industria manifatturiera del paese supportando la digitalizzazione del processo produttivo. Lo scopo generale è quello di trasformare le compagnie manifatturiere esistenti in 'industrie del futuro'.
- in Australia, sempre nel 2013, il *Centre for Entrepreneurial Management and Inno-*

vation presenta al *Council for Economic Development of Australia* (CEDA) lancia il piano *The Next Wave of Manufacturing*²¹ aprendo la strada a una rivoluzione dell'industria manifatturiera basata su innovazione, 3D *printing* e rivalorizzazione delle *global supply chains*.

- in Olanda, nel novembre 2014, nuovamente alla Fiera di Hannover, FME, TNO, il Ministro degli Affari Economici, VNO-NCW e la Camera di Commercio Olandese, presentano il proprio report *Smart Industry. Dutch Industry Fit for the Future*²² e nell'anno seguente il governo adotta una *Action Agenda* specifica.
- in Svezia, dopo il successo della proposta *MADE IN SWEDEN 2030: Strategic Agenda for Innovation in Production* (2014)²³, il governo, nel 2016, presenta *Smart Industry Sweden*, una strategia mirata per la nuova industrializzazione della nazione.
- in Francia, nel luglio del 2015, nasce *Alliance Industrie du Futur*²⁴, un'organizzazione finanziata dal governo, posta come cerniera tra industrie, imprese, università e centri di ricerca ad alto contenuto tecnologico. L'impegno pubblico supera i 10 miliardi di euro e prevede incentivi fiscali per investimenti privati e piani di prestiti agevolati.

Seguono poi le iniziative di Spagna (*Industria Connectada*, 2014-2015), Giappone (*Industrial Value Chain*, 2015), Canada (*Conestoga: Centre for Smart Manufacturing*, 2015), Corea del Sud (*Manufacturing Innovation 3.0 Strategic Action Programme*, 2015), India (*Make in India*, 2015), Cina (*Made in Cina*, 2015), Repubblica Ceca (*Průmysl 4.0*, 2015), Italia (Piano Industria 4.0, 2016) e Portogallo (*Indústria 4.0*, 2017)²⁵.

Da questa breve analisi sulle politiche I4.0 emerge la centralità dell'industria manifatturiera per la quarta rivoluzione industriale. Il settore della manifattura è da sempre quello che per primo ha approfittato delle innovazioni tecnologiche per rinnovarsi continuamente. Al contrario, settori come quello delle costruzioni faticano a recepire in breve tempo gli sviluppi tecnologici per una serie di problematiche interne che verranno approfondite nel secondo capitolo.

Ma quali sono le tecnologie che dal 2011 stanno rivoluzionando l'intero settore manifatturiero? Il *Boston Consulting Group* nello studio del 2015 *Industry 4.0: The future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*²⁶ ne ha esplicitate nove definendole 'abilitanti':

- *advanced manufacturing solution*: sistemi avanzati di produzione, ovvero sistemi interconnessi e modulari che permettono flessibilità e performance. In queste tecnologie rientrano i sistemi di movimentazione dei materiali automatici e la robotica avanzata, che oggi entra sul mercato con i robot collaborativi o *cobot*.
- *additive manufacturing*: sistemi di produzione additiva che aumentano l'efficienza dell'uso dei materiali.
- *augmented reality*: sistemi di visione con realtà aumentata per guidare meglio gli operatori nello svolgimento delle attività quotidiane.
- *simulation*: simulazione tra macchine interconnesse per ottimizzare i processi.
- *horizontal e vertical integration*: integrazione e scambio di informazioni in orizzontale e in verticale, tra tutti gli attori del processo produttivo.
- *industrial internet*: comunicazione tra elementi della produzione, non solo all'interno dell'azienda, ma anche all'esterno grazie all'utilizzo di internet.

- *Cloud*: implementazione di tutte le tecnologie *Cloud* come lo *storage* online delle informazioni, l'uso del *cloud computing* e di servizi esterni di analisi dati, ecc. Nel *Cloud* sono contemplate anche le tecniche di gestione di grandissime quantità di dati attraverso sistemi aperti.
- *cyber-security*: l'aumento delle interconnessioni interne ed esterne aprono la porta a tutta la tematica della sicurezza delle informazioni e dei sistemi che non devono essere alterati dall'esterno.
- *Big Data Analytics*: tecniche di gestione di grandissime quantità di dati attraverso sistemi aperti che permettono previsioni o predizioni.

Queste e altre tecnologie abilitanti verranno approfondite nel terzo capitolo per indagare le loro applicazioni nel settore delle costruzioni, nella progettazione architettonica e nella progettazione urbanistica.

1.2 Il caso italiano

L'Italia è uno dei primi paesi europei a seguire la Germania sul tema della ricerca per la rivoluzione del settore industriale, con la formazione dei Cluster Tecnologici Nazionali (2012); tuttavia prima che il Governo italiano adotti una linea politica definitiva, con un vero e proprio piano nazionale fondato sulla I4.0, passeranno quattro anni (2016). Nel settembre del 2012, il Ministero dell'Istruzione Università e Ricerca (MIUR) emana un bando finalizzato alla costituzione di Cluster Tecnologici Nazionali per incrementare la produttività e sviluppare nuove strategie industriali²⁷. Il primo risultato è Cluster Fabbrica Intelligente (CFI), un'organizzazione no profit che aggrega piccole, medie e grandi imprese, università, istituti di ricerca, associazioni imprenditoriali, distretti tecnologici e altri *stakeholder* attivi nel settore del *Manufacturing* e della Fabbrica Intelligente. La *main mission* è quella di proporre, sviluppare e implementare una strategia basata su ricerca e innovazione, in grado di trasformare la manifattura italiana con nuovi prodotti, servizi, processi e tecnologie²⁸. Oggi il CFI è riuscito nel compito di centralizzare tanti degli attori dispersi dell'industria manifatturiera italiana impegnandosi a creare una *manufacturing community* e una *common roadmap* basata sulla priorità di suddividere i progetti di ricerca in quattro temi principali:

- *sustainable manufacturing*
- *adaptive manufacturing*
- *smart manufacturing*
- *high performance manufacturing*

Con un finanziamento pubblico pari a €45 milioni – nella maggior parte di fondi pubblici investiti per progetti di ricerca prioritari – il CFI mira a essere finanziato in egual modo da imprese private nel futuro prossimo. Focalizzandosi su attività collegate al trasferimento di conoscenze tecnologiche supportate da infrastrutture condivise e sviluppo delle competenze, il CFI risulta, quindi, una delle prime azioni italiane riuscite a tema industria 4.0. Fabbrica Intelligente è solamente il primo degli otto Cluster Tecnologici Nazionali (CTN) nati nel 2012 [Infografica 1.4], in linea con le priorità delineate nel programma quadro dell'Unione Europea per la ricerca e l'innovazione *Horizon 2020*.

I CTN sono definiti dal portale della Ricerca Italiana come «reti aperte e inclusive formate dai principali soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale nella ricerca industriale, nella formazione e nel trasferimento tecnologico: imprese, università, istituzioni pubbliche e private di ricerca, incubatori di start-up e altri soggetti attivi nel campo dell'innovazione dove ciascuna aggregazione è focalizzata su uno specifico ambito tecnologico e applicativo ritenuto strategico per il nostro Paese, di cui rappresenta l'interlocutore più autorevole per competenze, conoscenze, strutture, reti e potenzialità»²⁹. Gli obiettivi sono quelli di «mobilitare simultaneamente le eccellenze del sistema industriale, del mondo della ricerca e la pubblica amministrazione regionale e nazionale su tematiche condivise», «promuovere la condivisione e il trasferimento delle conoscenze e delle competenze tra i diversi attori del sistema industriale e della ricerca», «ottimizzare l'uso delle risorse economiche pubbliche disponibili», «favorire la crescita economica sostenibile dei territori e dell'intero sistema economico nazionale» e «valorizzare le eccellenze del Made in Italy». Oltre Fabbrica Intelligente, le aree strategiche di competenza dei CTN sono, aerospazio, *agrifood*, chimica verde, mezzi e sistemi per la mobilità di superficie terrestre e marina, scienze della vita, tecnologie per gli ambienti di vita, tecnologie per le *smart communities* [Infografica 1.5].

I CTN sono, in definitiva, «strumenti permanenti di coordinamento, consultazione e riferimento nell'elaborazione di proposte e strategie da adottare per accelerare i processi di innovazione e per aumentare la competitività industriale del sistema Paese», con il compito di «guidare il percorso di riposizionamento strategico del nostro sistema produttivo nel panorama tecnologico internazionale», «accogliere in modo coordinato e organico le migliori esperienze e competenze esistenti sia sul territorio di riferimento sia sul territorio nazionale, favorendo l'inclusione di tutte le organizzazioni operanti nel settore di riferimento interessate ad aderire», «realizzare sinergie tra settori industriali diversi sulle stesse tipologie tecnologiche», «favorire una stabile connessione e interazione tra ambiti, politiche, interventi e strumenti di carattere nazionale, regionale e locale», «valorizzare i programmi strategici di ricerca, di sviluppo tecnologico e innovazione coerenti con i programmi nazionali ed internazionali, in particolare la Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) e il Programma Europeo *Horizon 2020*» e «creare le condizioni per migliorare la capacità di attrazione di investimenti e di talenti».

Nel settembre 2016, sulla scia dei CTN e in ritardo rispetto ad altri stati europei, il Governo italiano presenta il Piano nazionale Industria 4.0. Nel documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE)³⁰ è illustrato un piano di investimenti pubblici per 13 miliardi di euro suddiviso in tre anni (dal 2017 al 2020) che si basa essenzialmente su tre grandi punti:

- incentivare gli investimenti privati su tecnologie e beni I4.0;
- aumentare la spesa privata in ricerca, sviluppo e innovazione;
- rafforzare la finanza a supporto di I4.0, *venture capital* e start-up.

Nel piano nazionale di governo sono illustrati numerosi altri obiettivi, tra i quali:

- mobilitazione di 10 Mld di euro per gli investimenti privati;
- spesa privata aggiuntiva in ricerca e sviluppo di 11,3 Mld di euro, con un maggior focus sulle tecnologie I4.0;
- 2,6 Mld di euro in investimenti privati *early stage* (periodo iniziale dell'investimento);

- formazione di circa 200.000 studenti universitari e 3.000 manager specializzati su temi I4.0;
- adeguate infrastrutture di rete, come il piano a banda ultra larga (100% aziende coperte a 30Mbps e almeno 50% aziende coperte a 30 Mbps entro il 2020);
- assicurare un impegno pubblico di 13 Mld di euro distribuito su sette anni per la copertura dei suddetti investimenti, attraverso superammortamento, iper-ammortamento, beni strumentali e Nuova Sabatini, con investimenti supportati dal credito di imposta.

Un tema trasversale, ma altrettanto importante, della riforma è quello delle competenze. In questo ambito, le idee principali sono quelle di «diffondere la cultura I4.0 attraverso Scuola Digitale e Alternanza Scuola Lavoro», «sviluppare le competenze I4.0 attraverso percorsi Universitari e Istituti Tecnici Superiori dedicati», «finanziare la ricerca I4.0 potenziando i Cluster e i dottorati» e «creare *Competence Center* e *Digital Innovation Hub*».

A distanza di un anno, nel 2017, visti i primi risultati positivi – «gli investimenti delle imprese in macchinari e apparecchiature elettroniche sono cresciute del 9% rispetto allo stesso periodo del 2016, raggiungendo quota 80 miliardi» e «delle 28mila imprese italiane che investiranno in ricerca e sviluppo, 11.300 hanno risposto al ministero dello Sviluppo economico che quest'anno spenderanno dal 10 al 15% in più dell'anno scorso»³¹ – il governo ha deciso di lanciare una seconda fase del piano industria 4.0, cambiando slogan e rinominandolo «Piano impresa 4.0»³².

Se con industria 4.0, fino al 2017, si è fatto spesso riferimento all'industria manifatturiera e alla digitalizzazione della fabbrica, con il nuovo piano si allarga l'incentivo ad innovare all'intero sistema imprenditoriale italiano. Il nuovo piano si rivolge infatti a sempre più diversi settori dell'economia – servizi in primis – per garantire alle PMI di dotarsi degli strumenti in grado di supportare la *digital transformation*.

Per questo motivo, da questa proposta, nasce il credito d'imposta per la formazione 4.0³³, ovvero un meccanismo che andrà a premiare fiscalmente le imprese che effettueranno spese incrementalmente sulla formazione dei propri dipendenti. L'obiettivo è proprio quello di sviluppare le competenze digitali e formare nuove figure di responsabilità sempre più qualificate in grado di stimolare competitività e investimenti nelle piccole e medie imprese.

1.3 Cosa imparare dalle politiche nazionali Industry 4.0 europee

Nel 2016 lo *Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship*, think tank istituito dalla commissione europea per elaborare una visione sulla trasformazione digitale dell'industria europea, con il documento *Accelerating the digital transformation of European industry and enterprises: Key recommendations of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship*³⁴, ha definito le linee guida per le strategie politiche da adottare in ambito *Industry 4.0*. Nel report emerge quanto la più grande opportunità digitale per l'UE risieda nel trasformare le imprese e le industrie esistenti, piuttosto che crearne di nuove. «*Rather than creating new*

industries, the greatest digital opportunity for Europe lies in the transformation of existing industry and enterprises». (Digital Transformation Monitor, 2016)

Le quattro principali linee guida definite per accelerare il processo di trasformazione digitale imposto dalla quarta rivoluzione industriale sono le seguenti:

- i comuni e le regioni devono essere trampolini di lancio per la trasformazione digitale. Unendo le risorse locali e facilitando la collaborazione tra accademia, industria e politica, devono promuovere un approccio moderno, competitivo ed efficiente in termini di risorse e sostenibilità economica;
- utilizzo di *big data* e di piattaforme digitali per riformare i processi produttivi. La grande quantità di dati raccolta fornisce grandissime opportunità per sviluppare nuovi *business model*, migliorare prodotti e servizi e portare benefici economici e sociali considerevoli; impegno nel rinnovare le competenze digitali della forza lavoro. Le *digital skills* avranno grandissimo impatto sulla capacità delle imprese europee di beneficiare dei cambiamenti in atto. La digitalizzazione sta rendendo obsoleti molti lavori manuali, mentre la domanda di nuove figure professionali altamente specializzate è in continua crescita;
- è dovere dei governi comprendere le profonde implicazioni economiche e sociali della quarta rivoluzione industriale e quindi rinnovare le proprie politiche per incentivare i *decision maker* a pianificare le proprie azioni per beneficiare appieno dei vantaggi che la *digital revolution* sta offrendo.

Il basso tasso di adozione di tecnologie digitali – oltre il 41% delle aziende europee non ha ancora adottato nessuna delle nuove tecnologie digitali avanzate³⁵ – è il dato che preoccupa maggiormente la commissione europea ed è un esempio delle sfide che tutte le imprese, in particolare quelle che operano nel settore edilizio, dovranno affrontare per restare competitive su questo mercato in continua evoluzione.

In risposta a tali sfide, come sottolineato in precedenza, i governi dell'UE hanno aggiornato o adottato politiche mirate all'*Industry 4.0* che, pur differendo per approcci e strategie, sono unite da due scopi comuni: incrementare la produttività e la competitività e migliorare le competenze *high-tech* della propria forza lavoro.

Negli ultimi anni la maggior parte dei paesi europei ha mirato a rafforzare le proprie competenze per assicurare una crescita sostenibile del settore manifatturiero, con gli obiettivi comuni di accrescere la produttività aumentando l'efficienza e di sviluppare prodotti e tecnologie di nuova generazione, seguendo politiche ben definite. Nel primo caso spicca, per meriti, la Germania. Non è un caso che il popolo tedesco lavori 1371 ore l'anno (contro le 1800 italiane)³⁶ e registri una crescita media annua della produttività del lavoro pari all'1,5% (contro quella italiana dello 0,3%)³⁷, superiore a tutti gli altri stati dell'Unione.

Nel secondo caso, invece, un esempio virtuoso è rappresentato da Cluster Fabbrica Intelligente, in quanto unica realtà europea in grado di comprendere il ruolo strategico dei cluster nel guidare le politiche industriali dell'intera nazione. Poiché queste ultime sono molto frammentate rispetto ad esempio a Stati Uniti e Cina i cluster specializzati sono una grande opportunità per affiancare i governi dal punto di vista tecnico, accompagnandoli nella realizzazione di leggi e strategie.

La mancanza di una sistematica cooperazione e di uno scambio continuo di buone pratiche è un'altra delle maggiori preoccupazioni per l'Unione Europea, la quale occupa una

posizione federatrice rispetto alle varie nazioni. Proseguendo nella definizione di una linea politica europea per la quarta rivoluzione industriale, il *Digital Transformation Monitor* (ufficio istituito dalla commissione europea con il compito di studiare gli impatti della tecnologia sul sistema economico europeo), nel *report Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe* del 2017³⁸, ha definito alcune delle questioni tematiche trasversali per rendere maggiormente efficaci le politiche nazionali I4.0:

- le politiche I4.0 funzionano egregiamente quando vengono definiti sin da subito obiettivi chiari e definiti, supportati da indicatori di qualità e quantità;
- seppur gli investimenti pubblici siano fondamentali, sono da incentivare con politiche governative anche quelli privati;
- approcci guidati dalle industrie e processi partecipativi (*bottom-up*), se incoraggiati nelle *governance*, possono condurre a un coinvolgimento maggiore dei vari *stakeholders*;
- vanno incentivati strumenti innovativi di finanziamento e agevolazioni fiscali;
- il coinvolgimento effettivo delle PMI spesso richiede approcci personalizzati, come mirate agevolazioni fiscali;
- una lenta implementazione dei progetti può ridurre le *chances* di raggiungere le masse.

Non rimangono che da sottolineare i dati molto positivi riguardanti le imprese che hanno investito sul futuro. Nel rapporto *Digital Transformation Scoreboard: Evidence of positive outcomes and current opportunities for EU businesses*³⁹ compilato nel 2017 dal *Digital Transformation Monitor*, si legge che almeno il 64% delle aziende che hanno investito in risorse digitali abbiano generato risultati positivi e il 75% degli intervistati ritiene che le tecnologie digitali siano di fondamentale importanza.

È infine lecito attestare alle tecnologie avanzate il ruolo di 'carburante' per la quarta rivoluzione industriale. Il loro grande potenziale risiede nella possibilità di trasformare radicalmente l'industria e creare enormi possibilità per la crescita economica dell'Europa. Il loro approfondimento e il loro utilizzo sono ormai degli imperativi per tutte le aziende che operano nei vari settori industriali. Per questo motivo l'Europa si ritrova oggi con l'imperativo di proseguire nel definire politiche comuni incentivando con finanziamenti e agevolazioni i *player* che investono nella digitalizzazione e nello sviluppo di tecnologie innovative.

1.4 Verso il cambio di paradigma

«Of the many diverse and fascinating challenges, we face today, the most intense and important is how to understand and shape the new technology revolution, which entails nothing less than a transformation of humankind. We are at the beginning of a revolution that is fundamentally changing the way we live, work, and relate to one another».

(Klaus Schwab, 2015)

Con queste parole⁴⁰, Klaus Schwab introduce il suo libro sulla quarta rivoluzione industriale. Si sta assistendo a cambiamenti profondi e radicali che coinvolgeranno tutte le industrie e, come si è visto, tutti i governi si stanno adoperando per rimanere al passo coi tempi adeguando le proprie politiche e innovandosi giorno dopo giorno.

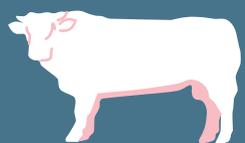
Proprio per questo si tende a riconoscere, oggi più che mai, nelle università, nelle amministrazioni, nelle piccole e medie imprese, negli investitori e soprattutto nei cittadini un'immensa responsabilità: quella di collaborare pro-attivamente a tale cambiamento, contribuendo all'elaborazione di visioni, in continuo divenire, circa il futuro delle città.

Con queste interazioni, animate da un forte spirito di condivisione e collaborazione fra tutti i vari settori della società, si avrà allora la possibilità di immaginare scenari positivi, comuni e pieni di speranza, per fare in modo che la quarta rivoluzione industriale sia davvero abilitante e incentrata sulle persone.

In un contesto in continua trasformazione, caratterizzato dallo sviluppo e dall'adozione delle tecnologie emergenti, il ruolo del progettista diventerà allora sempre più cruciale, avendo questo il compito di coordinare le proposte, mettere insieme gli spunti migliori e, infine, rendere reali e concrete le diverse visioni.

You say you want a **Revolution?**

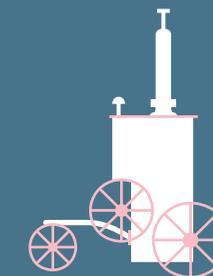
(Breve storia delle rivoluzioni industriali e della loro importanza)



10.000 a.C. - 1760 d.C.

1760 d.C. - 1860 d.C.

La prima rivoluzione industriale ebbe inizio intorno al 1760 e fu caratterizzata dall'invenzione del motore a vapore e del telaio di tessitura, dalla meccanizzazione della produzione e, quindi, dall'utilizzo di macchine azionate da energia meccanica. Passaggio da potere fisico a potere meccanico.

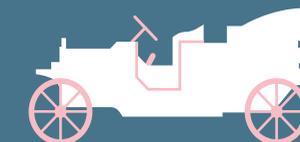


Industry 1.0

Infografica 1.1

1860 d.C. - 1960 d.C.

La seconda rivoluzione industriale ebbe inizio a seguito dell'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio. Con l'invenzione e lo sviluppo della catena di montaggio fu resa possibile la produzione di massa. Passaggio all'industria fordista.



Industry 2.0

1960 d.C. - 2000 d.C.

La terza rivoluzione industriale o rivoluzione digitale, segnata dall'introduzione di robot industriali, computer e internet fu caratterizzata dall'utilizzo dell'elettronica e dell'IT per automatizzare ulteriormente la produzione. Sviluppo del terziario e nascita del terziario avanzato.



Industry 3.0

2000 d.C. - ???? d.C.

La quarta rivoluzione industriale è a noi contemporanea e si fonda sulla connessione tra sistemi fisici e digitali, analisi complesse attraverso Big Data e sull'utilizzo di macchinari intelligenti interconnessi e collegati a internet.



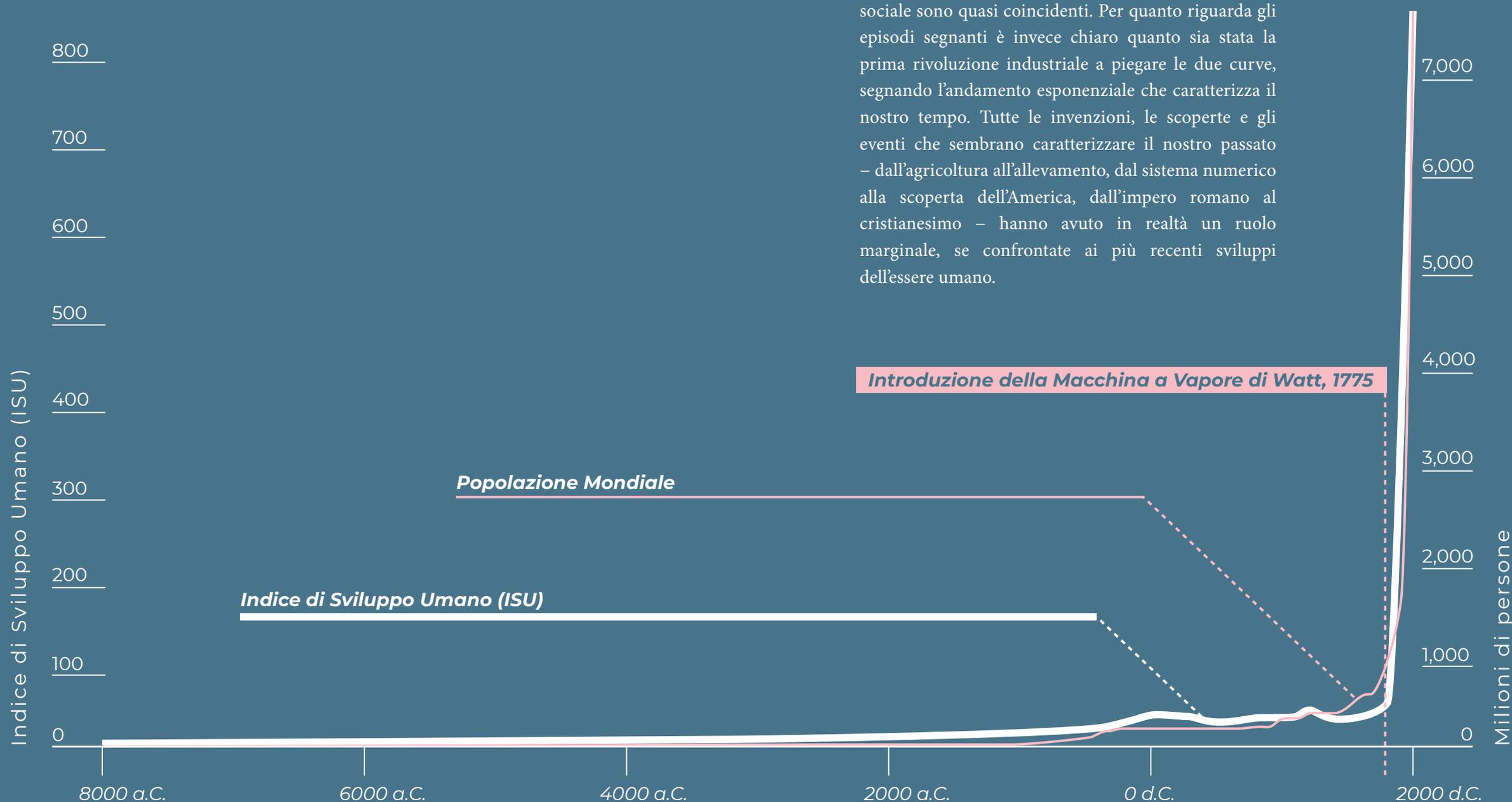
Industry 4.0

Numerically speaking, most of human history is **boring**

(numericamente parlando, gran parte della storia dell'umanità è noiosa)

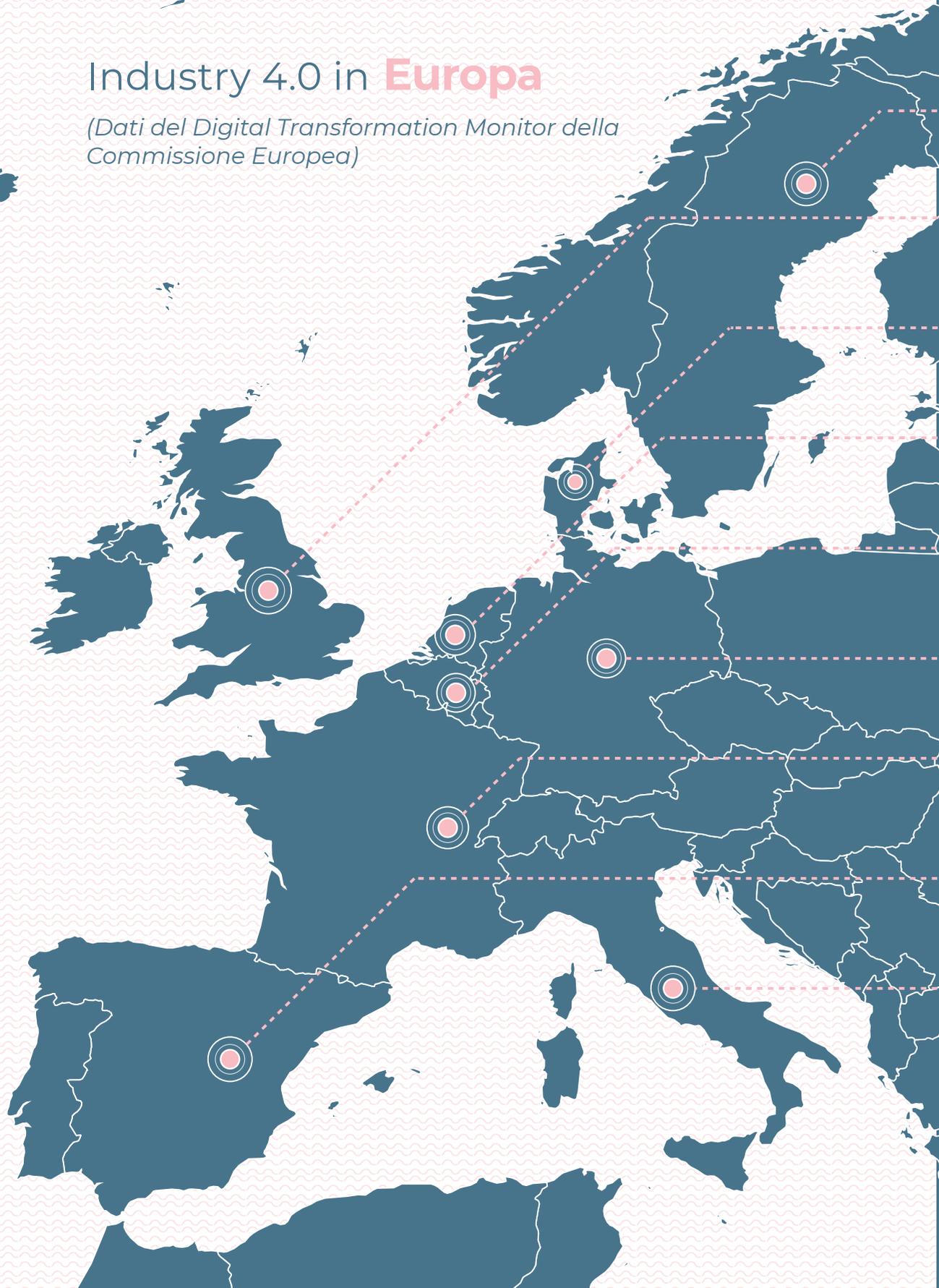
Quali sono stati gli eventi più importanti per lo sviluppo del genere umano?

Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee, riprendendo il lavoro dell'antropologo Ian Morris, hanno provato a rispondere a questa domanda. Il risultato è sorprendente: le linee che rappresentano la crescita della popolazione umana mondiale e lo sviluppo sociale sono quasi coincidenti. Per quanto riguarda gli episodi segnanti è invece chiaro quanto sia stata la prima rivoluzione industriale a piegare le due curve, segnando l'andamento esponenziale che caratterizza il nostro tempo. Tutte le invenzioni, le scoperte e gli eventi che sembrano caratterizzare il nostro passato – dall'agricoltura all'allevamento, dal sistema numerico alla scoperta dell'America, dall'impero romano al cristianesimo – hanno avuto in realtà un ruolo marginale, se confrontate ai più recenti sviluppi dell'essere umano.



Industry 4.0 in **Europa**

(Dati del Digital Transformation Monitor della Commissione Europea)



Svezia - (Produktion 2030)

Regno Unito - (HVM Catapult)

Danimarca - (MADE)

Olanda - (Smart Industry)

Belgio - (Made different)

Germania - (Industrie 4.0)

Francia - (Industrie du futur)

Spagna - (Industria Conectada 4.0)

Italia - (Fabbrica Intelligente)

privato | pubblico

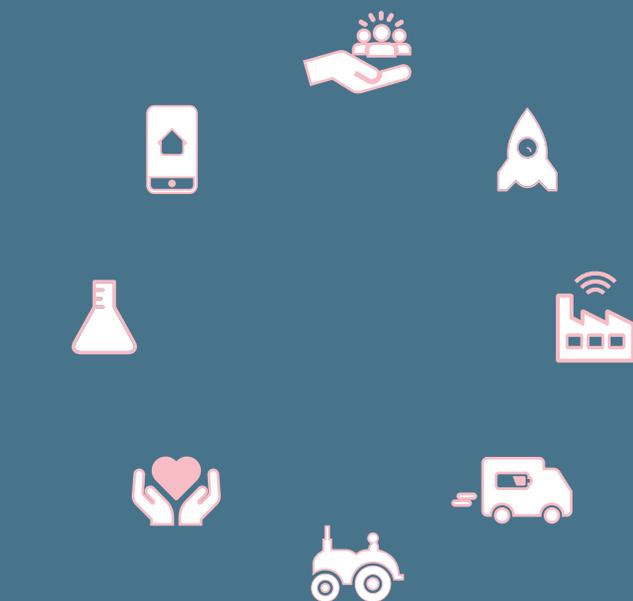
competenze | infrastrutture

bottom-up | top-down



Cluster Tecnologici Nazionali (CTN)

(Dati e testi raccolti dal portale della Ricerca Italiana - MIUR)



Aerospazio: promozione e valorizzazione di tutti gli ambiti tecnologici di rilievo per il settore aeronautico e spaziale, con particolare riferimento all'uso duale delle tecnologie che ne specializzino l'uso ad applicazioni in campo civile e di elevato impatto sociale.



Agrifood: sviluppo di conoscenze e tecnologie per la produzione di cibi, anche di origine marina, più sicuri e che abbiano più elevate caratteristiche di qualità e genuinità, anche attraverso una maggiore sostenibilità e un minor impatto ambientale nell'uso delle risorse.



Chimica verde: sviluppo di tecnologie di trasformazione di biomasse di seconda e terza generazione (biomasse «sostenibili non food») in energia e chimica verde.



Fabbrica intelligente: sviluppo e applicazione di tecnologie innovative per favorire l'innovazione e la specializzazione dei sistemi produttivi manifatturieri nazionali, sul piano della produzione, dell'organizzazione e della distribuzione.



Mezzi e sistemi per la mobilità di superficie terrestre e marina: promozione dello sviluppo di innovativi mezzi e sistemi per la mobilità di superficie eco-sostenibili, ottimizzabili dal punto di vista intermodale, per accrescere la competitività delle imprese di produzione e di gestione nel pieno rispetto dell'ambiente e delle risorse naturali.



Scienze della Vita: cura della salute umana attraverso la produzione di nuovi farmaci e terapie assistive, anche a costi contenuti; realizzazione di approcci diagnostici innovativi per malattie particolarmente critiche, comunque in un'ottica di miglioramento e allungamento della vita attiva delle persone.



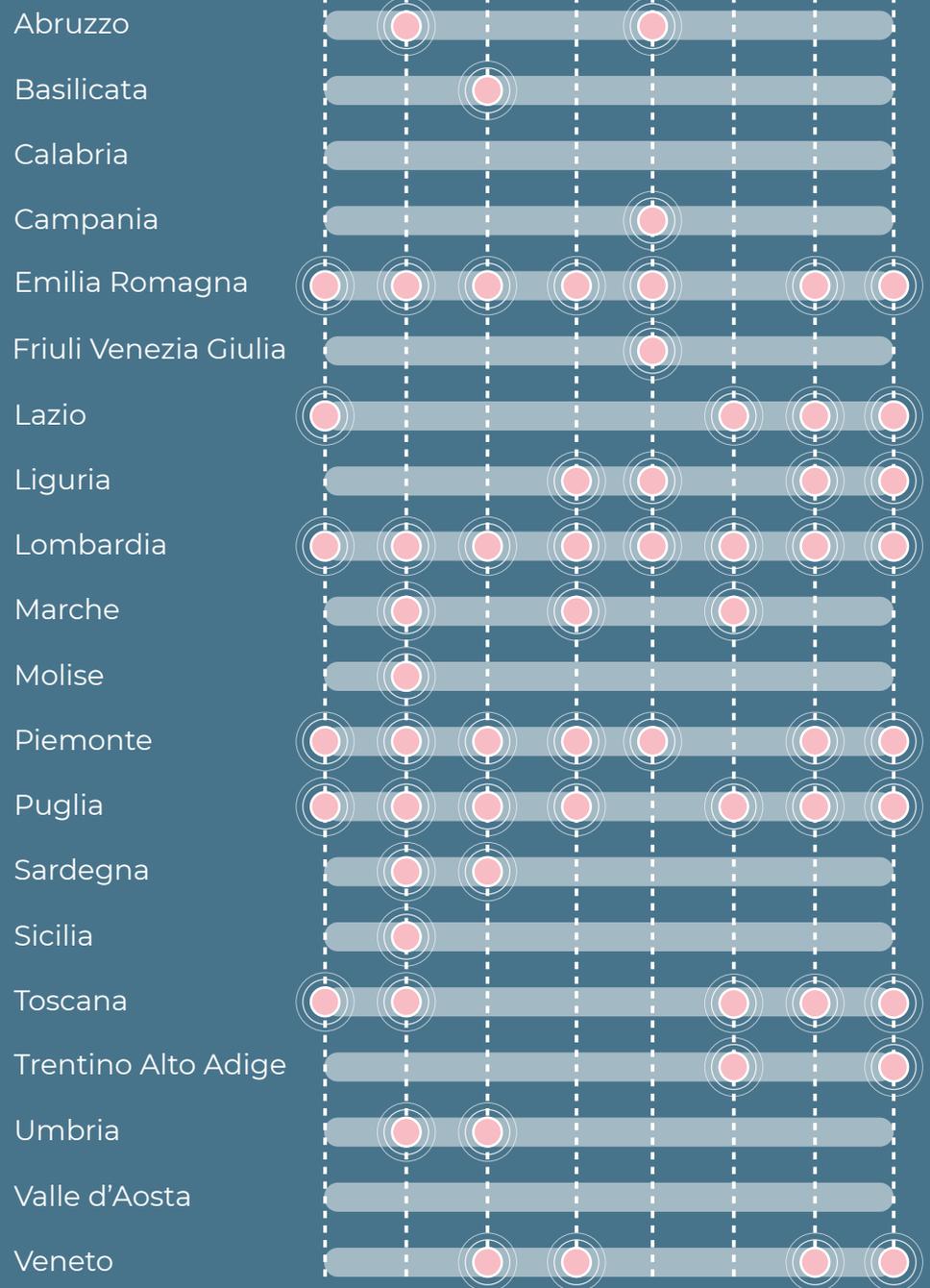
Tecnologie per gli ambienti di vita: sviluppo di conoscenze, soluzioni tecnologiche, impianti, costruzioni e prodotti altamente innovativi che, secondo uno schema di Ambient Intelligence ed Ambient Assisted Living, permettano di ridisegnare l'ambiente di vita domestico in modo da garantire l'inclusione, la sicurezza, l'ecosostenibilità.



Tecnologie per le Smart Communities: sviluppo delle più avanzate soluzioni tecnologiche applicative per consentire di realizzare modelli innovativi di risoluzione integrata per problemi sociali di scala urbana e metropolitana.



CTN



NOTE

CAPITOLO 1

¹ Il *World Economic Forum* o Forum Economico Mondiale è una fondazione senza fini di lucro con sede a Cologny, vicino a Ginevra, in Svizzera, nata nel 1971.

² «It began at the turn of this century and builds on the digital revolution. It is characterized by a much more ubiquitous and mobile internet, by smaller and more powerful sensors that have become cheaper, and by artificial intelligence and machine learning. Digital technologies that have computer hardware, software and networks at their core are not new, but in a break with the third industrial revolution, they are becoming more sophisticated and integrated and are, as a result, transforming societies and the global economy». Schwab, K., 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, Crown Business, e-book, pp. 25-26.

³ Trad. «I computer e le altre innovazioni digitali stanno facendo per il potere cognitivo – l'abilità di usare il nostro cervello per comprendere e plasmare il nostro ambiente – quello che il motore a vapore e le sue conseguenze fecero per il potere muscolare». Brynjolfsson, E. and McAfee, A., 2014, *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, e-book, p. 18.

⁴ Actionaid, 25 Lug 2017, L'accesso all'energia elettrica? Nel mondo ancora non è per tutti, [Online], <https://adozioneadistanza.actionaid.it/magazine/accesso-energia-elettrica-mondo/> [Consultato: 17 Nov 2017].

⁵ Schwab K., 2017, op. cit., p. 28.

⁶ Statista, 2017, *Number of smartphones users worldwide from 2014 to 2020 (in billions)*, [Online], <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/> [Consultato: 8 Nov 2017].

⁷ Tesla, 2017, Tesla Model 3 Autopilot, Online, <https://www.tesla.com/autopilot> [Consultato: 8 Nov 2017].

⁸ Chris Horton, 28 Set 2017, *In Taiwan, Modest Test of Driverless Bus May Hint at Big Things to Come*, *The New York Times*, [Online], <https://www.nytimes.com/2017/09/28/automobiles/wheels/taiwan-autonomous-bus-test.html> [Consultato: 8 Nov 2017].

⁹ Stone Z., 2 Nov 2017, *Everything You Need To Know About Sophia, The World's First Robot Citizen*, *Forbes*, [Online], <https://www.forbes.com/sites/northwesternmutual/> [Consultato 8 Nov 2017].

¹⁰ La Fiera di Hannover, una delle più grandi fiere industriali del mondo. Ha luogo nello spazio fieristico di Hannover, (Bassa Sassonia, Germania) e ogni anno ospita circa 6.500 espositori e più di 250.000 visitatori.

¹¹ Il termine viene utilizzato nel titolo del documento di presentazione *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution* (Industria 4.0: L'Internet delle cose sulla strada della quarta Rivoluzione industriale), [Online], http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wpcontent/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf [Consultato: 22 Nov 2017].

¹² La *Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft* (spesso abbreviata *Forschungsunion*) è un ente di consulenza, esistito dal 2006 al 2013, periodo durante il quale ha assistito il Governo Federale Tedesco per le strategie *high-tech* nazionali. Inoltre, ha formato nel tempo una serie di *Promotorengruppen* (Gruppi di Lavoro) per studiare più approfonditamente i temi legati all'innovazione, arrivando a formulare la *High-Tech Strategie 2020*.

¹³ *Forschungsunion, Acatech, 2012, Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, [Online], http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/druck_einzelseiten_290912_Bericht.pdf [Consultato: 22 Nov 2017].

¹⁴ *Forschungsunion, Acatech, 2013, Plattform Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, [Online], https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf [Consultato: 22 Nov 2017].

¹⁵ Gli *spitzencluster* sono i 15 cluster (insieme di imprese, fornitori e istituzioni strettamente interconnesse) di eccellenza della Germania, sono divisi in quattro aree tematiche specifiche – Digitalizzazione, produzione e comunicazione; Energia ed efficienza delle risorse; Salute; Mobilità e logistica – e saranno di grande ispirazione per la formazione dei Cluster Tecnologici Nazionali (CTN) italiani.

¹⁶ Miraglia R., 28 Ottobre 2017, in “Il Sole 24 Ore”, Nel laboratorio tedesco che spiega alle imprese come diventare 4.0, p. 11.

¹⁷ NIST, 24 Giu 2011, *President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership*, [Online], <https://www.nist.gov/news-events/news/2011/06/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership> [Consultato: 14 Nov 2017].

¹⁸ Commissione Europea, *Digital Transformation Monitor*, Mag 2017., *Denmark: Manufacturing Academy of Denmark (MADE)*, [Online], https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_MADE_DK%20v1_0.pdf [Consultato: 14 Nov 2017].

¹⁹ *The Government Office for Science, London. Foresight, 2013, The Future of Manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK Summary Report*, [Online], https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Resources/Future_of_Manufacturing_Report.pdf

²⁰ Commissione Europea, *Digital Transformation Monitor*, Mag 2017, *Belgium: Made Different*, [Online], https://ec.europa.eu/growth/tools/databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Made%20different_BE%20v1.pdf [Consultato: 14 Nov 2017].

²¹ Mazzarol T., 2013, *CEMI Discussion Paper 1301: The Next Wave of Manufacturing*, [Online], http://www.cemi.com.au/sites/all/publications/CEMI_DP1301_Mazzarol_2013.pdf [Consultato: 14 Nov 2017].

²² *Smartindustry, 2014, Smart Industry: dutch industry fit for the future*, [Online], <http://smartindustry.nl/wp-content/uploads/2017/08/opmaak-smart-industry.pdf> [Consultato: 14 Nov 2017].

²³ *Teknikforetagen, 2014, MADE IN SWEDEN 2030, Strategic Agenda for Innovation in Production*, [Online], <https://www.teknikforetagen.se/globalassets/i-debatten/publikationer/produktion/made-in-sweden-2030-engelsk.pdf> [Consultato: 14 Nov 2017].

²⁴ Vedi: <http://www.industrie-dufutur.org/>

²⁵ Per approfondimenti si può consultare la sezione *National Initiatives del Digital Transformation Monitor* sul sito web della Commissione Europea. <https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/category/national-initiatives> [Consultato: 16 Nov 2017].

²⁶ *Boston Consulting Group, Apr 2015, Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, [Online], <https://www.zvw.de/media.media.72e472fb-1698-4a15-8858-344351c8902f.original.pdf> [Consultato: 18 Nov 2017].

²⁷ Vedi: <http://www.miur.gov.it/documents/20182/77230/Decreto+-+Direttoriale+257+del+30+maggio+2012+%E2%80%93+Avviso+per+lo+sviluppo+e+potenziamento+di+Cluster+Tecnologici+Nazionali/d535d3f3-6a20-4e32-ad0c-7c32288f9f0f?version=1.0>

²⁸ Commissione Europea, *Digital Transformation Monitor*, Mag 2017, *Italy: Fabbrica Intelligente*, [Online], https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Fabbrica%20intelligente%20v1_0-.pdf [Consultato: 19 Nov 2017].

²⁹ *ResearchItaly*, Il portale della Ricerca Italiana, Cosa sono i Cluster Tecnologici Nazionali, [Online], <https://www.researchitaly.it/cluster-tecnologici-nazionali/cosa-sono-i-cluster-tecnologici-nazionali/> [Consultato: 15 Nov 2017].

³⁰ Ministero dello sviluppo economico, 2016, Piano Nazionale Industria 4.0., [Online], http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf [Consultato: 15 Nov 2017].

³¹ Zorloni L., 21 Set 2017, Industria 4.0 cambia nome in Impresa 4.0, ma restano i vecchi problemi, *Wired*, [Online], <https://www.wired.it/economia/business/2017/09/21/industria-40-impresa-40/> [Consultato: 16 Nov 2017].

³² Ministero dello sviluppo economico, 2016, Piano Nazionale Impresa 4.0, [Online], http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%2040_19_settembre_2017.pdf [Consultato: 16 Nov 2017].

³³ Credito d'imposta è ogni genere di credito di cui sia titolare il contribuente nei confronti dell'erario dello Stato. (Wikipedia) Una sorta di sconto sulle imposte da pagare allo Stato. Nel piano si parla di un credito d'imposta pari al 50% del conto del personale dipendente impegnato in corsi di formazione su tecnologie innovative.

³⁴ Commissione Europea, *Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship*, Mar 2016, *Accelerating the digital transformation of European industry and enterprises*, [Online], <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/15856/> [Consultato: 2 Nov 2017].

³⁵ Commissione Europea, *Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship*, Mar 2016, op. cit.

³⁶ Scacciavillani G, Nov 2017, in "Millenium", Domenico De Masi: imprenditori italiani? I più stupidi del mondo. Facciamo i tedeschi e lavoriamo meno, così aboliremo la disoccupazione.

³⁷ Amato R., 2 Nov 2016, *Repubblica*, Istat, in 20 anni Italia ultima per produttività del lavoro, [Online], http://www.repubblica.it/economia/2016/11/02/news/istat_in_20_anni_italia_ultima_per_produttivita_-151141252/ [Consultato: 21 Nov 2017].

³⁸ Commissione Europea, *Digital Transformation Monitor*, Mag 2017, *Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe*, [Online], https://ec.europa.eu/growth/tools-data-bases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Policy%20initiative%20comparison%20v1_0.pdf [Consultato: 23 Nov 2017].

³⁹ Commissione Europea, *Digital Transformation Monitor*, Mag 2017, *Digital Transformation Scoreboard 2017: Evidence of positive outcomes and current opportunities for EU businesses*, [Online], <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/21501/> [Consultato: 24 Nov 2017].

⁴⁰ Trad. «Delle svariate e affascinanti sfide che dobbiamo affrontare al giorno d'oggi, la più intensa e importante è quella di capire e riuscire a modellare la nuova rivoluzione tecnologica, la quale altro non è che una trasformazione dell'intero genere umano. Siamo all'inizio di una rivoluzione che sta cambiando completamente il modo in cui viviamo, lavoriamo e ci relazioniamo gli uni con gli altri». Schwab K., 2017, op. cit., p. 2.

CAPITOLO 2

COSTRUZIONI E INDUSTRY 4.0

Una rivoluzione digitale

Gran parte dei settori industriali, in particolare quello manifatturiero, hanno subito drastici cambiamenti negli ultimi decenni, beneficiando dalle innovazioni di progetti, processi, prodotti e servizi innescate dallo sviluppo delle nuove tecnologie. Il settore delle costruzioni, invece, è stato restio a cogliere appieno tali opportunità e, come si evince dal *report* annuale del WEF *Shaping the Future of Construction*¹, la produttività del settore edile è rimasta stagnante in tutto il mondo o addirittura diminuita negli ultimi 50 anni [Infografiche 2.1 e 2.2]. Questo trend mediocre sarebbe attribuibile alle sfide, interne ed esterne, che il settore ha dovuto affrontare negli ultimi anni, tra le quali: la persistente frammentazione dell'industria; l'inadeguata collaborazione tra i *player* coinvolti; la difficoltà nell'adottare nuove tecnologie e adattarsi allo sviluppo digitale; la difficoltà nel reclutare forza lavoro talentuosa e *future-oriented*.

Con la quarta rivoluzione industriale, però, il trend ha iniziato a invertirsi. Nel 2017 al meeting annuale del WEF a Davos, in Svizzera, è stato dato un forte segnale per proseguire con l'iniziativa *Future of Construction*, per analizzare in modo olistico lo sviluppo dell'industria edilizia attraverso i cambiamenti tecnologici e le loro implicazioni. Questa iniziativa, sulla scia di quelle di BCG, PwC, Accenture, Cap Gemini, KPMG, McKinsey, ecc., è stata utilizzata con successo come piattaforma informativa al fine di definire un'agenda globale per il settore e studiare su quali iniziative investire in futuro. Tali innovazioni dovrebbero contribuire ad accelerarne i progressi e quindi a ottenere un incremento di produttività, una maggiore sostenibilità dei processi e una migliore accessibilità.

L'importanza di rinnovare il settore delle costruzioni risiede nell'influenza che esso ha sull'economia, sull'ambiente e sulla società; è parte della vita quotidiana e, in quanto ambiente costruito, interessa la qualità della vita di ognuno; come industria, inoltre, conta il 6% del PIL globale² e ha un grandissimo impatto sul territorio in quanto:

- è la più grande consumatrice di materie prime e influisce sul 25-40% delle emissioni totali di CO₂;
- il 30% dell'emissione globale di gas serra è attribuibile agli edifici (in questo senso, il governo del Regno Unito si è posto l'obiettivo virtuoso di ridurre entro il 2025 del 50% le emissioni di gas serra dell'ambiente costruito nel paese);
- la popolazione delle aree urbanizzate nel mondo sta crescendo nella misura di 200.000 persone al giorno e con lei cresce la necessità di fornire alloggi economicamente accessibili, nonché infrastrutture e trasporti adeguati.

Per questi motivi i progettisti e gli ingegneri di tutto il mondo sono posti davanti a una grande sfida e allo stesso tempo a una grande opportunità: riformare e rinnovare una volta per tutte l'industria delle costruzioni; è necessaria quindi una risposta pronta e adeguata da tutto il settore, accompagnata da una visione ottimista e a lungo termine.

Secondo Mario Carpo, storico dell'architettura e professore alla Bartlett School, saremmo davanti a un *second digital turn in architecture* che, in analogia alla *second machine age* di Brynjolfsson e McAfee citata nel primo capitolo, sta rivoluzionando radicalmente il modo di progettare, non più con strumenti per creare, ma con strumenti per pensare³.

«design professions are now coming to terms with a new kind of digital tools they have adopted—no longer tools for making but tools for thinking»
(Mario Carpo, 2017)

Questo *shift* culturale sta cambiando totalmente il modo di progettare e concepire l'ambiente costruito e sta dando vita a un nuovo filone architettonico fondato su *mass-customization* e ottimizzazione delle forme tramite modellazione parametrica. *Big data* e *machine learning*, uniti al potere di calcolo senza precedenti, pongono le basi per una scienza in cui la previsione può essere basata sul puro recupero di informazioni e la ricerca di forme mediante simulazioni e ottimizzazioni. In questo capitolo si cercherà dunque di definire l'importanza globale dell'industria delle costruzioni contestualizzandola nel panorama *Industry 4.0*. Si evidenzierà poi l'importanza per il settore di cogliere l'ondata digitale e i benefici dell'innovazione, analizzando le criticità intrinseche e profonde che, da tempo, ne determinano la scarsa produttività. Si guarderà infine alle politiche e alle iniziative intraprese dai governi europei, per poi soffermarsi sul caso italiano, sul concetto di edilizia 4.0 e sulle nuove norme riguardanti la digitalizzazione del settore.

2.1 Il settore edile è cruciale per la società, l'economia e l'ambiente

Quella dell'edilizia è stata una delle prime industrie sviluppate dall'umanità e da sempre ha influenzato la società in maniera determinante; si potrebbe dire che tutte le altre industrie ne siano fortemente dipendenti in quanto ne fornisce spazi, infrastrutture, impianti ed edifici. La creazione di valore avviene quasi sempre all'interno o per mezzo di edifici o altri beni costruiti⁴ e la qualità della vita delle persone è da sempre fortemente influenzata dall'ambiente costruito in cui vivono; negli Stati Uniti, ad esempio, le persone vivono il 90% del loro tempo in spazi chiusi⁵. Per queste ragioni è evidente quanto gli edifici e i materiali utilizzati per costruirli abbiano un grandissimo impatto sulla qualità della vita di chi li occupa⁶ e di conseguenza sull'intero tessuto sociale. Previsto che la popolazione mondiale potrebbe superare i 9 miliardi entro il 2040⁷, l'urbanizzazione sarà un tema cruciale nel futuro prossimo; considerata poi la crescente percentuale di persone che vive in *slum* e baraccopoli vi sarà un crescente bisogno di alloggi a prezzi accessibili e al contempo funzionali, sicuri e sostenibili. Un altro trend demografico da non sottovalutare, specialmente nei paesi sviluppati, sarà lo slittamento dell'età della popolazione. Il numero crescente di persone anziane evidenzia il bisogno di costruire o adattare edifici esistenti

per accogliere persone convalescenti e con difficoltà. L'abitare condiviso, il *co-living* e lo *smart-housing* saranno concetti fondamentali in tale ottica.

Per quanto riguarda l'economia, l'industria delle costruzioni, rappresentando circa il 6% del PIL mondiale⁸, risulta essere molto incisiva in termini macroeconomici; in particolare, rappresenta circa il 5% del PIL totale nei paesi sviluppati, mentre nei paesi in via di sviluppo, come l'India, tende a rappresentare oltre il 7% del PIL⁹. Questi e altri dati fanno presupporre che l'industria continuerà a crescere notevolmente nei prossimi anni, raggiungendo entro il 2025 un fatturato stimato di 15 mila miliardi di dollari¹⁰. Inoltre, affinché tutti i paesi possano godere di una crescita inclusiva e sostenibile, sono essenziali infrastrutture moderne ed efficienti. Secondo una stima del 2014 del Fondo Monetario Internazionale, se le economie avanzate investissero un ulteriore 1% del PIL nella realizzazione di infrastrutture aumenterebbero il PIL dell'1,5% dopo soli quattro anni¹¹.

Il settore delle costruzioni deve poi fare i conti con il grande impatto che ha sull'ambiente, in quanto più grande consumatore globale di risorse e materie prime (utilizza tre miliardi di tonnellate di materie prime ogni anno per fabbricare prodotti per l'edilizia e consuma il 50% della produzione mondiale di acciaio¹²) e responsabile del 25-40% dell'uso totale globale dell'energia, aggravato dall'enorme rilascio di anidride carbonica nell'ambiente¹³. Oltre al consumo di risorse, il settore spicca per la quantità di rifiuti prodotti. Per dare un'idea, circa il 40% dei rifiuti solidi negli Stati Uniti deriva da costruzioni e demolizioni¹⁴. Tuttavia, poiché i rifiuti implicano una significativa perdita di minerali preziosi, metalli e materiali organici, è necessario incentivare lo sviluppo di virtuosi loop circolari in grado di riutilizzare materiali di scarto e derivanti da demolizioni in un'ottica di economia circolare¹⁵. Pratiche come l'*urban mining*¹⁶ per riciclare e riutilizzare il cemento o altre materie ricavate dalla demolizione di manufatti al fine di realizzare nuovi e performanti materiali da costruzione stanno diventando un'usanza comune.

Considerata la fondamentale importanza dell'industria edilizia per il mondo, infine, l'obiettivo di ogni progettista andrebbe allora ricercato nel migliorare la qualità delle costruzioni e dei materiali che la compongono, nonché nel contribuire alla realizzazione di ambienti interni più sani, sostenibili e meno costosi. Qualsiasi tentativo in questa direzione potrebbe infatti generare benefici per tutti gli operatori; dalle famiglie che investono nella propria casa ai governi che intraprendono un grande progetto infrastrutturale.

2.2 L'importanza di cogliere la sfida della digitalizzazione

La sfida della digitalizzazione coinvolge tutte le aziende che operano nel settore, dalle più grandi alle più piccole. Le opportunità offerte dall'applicazione di nuove tecnologie, materiali e strumenti sono grandissime. Start-up e PMI, accelerando sull'applicazione e la sperimentazione di nuove tecnologie, possono diventare esempi virtuosi per tutte le altre aziende e possono farsi portatrici di quell'energia *disruptive* che diventa ogni giorno più cruciale per restare competitivi sul mercato, solo così, forse, sarà possibile scostarsi da quella stagnazione che da più di cinquant'anni caratterizza il settore edile. In questo caso il *Building Information Modeling* (BIM) [Infografica 2.3] sta assumendo un ruolo centrale in quanto, più di tutte le altre tecnologie, sta facilitando la collaborazione e la cooperazione tra tutti gli attori del progetto fornendo agli *stakeholder* coinvolti una rappresentazione digitale di tutte le caratteristiche di un edificio, non solo dalle prime fasi del progetto ma durante tutto il suo ciclo di vita. Il BIM si presta dunque a essere una piattaforma innovativa e centrale per la progettazione integrata, la modellazione, la pianificazione e la gestione. Tuttavia sono diversi gli ostacoli che rendono molto difficile la diffusione a larga scala di questo strumento:

- implementare il BIM sia per le piccole aziende sia per le grandi compagnie richiede uno sforzo considerevole nella formazione di 'manodopera specializzata'. Soprattutto per le piccole imprese la sfida è molto impegnativa per i sostanziali investimenti iniziali richiesti da tali operazioni;
- gli standard tecnologici e l'interoperabilità devono essere assicurati di modo che tutti gli *stakeholder* possano agilmente condividere informazioni e cooperare nella progettazione/pianificazione;
- i vari *player* non adotteranno velocemente questo strumento fino a che non comprenderanno appieno i benefici del BIM; si rende pertanto necessario investire energie nella divulgazione;
- nel BIM i dati sono creati e condivisi in maniera molto più collaborativa e 'open' e questo potrebbe portare a problemi di copyright e *data ownership*;
- i benefici totali dell'utilizzo del BIM possono essere compresi del tutto solo se tutti gli attori lungo la *value chain* sono coinvolti; senza una forte collaborazione i benefici sono notevolmente ridotti.

Per molte delle più grandi società di ingegneria e architettura il BIM fa già parte delle pratiche aziendali in modo naturale, ma molte delle piccole imprese lungo la catena del valore hanno pochissima esperienza nell'applicazione del metodo. Non stupisce il fatto che anche tra i maggiori appaltatori ve ne siano alcuni che non abbiano mai adoperato il BIM in nessuno dei loro progetti. La differenza nel grado di applicazione varia moltissimo di nazione in nazione; ad esempio, nel Regno Unito le compagnie di ingegneria e architettura che non hanno mai utilizzato il BIM sono il 16%, in Austria il 49%, in Germania il 42% e in Francia il 34%¹⁷. In quest'ottica, secondo il *World Economic Forum*, quello che servirebbe all'industria delle costruzioni sarebbe un *big and open BIM*¹⁸, in grado di integrare l'intera *value chain* e incoraggiare la piena interoperabilità fra software e file.

Cruciali in questa direzione sono i recenti sforzi di *Autodesk* e *Building Smart International* nell'introduzione di standard e *workflow* di tipo open quali l'IFC¹⁹.

A qualche anno dalle prime politiche *industry 4.0*, analizzate nel primo capitolo e legate principalmente all'industria manifatturiera, la digitalizzazione sta assumendo un ruolo centrale anche per il settore delle costruzioni. Secondo un recente studio del *Boston Consulting Group*, la piena digitalizzazione del settore sarebbe in grado di generare un risparmio globale annuo di 700-1200 miliardi di dollari²⁰. Le tecnologie a cui si fa riferimento quando si parla di 'piena digitalizzazione' saranno approfondite nel terzo capitolo, e su tutte spiccano: *big data*, *virtual/augmented reality*, *BIM*, *IoT*, robotica, materiali da costruzione avanzati, veicoli autonomi e sistemi cibernetici. Ad esempio, dall'analisi dei *big data* gli algoritmi possono generare nuove conoscenze sia in fase di progettazione e costruzione sia in fase di gestione e manutenzione. I nuovi metodi di simulazione e realtà virtuale aiutano a identificare interdipendenze e incongruenze (*clash detection*) durante le fasi di progettazione e ingegnerizzazione, consentendo un'esperienza virtuale dell'edificio già dalle fasi iniziali e riducendo i sostenuti costi di intervento 'a posteriori'. Sfruttando la connettività mobile, l'Internet delle Cose e la realtà aumentata, gli operatori possono comunicare in tempo reale fornendo continui aggiornamenti e informazioni ai lavoratori che agiscono sul campo. Utilizzando droni e sensori si possono effettuare controlli periodici che altrimenti sarebbero difficoltosi, rintracciare persone, macchine e componenti, perfezionando il monitoraggio dei processi di costruzione stessi. Grazie ai 3d Scanner si è ormai in grado di creare modelli digitali di edifici esistenti, rilevare deviazioni durante il processo di costruzione, consentire il continuo monitoraggio delle deformazioni e studiarne il comportamento strutturale ed energetico.

Tali tecnologie digitali facilitano anche l'adozione o l'applicazione migliorata di molte delle altre innovazioni, come la prefabbricazione, l'automazione e la stampa 3D, contribuendo a migliorare vari processi nel settore, dalla progettazione alla gestione dei progetti in generale.

«In the 32 years I've been in construction, this is the first time that technology is ahead of what we do. It has accelerated at a pace I've never seen [...]. There is technology that can operate machines unmanned. Figuring out how to make that technology work, in stride with our employees and partners, is paramount for us as a business».

(Global head of operations, multinational construction company, 2015)

«In 32 anni che lavoro nell'edilizia, questa è la prima volta che la tecnologia sta anticipando quello che facciamo. Ha accelerato ad un ritmo che non ho mai visto. [...] Esiste una tecnologia in grado di far funzionare le macchine senza personale. Capire come fare funzionare quella tecnologia, in accordo con i nostri dipendenti e soci, è fondamentale per noi come azienda»²¹. Con questa frase pronunciata dal responsabile per le attività internazionali di una multinazionale il cui nome resta ignoto, il *Boston Consulting Group*, nel documento *Digital in Engineering and Construction* evidenzia la potenza *disruptive* di queste innovazioni e afferma che l'industria delle costruzioni *is ripe for a change*²², ovvero è matura per il cambiamento pur dovendo ancora affrontare una serie di sfide interne.

2.3 I problemi dell'accogliere l'innovazione nel settore delle costruzioni

Nella maggior parte dei paesi sviluppati, negli ultimi 50 anni, gli incrementi di produttività nel settore edilizio sono stati scarni, specialmente se comparati a quelli nelle altre industrie. Alcune delle nuove tecnologie sono state recepite, ma il grado di innovazione e di adozione di tali tecnologie è sempre molto basso. In questo paragrafo si andranno a cercare le cause di questo trend negativo e quindi delle problematiche e delle sfide interne che caratterizzano l'intero settore.

Il primo evidente problema è la mancanza di innovazione e il ritardo costante nell'adottare nuove tecnologie. La linfa vitale di qualsiasi impresa o industria è il dipartimento ricerca e sviluppo (più comunemente noto come R&D²³). I benefici dell'R&D sono a lungo termine, mentre i costi sono elevati nel presente e nel breve termine. Questa discrepanza temporale mal si addice al business orientato al progetto in cui opera l'industria delle costruzioni e per questo motivo l'R&D ha ricevuto qui meno attenzione rispetto che in altri settori²⁴.

Il *report* sul benessere equo e sostenibile in Italia (Bes) del 2015 redatto dall'ISTAT sul tema della ricerca e dell'innovazione evidenzia il costante stagnamento degli investimenti in innovazione tecnologica nel settore delle costruzioni²⁵; tale tendenza ben rispecchia la cultura conservativa delle aziende che operano in questo ambito. La percezione diffusa è che le PMI e troppo spesso anche alcune grandi aziende non siano sufficientemente progressiste, *future-oriented* e lungimiranti. A questo si aggiunge la carenza di giovani talenti e l'incapacità di sviluppare e fare apprendere determinate *skill* ai nuovi lavoratori (quello della formazione è un problema evidenziato anche dalle politiche I4.0 del governo italiano). L'immagine che le persone hanno del settore edile è infatti relativamente negativa: la differenza di genere è inadeguata, il numero di donne impiegate nel settore edile è decisamente minore rispetto agli altri²⁶; la sicurezza del lavoro è scarsa a causa della natura progettuale e ciclica del business; il clima di fiducia nel settore è in decisa diminuzione in Italia (come emerso nel rapporto ISTAT pubblicato nel dicembre 2017 sulla fiducia dei consumatori e delle imprese)²⁷.

Un altro problema sostanziale è l'insufficiente trasferimento di conoscenze da un progetto all'altro. Sebbene ogni progetto edilizio abbia le sue singole caratteristiche, i processi di costruzione si ripetono frequentemente nei loro elementi essenziali. Le lezioni apprese da un progetto potrebbero essere spesso applicate a progetti successivi, in un'ottica di *circular design*²⁸, riducendo tempi e costi e incrementando qualità e produttività. Eppure poche aziende si sono abituate a tali processi. Il più delle volte l'esperienza passata è persa e i progetti continuano a fare affidamento sulle competenze del singolo *project manager*²⁹. Questo atteggiamento può condurre a processi informali e a un insufficiente rigore nell'esecuzione dell'intero processo, con aziende che sembrano porre maggiore enfasi sulla definizione del prodotto finale piuttosto che sulla pianificazione del processo reale di costruzione. A questo problema si correla il debole monitoraggio dei progetti.

In molti altri settori industriali, ad esempio quello manifatturiero, le operazioni vengono monitorate continuamente permettendo la raccolta di grandi quantità di dati. In questo modo, se durante il processo di realizzazione di un prodotto qualcosa va storto,

un produttore di automobili, ad esempio, può identificare rapidamente le cause rimediando immediatamente ed efficientemente.

Si registra quindi una difficoltà intrinseca nell'adottare nuovi approcci metodologici in fase di progettazione e in fase di gestione. Problematiche quali la «quasi totale assenza di interoperabilità, il ritardo nell'adozione di nuove tecnologie in fase di progettazione, il ricorso a metodi inadeguati ed obsoleti di scambio e uso delle informazioni e il mancato allineamento delle esigenze di tutti gli operatori della filiera [...] si traducono in una concreta difficoltà comunicativa e gestionale, caratterizzata da processi organizzativi ridondanti e inefficienti, che comportano inevitabilmente un aumento dei costi e dei tempi connessi all'intero ciclo di vita dell'opera, dalla progettazione alla sua manutenzione»³⁰.

Sono svariate le ricerche che hanno studiato il rapporto costi/inefficienza associato alla tradizionale pratica di progettazione e costruzione. Ad esempio la curva di Patrick MacLeamy, che mostra la curva a campana del processo di progettazione tradizionale con il picco di sforzi e risorse al centro della fase di costruzione e documentazione, ha evidenziato i vantaggi economici di concentrare le scelte strategiche nelle fasi iniziali di pianificazione – perché più semplice e meno costoso – piuttosto che durante la produzione della documentazione. Questo virtuoso processo progettuale dovrebbe garantire «la piena condivisione delle informazioni di progetto e un maggiore coordinamento tra gli *stakeholder*, rese possibili solo garantendo una 'progettazione integrata'»³¹. Il processo tradizionale di progettazione, costruzione e gestione di un'opera, caratterizzato da un flusso di lavoro di tipo lineare e sequenziale, nel passaggio committente-team di progettazione-impresa, comporta un'inevitabile perdita di informazioni e dati che rischia di tradursi in un notevole dispendio di tempo e risorse. Oggi «il processo sequenziale di accumulo e passaggio di informazioni – con la progettazione integrata potrebbe lasciare spazio – ad un processo iterativo nel quale l'opera da realizzare diviene un 'contenitore' di informazioni, costantemente aggiornate, dove le singole parti coinvolte interagiscono le une con le altre ottimizzando le scelte progettuali. Si assiste quindi ad un sostanziale riesame dei processi di lavorazione, in cui non compaiono più diverse figure professionali dedite a svolgere individualmente la fase a loro dedicata, ma gruppi di tecnici che, attraverso competenze differenziate, cooperano in modo sincrono e coordinato»³².

2.4 Edilizia 4.0 nel panorama italiano

Assunto che le costruzioni siano uno dei comparti meno digitalizzati al mondo³³, quando ci si riferisce all'Italia il quadro si fa ancora più preoccupante [Infografica 2.4]; le costruzioni stanno scivolando, nel confronto a livello mondiale, dal gruppo degli Stati in 'decrescita' a quelli 'arretrati'³⁴. Da qui emerge la necessità di un rapido cambiamento di paradigma nella predisposizione degli imprenditori del settore, i quali dovrebbero aprirsi abbracciando le logiche della digitalizzazione e della quarta rivoluzione industriale.

Come si è visto un tale processo impone la revisione radicale di modelli contrattuali, organizzativi e finanziari nell'orizzonte di un mercato in grado di proporre una versione non solo quantitativa degli investimenti immobiliari e infrastrutturali, ma che li leghi saldamente alla infrastruttura digitale.

L'urgenza di «innovare e digitalizzare il settore edile per aumentare la produttività del mondo delle costruzioni italiane e per migliorare la sicurezza del patrimonio immobiliare esistente»³⁵ è in sintesi il principio alla base del XVIII convegno nazionale Giovani ANCE³⁶ *Mattoni.0 - Digitalizziamo un antico e nobile mestiere*³⁷, svoltosi a Roma nel maggio del 2017, nonché il fondamento di molte delle altre iniziative che ultimamente in Italia hanno focalizzato l'attenzione sul rinnovamento del settore edile. Durante l'evento organizzato da Giovani ANCE, grazie a interventi di esperti nei vari ambiti, si è potuto fare il punto sul grado di innovazione nell'industria delle costruzioni italiana; dal dibattito è emersa la volontà di unire le forze per creare una piattaforma di condivisione, per unire e connettere tutti i giovani imprenditori edili che hanno l'obiettivo di innovare e investire nel digitale per le costruzioni.

In linea con questa emergente necessità, la stessa Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE) ha già realizzato, con il progetto innovANCE partito nel 2011, un prototipo di piattaforma open per riunire in un singolo network tutti gli operatori della filiera edilizia. Il progetto coinvolge 16 partner (tra cui Politecnico di Torino e Politecnico di Milano) e punta a creare la prima banca dati nazionale contenente tutte le informazioni tecniche, scientifiche, economiche utili all'integrazione di tutti i soggetti del processo costruttivo per eliminare le incomprensioni che generano inefficienze, ritardi e costi elevati³⁸.

Gli obiettivi concreti sono quelli di:

- realizzare un codice univoco per prodotti, servizi, attività e risorse impiegate;
- impostare una scheda tecnica standardizzata in grado di mettere in relazione gli attori del processo edilizio;
- creare un portale WEB che, sull'esempio di realtà consolidate quali NBS (*National Building Library*)³⁹ e WBDG (*Whole Building Design Guide*)⁴⁰, permetta agli utenti di usufruire di informazioni codificate e modelli digitali (*BIM Library* e *BIM Server*) in ogni fase della produzione edilizia. Questa esperienza ben si presta ad evidenziare l'importanza della condivisione delle informazioni e della comunicazione per riformare il sistema delle costruzioni. Un altro passo importante verso la digitalizzazione del settore edile italiano è sicuramente rappresentato dall'entrata in vigore, nel gennaio 2017, della norma UNI 11337-1:2017 «Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni», precisamente nelle parti 1, 4 e 5⁴¹. Con tale disposizione l'ente nazionale italiano di normazione ha trattato la gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni e, nello specifico, si è rispettivamente occupata di:
 - modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti processi;
 - evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti;
 - flussi informativi nei processi digitalizzati.

La norma, si legge sul portale dell'UNI, «è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, ed a qualsiasi tipologia di processo: di ideazione, produzione od esercizio. Siano essi rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito»⁴². Alla luce di tali esperienze e della volontà delle imprese italiane, specialmente delle più giovani, di cogliere appieno la transizione digitale, è necessario soffermarsi sul ruolo del-

la pubblica amministrazione nell'affiancare la quarta rivoluzione industriale. Allargando lo sguardo all'Europa risulta evidente quanto l'Italia sia in ritardo rispetto alle altre nazioni in tema di strategie e politiche industriali 4.0 per il settore edile. Ad esempio:

- nel Regno Unito, il governo nel 2011 con la *Government Construction Strategy*⁴³ ha fissato per il 2016 raggiungimento degli standard BIM (*Level 2*), per poi innalzare l'obiettivo alla massima integrazione e connessione digitale (*BIM Level 3*) entro il 2020 con la *Digital Built Britain Strategy* (2015)⁴⁴ e la *Government Construction Strategy 2016-2020* (2017)⁴⁵.
- in Francia, nel 2015, sono stati avviati i lavori per il *Comité de Pilotage del Plan Bâtiment Numérique*⁴⁶, cabina di regia per redigere un *action plan* governativo con il fine di investire sulla transizione digitale ed energetica nel settore delle costruzioni.
- in Germania, sotto l'egida di *Building Smart Deutschland*, il Ministero Federale delle Infrastrutture Digitali e dei Trasporti ha propiziato *Planen-Bauen 4.0*⁴⁷ per guidare lo sviluppo di una *BIM Roadmap* strategica per l'edilizia tedesca.

Come, dunque, spiegare il grave ritardo che l'Italia ha maturato, misurabile col fatto che i processi di digitalizzazione non possono dispiegare i propri effetti nel breve periodo? Secondo Angelo Ciribini, Professore Ordinario di Produzione Edilizia presso l'Università degli Studi di Brescia, «è facile riconoscere come uno degli elementi ostativi, al di là della corruzione, che spiega solo in parte l'inefficienza, stia nell'eccessiva frammentazione del settore. È bene, infatti, premettere che senza meccanismi e processi aggregativi non sarà mai possibile incrementare la struttura delle organizzazioni, migliorarne la managerialità, capitalizzare la conoscenza, effettuare significativi investimenti in infrastrutture digitali. Tale passaggio, che concerne il tessuto committente, come quello professionale e quello imprenditoriale è fondamentale, ma profondamente avversato da ogni genere di rappresentanza, desiderosa di conservare la polverizzazione all'insegna dell'individualismo»⁴⁸.

A questo proposito, che cosa potrebbero fare i Governi? L'ideale, prosegue il Coordinatore Tecnico di *Building Smart Italia*, sarebbe costituire una cabina di regia per la riconfigurazione del settore delle costruzioni con una *long-term vision* (almeno fino al 2030) per studiare la combinazione opportuna di misure industriali, fiscali, finanziarie, societarie, guardando a Francia, Germania e Regno Unito, dove le *task force* per la digitalizzazione del settore hanno un fine di supporto, di coinvolgimento e di orientamento; un fine culturale e strumentale piuttosto che sanzionatorio o dirigitico.

Da una parte, come evidenziato nel primo capitolo, è innegabile che il Governo italiano abbia promosso negli ultimi due anni «un'intensa politica industriale per il settore manifatturiero, intitolata a Industria 4.0 – (poi Impresa 4.0) – che si basa, oltre che sul sostegno agli investimenti produttivi per digitalizzare e per automatizzare gli impianti industriali, su *Innovation Hub* e su *Competence Center* che dovrebbero conferire agli operatori, a cominciare dal top management, una appropriata cultura digitale, per quanto il significato autentico della quarta rivoluzione industriale rimanga dibattuto e incerto»⁴⁹.

Dall'altra, «è evidente come da questo processo il settore delle costruzioni sia rimasto sostanzialmente escluso per diverse ragioni che, in parte, attengono alla sua produttività e reputazione, come si diceva, ma che, in definitiva, non faranno altro che incentivarne,

almeno in termini di retorica, il desiderio [...] di emularne i caratteri, come dimostra la locuzione “Edilizia 4.0”»⁵⁰.

Tuttavia nel 2017 il MIT (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti), non potendo assecondare gli istinti conservativi di un settore in crisi strutturale e dovendo forzarlo a reinventarsi e a riconfigurarsi, ha attuato il Nuovo Codice degli Appalti, con il quale, come previsto da direttiva europea, ha introdotto l'obbligatorietà nella progettazione di metodi e strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture. «Il nuovo codice degli appalti pubblici costituisce un passaggio fondamentale verso un quadro normativo del sistema degli appalti in Italia più chiaro e semplificato, stazioni appaltanti più efficienti e professionali, gare più semplici e trasparenti, maggiore apertura alla concorrenza, soprattutto nel settore delle concessioni e dei servizi pubblici locali, sistema dei controlli più coordinato ed efficiente» si legge sul portale del MIT⁵¹.

Infine, nel Gennaio del 2018, in attuazione dell'articolo 23, comma 13, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, «Codice dei contratti pubblici», il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti ha adottato il decreto n. 560 del 1 dicembre 2017⁵² che definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche. Il decreto (volgarmente noto come ‘decreto BIM’) definisce, per gli appalti di lavori e le concessioni di lavori, le modalità e i tempi di progressiva adozione del BIM, che sarà obbligatorio dal 1° gennaio 2019 per le opere di importo pari o superiore a 100 milioni di euro, e poi via via per importi minori a decorrere dagli anni successivi al 2019 fino alle opere di importo inferiore a 1 milione di euro, per le quali il termine decorre dal 1° Gennaio 2025 [Infografica 2.5]. La pubblicazione del decreto costituisce indubbiamente un evento non trascurabile; potrebbe essere decisiva per smuovere definitivamente lo stato delle cose nell'ambiente delle costruzioni in Italia. È importante tuttavia sottolineare, scrive Angelo Ciribini, anche Membro della Commissione del MIT per l'applicazione del BIM ex D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., che «il DM investe direttamente le amministrazioni pubbliche, sottintendendo che la loro maturità digitale inciderà profondamente sull'efficacia del provvedimento»⁵³. E ancora, «il DM appare, senza dubbio, agli operatori della Domanda Pubblica e dell'Offerta Privata come uno spartiacque in termini di obblighi e di prospettive, che giustifichi un orientamento in via pressoché definitiva, ma, in realtà, per comprenderne l'intima portata occorre rovesciare l'accezione di prescrizione a cui si è usi attingere in presenza di disposti legislativi, provando a leggerlo [...] nei termini di politica industriale. Non si tratta di una marginale distinzione, poiché alla nozione di obbligatorietà si associa sempre quella di fardello o di vincolo e, di conseguenza, una parte dei destinatari cerca, in quel caso, di differirne e di ridurne l'effettività, aderendovi formalmente, svuotandone, al medesimo tempo, i contenuti. E, in ogni modo, vi è pur sempre il rischio che la «inevitabile» digitalizzazione sia accolta con la dovuta «rassegnazione», alimentando nuovi mercati consulenziali, senza sortire effettivi benefici»⁵⁴.

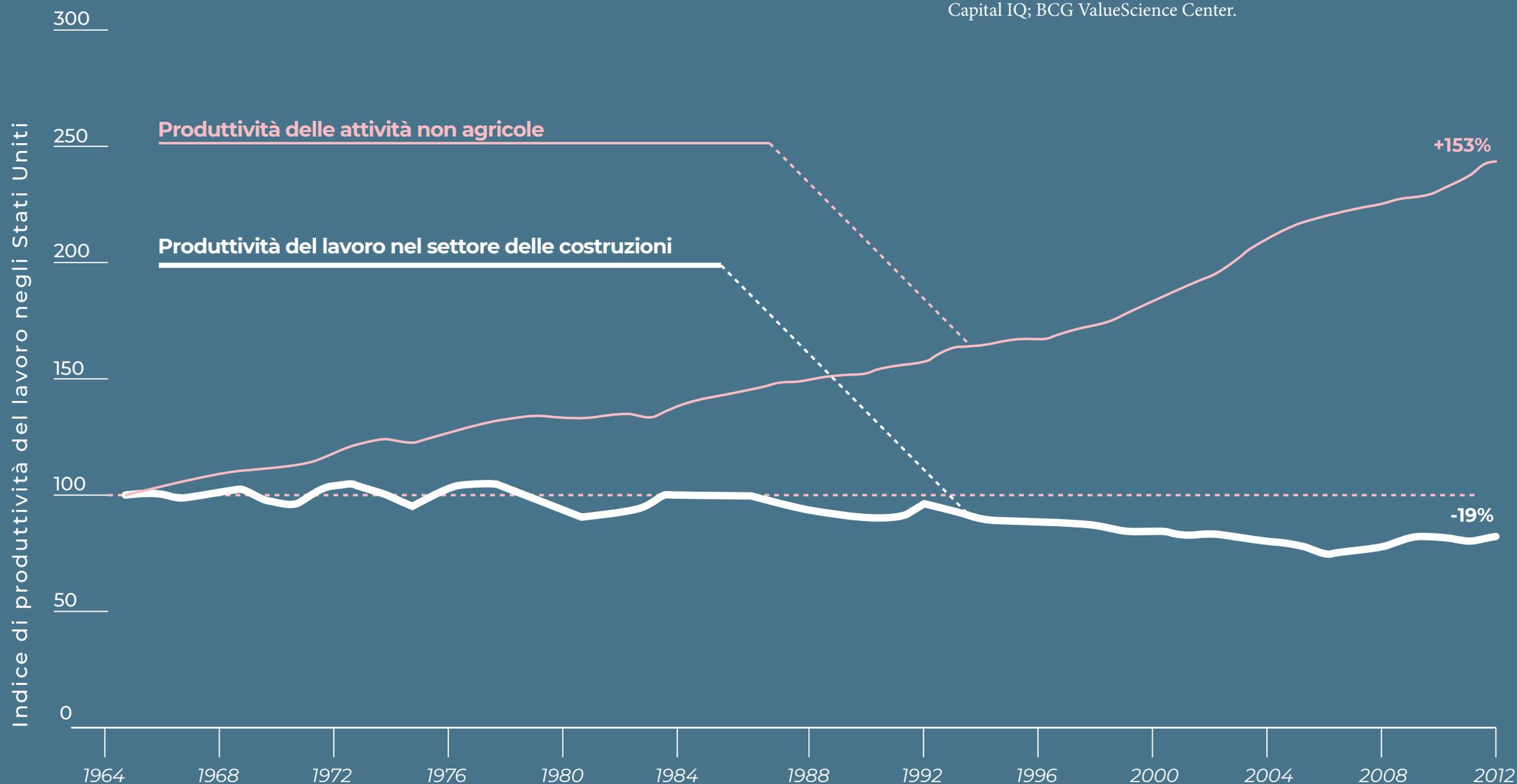
Produttività del settore delle costruzioni negli Stati Uniti tra il 1964 e il 2012*

(Rielaborazione della statistica sulla produttività del lavoro negli Stati Uniti elaborata nel report: *Shaping the Future of Construction*, 2016)

*Statistica basata su società statunitensi con codici di classificazione industriale standard relativi all'ingegneria, alle costruzioni e ai servizi.

Fonti:

World Economic Forum, 2016, *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*, Ginevra, p. 15; Global Vantage; Compustat; Bloomberg; www.aecbytes.com; www.nber.org; S&P Capital IQ; BCG ValueScience Center.



La **produttività** del lavoro nel settore delle costruzioni per nazione tra 1995 e 2015

(McKinsey Global Institute, 2016)

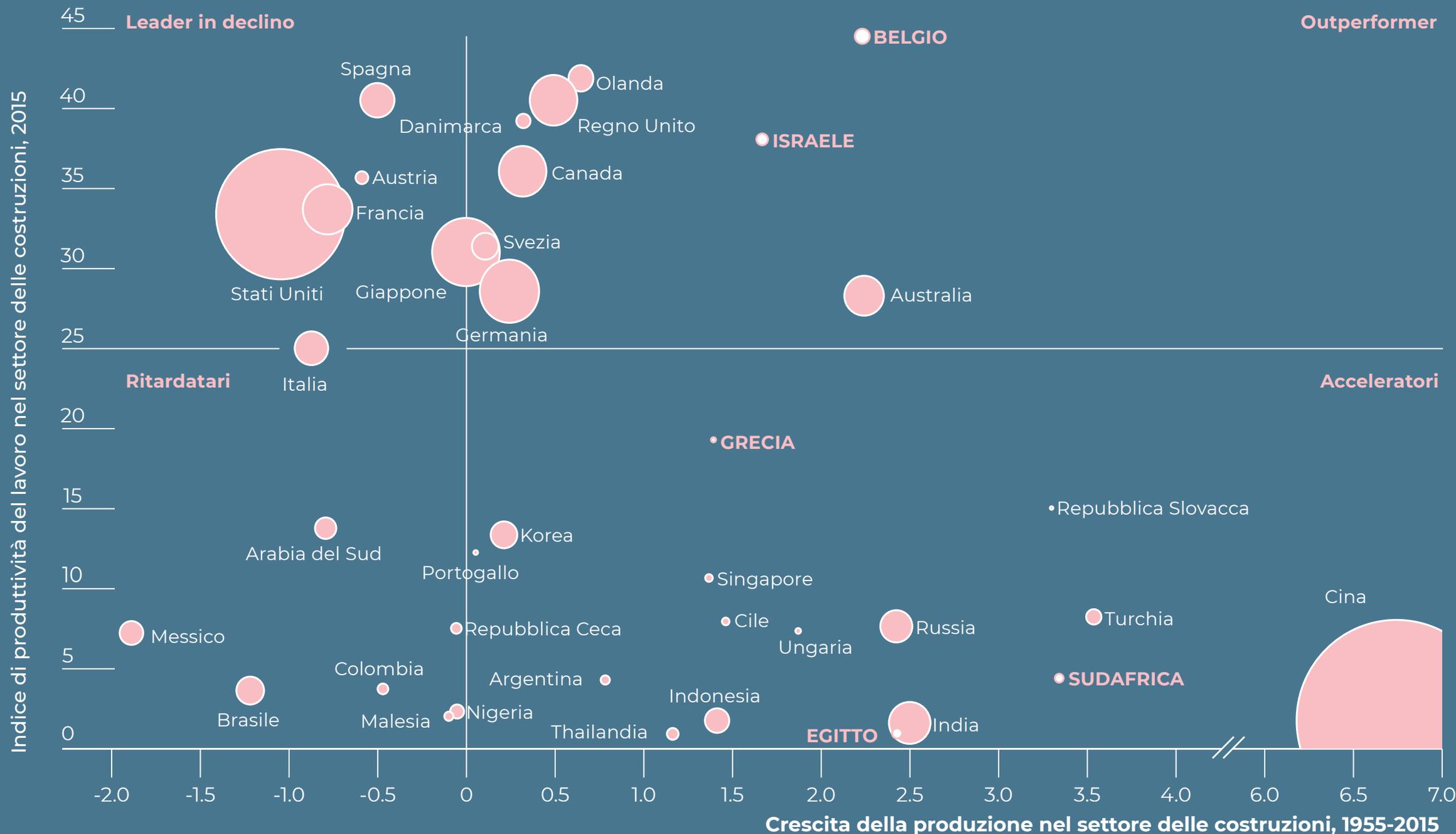
la dimensione indica quanto quel paese investe nelle costruzioni in miliardi



la crescita della produttività è in ritardo rispetto all'economia totale



la crescita della produttività supera l'economia totale



Le fasi della progettazione nel **Building Information Modeling**

(Le fasi evolutive proposte da Hoyle B.S.)

OPERAZIONI

Piattaforma dati per il monitoraggio delle condizioni e della manutenzione

Archivio dati per la gestione delle risorse

Piattaforma per il trasferimento di informazioni coinvolte

Informazioni dell'edificio a supporto delle soluzioni

PROGETTAZIONE

Archivio dati di contesto da scansioni laser

Archivio dati per le analisi di progettazione ottimizzata

Modello di simulazione e prototipazione rapida

Dati di trasferimento/integrazione per analisi sulle prestazioni

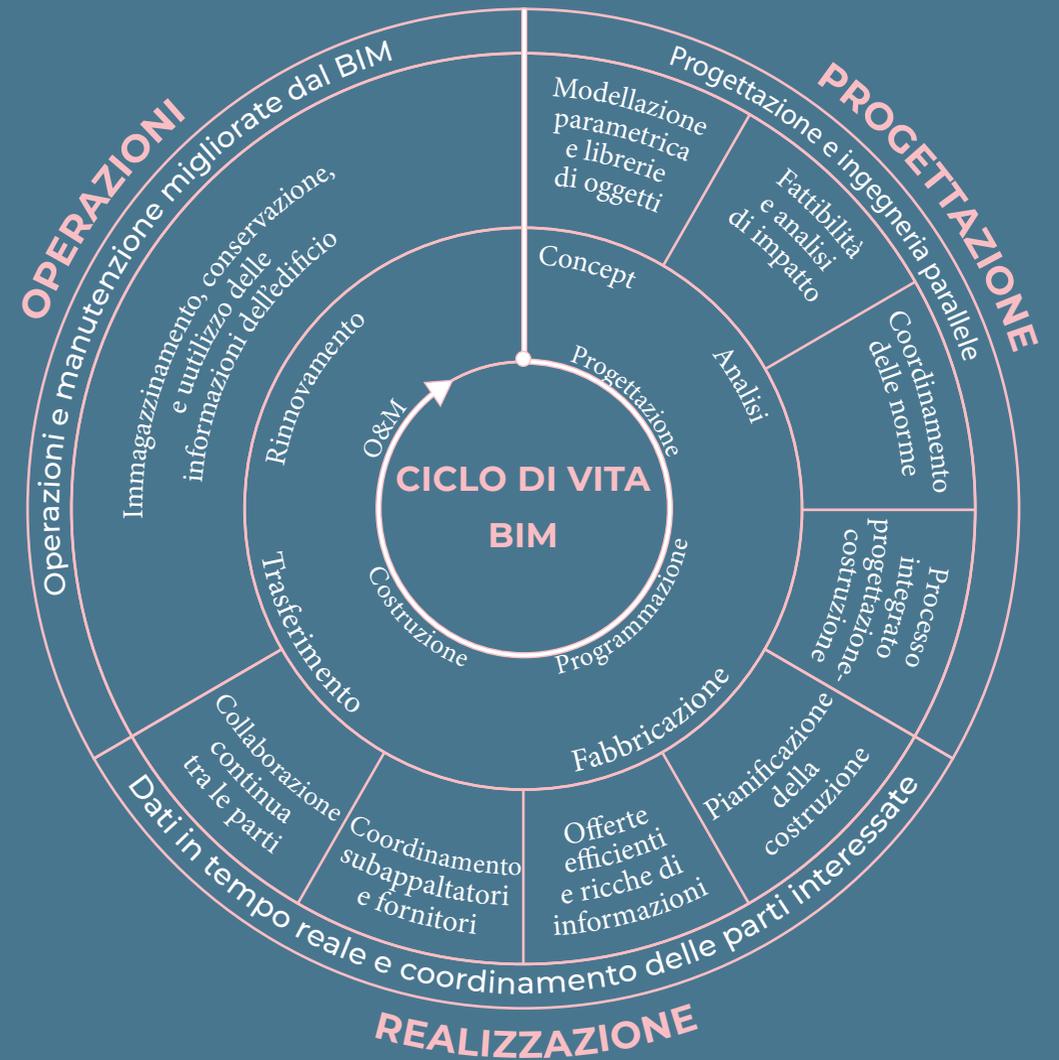
COSTRUZIONE

Scambio di dati per la gestione del progetto

Modello per la prefabbricazione e la manifattura additiva

Modello per macchinari autonomi e automatizzati

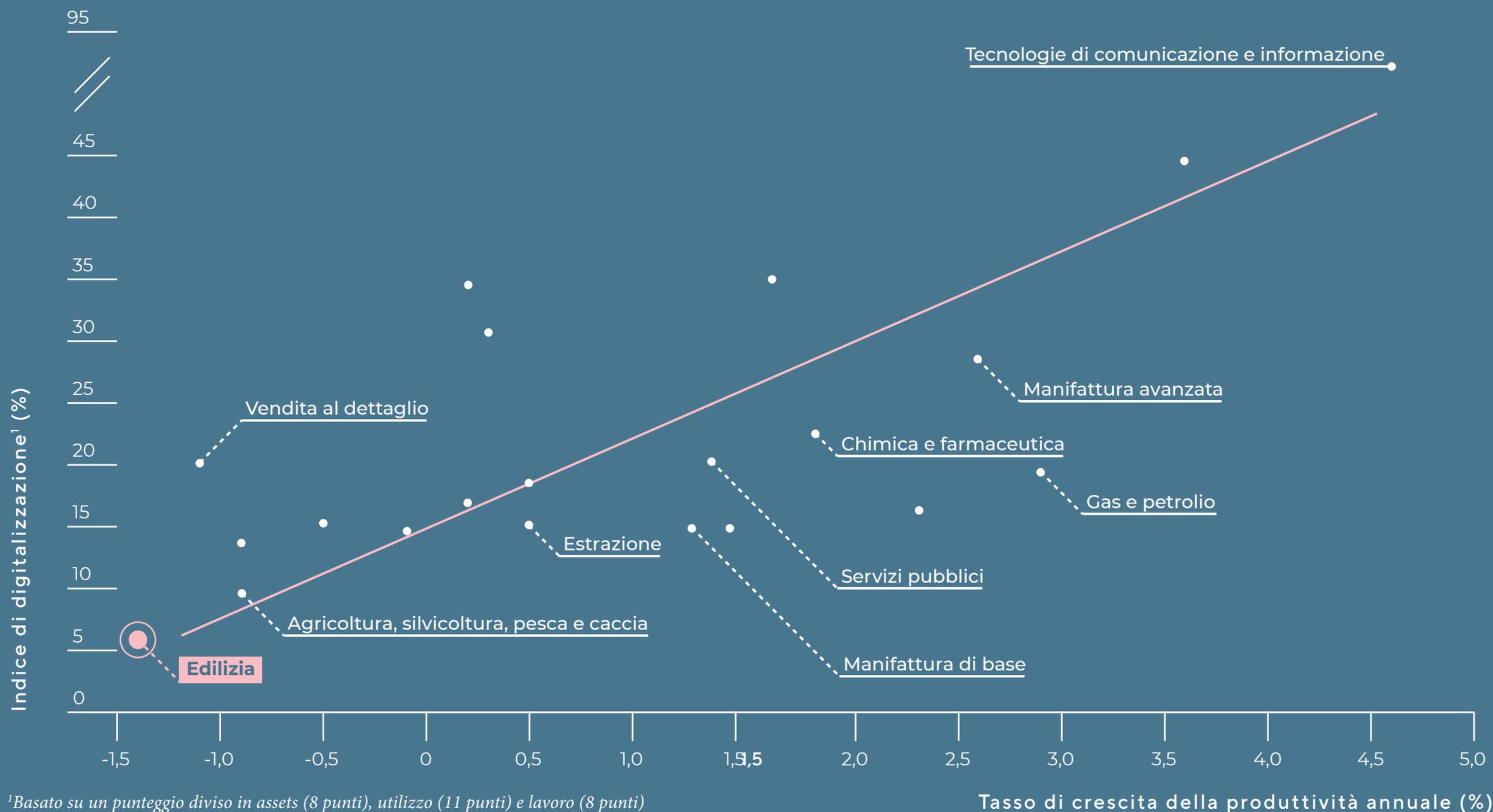
Scambio di dati per il monitoraggio della costruzione



La scarsa digitalizzazione del settore edile ha contribuito al declino della sua produttività

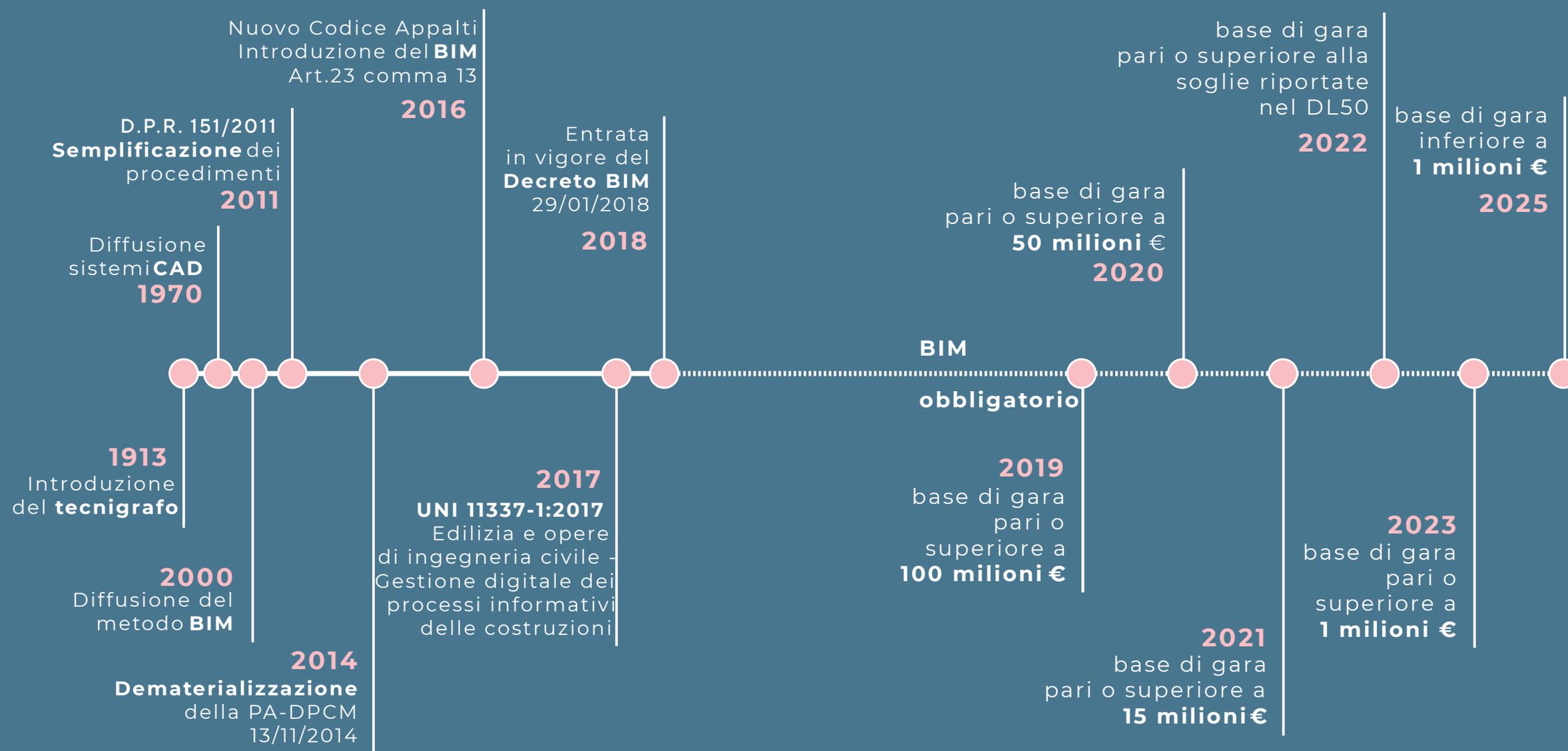
(MGI Digitization Index delle industrie statunitensi, McKinsey, 2016)

Fonti: BEA; BLS; US Census; IDC; Gartner; McKinsey social technology survey; McKinsey Payments Map; LiveChat customer satisfaction report; Appbrain; US contact center decision-makers guide; eMarketer; Bluewolf; Computer economics; industry expert interviews; The US economy: An agenda for inclusive growth, McKinsey Global Institute, November 2016; McKinsey Global Institute analysis.



Il BIM in Italia

(Timeline dello sviluppo tecnologico della progettazione e l'obbligatorietà di una progettazione BIM negli appalti pubblici)



NOTE

CAPITOLO 2

¹ World Economic Forum, 2016, *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*, Ginevra, [Online], http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf [Consultato: 13 Nov 2017].

² World Economic Forum, 2016, op. cit.

³ Carpo M., 2017, *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, The MIT Press, Londra.

⁴ Gli alloggi residenziali rappresentano il 38% del volume costruito globale; infrastrutture di trasporto, energia e acqua il 32%; edifici istituzionali e commerciali il 18%; e siti industriali (dal cemento alla produzione automobilistica) il 13%.

⁵ Si veda Klepeis, Nelson, Ott, Robinson, Tsang and Switzer, 2001. Sono diversi gli studi che hanno analizzato il rapporto tra ambiente costruito e salute. Per esempio Wang et al., 2009 dimostrano che il costo annuale per utente per le piste ciclabili e pedonali era considerevolmente minore dei costi medicali pro capite per inattività. Johnson et al., 2009, invece, descrivono gli effetti positivi della salubrità dell'aria in spazi interni sulla salute dei bambini. Klepeis, N.E., Nelson, W.C., Ott, W.R., Robinson, J.P., Tsang, A.M., Switzer, P., 2001, *The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants*, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, vol. 11, pp. 231-252. Wang, G., Macera, C.A., Scudder-Soucie, B., Schmid, T., Pratt, M., Buchner, D. et al., 2009, *Cost Analysis of the Built Environment: The Case of Bike and Pedestrian Trials in Lincoln, Nebraska*, *American Journal of Public Health*, 94(4), pp. 549-553. Johnson, L., Ciaccio, C., Barnes, C.S., Kennedy, K., Forrest, E., Gard, L. C. et al., 2009, *Low-cost interventions improve indoor air quality and children's health*, *Allergy and Asthma Proceedings*, 30(4), pp. 377-385.

⁶ Gli aspetti a cui ci si riferisce includono l'estetica (design e colori, ad esempio, per i malati di Alzheimer), la qualità dell'aria interna agli edifici (in particolare per chi soffre d'asma e di allergia correlata a livelli di composti organici volatili), il comfort (ad esempio acustico) e la sicurezza (come l'antiscivolo o il controllo delle infezioni). La necessità di costruire edifici sani è fondamentale, dato che gran parte della vita umana viene vissuta all'interno di qualche mura.

⁷ PopulationPyramid.net, *Population Pyramids of the World from 1950 to 2100*, [Online], <https://www.populationpyramid.net/world/2045/> [Consultato: 11 Nov 2017].

⁸ Calcolo elaborato dal World Economic Forum basato su dati di HIS, 2014; di Oxford Economics Aggregates, 2015; e della Banca Mondiale, 2015.

⁹ Trading Economics, India GDP From Construction, 2011-2018, [Online], <https://tradingeconomics.com/india/gdp-from-construction> [Consultato: 09 Nov 2017].

¹⁰ Global Construction Perspectives and Oxford Economics, 2013, *Global Construction 2025*, Londra.

¹¹ Questa stima si può applicare specificatamente agli investimenti del settore pubblico in infrastrutture. L'effetto sarebbe minore nei mercati emergenti a causa del livello di efficienza generalmente inferiore degli investimenti nel settore pubblico. Vedi Fondo monetario internazionale, 2014. International Monetary Fund, 2014, *Is it time for an infrastructure push? The macroeconomic effects of public investment*. In World Economic Outlook 2014, Washington DC.

¹² World Steel Association, 2015, *World Steel in Figures*, Bruxelles, [Online], <https://aceroplatea.es/docs/WorldSteelFigures2015.pdf> [Consultato: 14 Dic 2017].

¹³ Global Construction Perspectives and Oxford Economics, 2013, op. cit.

¹⁴ Environmental and Energy Study Institute, 2014, *How Better Recycling Can Minimize Waste and Boost the Economy*, Washington DC.

¹⁵ I problemi e le opportunità dell'economia circolare sono ampiamente discusse, ad esempio, da Ellen MacArthur Foundation e Fung Global Institute, 2014a; Ellen MacArthur Foundation, 2013; e Ellen MacArthur Foundation, 2014. Ellen MacArthur Foundation, 2013, *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*, Cowes Ellen MacArthur Foundation, 2014, *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*, Cowes Ellen MacArthur Foundation and Fung Global Institute, 2014a, *Towards a Circular Economy in Asia: Issues and Opportunities*, Hong Kong.

¹⁶ Kaminsky A., 2017, "Urban Mining" to Reinvent Concrete, [Online], <https://futureofconstruction.org/solution/urban-mining-to-reinvent-concrete/> [Consultato: 25 Dic 2017].

¹⁷ Conject, 2015, *BIM-Umfrage 2015 Auswertung*, [Online], https://www.conject.com/sites/default/files/downloads/conject-bim-survey-results_en.pdf [Consultato: 03 Gen 2018].

¹⁸ World Economic Forum, 2016, op. cit. p. 25.

¹⁹ Nel 1996 Autodesk diventa membro fondatore dell'*International Alliance for Interoperability (IAI)*, che nel 2008 diventa *Building Smart International*, il quale definisce l'open BIM come approccio collaborativo basato su standard e workflow di tipo IFC (*Industry Foundation Classes*). Nel 2002 Autodesk acquisisce Revit e inizia a sviluppare il formato di scambio di dati IFC certificate da Building Smart. Nel 2011 il tool kit IFC per l'importazione e l'esportazione di Revit viene messo a disposizione della comunità *open source*. IFC è quello che il DXF è per I file CAD.

²⁰ The Boston Consulting Group, 2016a, *Digital in Engineering & Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling*, Boston, p. 3.

²¹ The Boston Consulting Group, 2016a, op. cit., p. 4.

²² The Boston Consulting Group, 2016a, op. cit., p. 2.

²³ Con *Research and Development (R&D)* o Ricerca e Sviluppo (R&S) si fa riferimento al dipartimento all'interno di un'impresa o di un'azienda che «viene dedicata allo studio di innovazione tecnologica da utilizzare per migliorare i propri prodotti, crearne di nuovi, o migliorare i processi di produzione» (Wikipedia).

²⁴ Per esempio, in un rapporto stilato su 15,000 aziende nel Regno Unito, le attività innovative e la ricerca erano considerate come una delle minori priorità, si veda HM Government, 2014 HM Government, 2014, *First Findings from the UK Innovation Survey*, 2013, Londra.

²⁵ ISTAT, 2015, Rapporto BES 2015: Ricerca e innovazione, 11, pp. 259-281, [Online], <https://www.istat.it/it/files/2015/12/11-Ricerca-innovazione-Bes2015.pdf> [Consultato: 02 Gen 2018].

²⁶ Una ricerca pubblicata nell'ottobre del 2017 dalla compagnia di consulenza e servizi britannica Turner & Townsend, evidenzia il problema della *gender diversity* nel settore delle costruzioni. Nel Regno Unito, infatti, la situazione è problematica in quanto sul totale di ingegneri civili, geometri, periti e manodopera edilizia le donne sono il 12%. Si veda Turner & Townsend, 2017, *The importance of gender diversity in construction*, Regno Unito, [Online], <http://www.turnerandtowntsend.com/media/2823/the-importance-of-gender-diversity-in-construction.pdf> [Consultato: 05 Gen 2018].

²⁷ ISTAT, 2017, Fiducia dei consumatori e delle imprese, Italia, [Online], https://www.istat.it/it/files/2017/12/CS_fiducia_DICEMBRE_2017.pdf?title=Fiducia+dei+consumatori+e+delle+imprese++22%2Fdic%2F2017+-+Testo+integrale.pdf [Consultato: 07 Gen 2018].

²⁸ Il *circular design* sta alla progettazione, come la *circular economy* sta all'economia. Con *circular design* si intende la realizzazione di database contenenti dati sui progetti passati (in blocchi, in fogli di calcolo, etc.) da cui estrapolare informazioni utili alla progettazione.

²⁹ I *project manager* in ambito architettonico sovrintendono a tutti gli aspetti del processo di progettazione e costruzione di un edificio o di un'infrastruttura. Dallo sviluppo del progetto alla revisione dei piani di costruzione assicurandosi che in tutte le sue fasi il progetto soddisfi gli standard ambientali, urbanistici ecc.

³⁰ Ferrara A., Feligioni E., 2016, *BIM e Project Management: guida pratica alla progettazione integrata*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

³¹ Ferrara A., Feligioni E., 2016, op. cit. p. 11.

³² Ferrara A., Feligioni E., 2016, op. cit. p. 14.

³³ Agarwal R., Chandrasekaran S., Sridhar M., Giu 2016, McKinsey, *Imagining construction's digital future*, [Online], <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future> [Consultato: 7 Gen 2018].

³⁴ Agarwal R., Chandrasekaran S., Sridhar M., Giu 2016, op. cit.

³⁵ Marra A., 23 Mag 2017, *Edilportale.com*, *Edilizia 4.0, Giovani Ance: 'occorre digitalizzare il settore'*, [Online], http://www.edilportale.com/news/2017/05/mercati/edilizia-4.0-giovani-ance-occorre-digitalizzare-il-settore_58155_13.html [Consultato: 7 Gen 2018].

³⁶ Si veda la sezione 'chi siamo' del Gruppo Giovani Imprenditori Edili Ance, [Online], <http://www.giovani.ance.it/SistemaAnce/ChiSiamo.aspx?id=5127&pid=-1&pcid=5121> [Consultato: 14 Gen 2018].

³⁷ ANCE Giovani, 13 Dic 2017, XVIII Convegno Giovani «M4ttoni.0»: disponibile il programma multimediale, [Online], <http://www.giovani.ance.it/agenda/convegni.aspx?id=5136&pid=-1&pcid=0&docId=30826> [Consultato: 14 Gen 2018].

³⁸ Si veda la sezione 'chi siamo' del portale innovANCE, [Online], <http://test-innovance.dd.agoramed.it/static/content/Chi-siamo-3.aspx> [Consultato: 14 Gen 2018].

³⁹ Si veda: <https://www.nationalbimlibrary.com>

⁴⁰ Si veda: <http://www.wbdg.org/>

⁴¹ La UNI 11337-1 interessa gli aspetti generali della gestione digitale del processo informativo nel settore delle costruzioni, quali: la struttura dei veicoli informativi; la struttura informativa del processo; la struttura informativa del prodotto. La norma è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore, sia esso un edificio o una infrastruttura, e a qualsiasi tipologia di processo: di ideazione, produzione o esercizio. Siano essi rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito. La UNI 11337-4 interessa gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo informativo nel settore delle costruzioni, a supporto del processo decisionale, con lo scopo di: specificare gli obiettivi di ciascuna delle fasi di un processo (numerata da 0 a 7) introdotte nella UNI 11337-1. Il modello, gli oggetti e gli elaborati informativi hanno carattere strumentale al raggiungimento di tali obiettivi; definire una scala comune di livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi ai modelli; definire una scala comune di stati di lavorazione e di approvazione del contenuto informativo. La norma UNI 11337-4 è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto

(risultante) di settore (sia esso un edificio, una infrastruttura, un intervento territoriale – ad esempio un bacino, una scogliera, ecc.) e a qualsiasi tipologia di processo (di ideazione, di produzione o di esercizio), per interventi di nuova costruzione e di conservazione, demolizione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito. La UNI 11337-5, infine, definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati. UNI, 30 Gen 2017, *Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni: pubblicate le parti 1, 4 e 5 della UNI 11337*, [Online], http://www.uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5753%3Agestione-digitale-dei-processi-informativi-delle-costruzioni-pubblicate-le-parti-1-4-e-5-della-uni-11337 [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴² UNI, UNI 11337-1:2017, [Online], <http://store.uni.com/catalogo/index.php/uni-11337-1-2017.html> [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴³ HM Government, Lug 2012, *Government Construction Strategy: One Year On Report and Action Plan Update*, Londra, [Online], https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61151/GCS-One-Year-On-Report-and-Action-PlanUpdate-FINAL_0.pdf [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴⁴ HM Government, Feb 2015, *Digital Built Britain: Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan*, Londra, [Online], https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴⁵ HM Government, Mar 2016, *Government Construction Strategy 2016-20*, Londra, [Online], https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/510354/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴⁶ *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment*, Giu 2015, *FEUILLE DE ROUTE OPÉRATIONNELLE*, Parigi, [Online], <http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/PTNB%20-%20Feuille%20de%20route%20operationnelle.pdf> [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴⁷ *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*, Dic 2015, *Stufenplan Digitales Planen und Bauen Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken*, Berlino, [Online], <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digital-bauen.pdf?blob=publicationFile> [Consultato: 15 Gen 2018].

⁴⁸ Ciribini A., 02 Feb 2015, *La lunga strada della DIGITALIZZAZIONE del settore delle COSTRUZIONI*, in CONCRETO.net, [Online], <https://www.inconcreto.net/4067-la-lunga-strada-della-digitalizzazione-del-settore-delle-costruzioni> [Consultato: 18 Gen 2018].

⁴⁹ Ciribini A., 23 Ago 2017, *La Nuova Industrializzazione e la Digitalizzazione: Limiti e Potenzialità per il Settore della Costruzione*, in CONCRETO.net, [Online], <https://www.inconcreto.net/7059-la-nuova-industrializzazione-e-la-digitalizzazione-limiti-e-potenzialita-per-il-settore-della-costruzione> [Consultato: 18 Gen 2018].

⁵⁰ Ciribini A., 23 Ago 2017, op. cit.

⁵¹ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 31 Mar 2017, *Nuovo Codice degli Appalti*, [Online], <http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/dgue-gare/nuovo-codice-degli-appalti> [Consultato: 20 Gen 2018].

⁵² Si veda il decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 560, e successive modifiche ed in particolare l'articolo 23, [Online], <http://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/normativa/2018-01/Decreto%20Ministro%20MIT%20n.%20560%20del%201.12.2017.pdf> [Consultato: 20 Gen 2018].

⁵³ Ciribini A., 05 Dic 2017, *Il Decreto BIM: l'avvio dell'Era Digitale nel settore delle Costruzioni in Italia*, in CONCRETO, [Online], <https://www.inconcreto.net/18402-il-decreto-bim-lavvio-dellera-digitale-nel-settore-delle-costruzioni-in-italia> [Consultato: 18 Gen 2018].

⁵⁴ Ciribini A., 05 Dic 2017, op. cit.

CAPITOLO 3

MEGATREND

Le nuove tecnologie applicate alla progettazione

Per provare a comprendere il futuro delle città nell'era dell'*industry 4.0* è necessario soffermarsi sulle nuove tendenze tecnologiche che stanno pervadendo il campo dell'architettura, dell'urbanistica e, più in generale, della progettazione; una parola oggi molto utilizzata per descrivere questi fenomeni è *megatrend*¹. La rapidità con cui la conoscenza di queste tecnologie si sta diffondendo in rete, attraverso *social media* e siti di informazione, «rende estremamente importante la comprensione e lo studio dei *megatrend* perché tutti questi cambiamenti avvengono contemporaneamente»². Facendo riferimento ai *report* del *World Economic Forum* (uno su tutti: *Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry*) e a testi di esperti in nuove tecnologie e cultura digitale (come *The Industries of Future* di Alec Ross, *12 Technological Forces That Will Shape Our Future* di Kevin Kelly e *The Fourth Industrial Revolution* di Klaus Schwab), si cercherà di descrivere brevemente i *megatrend* tecnologici riferendosi poi a casi applicativi nella progettazione architettonica, urbanistica, impiantistica e strutturale.

Nel suo libro sulla quarta rivoluzione industriale Klaus Schwab suddivide i *megatrend* in tre settori: fisico, digitale e biologico. Similmente, per identificare gli sviluppi tecnologici legati direttamente all'architettura e allo sviluppo delle città, si è scelto di ragionare sulle prime due categorie, non escludendo la terza, ma includendola nell'unica sotto-categoria relativa ai nuovi materiali.

Si è poi approfondito ciascun gruppo – entrambi si influenzano positivamente traendo vantaggio l'uno dall'altro in base alle scoperte e ai progressi compiuti – con quattro sottocategorie e altrettanti relativi esempi applicativi nel settore delle costruzioni. Il risultato sono otto tecnologie che, parafrasando il titolo del libro di Kevin Kelly, cambieranno il futuro della progettazione.

Le manifestazioni fisiche dei *megatrend* tecnologici sono quelle più facili e immediate da vedere a causa della loro natura tangibile. Manifattura additiva e nuovi materiali stanno rivoluzionando il design e la progettazione da ogni punto di vista, introducendo il concetto della *mass customization*. La robotica muove passi da gigante nella sostituzione progressiva della manodopera e i veicoli autonomi si prestano a cambiare per sempre il modo di intendere la mobilità.

In questo ambito le tecnologie abilitanti analizzate sono:

- Veicoli autonomi
- Robotica avanzata
- Nuovi materiali
- Stampa 3D

I sistemi ciberfisici – mezzi per connettere il mondo fisico con quello digitale – sono numerosissimi e stanno proliferando a un ritmo senza pari. Sensori più piccoli, più economici e più 'intelligenti' vengono installati in case, vestiti, accessori (*wearables*), città, reti di trasporto ed energia, processi produttivi. La diffusione di informazioni e la raccolta dati sono in costante accelerazione. Oggi sono miliardi i dispositivi connessi a Internet e la digitalizzazione dei processi sta trasformando radicalmente concetti consolidati come economia, lavoro e società.

Nel digitale dunque, i *megatrend* legati alla progettazione, alla pianificazione e alla gestione analizzati sono:

- Big Data
- Internet delle Cose (IoT)
- Realtà Virtuale e Realtà Aumentata
- BIM

3.1 Veicoli autonomi

Dal 1908, grazie al Modello T di Henry Ford, l'automobile divenne sempre più accessibile alle masse e, da quel momento in poi, provocò un impatto sempre più dirompente sul tessuto urbano. Le città cominciarono ampliarsi sempre di più e la connettività stradale divenne una questione sempre più centrale, tanto che nella prima metà del Novecento venne costruita la prima città a misura di automobile: Brasilia³. Lo sfrenato sviluppo urbano incentrato sull'automobile culminò al termine degli anni '70 con lo sfogo di Lewis Mumford «lasciate perdere la maledetta auto e costruite le città per gli innamorati e gli amici»⁴ e nel 2010 con il blocco del traffico di Pechino (100 chilometri di coda e superstrada bloccata per dodici giorni, con conseguenze gravissime sull'ambiente e sulla salubrità dell'aria). Di recente però, per dare risposta a questo crescente problema, a differenza che nel passato, si è progressivamente cercato di ottimizzare le infrastrutture dei trasporti, invece di aumentarne le dimensioni. Dapprima con approcci *top-down* (come la tariffazione elettronica dei pedaggi stradali e l'orario flessibile degli uffici), poi con approcci *bottom-up* (decentralizzati e basati sulla *sharing economy*).

Gli ITS (*Intelligent Transportation System*) o STI (Sistemi di trasporto intelligenti) e le *autonomous car* hanno poi segnato una svolta nello sviluppo dei sistemi di trasporto e nel campo della mobilità in generale, in quanto costituiscono un modo per dare risposta alla continua espansione delle città. Come spiegano Carlo Ratti e Matthew Claudel «la produzione ormai imminente di veicoli a guida autonoma potrebbe essere programmata in base a una serie di criteri diversi, ad esempio il comfort, il risparmio di carburante o la condivisibilità. La guida autonoma potrebbe avere un impatto importante alla scala urbana; grazie alla telemetria e all'analisi dei big data si potrebbero ottimizzare i

flussi veicolari nelle città. I veicoli autonomi potrebbero stimolare un'ulteriore ondata di sistemi urbani innovativi; dalla gestione intelligente degli incroci alle procedure per riequilibrare in modo dinamico la rete veicolare in base alla domanda. Ad esempio le auto potrebbero dirigersi autonomamente verso le zone in cui si concentrano gli uffici alla fine della giornata lavorativa, anticipando l'incremento delle richieste di utilizzo»⁵.

I Sistemi di Trasporto Intelligenti possono essere classificati in due ambiti di applicazione: veicolare e infrastrutturale. Con *Intelligent Vehicle* si fa riferimento a tutti quei sistemi che migliorano l'efficienza del veicolo, come i sensori di assistenza alla guida e la guida autonoma; le *Intelligent Infrastructure* studiano l'intero sistema dei veicoli e come migliorare la gestione dei parcheggi, del traffico e, recentemente, del *platoon driving*⁶.

Le tecnologie che hanno reso sempre più intelligenti le autovetture sono le stesse che, migliorando di qualità, hanno condotto a una sorta di antropomorfismo dei robot. I dispositivi elettronici, le telecamere e i sensori implementano le capacità del veicolo, rendendolo consapevole della propria posizione nello spazio e in grado di percepire la presenza di oggetti e comprenderne le forme; le informazioni che ne derivano vengono processate trasformate in movimenti ottimizzati secondo le particolari caratteristiche del momento.

Il contributo dell'industria ICT (*Information Communication Technology*), e gli investimenti in ricerca e sviluppo delle grandi aziende automobilistiche e non (Tesla con il progetto Autopilot, Google con Waymo e le recenti ricerche di Uber) saranno fondamentali per l'introduzione di sistemi sempre più intelligenti.

Arcadis, multinazionale olandese leader mondiale nella progettazione sostenibile, con il *report* incentrato sulla guida autonoma *Driveless Future. A policy Roadmap for City Leaders*⁷, è stata una delle prime grandi aziende a descrivere le possibili implicazioni dell'introduzione dei veicoli a guida autonoma nei contesti urbanizzati (non solo strade, ma anche cantieri ed impianti industriali), con l'intento di fornire un documento di riferimento per le amministrazioni pubbliche; infatti, se queste fossero in grado di adeguarsi per tempo, la pianificazione urbana della mobilità e dei servizi ne gioverebbe e potrebbe garantire un progressivo miglioramento dei servizi pubblici. Un'avanzato livello di sicurezza informatica, infine, contribuirà a far crescere la fiducia nell'adozione di questi sistemi, oggi ancora mal visti poiché complessi da comprendere. Di seguito sono riportati alcuni esempi.

Waymo

Waymo⁸ è un'impresa di Alphabet⁹ che utilizza tecnologie avanzate per la realizzazione di autovetture autonome.

Il progetto ha inizio nel 2009 con il progetto Google *self-driving car* e prosegue fino al 2017 con un ritmo di crescita vertiginoso.

Oggi i sistemi adottati permettono di gestire tutta la guida in totale autonomia grazie a sensori e software progettati per rilevare pedoni, ciclisti, veicoli, lavori stradali e molto altro da una distanza fino a due campi da calcio in tutte le direzioni. Il software analizza i dati rilevati dai sensori e prevede il comportamento di tutti gli utenti che circondano il veicolo. Nel tardo 2017 Waymo (un'automobile!) ha guidato per la prima volta nella storia su una strada americana senza nessun passeggero seduto al volante¹⁰.

Questo sistema si affida all'esperienza maturata in 4 milioni di chilometri di guida autonoma nel mondo reale e si presta a fare il suo ingresso nel mercato nei prossimi

due anni, rivoluzionando completamente il modo di intendere l'automobile, per la prima volta dopo il 1904.

Roboat

Roboat¹¹ è un progetto nato dalla collaborazione tra MIT di Boston¹² e AMS (*Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions*)¹³ e si presta a essere la prima ricerca mondiale su sistemi galleggianti a guida autonoma. Il progetto è volto alla salvaguardia ambientale e al potenziamento della mobilità su acqua nella città di Amsterdam, luogo ideale, con oltre 1.000 chilometri di canali, 1.500 ponti e una forte propensione per l'innovazione, per sperimentare nuove soluzioni di mobilità acquatica. Una flotta di galleggianti autonomi sarebbe in grado di trasportare materiale o formare infrastrutture galleggianti temporanee come ponti o pontili. I moduli che compongono la flotta potrebbero inoltre essere assemblati e disassemblati in poche ore e, all'uopo, formare palchi per grandi eventi. Inoltre, i galleggianti, essendo dotati di sensori e sistemi tecnologici avanzati, sarebbero in grado di adempiere numerose funzioni, quali il monitoraggio degli agenti inquinanti presenti nell'acqua, il raccoglimento e lo smaltimento dei rifiuti galleggianti (ogni anno 12.000 biciclette finiscono nei canali di Amsterdam), e il rilevamento della qualità dell'aria e dell'acqua per prevenire la diffusione di malattie a uno stato primordiale.

I risultati ottenuti da Roboat forniranno approfondimenti utili a molte città attraversate dall'acqua come Venezia; inoltre contribuiranno a far crescere il settore della mobilità autonoma.

Smart Highway

Per quanto riguarda le infrastrutture in grado di supportare e incentivare i veicoli a guida autonoma, Carlo Ratti Associati e l'agenzia stradale italiana ANAS hanno presentato nel gennaio 2018 il programma *Smart Highway* che si prevede sarà implementato su oltre 2.500 chilometri di strade e autostrade. Il progetto, che rientra tra quelle che nell'introduzione si sono descritte come *Intelligent Infrastructure*, prevede un sistema di infrastrutture pionieristico con droni autonomi in grado di monitorare le strade per fornire supporto di primo soccorso e pali di rilevamento dotati di wi-fi in grado di inviare informazioni utili sia ai conducenti di oggi che ai veicoli a guida autonoma di domani. *Smart Highway* è lo step successivo di *Smart Road*: la strada dell'avanguardia che corre con il progresso¹⁴, progetto di infrastruttura ad alto contenuto innovativo pubblicato da ANAS sul finire del 2016. La nuova infrastruttura ruota intorno a una serie di 'pali volanti', che incorporano più sensori e servizi di connessione *Wi-Fi in-motion*. Sulla parte superiore di ogni palo c'è una stazione di ricarica da cui i droni possono decollare e iniziare a monitorare la strada. I droni servirebbero come controllo remoto di gallerie, viadotti o altre infrastrutture e potrebbero portare medicine o altre attrezzature di pronto soccorso ai conducenti, per rilevare incidenti, incendi o inondazioni che si verificano vicino all'autostrada.

Il sistema, grazie ai dati raccolti dai pali, potrà informare i conducenti in tempo reale sulle condizioni della strada da percorrere (incidenti, ingorghi, ecc.). Messaggi diretti e personalizzati potranno essere inviati al telefono cellulare di ciascun conducente o al sistema di navigazione di bordo di ciascun veicolo, che a sua volta potrà fornire il proprio feedback al sistema.

3.2 Robotica avanzata

*Welcome your new job takers and caregivers. The coming decade will see societies transform as humans learn to live alongside robots*¹⁵.

Tra gli anni '60 e gli anni '90, la rivoluzione digitale impose una sempre crescente automazione della produzione. L'industria manifatturiera e in particolare quella dell'*automotive* furono le principali a esserne colpite. In questi anni lo studio della robotica divenne centrale e vennero gettate le fondamenta della materia che ora prende il nome di robotica avanzata.

Oggi, grazie agli sviluppi del *machine learning* e dell'intelligenza artificiale, le capacità specifiche e l'adattabilità applicativa dei robot rendono sempre più indispensabile il loro utilizzo in tutti i settori, dall'industria militare ai servizi di sicurezza, dalla sanità ai trasporti, dall'assistenza alle costruzioni.

I principali produttori di robot sono Giappone, Stati Uniti, Germania (leader nella produzione di robot industriali), Sud Corea e Cina (per la produzione di robot più economici e *consumer oriented*). I cosiddetti '*big five*' detengono il 70% delle vendite di robot e si sono dimostrate all'avanguardia rispetto agli altri stati mondiali¹⁶.

La robotica avanzata, recentemente, ha coinvolto anche il settore edilizio, il quale si ritrova oggi investito da un numero sempre maggiore di processi meccanizzati. I macchinari automatici hanno acquisito un ruolo centrale nei processi di costruzione e si stanno dimostrando un forte fattore di aumento della produttività. Rispetto ad altri settori industriali che hanno già raggiunto un notevole sviluppo tecnologico, l'industria delle costruzioni presenta tuttavia ancora livelli di automazione generalmente bassi; i progressi tecnologici aprono però nuove ed enormi possibilità.

Dal lato della ricerca, università come lo IAAC (*Institute for Advanced Architecture of Catalonia*) e il MIT di Boston, stanno dedicando interi corsi specialistici (si pensi al MRAC, Master in *Robotics and Advanced Construction* lanciato dallo IAAC nell'a.a. 2018-2019¹⁷) per studiare il rapporto tra architettura, costruzioni, bracci a controllo numerico e robotica.

Tra le organizzazioni pioniere in materia, vale la pena citare la *Association for Robots in Architecture*¹⁸, la quale ha come obiettivo principale quello di rendere accessibili i macchinari industriali ad artisti, designer e architetti per condividere idee e risultati di ricerca e coltivare uno sviluppo collettivo.

Le attrezzature si dividono principalmente in due categorie: macchine autonome e semi-autonome. Le prime si avvalgono di sofisticati strumenti digitali, lasciando solo 'ruoli di monitoraggio' agli operatori; le seconde sono in grado di svolgere compiti complessi, pur richiedendo ancora un notevole controllo da parte dell'uomo.

Queste due categorie contengono al loro interno una suddivisione di carattere operativo: le macchine teleoperate, che possono essere comandate da remoto senza bisogno che l'operatore abbia controllo sull'azione; le macchine programmabili che devono ricevere un input esterno per compiere le azioni per cui sono programmate e le macchine intelligenti che sfruttano le interconnessioni per lavorare in autonomia e rendere più semplici ed efficienti azioni molto complesse. Di seguito si riportano esempi di applicazione di questa nel settore delle costruzioni.

Komatsu

Komatsu¹⁹, leader nella produzione di macchine movimento terra, è un'azienda ad alta tecnologia con sede a Tokyo che sta costruendo il futuro dell'industria mineraria sviluppando da qualche anno bulldozer automatizzati dotati di vari sistemi digitali avanzati²⁰. Droni, scanner 3D e telecamere stereo raccolgono dati del terreno, che vengono poi trasmessi ai bulldozer, i quali sono dotati di sistemi intelligenti di controllo che consentono loro di svolgere mansioni autonomamente accelerando i processi di scavo e prefondazione e aumentando di conseguenza la produttività. Qui, come sempre più spesso accade, gli operai sempre più specializzati devono solamente monitorare l'intero processo, per trarne conclusioni atte all'efficientamento dei processi.

Quelli della Komatsu sono solo alcuni degli autocarri da trasporto autonomi che stanno iniziando a diventare d'uso comune nei siti minerari e presto la guida autonoma, unita alle potenzialità della robotica, potrebbe pervadere l'intero settore dei mezzi di trasporto pesanti come appunto bulldozer, trattori, ecc.

Red Bull Arch

Nel 2012 Red Bull e KUKA Robotics²¹ (produttore di macchine a controllo numerico) hanno collaborato per realizzare uno dei primi manufatti architettonici che contasse la collaborazione tra esseri umani e robot: il Red Bull Arch, un grandissimo arco che circonda la scultura di alluminio (17 x 23 m) di C. Neugebauer and M. Köhldorfer, realizzata in occasione dell'inaugurazione del circuito Red Bull a Spielberg, Austria²².

Le tecnologie per il controllo numerico di bracci robotici, che nell'industria manifatturiera hanno raggiunto sviluppi elevatissimi, si sono rivelate in quell'occasione particolarmente adattabili al contesto di esecuzione architettonica. Utilizzando programmi di modellazione parametrica come Grasshopper (*plugin* di Rhinoceros), i progettisti sono stati in grado di controllare il braccio robotico e di simulare, digitalmente, il processo di fabbricazione reale; così facendo è stato possibile ritagliare con la massima precisione gli 83 pezzi che compongono l'arco e simulare digitalmente il processo di assemblaggio.

Robot House

Per quanto concerne la ricerca e gli sviluppi in ambito accademico riguardo al rapporto tra architettura e automazione non si può non citare la *Robot House*²³ del *Southern California Institute of Architecture* (SCI-Arch)²⁴; una delle piattaforme più avanzate per la sperimentazione pratica dell'architettura del futuro. *Robot House* è uno spazio a doppia altezza di mille metri quadri, riconfigurabile per lavoro e ricerca grazie a una vasta gamma di applicazioni, inclusa la collaborazione diretta tra bracci a controllo numerico e la costruzione on-site.

Presenta due spazi principali: la *Robot Room*, nella quale cinque grandi robot Staubli²⁵ convivono in una cella di lavoro multi-robot, collaborando e interagendo nella produzione di opere di architettoniche sperimentali; l'adiacente laboratorio di robotica e simulazione, che ospita il robot da laboratorio Staubli TX40, nonché studenti e istruttori che conducono ricerche pratiche. I robot consentono esplorazioni al di fuori della produzione digitale tradizionale, ad esempio la fabbricazione a mano libera additiva con materiali compositi avanzati²⁶.

La *Robot House* è stata progettata nel 2011 da Peter Testa e Devyn Weiser, professori al SCI-arch, i quali ritenevano che il potenziale del braccio a controllo numerico si sarebbe potuto esprimere al meglio quando un intero gruppo di robot avrebbe lavorato allo stesso progetto.

SAM100, the Bricklaying Robot

SAM (acronimo di *Semi-Automated Mason*)²⁷ è un robot semi-automatico in grado di posare mattoni sei volte più velocemente di un comune muratore – può infatti posare 3000 mattoni al giorno, contro i 500 di un costruttore medio²⁸ – e si presta ad approdare nei cantieri britannici dopo esser già stato ampiamente utilizzato in quelli statunitensi. SAM è stato costruito dalla *New York Construction Robotics*²⁹. Il robot è costituito da un nastro trasportatore, un braccio robotico e una pompa per calcestruzzo.

Per funzionare, la macchina prende un mattone per volta e lo ricopre di cemento, prima che il braccio robotico lo metta in posizione. La cooperazione uomo-macchina, durante il processo di posa, rimane necessaria in quanto un operatore deve essere sempre presente per caricare il robot con i mattoni, rifilare la malta e monitorare il processo.

Il sistema, inoltre, permette di collezionare dati in tempo reale e trasmetterli, sotto forma di *report* giornalieri, settimanali, mensili, a un'applicazione dedicata, permettendo ai costruttori di monitorare costantemente il processo e aggiornare il cronoprogramma.

Fusta Robòtica

Fusta Robòtica³⁰ è un progetto di ricerca realizzato in occasione di *'Open Thesis Fabrication 2015'*³¹. Questa soluzione si propone di superare la sfida data dall'utilizzo di legni catalani – strutturalmente poco integri e altamente deformabili – attraverso l'applicazione della progettazione parametrica e dei processi di fabbricazione robotica. In questa occasione, per la prima volta in Spagna, la robotica è stata applicata per la progettazione e l'installazione di un padiglione in scala 1:1 interamente in legno, ottenuto tramite un sistema strutturale parametrico controllato.

Poiché il legno catalano ha il pregio di essere un materiale a chilometro zero e a basso impatto, ma tende a deformarsi durante l'asciugatura, la forma del padiglione è stata studiata affinché fosse in grado di assorbire le deformazioni prodotte durante l'essiccazione.

La soluzione progettuale si basa su diverse tipologie di giunzioni e triangolazioni, implementate attraverso il calcolo digitale. La fabbricazione avviene con un braccio robotico che consente di automatizzare il processo di assemblaggio e di ridurre il carico di lavoro manuale³².

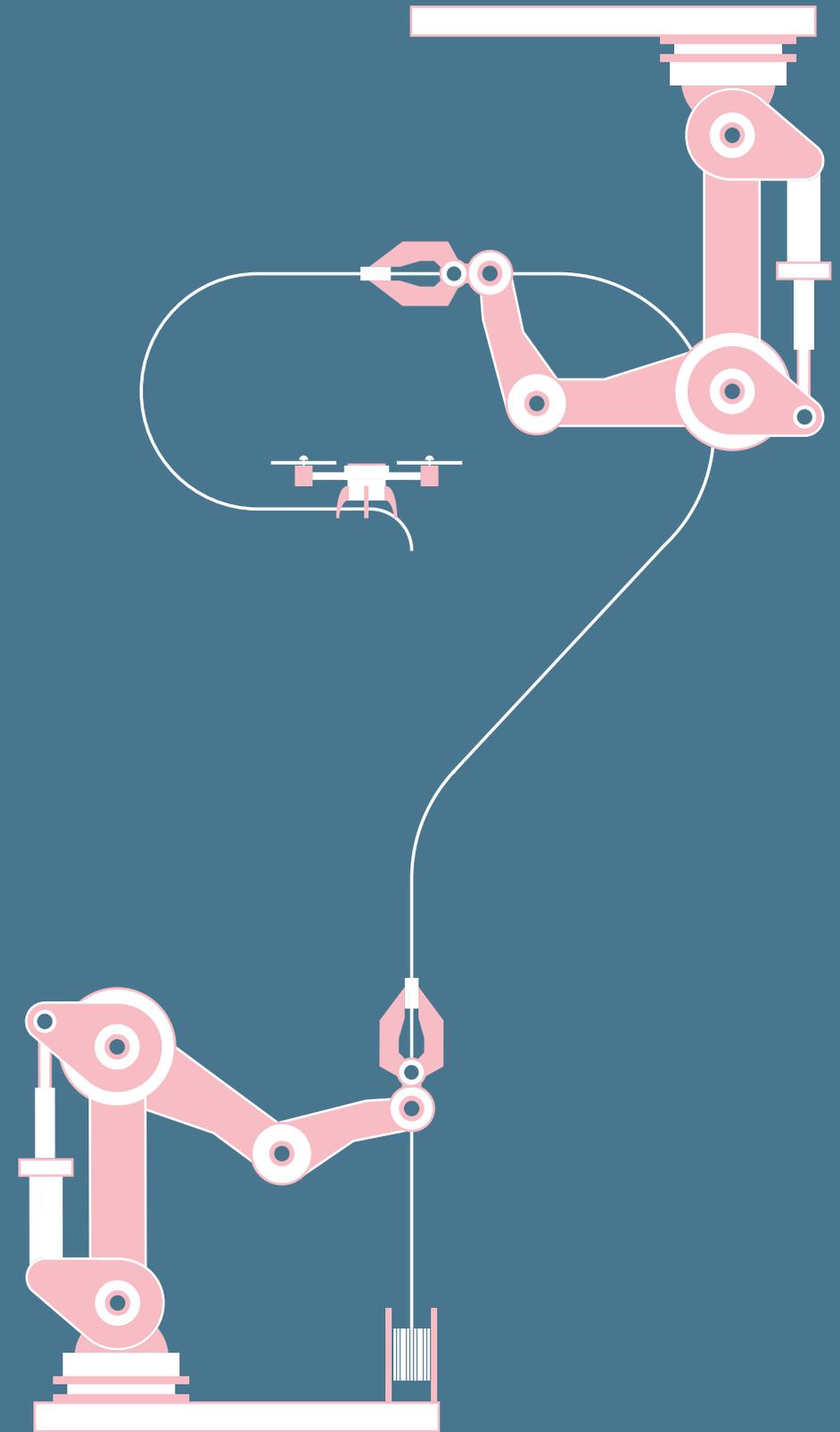
Robotica avanzata: pro e contro

PRO

- gestione della catena di distribuzione e logistica
- possibilità di trattamento dei nuovi materiali
- reshoring (rilocalizzazione nazionale delle fabbriche estere)
- ottimizzazione delle tempistiche

CONTRO

- perdita di posti di lavoro
- affidabilità
- rischio di hackeraggio
- elevati costi iniziali
- elevata specializzazione degli operatori



3.3 Nuovi materiali

Nel settore edilizio, l'introduzione di un nuovo materiale può produrre cambiamenti radicali nel modo di concepire e realizzare un edificio; si pensi allo stravolgimento delle abitudini progettuali e architettoniche causato dall'introduzione dell'acciaio e del calcestruzzo sul finire del XIX secolo.

Oggi, nuovi materiali, sempre più tecnologici, vengono immessi sul mercato e i progettisti, davanti a questi sviluppi radicali, sono indotti ad aggiornarsi costantemente. Le possibilità insite nell'utilizzo dei nuovi materiali da costruzione sono molteplici e, se studiati e approfonditi, possono condurre a risvolti sorprendenti.

Nel 1994 Michael Bever è stato uno dei primi studiosi a parlare di materiali avanzati, nella sua *Encyclopedia of Advanced Materials*³³, dove li definisce come tutti «quei materiali in cui la caratteristica principale riguarda la capacità di sintesi e di controllo della struttura della materia al fine di ottenere un preciso insieme di proprietà su misura finalizzate ad applicazioni su richiesta»³⁴.

Nel corso degli ultimi vent'anni gli AM hanno fatto ingresso anche nel settore delle costruzioni e in questo caso ci si riferisce a essi con l'acronimo ABM (*Advanced Building Materials*). Tali ABM, prodotto dell'innovazione tecnologica di altri settori industriali (aeronautico, automobilistico o biomedico) in cui costantemente si ricerca come rendere più efficiente un prodotto, sono l'avanguardia della scienza dei materiali; il loro processo di inserimento nella prassi costruttiva risulta tuttavia più lento per diversi motivi: la complessità tecnico operativa, l'assenza di normative specifiche, l'elevato investimento iniziale e le continue e necessarie verifiche delle prestazioni in condizioni d'uso.

La Commissione Europea stima che il 70% dell'innovazione di prodotto in tutte le industrie sia dovuta all'adozione di materiali nuovi o migliorati. Con circa un terzo del costo di edificazione attribuibile ai materiali da costruzione, l'ambito di applicazione degli ABM è considerevole³⁵. Le soluzioni emergenti dall'utilizzo di materiali da costruzione avanzati sono numerose; dall'innovazione incrementale di materiali tradizionali alle nuove combinazioni di materiali con caratteristiche multifunzionali, a materiali radicalmente innovativi con funzionalità completamente nuove. Gli ABM sembrano poter soddisfare le sempre più stringenti esigenze ambientali ed economiche, entrando a far parte di soluzioni che permettono il risparmio di risorse energetiche e materie prime, la riduzione e la semplificazione delle operazioni necessarie alla manutenzione, l'influenza positiva sul livello di inquinamento, la produzione di energia pulita e la garanzia di durabilità e affidabilità nel tempo.

La quantità e la varietà delle informazioni sono tali³⁶ da rendere molto complicato conoscere in maniera approfondita le innovazioni derivanti da tutti i settori, per cui, per poter cogliere al meglio le potenzialità insite negli ABM, sarebbe necessario sviluppare competenze specifiche all'interno delle aziende e realizzare banche dati di prove sull'applicabilità e sui benefici raggiunti tramite un loro utilizzo costante.

Per questo motivo diventa importante descrivere le caratteristiche dei nuovi materiali così da comprenderne meglio le potenzialità innovative nel settore edilizio. È possibile distinguere due principali categorie³⁷: i materiali *high performance*, che vengono realizzati in modo da ottenere determinate prestazioni che rimangono fisse dopo essere stati prodotti, e i materiali *smart*, in grado di cambiare le proprie caratteristiche al fine di ottenere prestazioni variabili.

Nella categoria dei materiali *high performance* è possibile individuare:

- materiali strutturali avanzati: materiali compositi fibrorinforzati, vetri strutturati, calcestruzzi ad alte prestazioni, schiume metalliche o polimeriche. Vengono utilizzati quando è richiesta grande versatilità a livello di proprietà meccaniche.
- materiali termo-strutturali: fibre ignifughe e *flame retardant*, prodotti ceramici avanzati o trasparenti, resine termoresistenti, schiume ceramiche e prodotti ceramici leggeri, dalle ottime proprietà termomeccaniche.
- materiali a proprietà superficiali e di interfaccia: materiali impiegati per i rivestimenti antiusura, termici, fotocatalitici e anticorrosione; ma anche i vetri autopulenti, selettivi e basso emissivi, che quando impiegati come rivestimento esterno forniscono un'altissima protezione dai diversi fattori atmosferici e ambientali.

Nella categoria dei materiali *smart* invece è possibile distinguere:

- materiali *property changing*: materiali foto-termo-elettrocromici, i materiali a cambiamento di fase (magneto-elettroeologici, foto-termo-elettrotropici) e i materiali a memoria di forma, che modificano alcune proprietà (chimiche, meccaniche, ottiche, elettriche, magnetiche o termiche) in risposta al cambiamento delle condizioni ambientali senza la necessità di un sistema di controllo esterno.
- materiali *energy exchanging*: sensori e attuatori piezoelettrici, materiali fotoelettro-chimicoluminescenti; materiali organici per la conversione fotovoltaica, in grado di trasformare una forma di energia entrante in un'altra uscente in accordo con il primo principio della termodinamica e che vengono impiegati all'interno degli edifici come dispositivi per la produzione di energia o per sistemi di controllo.

Calcestruzzi nanostrutturati (BioConcrete)

Il cemento Portland è il materiale maggiormente utilizzato nel settore edilizio poiché versatile ed economico. Tuttavia il processo con cui si produce, unito al suo limitato ciclo di vita, ne fanno da sempre un materiale poco sostenibile in termini di produzione di CO₂. A partire dagli anni '70, per risolvere questo problema, si sono sperimentate soluzioni che hanno contribuito a trasformare il calcestruzzo in un materiale sempre più *high-tech* grazie all'aggiunta di specifici additivi. In base al tipo di additivo aggiunto si ottiene una matrice con determinate caratteristiche: calcestruzzi auto-compattanti (SCC), fibro-rinforzati (FRC), ad alta resistenza meccanica (HPC), a polvere reattiva (RPC), con fumo di silice (DSP), a ritiro compensato (SCC), ecc.

L'introduzione della nanotecnologia ha permesso di migliorare caratteristiche del materiale quali la resistenza meccanica, la lavorabilità e la durabilità, e di introdurre nuove, quali la fotocatalisi, l'autoriparabilità e l'automonitoraggio³⁸.

Bioconcrete (*self-healing concrete*)³⁹ è un cemento, sviluppato nel 2015 alla Delft Technical University⁴⁰, in grado di utilizzare micro-batteri per auto-ripararsi e ridurre fino al 50% i costi di manutenzione.

Hands-Free Origami

Il *self-folding*⁴¹ è una tecnica emergente di realizzazione di strutture tridimensionali partendo da superfici bidimensionali. Questo processo si ispira sia agli origami, antica arte di piegatura della carta, sia alla natura, dove le proteine contenute nei petali fanno reagire i fiori in base agli stimoli esterni; può pertanto essere impiegata in materiali che possano modificare la propria forma in base ai fattori ambientali.

Il team formato da Ying Liu, Sally Van Gorder, Jan Genzer e Michael D. Dickey ha realizzato un sistema auto-piegante sintetico che può subire cambiamenti di forma con una risposta controllata innescata da agenti esterni come luce, calore, umidità o altri fattori.

Il processo inizia con un piccolo foglio polimerico termoretraibile. Questo materiale, posto in forno, ridurrebbe le proprie dimensioni del 50%. L'idea è quella di limitare questa proprietà in particolari punti e ottenere un restringimento localizzato del foglio grazie a strisce di inchiostro nero capace di assorbire la luce in modo selettivo. Il restringimento locale dei fogli si comporta come i cardini di una porta e genera la piega nel materiale.

Hygroscope

Hygroscope⁴² è un progetto di Achim Menges, realizzato nel 2012 in collaborazione con Steffen Reichert che esplora un nuovo modo di concepire l'architettura reattiva basandosi sulla combinazione del comportamento igrometrico del legno e della morfogenesi computazionale. La reazione del materiale in relazione al contenuto di umidità è in questo caso impiegata per costruire un tamponamento sensibile ai cambiamenti climatici.

Sospese all'interno di una custodia in vetro a umidità controllata, le celle che compongono il tamponamento si aprono e si chiudono, permettendo o impedendo l'ingresso di luce in risposta ai cambiamenti climatici, senza bisogno di alcun equipaggiamento o consumo di energia.

Nel processo di assorbimento e desorbimento dell'umidità, il materiale cambia fisicamente poiché le molecole d'acqua si legano alle molecole del materiale. L'aumento o la diminuzione dell'acqua modifica la distanza tra le microfibrille nel tessuto cellulare del legno, determinando sia una variazione della forza dovuta al legame interfibrillare sia una significativa riduzione della dimensione complessiva. Data la giusta articolazione morfologica, questo cambiamento dimensionale può essere impiegato per innescare il cambiamento di forma di un elemento reattivo.

Il progetto è stato commissionato dal Centre Pompidou di Parigi per la sua collezione permanente ed è stato presentato per la prima volta nella mostra *Multiversités Créatives* nello stesso 2012⁴³.

Aggregate Pavilion

Aggregate Pavilion⁴⁴ è un progetto di ricerca condotto da Karola Dierichs sui materiali granulari utilizzati nel settore delle costruzioni. Realizzato nel 2015, ma ancora in fase di sperimentazione⁴⁵, nasce con lo scopo di sviluppare una comprensione pratica, metodologica e teorica delle implicazioni architettoniche che gli aggregati nella loro forma non legata possono sviluppare. I sistemi architettonici comunemente sono for-

mati da un insieme di elementi chiaramente definito, in cui ogni parte ha una posizione e un ruolo specifico e le connessioni assegnate sono definite e pianificate dall'architetto progettista. Un sistema aggregato, invece, consiste in una disposizione libera, se non casuale, di elementi, in cui ogni parte trova il proprio spazio.

L'obiettivo della ricercatrice dell'ICD (*Institute for Computational Design and Construction*⁴⁶) è dunque quello di indagare il rapporto tra progettista, osservatore e architettura in un'ottica inedita.

La struttura è composta da due diversi tipi di aggregati, selezionati sulla base di test statistici per consentire un trasferimento ottimale del carico strutturale. L'assemblaggio è avvenuto grazie a un robot sospeso su cavi fissati a 4 alberi che ha sistemato oltre 30000 elementi uno sopra l'altro. La calibrazione sul posto ha permesso un posizionamento preciso dei materiali granulari all'interno dell'area di costruzione, per cui, calibrando il meccanismo, le strutture potrebbero essere costruite in situ a seconda delle esigenze⁴⁷.

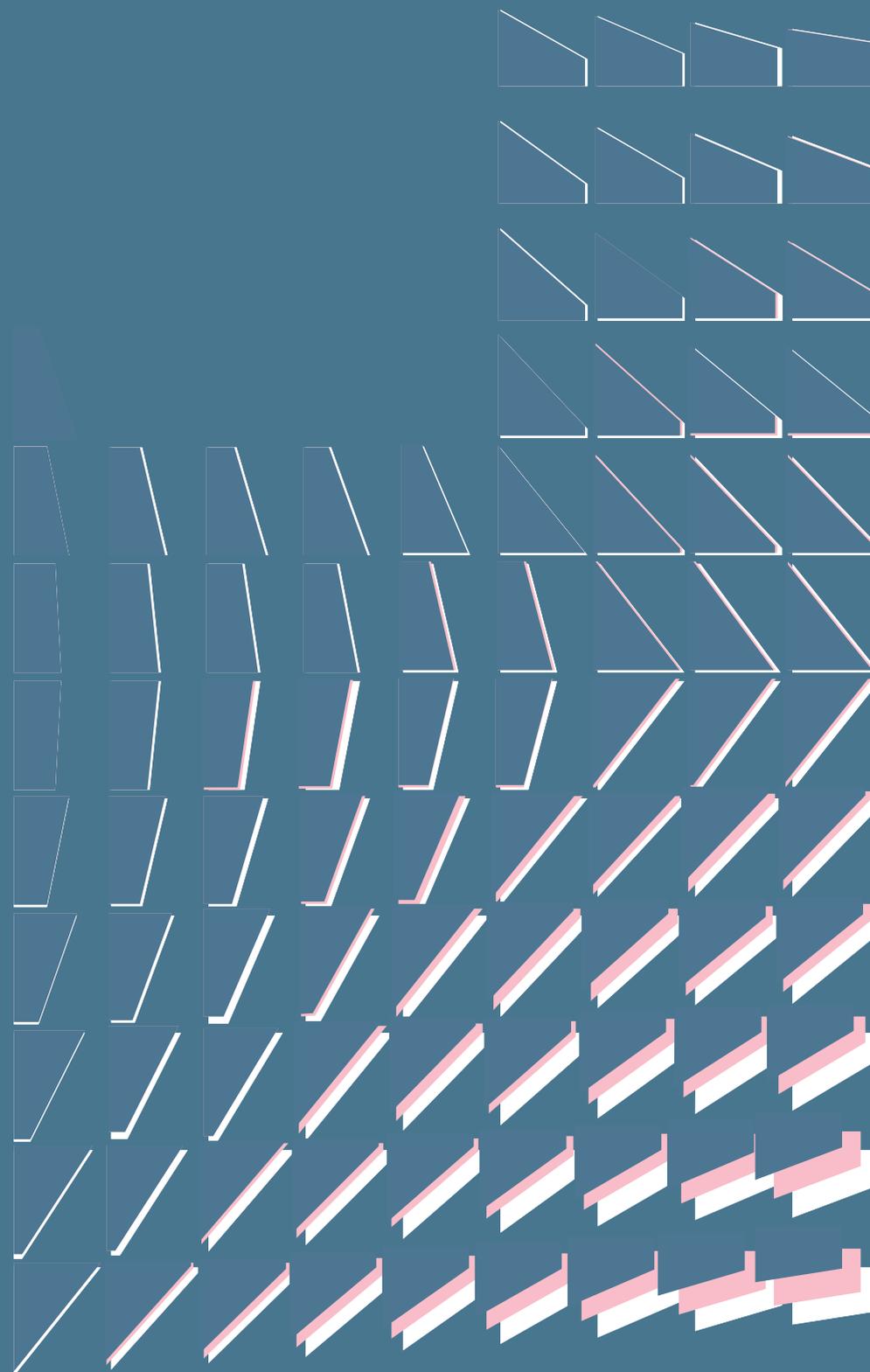
Nuovi materiali: pro e contro

PRO

- migliori prestazioni
- minori costi
- accelerazione dello sviluppo tecnologico

CONTRO

- problemi legati all'etica
- lento processo normativo legato all'utilizzo di nuovi materiali



3.4 Stampa 3D

La stampa tridimensionale, nota anche come manifattura additiva, è il processo di creazione, strato dopo strato, di un oggetto fisico da un modello digitale. Questo metodo di costruzione *layer by layer*, opposto a quello sottrattivo (*subtractive manufacturing*), consente alle stampanti 3D di creare facilmente oggetti con forme che potrebbero essere difficili, se non impossibili, da produrre utilizzando tecniche di produzione tradizionali. Questa tecnologia ben esprime il paradigma dell'*Informed Matter*, ovvero il risultato della trasformazione delle informazioni digitali in materia, esprimibile anche con il concetto *bit to atom*.

Esistono diversi tipi di manifattura additiva, ma la maggior parte delle tecniche può essere riassunta in tre categorie⁴⁸:

- produzione additiva per forma: adatta per la produzione di oggetti di grande volume. Necessita di grandi investimenti iniziali grazie ai quali si possono produrre in serie parti unitarie.
- produzione additiva per livelli: ideale per progetti complessi, di dimensioni ridotte o quando è richiesta una prototipazione rapida.
- produzione sottrattiva: utile nel caso in cui si debbano produrre oggetti di media grandezza, dalla geometria semplice, realizzati con materiali funzionali (ad esempio il metallo).

La produzione additiva per livelli è quella che interessa maggiormente il settore delle costruzioni per la sua natura versatile. I materiali più utilizzati per questo tipo di produzione sono il PLA (per la prototipazione rapida) e l'ABS (per oggetti più durevoli e resistenti)⁴⁹, ma l'evoluzione tecnologica nell'ingegneria dei materiali sta consentendo lo sviluppo della stampa 3D anche per materiali da costruzione quali l'acciaio, le argille e i calcestruzzi. La produzione di pezzi unici, strutturali e non strutturali, può già avvenire direttamente in sito senza troppi problemi logistici. Tuttavia i limiti di applicabilità sono ancora numerosi proprio perché, come si è sottolineato nel secondo capitolo, le tecnologie emergenti faticano ad essere integrate in processi tradizionali e consolidati come quelli del settore edile. Le cause sono da attribuire soprattutto alla mancanza di standard condivisi, di strumenti di certificazione e di buone pratiche di informazione e formazione incentrate sull'argomento.

I benefici derivanti dall'utilizzo della stampa 3D, inoltre, sono in linea con quelle politiche di sostenibilità che da anni preoccupano e coinvolgono il settore delle costruzioni. L'ottimizzazione delle risorse energetiche, la riduzione dei tempi, l'abbattimento dei costi e l'incrementale riduzione degli sprechi di materiale (spesso i materiali utilizzati nella manifattura additiva sono riutilizzabili a fine ciclo vita) rendono questa tecnologia una delle più dirompenti per il settore delle costruzioni. Nel contempo Robert Ford fa però notare nel suo *Rise of Robots: Technology and Threats of a Jobless Future*: «*Three-dimensional construction printers might someday result in better and cheaper homes, as well as radically new architectural possibilities—but the technology could also eliminate untold millions of jobs*»⁵⁰.

MX3D Bridge

Amsterdam si pone al centro del panorama europeo nell'impiego e nella sperimentazione di nuove tecnologie nel settore delle costruzioni. La *start-up* olandese MX3D ne è un esempio e di recente si sta proponendo di realizzare un ponte pedonale in metallo interamente stampato in 3D, il MX3D Bridge⁵¹.

La stampante MX3D è stata testata fra il 2016 e il 2017⁵², ha iniziato a stampare a fine 2017⁵³ ed è composta da un braccio robotico e una saldatrice in posizione terminale che sostituisce l'estrusore presente nelle stampanti 3D tradizionali; questa caratteristica permette al macchinario di fondere il materiale metallico e depositarlo come se fosse normale materiale plastico.

Il processo di realizzazione è suddiviso in fasi consequenziali. Partendo dalla sponda, la stampante crea l'appoggio del ponte sul canale; successivamente una piattaforma di fissaggio alla struttura permette l'avanzamento della stampante che può procedere fino al lato opposto del canale.

Il progetto è un esempio lampante di collaborazione tra *player* eterogenei, quali Joris Laarman Lab per la progettazione, Arup per l'ingegneria strutturale, Autodesk per la realizzazione di software digitali, ABB per la robotica, Lenovo per gli hardware computazionali, ecc.

Daedalus Pavilion

Daedalus⁵⁴, il primo padiglione realizzato da un braccio robotico della KUKA dotato di tecnologia di stampa 3D e interamente gestito da un'intelligenza artificiale, è nato nel 2016 dalla collaborazione tra Arup e AI Build⁵⁵.

Il robot è stato programmato con algoritmi di intelligenza artificiale finalizzati a insegnare al macchinario come creare una struttura stampata in 3D, ottimizzando la costruzione con l'utilizzo di telecamere per monitorare i progressi e imparare dagli errori.

Daghan Cam, CEO e fondatore di Ai Build, spiega in un'intervista a Digital Trends: «*We wanted to push the boundaries of how intricate we could design things through computation and how we could create them through 3D printing*»⁵⁶.

L'innovazione maggiore in questo caso sta negli algoritmi creati e utilizzati per analizzare le strutture in tempo reale. Poiché, continua Cam, «*our robots were blind. They take instructions from a computer and blindly execute them. If there's any problem they don't notice and can't adapt [...] the goal was to create a feedback loop between the physical environment and the digital environment*»⁵⁷.

Big Delta (WASP)

Nel 2012 Massimo Moretti, titolare del CSP (Centro Sviluppo Progetti)⁵⁸, avvia il progetto WASP (*World's Advanced Saving Project*), incentrato sullo sviluppo applicativo della stampa 3D nel settore delle costruzioni. L'obiettivo di WASP è quello di produrre stampanti 3D a basso impatto ed edifici a km0, quindi con materiali già presenti nel sito di costruzione, con macchinari necessariamente trasportabili e a basso consumo energetico per poter essere utilizzato anche in contesti difficili dove l'elettricità risulta spesso assente.

Nel 2015 WASP realizza BigDelta⁵⁹, stampante alta 12 metri, montabile in circa un'ora da tre persone e alimentabile da pochi metri di pannelli solari, in grado di estrarre

impasti sintetici (materiali cementizi o a base di calce) e naturali (a base di argilla o calce arricchiti con canapa) e di muovere l'estrusore con un carico da 0 a 200 kg⁶⁰. La stampante è stata progettata per lavorare con un composto formato da terra e paglia lasciando intatta la fibra che risulta più performante di quella sminuzzata.

Infine, tutti i bracci che la compongono misurano 3 metri e sono modulari, cosa che permette di trasportare facilmente l'intera struttura.

Winsun

Yingchuang Building Technique (Shanghai) Co. Ltd o Winsun⁶¹ è un'azienda privata cinese che sta puntando a rivoluzionare la prefabbricazione utilizzando le tecnologie di stampa 3D.

La società ha stampato il primo lotto di 10 case nel 2013⁶² usando un cemento additivato. La tecnica è quella di stampare, strato per strato, pareti e altri componenti in fabbrica, che poi vengono assemblati in loco. Winsun ha anche realizzato il primo edificio per uffici stampato in 3D, il quale è stato aperto a Dubai a maggio 2016⁶³.

Gran parte dell'innovazione consiste nel poter utilizzare fino al 50% dei rifiuti da demolizione oppure dei residui e degli scarti di estrazione mineraria per fabbricare il materiale, causando un effetto *eco-friendly*, che consiste nel mantenere al minimo la produzione di rifiuti. Ancora più impressionante è poi l'impatto sui tempi di consegna: la costruzione di un palazzo di due piani di 1.100 mq ha richiesto un giorno di stampa, due giorni di montaggio e la manodopera di solo tre operai⁶⁴.

L'azienda, sfruttando appieno la libertà di design offerta della tecnologia, ha sviluppato diversi prototipi che i clienti possono visitare al di fuori della fabbrica principale, tra cui un condominio a sei piani, una casa economica, una casa a forma di onda e una casa cinese tradizionale in stile antico.

Stampa 3D: pro e contro

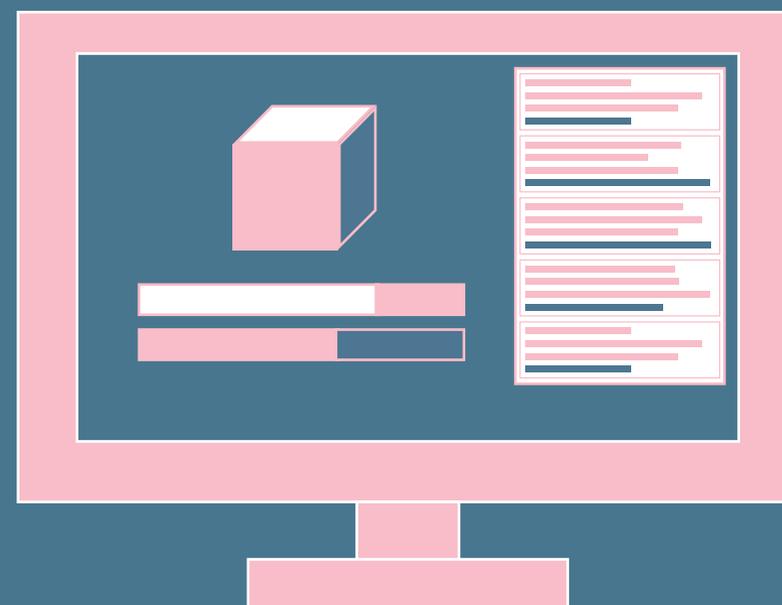
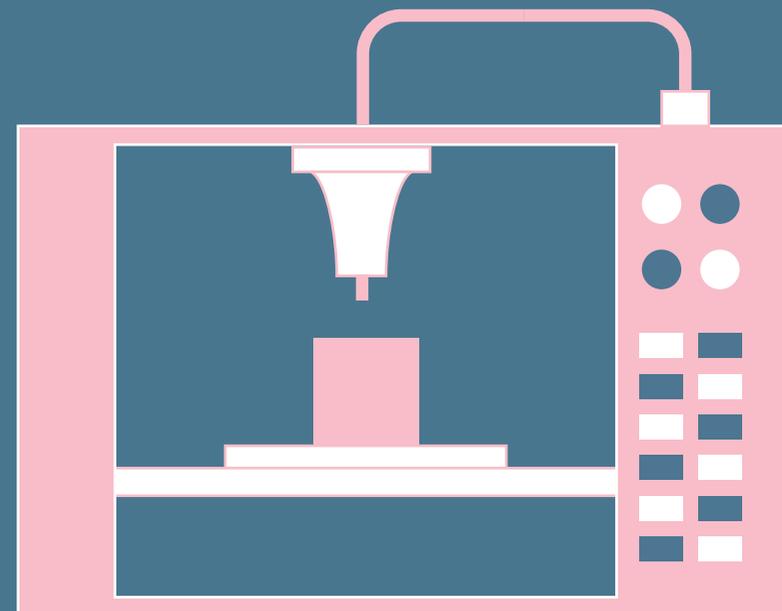
PRO

- prototipazione rapida
- aumento della domanda di progettisti
- nascita dell'industria che si occupa delle materie prime stampabili
- oggetti stampati per l'apprendimento da parte di istituti educativi
- benefici ambientali dati dalla riduzione dei trasporti



CONTRO

- aumento di rifiuti da smaltire
- comportamento anisotropo del materiale (la resistenza non è la stessa in tutte le direzioni), questo limita la funzionalità dei prodotti.
- perdita posti di lavoro
- qualità del prodotto
- possibilità di stampare armi



3.5 Big Data

«Cosa succedrebbe» si chiedeva Bill Gates «se avessimo la possibilità di accedere istantaneamente a tutte le informazioni cui siamo stati esposti nel corso delle nostre vite?»⁶⁵. Oggi, grazie ai Big Data, questa possibilità sta diventando sempre più concreta.

I Big Data stanno trasformando in realtà il mondo immaginato da Italo Calvino nel racconto *La Memoria del Mondo*, dove «non solo il contenuto delle più importanti biblioteche, degli archivi e dei musei, delle annate dei giornali d'ogni paese è già nelle nostre schede perforate, ma anche una documentazione raccolta ad hoc, persona per persona, luogo per luogo [...] È una memoria centralizzata del genere umano quella che noi siamo intenti a costruire»⁶⁶.

Ogni giorno nel mondo si produce una quantità inimmaginabile di dati, si parla di Zettabyte⁶⁷, ovvero miliardi di Terabyte di dati. Questa mole di informazioni è raccolta in tutto il mondo da miliardi di dispositivi tecnologici (sensori, satelliti, *smartphone*) e dal Web (tramite fotografie, video, post, articoli e contenuti digitali generati e diffusi dagli utenti tramite i social media).

Nel libro *The Industries of the future* (2016), Alec Ross, tecnologo consigliere di Hillary Clinton, apre il capitolo sui dati affermando: «*Land was the raw material of the agricultural age. Iron was the raw material of the industrial age. Data is the raw material of the information age*»⁶⁸. Big Data, continua Alec Ross, è un termine di moda usato per descrivere quanto il grandissimo ammontare di dati possa essere oggi utilizzato per capire, analizzare e prevedere in tempo reale le future tendenze.

Si possono distinguere dati strutturati, ovvero dotati di una struttura, come ad esempio le tabelle di un database o la rubrica di un cellulare, e dati non strutturati, come testi, documenti in formati specifici (*excel*, *powerpoint*, ecc.), immagini e video.

Le caratteristiche principali dei Big Data sono:

- volume: quantità di dati non gestibile nei database tradizionali generati ogni secondo;
- velocità: non solo la velocità di generazione dei dati ma anche la necessità con la quale vengono processati a ritmi *near real-time* o addirittura *real-time* al fine di effettuare analisi su di essi;
- varietà: la differente tipologia dei dati che vengono generati, collezionati ed utilizzati;
- veridicità: la qualità dei dati diventa un requisito fondamentale affinché questi possano avere effettivamente un valore da consentire di prendere decisioni predittive e preventive;
- valore: la capacità di trasformare i dati in valore. Un progetto Big Data necessita di investimenti, anche importanti, per la raccolta granulare dei dati e la loro analisi. Prima di avviare un'iniziativa è importante valutare e documentare quale sia il valore effettivo portato al business;
- variabilità: la possibilità di inconsistenza dei dati analizzati;
- complessità: maggiore è la dimensione del *dataset*, maggiore è la complessità dei dati da gestire; il compito più difficile è collegare le informazioni e ottenerne di interessanti.

Nonostante i dati siano moltissimi, si suddividono principalmente in tre tipi: quelli *human generated*, che derivano da piattaforme online come Facebook, Twitter, Instagram, Youtube, ecc., quelli *machine generated*, prodotti da sorgenti come sensori GPS, strumenti di monitoraggio meteorologici o dispositivi biomedicali e, infine, quelli *business generated*, che comprendono i due tipi precedenti e sono prodotti all'interno di un'azienda per sviluppare strategie di business interne⁶⁹.

La metropolitana di Seoul

A Seoul, una delle città più connesse e digitalizzate del mondo, l'uso dei dati è visto come la chiave per affrontare alcune delle grandi sfide dello sviluppo urbano. Ad esempio per quanto riguarda la mobilità, l'amministrazione utilizza una tecnologia sofisticata per comprendere e trasformare il modo in cui città e metropolitana possono essere gestite. In ogni stazione della città, grandissime quantità di dati vengono raccolte, processate e inviate e caricate sul sistema centrale⁷⁰.

Le rete metropolitana trasporta 7 milioni di persone ogni giorno e l'intero sistema si basa su informazioni aggiornate in tempo reale. I dati raccolti vengono infatti utilizzati per pianificare il programma di trasporto e migliorarlo. Essendo in grado di capire dove transita il maggior numero di persone o in quali stazioni il numero di passeggeri è diminuito, la velocità e la frequenza dei treni possono essere costantemente aggiornate per ottimizzare il funzionamento del sistema. Le telecamere intelligenti misurano quanti passeggeri stanno salendo e quanto velocemente, mentre i sensori sui treni e sui binari monitorano ogni componente per fornire avvertimenti circa quando sarà necessario effettuare operazioni di manutenzione al fine di prevenire costosissime interruzioni.

Tutti i dati raccolti dalle singole stazioni vengono poi inviate a TOPIS⁷¹, il servizio di trasporto, operatività e informazione della città, il quale combina i dati raccolti con quelli collezionati dagli altri sistemi di mobilità per risolvere i problemi in anticipo, impedire i congestionamenti del traffico e avvertire, tramite social media, tutti i cittadini degli eventuali incidenti, imprevisti e cambi di programma.

Trash Track

Trash Track⁷² è un progetto di mappatura dei rifiuti realizzato dal MIT Senseable City Lab⁷³ nel 2009. A tal fine un team di ricercatori ha sviluppato un piccolo chip, una sorta di etichetta elettronica dotata di un sistema di geo-localizzazione, per monitorare la cosiddetta *removal chain*, ovvero la catena dei rifiuti e del loro smaltimento.

«Il primo esperimento è stato condotto a Seattle, con il coinvolgimento di circa cinquecento persone che sono state invitate a etichettare rifiuti di ogni natura. Una volta "taggati" oltre tremila rifiuti abbiamo iniziato a seguirli. [...] a distanza di due o tre settimane alcuni oggetti si erano spostati per migliaia di chilometri in tutti gli angoli degli Stati Uniti. Dopo un mese e mezzo, alcuni pezzi erano ancora in movimento...»⁷⁴.

Carlo Ratti spiega che gli obiettivi di questo progetto erano due: il primo era quello di capire più a fondo i sistemi di smaltimento rifiuti urbani, per riuscire a visualizzare quali fossero i problemi cruciali nella gestione della città; l'altro, ancor più nobile, era quello di

sensibilizzare i cittadini, rendendo pubblici i risultati della ricerca e dimostrando «come la gran mole di informazioni di cui adesso disponiamo, sia in grado di dare maggiore consapevolezza agli utenti e innescare quindi comportamenti diversi, possibilmente più virtuosi»⁷⁵.

Real Time Rome

Real Time Rome⁷⁶ è un progetto legato all'analisi di dati per l'ambiente urbano sviluppato, anche in questo caso, da Carlo Ratti con il MIT Senseable City Lab in occasione della Biennale di Venezia del 2006 che ben descrive il concetto di *opportunistic sensing*: processo con cui si utilizzano dati raccolti per un motivo specifico e si analizzano in un contesto diverso, per giungere a nuove conclusioni. Lo studio, realizzato in partnership con Telecom Italia, Google, Comune di Roma, Biennale di Venezia e l'ente che gestisce taxi e mezzi pubblici a Roma, «dimostra come oggi le reti ci permettano di analizzare e capire che cosa succede nelle nostre città, in un modo che solo qualche anno fa non sarebbe stato possibile»⁷⁷.

Per questo progetto i ricercatori combinarono i dati delle telecomunicazioni con quelli dei trasporti⁷⁸. «Il quadro urbano complessivo emerso – in particolare in occasioni straordinarie come la finale di coppa del mondo di calcio a Roma – ha rilevato un comportamento collettivo direttamente legato all'evento, qualcosa che potremmo definire come il metabolismo della città. Prima della partita gli spostamenti e le comunicazioni erano frenetici; l'attività poi rallentava fin quasi a interrompersi nel corso della partita, registrava un'impennata alla fine del primo tempo e si riduceva pressoché a zero negli ultimi tesissimi minuti per poi esplodere al fischio finale. Le tracce delle comunicazioni nelle ore seguenti hanno rilevato uno spostamento in massa nel centro storico per festeggiare la vittoria della nazionale»⁷⁹.

Colouree

Colouree⁸⁰ è una start-up con sede a Genova che ha sviluppato una piattaforma web di *rating* per gli spazi urbani in grado di estrarre e analizzare enormi quantità di dati georeferenziati principalmente secondo tre indici: qualità della vita, attività commerciali e attività di svago. L'applicazione utilizza database open e li elabora per ottenere rapide e precise analisi di un immobile senza trascurare il contesto. È possibile selezionare un qualsiasi edificio e, quasi in tempo reale, l'algoritmo ne analizza i dati riportandoli in grafici *user-friendly*; fornendo una visualizzazione grafica applicata direttamente nella mappa, si rivolge ad investitori alla ricerca di spazi urbani con il più alto potenziale per il loro business.

Con Colouree si possono selezionare i dati di proprio interesse, visualizzare mappe tematiche in continuo aggiornamento, ottenere *rating* e generare *report* dettagliati direttamente dal proprio pc, senza ricorrere a specialisti e risparmiando su tempi e costi. La flessibilità a mostrare valutazioni su temi personalizzabili offre inoltre all'utente uno dei metodi più avanzati per la pianificazione urbana, evolvendo gli strumenti tradizionali in un modello leggibile da chiunque.

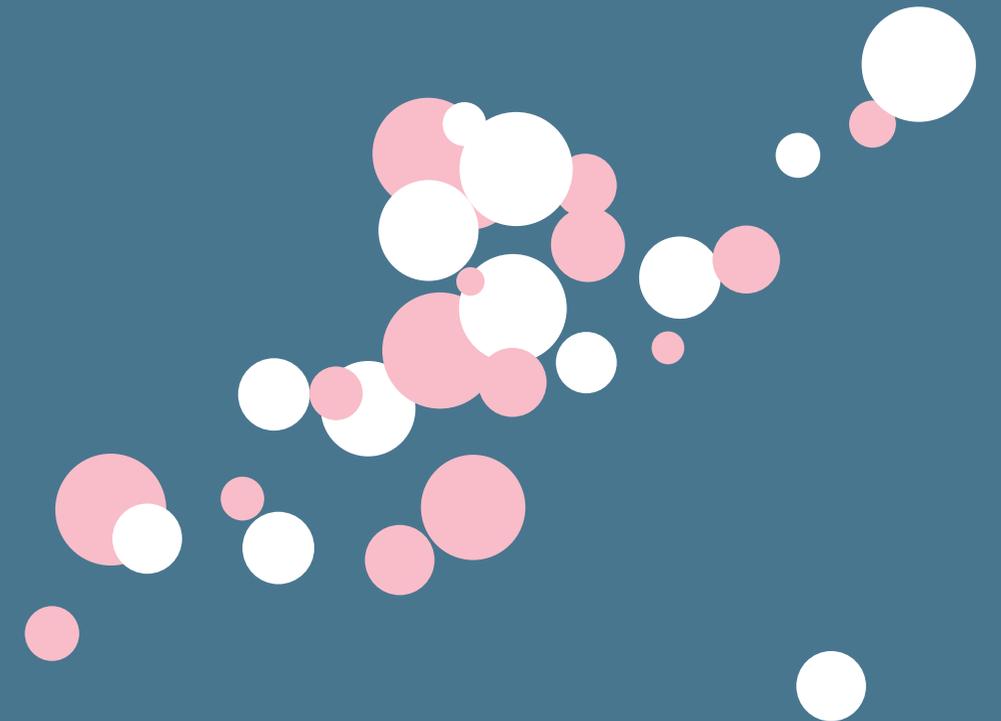
Big Data: pro e contro

PRO

- decisioni più rapide e migliori
- osservazione di fenomeni in tempo reale
- migliorare l'efficienza dei servizi
- risparmio sulle analisi

CONTRO

- preoccupazioni legate alla privacy
- responsabilità di chi raccoglie i dati
- veridicità dei risultati
- rischio di hackeraggio



3.6 Internet of Things

Internet of Things, o Internet delle Cose, è un neologismo utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton⁸¹, ingegnere inglese e ricercatore del MIT, per descrivere l'estensione di internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti.

La connessione tra cose fisiche e internet può avvenire tramite sensori collegati in rete o da piccoli chip metallici inseriti all'interno degli oggetti, che prendono il nome di tag⁸². Il tag funziona da trasmettitore e da solo può comunicare solamente il suo ID identificativo, ma se associato a sensori incorporati l'informazione che trasmette può essere molto precisa e in grado di fornire dati derivanti da quali velocità, altitudine, umidità, movimento, temperatura, ecc.

I dati raccolti dai sensori e l'ID identificativo del Tag vengono trasmessi tramite frequenze radio o Bluetooth a un computer o a un dispositivo mobile e, a seconda della tecnologia scelta, queste informazioni vengono elaborate da un programma o da un'applicazione che le traduce e le rende leggibili a chi le osserva.

L'IoT⁸³ può essere descritto come un 'ponte' tra big data e mondo fisico, tra bit e atomi. Questa nuova realtà è spesso definita come 'informatica diffusa' o *ubiquitous computing*, espressione coniata da Mark Weiser, tecnologo della divisione di ricerca della Xerox, per descrivere «un nuovo modo di concepire i computer nel mondo tenendo conto dell'ambiente naturale umano e consentendo ai computer di recedere in sottofondo»⁸⁴. Riguardo all'*ubiquitous computing* Carlo Ratti afferma che «una condizione di informatica diffusa permette di supportare un solido ecosistema di comunicazione tra macchine attraverso lo spazio fisico. Da qui nasce la suggestiva definizione "*Internet of Things*" (IoT), o Internet delle cose, secondo la quale se i singoli oggetti fossero dotati di un elemento di connessione digitale, potrebbero dar vita nell'insieme a una rete ancorata nel mondo fisico»⁸⁵. Tutto potrebbe essere dotato di un connettore e messo in rete. Il frigorifero potrebbe connettersi con il cartone del latte per controllare che sia ancora pieno e non già scaduto e, nel caso, inviare una notifica al negozio di alimentari più vicino per ordinarne un litro della stessa qualità - biologico, per esempio, o parzialmente scremato. Un mondo pieno di oggetti interconnessi darebbe vita a una struttura analoga a internet mai esistita prima nello spazio fisico»⁸⁶.

La comunicazione che si instaura tra gli oggetti grazie alla connessione a una rete locale viene definita M2M (*Machine to Machine*). In questi anni è entrato a far parte delle nostre vite un numero sempre maggiore di dispositivi in grado di comunicare tra loro accedendo a internet; al termine del 2015 *The Statistics Portal* ne contava 15,41 miliardi nel mondo; oggi, dieci anni dopo, il numero è salito a 20,35 miliardi ed è prevista una crescita esponenziale nei prossimi anni⁸⁷. Con questi numeri la rete dell'*Internet of Things* è destinata ad avere effetti dirimpenti sul futuro delle città. Risulta dunque difficile non pensare all'IoT quando si parla di *Smart City* e domotica.

I dati raccolti dai sensori sparsi per la città, se analizzati e rielaborati adeguatamente possono portare a un potenziamento della pianificazione urbana, migliorando e ampliando le possibilità di *decision making* in una logica di urbanistica digitale. Software GIS, sistemi di localizzazione LBS (*Location Based Services*) e sensori avanzati stanno contribuendo a definire un nuovo metodo per la progettazione dei tessuti urbani.

Sul fronte della domotica l'IoT sta rivoluzionando il mondo dell'oggettistica casalinga. Assistenti personali intelligenti quali Amazon Alexa⁸⁸ e Google Home⁸⁹ uniti a elettrodomestici sempre più connessi a internet stanno dando forma alle nuove *smart home*.

Nest

La *smart home*, che per definizione è dotata di prodotti collegati in rete (alias 'prodotti smart', connessi tramite wi-fi, bluetooth o protocolli simili) per il controllo, l'automazione e l'ottimizzazione di funzioni quali la temperatura, l'illuminazione, la sicurezza, o l'intrattenimento, sia da remoto con un telefono cellulare, un tablet, o un computer, sta diventando una realtà sempre più attuale nel panorama edilizio. Il successo di Nest⁹⁰ ne è un esempio lampante. La start-up fondata nel 2010 da Tony Fadell e Matt Rogers, entrambi ex ingegneri Apple, nel 2014 acquisita da Google e oggi divisione della *parent company* Alphabet, è un'azienda specializzata nella realizzazione e nella commercializzazione di dispositivi intelligenti per la casa⁹¹.

Oggi sistemi IoT per la domotica di Nest sono: Nest Learning Thermostat⁹², termostato intelligente ad autoapprendimento in grado di ottimizzare la climatizzazione per ridurre sprechi; Nest Protect⁹³, rilevatore di fumo e monossido di carbonio collegato a internet; Nest Cam Outdoor⁹⁴ e Nest Cam Indoor⁹⁵, telecamere di sorveglianza in grado di rilevare movimenti anomali all'interno o all'esterno della casa ed avvisare il proprietario con un sms su *smartphone*; Nest Cam IQ; Nest Secure; Nest ThermostatE; Nest Hello.

Echelon Smart Street Lighting

I sistemi di illuminazione pubblici, così come i semafori e i pali per la segnaletica, stanno diventando sempre più oggetto di applicazioni *smart* legate all'IoT. I lampioni, per esempio, oltre alla loro capacità di illuminare le strade, sono sempre più valutati per quanto riescano a ridurre i consumi di energia, a incrementare la sicurezza dei pedoni e dei conducenti e a servire come base per un gamma di applicazioni *Internet of Things* (IoT). Negli ultimi anni, in questa direzione, Echelon⁹⁶ ha sviluppato un sistema di illuminazione urbana intelligente (*Smart Street Lighting*)⁹⁷ composto da un sistema di lampioni LED, collegati in rete a una centrale dalla quale si può regolare la luminosità a seconda dell'ora del giorno, della stagione e delle condizioni meteorologiche. I lampioni possono poi essere dotati di servizi aggiuntivi quali *router internet wireless* appoggiati alla rete elettrica urbana.

La città di Cambridge, dopo aver aderito al programma *Outdoor Street Lighting* di Echelon, ha registrato una riduzione del consumo di energia per l'illuminazione stradale fino all'80%⁹⁸.

Le multinazionali che stanno investendo sui sistemi di illuminazione *smart* sono moltissime e tra queste si sottolineano i progetti Cisco *smart + connected lighting*, General Electric (GE) *LightGrid*, Philips *Lighting Smart Cities program* e Telensa *PLANet LED streetlights*⁹⁹.

SmartPile

SmartPile EDC¹⁰⁰ è un sistema di misurazione di integrità strutturale studiato e realizzato da Smart Structure¹⁰¹, azienda leader mondiale nella produzione di sensori capaci di raccogliere e trasmettere dati via *wireless* a una *work station* esterna. Il design

*ultra-rugged*¹⁰² dei sensori consente di incorporarli nel calcestruzzo durante il processo di colata e polimerizzazione, diventando parte permanente della struttura.

I sensori *SmartPile* vengono utilizzati dunque per misurare la qualità del calcestruzzo durante l'indurimento (temperatura del nucleo, sforzo di compressione), il trasporto e l'installazione (compressione, deformazione e capacità di carico).

Poiché questo processo è automatizzato, si riducono i tempi di inattività durante la costruzione per il controllo di sicurezza e si risparmia il materiale utilizzato pur rimanendo conforme agli standard AASHTO¹⁰³.

I sensori *SmartPile* funzionano con una batteria che può durare fino a cinque anni, consentendo un monitoraggio duraturo delle vibrazioni e della sicurezza della struttura.

Agnelli Foundation

Agnelli Foundation HQ¹⁰⁴ è un progetto sviluppato dallo studio Carlo Ratti Associati per la rigenerazione della Fondazione Agnelli a Torino che utilizza per la prima volta l'IoT per migliorare gli impianti di climatizzazione¹⁰⁵.

Per questo edificio, conosciuto anche come 'office 3.0'¹⁰⁶, lo studio ha pensato di lavorare sull'ottimizzazione energetica dei sistemi di riscaldamento e condizionamento, elaborando due progetti di mitigazione climatica: *Local Warming* e *Cloud Cast*¹⁰⁷. Entrambi puntano a sincronizzare la presenza umana con il controllo climatico dell'edificio, sviluppando un sistema personalizzato di riscaldamento, raffreddamento e illuminazione che segue gli occupanti mentre si muovono, come una bolla ambientale fatta su misura.

Grazie alla partnership con Siemens Italia, l'edificio è stato dotato di centinaia di sensori che registrano diverse serie di dati, tra cui la posizione degli occupanti dell'edificio, la temperatura, la concentrazione di CO2 e la disponibilità di sale riunioni. Ogni persona può personalizzare il proprio spazio di lavoro interagendo con il sistema di gestione degli edifici (BMS)¹⁰⁸ tramite un'applicazione per *smartphone* che consente agli occupanti di registrarsi, interagire con i colleghi, prenotare sale riunioni e regolare le impostazioni ambientali in tempo reale. Le unità fan coil¹⁰⁹, situate nei controsoffitti, sono attivate dalla presenza umana e quando gli occupanti lasciano una stanza, questa ritorna naturalmente in 'modalità *standby*' risparmiando energia.

Parquery

Sul fronte dello *smart parking*, la possibilità di avere informazioni in tempo reale sui parcheggi, l'azienda italiana Parquery¹¹⁰, ha sviluppato una piattaforma¹¹¹ che, installando telecamere ad hoc o sfruttando la rete di videocamere di sorveglianza rende possibile il monitoraggio dei parcheggi in tempo reale filtrando le registrazioni attraverso un software che converte le immagini in dati e comunica ai guidatori, tramite un'apposita applicazione, l'effettiva disponibilità di parcheggi liberi e ai gestori le eventuali soste non pagate.

«Il sistema di videoanalisi supplisce di fatto alle soluzioni basate su sensori IoT, che vanno installati fisicamente su ciascun posto auto, mentre una telecamera può controllare da 15 ai 100 parcheggi», spiega Andrea Fossati, CEO di Parquery, in un'intervista ai Digital 360 Awards¹¹².

La piattaforma lavora e si aggiorna in tempo reale a beneficio di un'ottimizzazione che porta i guidatori a essere perfettamente informati e i gestori a formulare tariffe dinamiche che si basano sull'effettiva disponibilità di posti auto o sull'ora del giorno, anche al fine di promuovere aree cittadine poco utilizzate.

Questo sistema, già applicato nella città di Locarno impiegando 20 telecamere per analizzare 250 posti auto, si è classificato tra i finalisti del Digital 360 Awards nella categoria *Internet of Things*.

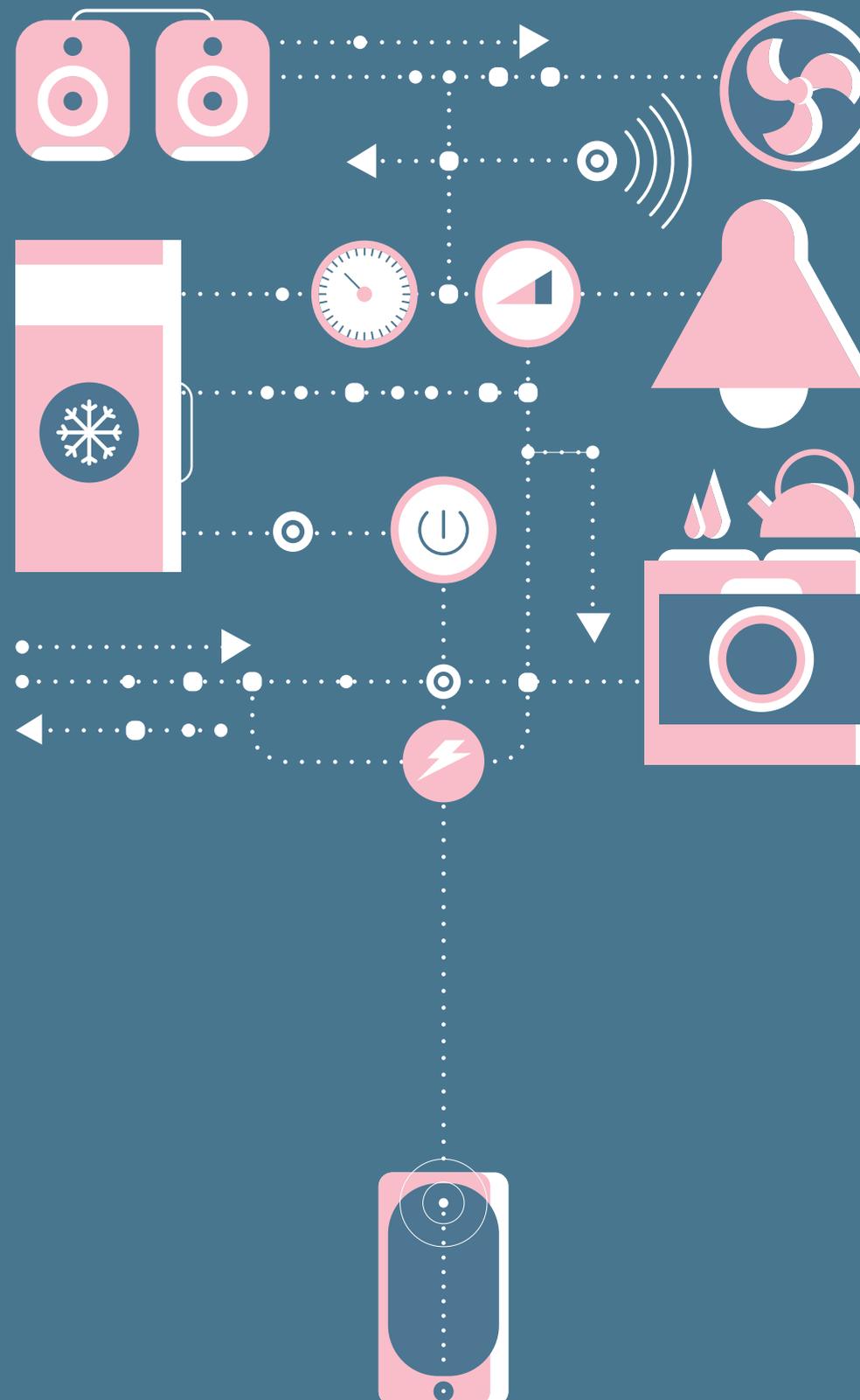
IoT: pro e contro

PRO

- ottimizzazione delle risorse
- aumento della produttività
- miglioramento della qualità della vita
- maggiore trasparenza nell'utilizzo delle risorse
- più controllo e sicurezza
- prodotti digitalmente nell'utilizzo delle risorse

CONTRO

- preoccupazioni legate alla privacy
- hacking, minaccia per la sicurezza
- più complessità e maggiori probabilità di perdere il controllo
- alti costi iniziali di installazione



Infografica 3.6

3.7 Realtà virtuale

Il termine 'Realtà Virtuale' è stato utilizzato per la prima volta nel 1988 da Jaron Lanier, informatico statunitense, che l'ha definita così: «*a technology that uses computerized clothing to synthesized shared reality. It recreates our relationship with the physical world in a new plane, no more, no less. It doesn't affect the subjective world; it doesn't have anything to do directly with what's going on inside your brain. It only has to do with what your sense organs perceive*»¹¹³.

«In un cantiere, in media il 7% del budget viene speso per correre ai ripari, per risolvere problemi causati in corso d'opera da incomprensioni tra clienti e tecnici, o addirittura tra tecnici»¹¹⁴. Jeffrey Jacobson, CEO di EnterpriseVR (dba ConstructionVR), introduce così la tecnologia sulla quale si basa il proprio lavoro, ovvero l'impiego della Realtà Virtuale e della Realtà Aumentata nel campo della progettazione e nell'industria delle costruzioni. «Di solito» – continua – «la comunicazione dei progetti avviene attraverso disegni, *rendering*, modelli in scala o modelli 3D interattivi. Ma nessuno di questi strumenti ti può mostrare lo spazio intero, alla scala umana. Lo sforzo di mettere insieme i pezzi spetta a chi osserva e ognuno immagina il risultato diversamente, un fatto che crea malintesi»¹¹⁵.

Questo tipo di interazione digitale è contraddistinta da una risposta real-time alle modificazioni che l'utente introduce nell'ambiente. La qualità e il livello dell'interazione determinano diversi gradi di coinvolgimento e quindi anche diversi tipi di realtà virtuale.

La Realtà Virtuale (o Virtual Reality o VR) implica la creazione di ambienti virtuali completi e immersivi, spazi costruiti digitalmente all'interno dei quali è possibile spostarsi e interagire grazie a dispositivi come i visori VR¹¹⁶, in grado di collegare l'esperienza sensoriale a quella digitale.

La Realtà Aumentata (Augmented Reality o AR), invece, combina il mondo virtuale con quello reale per arricchire l'esperienza quotidiana degli utenti e consentire a chi ne fa uso di osservare contenuti cui non potrebbe avere accesso altrimenti.

A differenza della VR, l'AR non necessita di un ambiente completamente artificiale e si pone come una tecnologia che sta esattamente a metà tra reale e virtuale¹¹⁷. Questo sistema si divide in due varianti: *marker-based*, che sfrutta un marcatore per l'attivazione del processo, e *location-based*, che utilizza un sistema di localizzazione. Le componenti che permettono il funzionamento dell'AR sono:

- un dispositivo dotato di fotocamera;
- un sistema di *tracking* e/o uno di *sensing*;
- un marker o un sistema di localizzazione;
- un'applicazione;
- un contenuto digitale che aumenta la realtà.

In un sistema *marker-based* il posizionamento del contenuto digitale all'interno del display è garantito dal riconoscimento del marker da parte della fotocamera. Una volta determinata la posizione della geometria del marker, l'applicazione specifica associa la posizione della fotocamera al marker e grazie alla procedura di *tracking* collega i movimenti reali della fotocamera a quelli virtuali del contenuto digitale. Diversamente, in un'applicazione di realtà aumentata *location-based*, la posizione del

contenuto digitale è nota a priori e l'inserimento virtuale dell'utente viene calcolato da un sistema di localizzazione GPS; infine il terminale collega i movimenti reali a quelli virtuali grazie ai sensori interni. Questi nuovi strumenti, messi a disposizione per il settore edilizio, sono molteplici e vengono in aiuto all'esigenza di facilitare la comunicazione tra i diversi interlocutori, rappresentando il progetto in una maniera sempre più fedele alla realtà.

Disporre di una tecnologia di *rendering* real-time e di un visore con la quale esplorare un modello 3D permettono al progettista di esprimere nuove modalità progettuali, tra cui, per citarne alcuni, controllare l'integrazione tra gli elementi tecnici (la già citata *clash detection*), ridurre i problemi causati in corso d'opera da incomprensioni tra clienti e tecnici, permettere al cliente di apportare modifiche al progetto avendo un immediato riscontro¹¹⁸.

Le decisioni progettuali e l'esperienza dell'utente possono essere migliorate perché sostenute da elaborati grafici più comprensibili, più intuitivi e con evidenti risparmi in termini di costi.

La Realtà Virtuale immersiva permette all'utente di ricalarsi in una realtà multisensoriale che può essere creata utilizzando software di modellazione tridimensionale oppure riprodotta ad hoc, per fornire informazioni utili all'approfondimento di diverse situazioni e argomenti.

Per quanto riguarda il rilievo digitale, la valorizzazione e l'analisi strutturale del patrimonio esistente, il consolidamento e il monitoraggio, la realtà virtuale immersiva sta facendo passi da gigante. Il metodo più preciso per ricreare un ambiente risulta ormai essere l'utilizzo di laser scanner¹¹⁹, come il Riegl VZ-10001¹²⁰, che permettono di raccogliere in breve tempo centinaia di migliaia di punti al secondo fino a formare una nuvola di punti a cui è associata non solo la posizione nello spazio ma anche il colore; si riesce così a ottenere una nuvola di punti che rispetta in maniera fedele l'oggetto scansionato dando nel contempo la possibilità, tramite software di modellazione, di studiarne caratteristiche e valori. *Jaunt Virtual Reality Technology*¹²¹, invece, utilizza un sistema di telecamere che registra video 3D stereoscopici in tutte le direzioni. Il video è abbinato a microfoni di campo sonoro 3D per registrare il suono. Con questa tecnologia è possibile ricostruire un'esperienza visiva e uditiva completa.

La combinazione di questi due approcci si trova nel software di elaborazione fotogrammetrica *Agisoft Photoscan* che permette di generare dati spaziali 3D partendo da immagini digitali. Questi e altri strumenti infine garantiscono a chi è dotato di visore di visualizzare la scansione come se fosse in loco e di raccogliere le informazioni utili evitando numerosi sopralluoghi.

Visualizzazione, modellazione e progetto

Grazie a software e strumenti dedicati, la Realtà Virtuale può essere applicata direttamente nella fase di disegno e progettazione permettendo non solo di visualizzare, ma anche di correggere in maniera più rapida errori che difficilmente sarebbero visibili in un display. Programmi come *Google Tilt Brush*¹²², che consentono di dipingere in un ambiente VR 3D, danno un indizio su cosa potrebbe accadere nella progettazione in VR.

Se i progettisti potessero disegnare e progettare direttamente in VR avrebbero immediatamente un riscontro diretto del risultato delle parti realizzate riducendo i tempi che servono per ottenere il risultato desiderato.

Tuttavia, prima che la realtà virtuale si possa diffondere come strumento di progettazione nell'architettura e nell'industria manifatturiera, i software dovranno compiere un significativo passo avanti. La maggior parte degli strumenti che sfruttano questa tecnologia permettono agli utenti solo di guardarsi attorno, non di toccare oggetti o di modificarli direttamente. Se si sta visualizzando un modello in VR e si vuole eseguire una correzione, bisogna togliere il visore, trovare l'errore, apportare il cambiamento con un mouse e una tastiera, aggiornare il modello nel *viewer*, rimettersi il visore e assicurarsi che la modifica sia avvenuta.

I software di progettazione dovrebbero essere progettati per sfruttare sempre più i *controller Move*¹²³ e l'ambiente immersivo, oltre a fornire strumenti all'interno dell'esperienza per interagire direttamente sul mondo digitale e apportare modifiche ai modelli 3D.

Arki: A-R Architecture

Ricavare informazioni digitali dal mondo reale è possibile anche senza ricorrere a visori di realtà virtuale per chiunque posseda uno *smartphone* dotato di fotocamera e accesso a internet.

Sono infatti già disponibili numerose applicazioni in grado di assegnare una qualsiasi informazione digitale, precedentemente caricata online, ai pixel di un'immagine statica. Tali software sfruttano la fotocamera compiendo in automatico il processo di riconoscimento dell'immagine e mostrando a display l'informazione digitale associata.

Ad esempio, ARki: A-R Architecture¹²⁴ è un'applicazione che, utilizzando la Realtà Aumentata, consente, puntando una fotocamera su uno specifico disegno, di osservarne modelli tridimensionali digitali caricati online.

Le informazioni che si possono associare a tale uso possono essere di diverso tipo, ad esempio: il modello tridimensionale esterno, il sistema strutturale, il sistema impiantistico, ma anche informazioni di analisi come il soleggiamento, il vento o ancora schemi di natura progettuale.

VIEWAR

Con la Realtà Aumentata è inoltre possibile simulare la presenza di oggetti direttamente all'interno di ambienti fisici, permettendo ai consumatori di decidere su quale prodotto investire grazie alla possibilità di osservare, tramite il filtro di una telecamera, il prodotto desiderato nel luogo desiderato. VIEWAR¹²⁵ è un'azienda leader nella vendita di servizi di AR e VR vincitrice del premio miglior applicazione per l'Augmented Reality all'Augmented World Expo del 2016 nella Silicon Valley¹²⁶.

VIEWAR è una piattaforma che fornisce gli strumenti per realizzare e personalizzare la propria applicazione di realtà virtuale aumentata al fine di offrire una simulazione digitale di oggetti virtuali; consente inoltre di modificare il layout dell'applicazione intervenendo direttamente sul codice di programmazione in maniera intuitiva, rivolgendosi, quindi, anche ai più inesperti.

Quasi tutti i sistemi di *tracking* sono stati integrati all'interno dell'applicazione; basta infatti selezionare quello desiderato e automaticamente il codice viene modificato.

I contenuti digitali utilizzabili sono quelli presenti nell'archivio del sito ma è anche possibile caricare i propri modelli e persino attribuire i materiali direttamente dall'app.

VR Daylight Patterns

Kynthia Chamilothoni, docente presso la Technical University of Crete (TUC), sta sviluppando un progetto di ricerca sulla percezione degli spazi architettonici in funzione del loro rapporto con la luce¹²⁷. Finora, gli usi più comuni della VR in architettura sono stati nella comunicazione tra architetto e cliente, con un enorme miglioramento nella comprensione dell'intento progettuale.

In questo caso invece la ricerca si concentra sul feedback inconscio che i soggetti forniscono durante le loro esperienze VR. Una delle sue recenti indagini, in cui ha lavorato con il suo collega Dr Siobhan Rockcastle, consiste nel monitorare i movimenti della testa dei partecipanti immersi all'interno di scenari con caratteristiche architettoniche e di illuminazione differenti.

In un altro suo studio, condotto in collaborazione con Giorgia Chinazzo, mira a ottenere una comprensione più approfondita dell'interazione tra colore e percezione termica, conducendo i partecipanti all'esperimento in un ambiente immersivo ibrido che combina i colori mostrati nella realtà virtuale e i livelli di temperatura controllati nel mondo reale.

A riguardo, Chamilothoni ha spiegato in un'intervista di Arch Daily: «*I think that tactility and thermal sensation could immensely deepen the feeling of presence in the virtual environment. Imagine if you could trace different materials with your fingers, feel the warmth of sunlight patches or the temperature difference as you explore a sequence of spaces! And at the same time monitor people's physiological responses, from brain activity or skin conductance to gaze. That could greatly advance our understanding of how architecture influences human perception and behavior*»¹²⁸.

Realtà virtuale: pro e contro

PRO

- informazioni complete e chiare
- coinvolgimento del cliente nelle scelte progettuali
- simulazione in sicurezza di realtà pericolose
- ottimizzazione della progettazione

CONTRO

- grande potenziale, ma tecnologia ancora poco avanzata
- strumenti troppo costosi e poco accessibili
- rischio di estraniarsi dal mondo reale



3.8 BIM (Building Information Modeling)

Il settore delle costruzioni sta vivendo in questi anni un cambiamento drastico: il passaggio da una rappresentazione 2D all'utilizzo di modelli 3D sempre più complessi. Questo cambiamento non esclude la presenza del disegno, che rimane lo strumento più efficace nella comunicazione dell'idea progettuale, anzi, lo arricchisce con altre informazioni.

Tra gli strumenti innovativi capaci di implementare il disegno e la progettazione, il più diffuso nel settore edilizio è sicuramente il Building Information Modeling (BIM), che il National Institutes of Building Science (NIBS)¹²⁹ definisce come un processo di programmazione, progettazione, realizzazione e manutenzione di un bene; il modello BIM contiene infatti tutte le informazioni relative all'intero ciclo di vita dell'opera¹³⁰.

Il BIM nasce dall'evoluzione dei sistemi informatici CAD (Computer Aided Design) che, tra gli anni '70 e '80, hanno progressivamente segnato il passaggio del disegno a mano libera a quello digitale, e dall'introduzione della modellazione parametrica, che permette di modificare in qualunque momento i parametri che regolano la geometria di un modello digitale. Nel 1986 Graphisoft unisce i 2 approcci di modellazione progettando la prima Virtual Building Solution: Archicad.

I progressi che in seguito hanno interessato questi software permettono di immagazzinare all'interno di un modello tridimensionale numerose informazioni sulle caratteristiche degli elementi utilizzati nel progetto.

Tuttavia va sottolineato quanto il BIM non sia né un prodotto né un software bensì un processo di gestione delle informazioni che descrivono un edificio dalla fase di progettazione a quella di costruzione, gestione e manutenzione, fino a quella di demolizione.

Il BIM introduce l'odierna urgenza dell'interoperabilità e della progettazione integrata. Poiché questo metodo abbia un reale impatto sull'incremento di produttività e la riduzione dei costi, sarebbe infatti necessario che tutti gli operatori della filiera fossero in grado di implementare nelle loro pratiche comuni l'utilizzo del BIM.

Il modello digitale, o meglio, il *Digital Twin*, una replica virtuale di risorse fisiche, potenziali ed effettive, permette di comprendere la geometria dell'oggetto e, se condiviso in cloud con ingegneri strutturali, impiantisti, ecc, consente di effettuare analisi energetiche, economiche e strutturali legate a un unico modello. Tutte le altre informazioni contenute nel modello forniscono poi risposte di natura differente in base all'esigenza dell'utente ed è per questo motivo che si parla di dimensioni aggiunte: BIM-4D, 5D, 6D e 7D. Il BIM-4D analizza la variabile 'tempo' grazie alla quale si possono ottimizzare le attività costruttive e di coordinamento. Il BIM-5D sfrutta i dati strutturati per consentire di visualizzare il progresso delle attività ed i relativi costi di gestione nel tempo. Il BIM-6D può determinare stime energetiche basando le simulazioni sulle caratteristiche tecniche degli elementi che compongono l'edificio. Infine il BIM-7D gestisce operativamente la manutenzione dell'edificio e delle sue componenti per tutto il ciclo di vita.

Oltre alle sette dimensioni normate, ad oggi esiste un dibattito ancora aperto sulle «3 nuove dimensioni del BIM»:

- 8D, la sicurezza in fase di progettazione e realizzazione dell'opera;
- 9D, l'ottimizzazione di tutti gli step necessari alla realizzazione dell'opera e pensata per eliminare gli sprechi;

- 10D, che spiega i benefici complessivi dell'edilizia industrializzata.

In ogni caso cambiare metodo di progettazione implica una rivisitazione radicale del modo di pensare per sfruttare al meglio i vantaggi. Come scrive Anna Osello, professore ordinario al Politecnico di Torino, «con il CAD 2D, due linee parallele e un retino al loro interno significano un muro solo se una persona conosce le regole e le convenzioni del disegno; invece con il B.I.M., un muro è un muro»¹³¹.

BIM.archiproducts e le BIM libraries

BIM.archiproducts¹³² è un database open online di oggetti BIM per architettura, edilizia, ingegneria e design. Il BIM Design Team realizza e pubblica i modelli BIM dei prodotti dei migliori *brand* di design ed edilizia consentendo il download diretto dei file da utilizzare per personalizzare i propri progetti.

La piattaforma consente anche di caricare i propri modelli BIM, grazie al lavoro di un gruppo di esperti che si occupa dell'analisi preventiva e della produzione esecutiva degli oggetti BIM certificati secondo alti standard qualitativi.

I database di oggetti BIM (o BIM Libraries) sono innumerevoli in tutto il mondo e la loro funzione è fondamentale sia per chi progetta (poiché risparmia tempo rispetto a crearsi un modello rifacendosi alle sole schede tecniche), che per chi produce (per la possibilità di far conoscere il proprio prodotto).

Fra le librerie open BIM più conosciute ricordiamo: la già citata NBS National BIM Library, le statunitensi CADdetails e BIMsmith, l'inglese BIM Store e l'internazionale BIM Object, che raccoglie tutti i prodotti Autodesk.

Autodesk + Esri e il BIM della città

Nel 2017 Esri e Autodesk, aziende leader mondiali rispettivamente per i sistemi geospaziali e per la progettazione in digitale, hanno dato il via a una partnership tecnologica volta a creare un 'ponte' tra le rispettive tecnologie di punta: il GIS (Geographic Information System) per Esri e il BIM (Building Information Model) per Autodesk¹³³. Per i proprietari di infrastrutture, sia privati sia pubblici, poter utilizzare contestualmente BIM e GIS migliora la capacità di pianificare, progettare, costruire e rendere operativi impianti e infrastrutture con un notevole risparmio di tempo e risorse economiche. Il miglioramento dell'integrazione tra i sistemi di Esri e Autodesk ha anche il vantaggio di ridurre in modo drastico i tempi di programmazione e produzione.

La partnership ha lo scopo di potenziare l'integrazione BIM/GIS e consentire ai clienti di «costruire qualsiasi cosa ovunque», sottolinea Andrew Anagnost, CEO di Autodesk. «I nostri obiettivi sono quelli di fornire all'industria e agli urbanisti la possibilità di progettare in un contesto. Questo consentirà alle comunità di costruire città sempre più connesse, efficienti e resilienti e infrastrutture che hanno un occhio più attento alla sostenibilità»¹³⁴.

L'idea nasce dal concetto di interoperabilità tra diverse piattaforme che garantisce all'utente nuove possibilità.

GAMMA, BIM e Augmented Reality

GAMMA¹³⁵ è un'applicazione sviluppata da Formitas, azienda leader nella digitalizzazione del settore delle costruzioni tedesco, che unisce BIM e Realtà Aumentata, fornendo all'utente la possibilità di accedere al proprio modello BIM semplicemente puntando la

fotocamera del proprio *smartphone* direttamente in cantiere. Con GAMMA è possibile inviare note, immagini e commenti audio direttamente dal cantiere all'ufficio. Ogni commento è collegato direttamente a un elemento o a una stanza dell'edificio durante l'ispezione del sito. Attraverso questo riferimento di posizione, le nuove informazioni e correzioni possono venire integrate immediatamente nel modello BIM dell'edificio in costruzione. Questo processo può semplificare la documentazione, migliorando la comunicazione tra chi dirige il cantiere e chi sta lavorando alla modellazione tridimensionale.

In questo modo si può evitare la preparazione di carte stampate e piani di costruzione e osservare la pianificazione costruttiva direttamente sul *tablet*, avendo un immediato riscontro nella realtà fisica.

Lavorando digitalmente su *tablet* e *smartphone*, l'uso della carta viene significativamente ridotto e ciò riduce il rischio di informazioni obsolete e ridondanze.

Edificius

Per quanto riguarda la modellazione BIM, si riporta un esempio tutto italiano.

Edificius¹³⁶ è un software di progettazione architettonica elaborato da ACCA, leader italiano nella produzione di software per l'edilizia, che integra la capacità di *rendering* real-time con l'approccio BIM. La possibilità di lavorare in render permette di supportare le scelte in corso d'opera. Le integrazioni, invece permettono di avere una visione completa sul progetto dal punto di vista strutturale, impiantistico, energetico, e acustico.

Il software è utile nella definizione di computi metrici e quindi importi, ma anche per la redazione di piani di sicurezza e piani di manutenzione per lavori pubblici e privati secondo le indicazioni del Codice appalti e delle norme tecniche per le costruzioni.

Inoltre Edificius dialoga facilmente con Sketchup, software di modellazione 3D e, per la ricostruzione di profili altimetrici, con Google Maps.

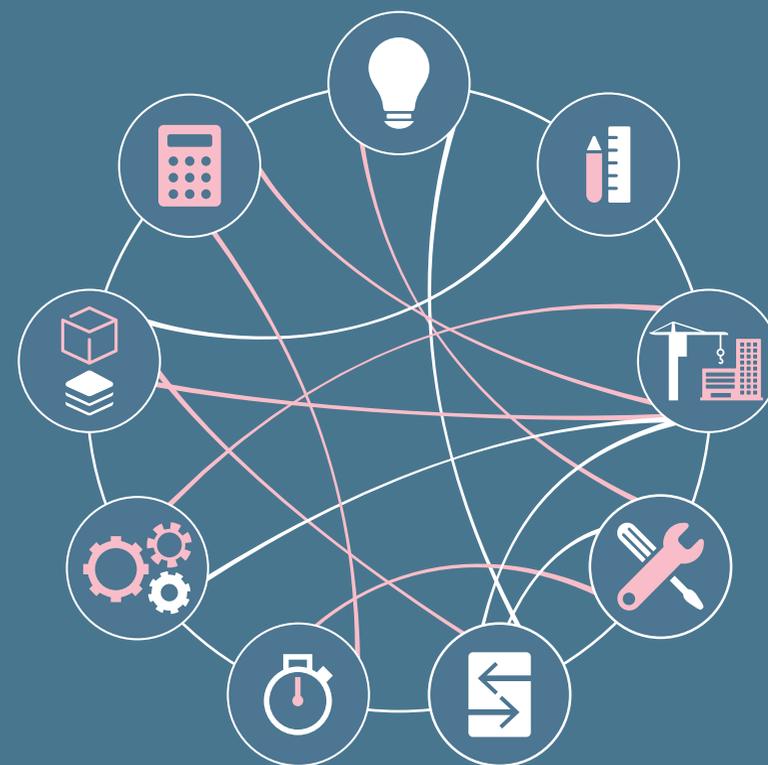
BIM: pro e contro

PRO

- ottimizzazione processo roduttivo: dalla progettazione alla realizzazione
- riduzione dei costi
- maggiore efficienza tra le diverse figure coinvolte
- facilità di dialogo su un'unica interfaccia

CONTRO

- grande investimento iniziale di denaro e di tempo per apprendere
- lentezza di apprendimento negli enti pubblici
- i software richiedono hardware di ultima generazione



NOTE

CAPITOLO 3

¹ Il ricercatore John Naisbitt nel 1982 ha coniato il termine «megatrend» per descrivere una tendenza che, a differenza delle tendenze di breve durata, ha uno sviluppo complessivo persistente.

² Pictet Asset Management, luglio 2016, What are megatrends, [Online], <https://www.am.pictet.it/global-articles/2016/insights/equities/product-focus/what-are-megatrends> [Consultato: 09 Nov 2017].

³ Concepita per essere la capitale del Brasile, Brasilia fu progettata da zero da Oscar Niemeyer e Lúcio Costa e fu pensata quasi senza marciapiedi o semafori per seguire criteri di ottimizzazione della velocità e dell'efficienza.

⁴ Mumford L., 1979, *My Works and Days. A Personal Chronicle*, Houghton Mifflin Hartcourt Press, New York.

⁵ Ratti C., Claudel M., 2017, *La città di domani*, Einaudi, Torino, p. 72.

⁶ Con platoon driving si fa riferimento all'insieme di veicoli dotati di guida autonoma che interagiscono tra loro e non interferiscono l'uno nella traiettoria dell'altro, creando un sistema collaborativo di veicoli intelligenti.

⁷ Arcadis, 2017, Driveless Future. A policy Roadmap for City Leaders, [Online], <https://www.arcadis.com/media/8/F/B/%7B8FB269B4-62DE-4184-A46F-4E7E638FD710%7DDriverless%20Future%20report%20for%20press.pdf> [Consultato: 09 Nov 2017].

⁸ Si veda: <https://waymo.com/>

⁹ Azienda statunitense divisa in settori che si occupano di: tecnologia, biotecnologie (Calico), investimenti finanziari (Google Ventures, Google Capital) e ricerca (Google X Lab e Nest Labs).

¹⁰ Si veda: https://www.youtube.com/watch?time_continue=162&v=aaOB-ErYq6Y

¹¹ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=ZpU7jvFDXUk>

¹² Si veda: <http://senseable.mit.edu/roboat/>

¹³ Si veda: <http://www.ams-institute.org/roboat-qa/>

¹⁴ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=kkoKJe5Nhkk>

¹⁵ Trad. «Diamo il benvenuto a chi ci ruberà il lavoro e si occuperà di noi. Il prossimo decennio vedrà le società trasformarsi man mano che gli umani impareranno a vivere al fianco dei robot» Ross A., 2016, *The Industries of the Future*, Simon & Schuster, New York, E-book, p. 38.

¹⁶ Ross A., 2016, op. cit.

¹⁷ Si veda: <https://iaac.net/educational-programs/master-robotics-advanced-construction/>

¹⁸ Associazione che si occupa di sviluppo tecnologico, specializzata in robotica, con sede a Vienna. Si veda: <http://www.robotsinarchitecture.org/>

¹⁹ Si veda: <https://www.komatsu.eu/it/company/komatsu-europe-international>

²⁰ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=l9nmFSQpHEk>

²¹ Azienda tedesca leader mondiale per la produzione di robot industriali.

²² Association for Robots in Architecture, 27 Giu 2017, Red Bull Arch, [Online], <http://www.robotsinarchitecture.org/931/recent-robot-news>

²³ Si veda: <https://vimeo.com/91536784>

²⁴ SCI-Arc ha sede a Los Angeles, California ed è una scuola e centro di innovazione indipendente che offre dal 1972 programmi per laureati e non è considerata una delle scuole di architettura più all'avanguardia degli Stati Uniti.

²⁵ Stäubli International AG è un'azienda svizzera, presente nei settori tessile e robotica (Wikipedia).

²⁶ Si veda: <https://sciarc.edu/institution/facility/robot-house/>

²⁷ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=mP2AtqcitbQ>

²⁸ Beyers D., 27 Mar 2017, Invasion of bricklaying robots could put thousands of jobs at risk, The Times, [Online], <https://www.thetimes.co.uk/edition/news/invasion-of-the-bricklaying-robots-could-put-thousands-of-jobs-at-risk-qrrvj6jsf>

²⁹ Construction Robotics è un'azienda con sede a New York che mira a diventare leader mondiale nella produzione di macchine a controllo numerico per l'industria delle costruzioni.

³⁰ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=So7nReXX-BE>

³¹ Master in ricerca applicata alla fabbricazione digitale promosso dallo IAAC (Institute for Advanced Architecture of Catalonia), noto centro di ricerca e sviluppo delle tecnologie nel settore architettonico.

³² Si veda: <https://iaac.net/educational-programs/postgraduate-open-thesis-fabrication/past-editions/fusta-robotica-otf-2015/> [Consultato: 09 Nov 2017].

³³ Il testo si propone di approfondire le innovazioni dei materiali già ben analizzati nell'*Encyclopedia of Materials Science & Engineering* in cui lo stesso Michael Bever definisce gli ambiti di studio della scienza dei materiali.

³⁴ «Advanced Materials are defined as those where first consideration is given to the systematic synthesis and control of the structure of the material in order to provide a precisely tailored set of properties for demanding applications». Michael Bever et al., 1994, *The Encyclopedia of Advanced Materials*, Elsevier, Oxford.

³⁵ Vedi Commissione Europea, 2014a. Commissione Europea, 2014a, Smart Living: Advanced building materials, Unione Europea, Bruxelles.

³⁶ Per avere un'idea della mole di informazioni tecniche, si veda Material ConneXion, il più grande network internazionale di consulenza sui materiali e processi produttivi innovativi e sostenibili, con sedi negli Stati Uniti, in Europa e in Asia, svolge attività di consulenza, promozione e formazione per ogni tipo di realtà produttiva e progettuale e ospita un archivio, sia fisico che online, di oltre 7500 materiali e processi produttivi, suddivisi in diverse categorie: polimeri, ceramici, vetri, metalli, cementi, naturali e derivati, materiali a base di carbonio.

³⁷ Cercageometra.it, I materiali da costruzione in edilizia: tipologie di materiale avanzato, [Online], <http://www.cercageometra.it/notizie/tecnologia/i-materiali-da-costruzione-in-edilizia-tipologie-di-materiale-avanzato.html>

³⁸ Della Mura C., Simonato E., 2012, *Architettura e nanotecnologie*, libreriauniversitaria, Limena.

³⁹ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=IC8x6oEhhZI>

⁴⁰ TUDelft, 21 Apr 2015, TU Delft self-healing bio-concrete nominated for European Inventor Award, [Online], <https://www.tudelft.nl/en/2015/tu-delft/tu-delft-self-healing-bio-concrete-nominated-for-european-inventor-award/>

⁴¹ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=C0afucj9ew>

⁴² Si veda: <https://vimeo.com/55938597>

⁴³ Si veda: <http://www.achimmenges.net/?p=5083>

⁴⁴ Si veda: <https://vimeo.com/140577658>

⁴⁵ Si veda: <https://vimeo.com/221305597> e <https://vimeo.com/246189037>

⁴⁶ Si veda: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=10339>

⁴⁷ Tibbits S., 2017, *Active Matter*, MIT, Boston.

⁴⁸ Redwood B., Schöffner F., 2017, *The 3D Printing Handbook*, 3D HUBS, Amsterdam.

⁴⁹ ABS: L'acrilonitrile-butadiene-stirene o ABS è un termopolimero molto diffuso grazie alla sua leggerezza e rigidità ma anche al fatto che può essere sia estruso che stampato a iniezione. Attualmente è usato in vari ambiti, oltre a quello della prototipazione rapida, per esempio lo si ritrova nei LEGO, in alcuni strumenti musicali a fiato e in tubi idraulici. Possiede buone proprietà meccaniche, lo si usa, infatti per oggetti che devono garantire una certa rigidità e durabilità e, rispetto al PLA, è meno friabile, sopporta temperature più alte e possiede un coefficiente di attrito inferiore (questo lo rende estraibile in maniera più agevole). Tra gli aspetti negativi possiamo annoverare il fatto che, rispetto al PLA, deve essere estruso a temperature superiori, da 200-250 °C e che presenta la catastrofica propensione a ritirarsi e deformarsi, soprattutto negli angoli, se il materiale si raffredda troppo in fretta. Questo è uno dei motivi per cui si consiglia avere un piatto riscaldato quando si stampa in ABS. Inoltre, quando è estruso, l'ABS genera delle emissioni che possono essere dannose per gli esseri umani quindi si consiglia sempre di cercare di evitare di inalare direttamente i fumi e di stampare in ambienti ben ventilati. Per quanto riguarda la solubilità, il solvente dell'ABS è l'acetone.

PLA: L'acido polilattico o PLA è un termopolimero generato dalla fermentazione del mais, non è biodegradabile in condizioni naturali ma è idrosolubile a temperature superiori a 70-80 °C. Può essere estruso, stampato a iniezione e stampato a soffiatura ed attualmente lo si usa prevalentemente per produrre contenitori di vario tipo e sacchetti di plastica. Rispetto all'ABS è più pesante e meno resistente anche se, ultimamente, lo si taglia con minime percentuali di ABS per conferirgli maggiore durezza. I vantaggi del PLA rispetto all'ABS sono che è estraibile a temperature inferiori, da 200-230 °C e non emette sostanze tossiche per l'uomo (se estruso alle giuste temperature), non necessita del piano riscaldato, ha un indice di ritrazione del 2-3% al massimo quindi nel caso in cui si voglia stampare oggetti grandi e piuttosto lineari, è preferibile rispetto all'ABS. A livello estetico, il PLA risulta appena più lucente rispetto all'ABS. Per quanto riguarda la solubilità, il solvente dell'PLA è la soda caustica (Fonte: www.stampa3d-forum.it).

⁵⁰ Trad. «La stampa 3D potrebbe produrre un giorno case migliori e meno costose, oltre che aprire a possibilità architettoniche radicalmente nuove, ma la stessa tecnologia potrebbe anche eliminare milioni di posti di lavoro indicibili» Ford M., 2016, *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, New York, E-book, pp. 378-379.

⁵¹ Si veda: https://www.youtube.com/watch?time_continue=100&v=pZNTzkAR1Ho

⁵² Si veda: <http://mx3d.com/projects/bridge-2/>

⁵³ Si veda: https://www.youtube.com/watch?time_continue=64&v=v2moJF8kqIg

⁵⁴ Si veda: https://www.youtube.com/watch?v=rAbB_AZvCT4

⁵⁵ Arup è una società multinazionale di ingegneria composta da progettisti, ingegneri, consulenti e specialisti che collaborano nel settore delle costruzioni. Ai Build è una delle società più avanzate in tema di sistemi a intelligenza artificiale.

⁵⁶ Trad. «Volevamo spingerci oltre i confini e capire quanto potessimo progettare oggetti complicati sfruttando la combinazione di algoritmi di calcolo e stampa 3D». Intervista rilasciata a Dyllan Furness, Ott. 2016, Give a 3D printer artificial intelligence, and this is what you'll get, Digitaltrends.com, [Online], <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/ai-build-wants-to-change-the-way-we-build-the-future/>

⁵⁷ Trad. «I nostri robot erano ciechi. Prendono le istruzioni da un computer e le eseguono ciecamente. Se c'è qualche problema che non notano non possono adattarsi [...] l'obiettivo era creare un continuo feedback tra l'ambiente fisico e quello digitale». Intervista rilasciata a Dyllan Furness, Ott. 2016, op. cit.

⁵⁸ CSP – Innovazione nelle ICT è un organismo di ricerca operante a livello locale, nazionale e internazionale sull'applicazione delle tecnologie delle informazione e della comunicazione (ICT) ai diversi settori di produzione di beni e servizi.

⁵⁹ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=ZPUFKKcQ9Is>

⁶⁰ Si veda: <http://www.wasproject.it/w/stampa-3d/bigdeltawasp-12m/>

⁶¹ Si veda: <http://www.winsun3d.com/En/>

⁶² Future of Construction, 6 Dic 2016, Winsun, [Online], <https://futureofconstruction.org/case/winsun/>

⁶³ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=a0FNKGTNIhE>

⁶⁴ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=UkQSaM43nNw>

⁶⁵ Gates B., 2009, *Prefazione, Your Life, Uploaded: The Digital Way to Better Memory, Health, and Productivity*, PLUME, New York, pp. X-XI.

⁶⁶ Calvino I., 1997, *La memoria del mondo*, in ID., *La memoria del mondo e altre cosmicomiche*, Mondadori, Milano, pp. 203-204.

⁶⁷ Il bit è l'unità di misura più piccola delle informazioni digitali. Uno Zettabyte corrisponde a 8*1021 bit.

⁶⁸ Trad. «La terra era la materia prima dell'età agricola. Il ferro era la materia prima dell'era industriale. I dati sono la materia prima dell'era dell'informazione» Ross A., 2016, *The Industries of the Future*, Simon & Schuster, New York, E-book, pp. 333-334.

⁶⁹ *Human generate, machine generated e business generated* sono rispettivamente dati generati direttamente o indirettamente da esseri umani, macchine e da attività commerciali.

⁷⁰ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=hRY-ZUIJXY0&t=112s>

- ⁷¹ Si veda: <https://topis.seoul.go.kr/eng/english.jsp>
- ⁷² Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=fvT'Zc5hWBNY>
- ⁷³ Centro di ricerca fondato da Carlo Ratti al MIT di Boston che si concentra sullo studio e sulla previsione di come la tecnologia digitale sta cambiando il modo in cui descriviamo, progettiamo e occupiamo le città. <http://senseable.mit.edu/>
- ⁷⁴ Ratti C., 2013, a cura di M.G. Mattei, *Smart City, Smart Citizen*, EGEA, Milano, pp. 30-31.
- ⁷⁵ Ratti C., 2013, op. cit., p. 32.
- ⁷⁶ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=RbhBz5UwRDQ>
- ⁷⁷ Ratti C., 2013, op. cit., p. 45.
- ⁷⁸ Calabrese F. e Ratti C., 2006, *Real time Rome, Networks and Communications Studies*, XX, pp. 247-258
- ⁷⁹ Ratti C. e Claudel M., 2017, *La città di domani: come le reti stanno cambiando il futuro urbano*, Einaudi, Torino, pp. 34-35.
- ⁸⁰ Si veda: <https://vimeo.com/212723907>
- ⁸¹ Ashton K., 22 Giu 2009, *That 'Internet of Things' Thing*, in RFID Journal.
- ⁸² I tag sono etichette elettroniche (o anche transponder o chiavi elettroniche di prossimità), con la capacità di rispondere all'interrogazione a distanza da parte di appositi apparati fissi o portatili, chiamati reader (o anche interrogatori).
- ⁸³ Abbreviazione per 'Internet of Things' spesso utilizzata in sostituzione dell'intera espressione.
- ⁸⁴ Weiser M., Set 1991, *The computer for the 21st century*, in *Communications, Computer and Networks*, numero speciale di *Scientific American*, pp. 66-75.
- ⁸⁵ Grashenfeld N., Krikorian R., Cohen D., Ott 2004, *The internet of things*, pp.76-81
- ⁸⁶ Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 23.
- ⁸⁷ Statista, 2018, Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions), [Online], <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
- ⁸⁸ Amazon Alexa è un assistente personale intelligente in grado di interagire con la voce, riprodurre musica, creare elenchi di cose da fare, impostare allarmi, effettuare streaming di podcast, riprodurre audiolibri e fornire previsioni meteorologiche, informazioni sul traffico e altre informazioni in tempo reale, come le notizie.
- ⁸⁹ Google Home è un marchio di altoparlanti intelligenti sviluppato da Google.
- ⁹⁰ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=2UVXvqeJSKk>
- ⁹¹ Si veda: <https://nest.com/it/>

- ⁹² Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=1qkSkOn4h-A&t=1s>
- ⁹³ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=METDdcmklVE>
- ⁹⁴ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=ciuYGr5bfQ>
- ⁹⁵ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=orc5fBf14vs>
- ⁹⁶ Azienda che progetta reti di controllo composte da dispositivi elettronici con scopi di rilevamento, monitoraggio e controllo.
- ⁹⁷ Si veda: <https://www.echelon.com/applications/pl-rf-outdoor-lighting> [Consultato: 09 Nov 2017].
- ⁹⁸ Echelon, 2016, CAMBRIDGE, MA: SETTING THE EXAMPLE FOR ADAPTIVE STREET LIGHTING, [Online], <https://www.echelon.com/assets/blt39b6475f3f71/Cambridge%20Case%20Study.pdf> [Consultato: 09 Nov 2017].
- ⁹⁹ Scott M., 22 Ago 2016, Using Streetlights to Strengthen Cities, Harvard ASH Center, [Online], <http://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/using-streetlights-to-strengthen-cities-895>
- ¹⁰⁰ Si veda: https://www.youtube.com/watch?v=p7_Tvw487c [Consultato: 09 Nov 2017].
- ¹⁰¹ Smart Structures, Smart Structures EDC - Embedded Data Collector, [Online], <http://smart-structures.com/technology/EDC-embedded-data-collector/index.html> [Consultato: 09 Nov 2017].
- ¹⁰² Un sensore rugged resiste a tutte quelle sollecitazioni alla quale solitamente non è sottoposto, come, ad esempio, essere annegato nel calcestruzzo.
- ¹⁰³ American Association of State Highway and Transportation Officials: ente che stabilisce norme, protocolli di prova e linee guida per la progettazione e la costruzione di autostrade in tutti gli Stati Uniti.
- ¹⁰⁴ Si veda: https://www.youtube.com/watch?v=ju_32_WzYAU
- ¹⁰⁵ Si veda: <http://www.carloratti.com/project/fondazione-agnelli/>
- ¹⁰⁶ Morby A., 17 Giu 2017, Carlo Ratti reveals Office 3.0 workspace that promises to end 'thermostat wars', Dezeen, [Online], <https://www.dezeen.com/2017/06/17/carlo-ratti-designs-office-30-system-promises-end-thermostat-wars-interiors-turin-italy/>
- ¹⁰⁷ Local Warming e Cloud Cast sono sistemi di climatizzazione, il primo di riscaldamento e il secondo di raffreddamento, che sincronizzano il controllo della temperatura con la presenza umana creando 'bolle' termiche che seguono la persona e mantengono la temperatura costante, ottimizzando gli sprechi derivanti dalla climatizzazione di aree vuote. Per approfondimenti: <http://senseable.mit.edu/local-warming/> ; <https://www.carloratti.com/project/cloud-cast/>
- ¹⁰⁸ I Building Management System sono sistemi di gestione degli edifici che permettono di controllare la temperatura e la ventilazione dell'aria e garantiscono il corretto funzionamento ai massimi livelli di efficienza e risparmio.
- ¹⁰⁹ Le unità fan coil sono ventilconvettori, unità terminali dell'impianto di climatizzazione per le installazioni a soffitto.
- ¹¹⁰ Si veda: <http://parquery.com/?lang=it>

¹¹¹ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=mO1n45Us1j8>

¹¹² Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=EYbfBRKuxDk>

¹¹³ Trad. «è una tecnologia usata per sintetizzare una realtà condivisa. Ricrea la nostra relazione con il mondo fisico in un nuovo piano. Ha a che fare solo quello che i nostri organi sensoriali percepiscono». Kelly K., Heilbrun A., Stacks B., 1989, *Virtual Reality; an IntelVRew with Jaron Lanier*, *Whole Earth Review*, n° 64.

¹¹⁴ Bonino M., Mar 2017, *Construction VR: Il potere reale del virtuale*, *Domus Innovation*, pp. 19-21.

¹¹⁵ Bonino M., Mar 2017, op. cit.

¹¹⁶ Il visore VR è un dispositivo realizzato ad hoc per la realtà virtuale che consente di giocare, vedere foto e video a 360 gradi ed 'immersersi' in una realtà digitale.

¹¹⁷ [Fastweb.it](http://www.fastweb.it), Differenze tra realtà virtuale e realtà aumentata, [Online] <http://www.fastweb.it/smartphone-e-gadget/differenze-tra-realta-virtuale-e-realta-aumentata>

¹¹⁸ Jeffrey Jacobson, Supplemento a *Domus* n. 1011, 2017 p. 19. <http://www.carloratti.com/wp-content/uploads/2017/05/20170309-Domus-Innovation-Issue.pdf>

¹¹⁹ Strumento che consente il rilevamento di modelli tridimensionali di oggetti a scale e risoluzioni differenti.

¹²⁰ MicroGeo, Laser Scanner Riegl VZ-1000, [Online], <http://www.microgeo.it/laser-scanner-ful-3d-multipletargets/laser-scanner-riegl-vz1000.aspx> [Consultato: 09 Nov 2017].

¹²¹ Si veda: <https://www.jauntvr.com/> [Consultato: 09 Nov 2017].

¹²² Si veda: https://www.youtube.com/watch?time_continue=43&v=TckqNdrdbgk

¹²³ Accessorio dotato di sensore di movimento che permette di interagire con l'ambiente virtuale.

¹²⁴ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=BqSix1c2XhE>

¹²⁵ Si veda: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=FyQqJXKuqn8

¹²⁶ Si veda: <https://www.viewar.com/>

¹²⁷ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=i9eHxtlUAew>

¹²⁸ Trad. «Penso che la tattilità e la sensibilità termica possano immensamente approfondire la sensazione di presenza nell'ambiente virtuale. Immagina di poter tastare materiali diversi con le dita, sentire il calore del sole o la differenza di temperatura mentre esplori una sequenza di spazi! E allo stesso tempo monitorare le risposte fisiologiche delle persone, dall'attività cerebrale alla conduttanza della pelle e allo sguardo. Ciò potrebbe far progredire notevolmente la nostra comprensione di come l'architettura influenzi la percezione e il comportamento umano». AD Editorial Team, 17 Sett 2017, *How VR Is Helping Researchers Understand the Phenomenology Behind Light in Architecture*, *Arch Daily*, [Online], <https://www.archdaily.com/879817/how-vr-is-helping-researchers-understand-the-phenomenology-behind-light-in-architecture>

¹²⁹ Il NIBS (National Institute of Building Science buildingSMART alliance) è un'organizzazione non-profit autorizzata dal Congresso degli Stati Uniti d'America per attività di ricerca nel settore delle costruzioni: in particolare l'Istituto svolge un ruolo primario nello studio delle scienze e delle tecnologie indispensabili per la progettazione di strutture sostenibili.

¹³⁰ AA: VV., 2008, *National BIM Standards - United States Version 1*, National Institute of Building Sciences, Washington, D.C.

¹³¹ Osello A., 2012, *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*, Flaccovio Dario Editore, Palermo.

¹³² Si veda: <http://bim.archiproducts.com/it>

¹³³ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=iI64WMANqq4>

¹³⁴ Esri Italia, 28 Nov 2017, Esri & Autodesk: una partnership per combinare GIS e BIM, [Online], <http://www.esriitalia.it/news-ed-eventi/news/tutte-le-news/prodotti-news/409-esri-autodesk-una-partnership-per-combinare-il-potere-di-gis-e-bim>

¹³⁵ Si veda: <http://gamma-app.de/?lang=en>

¹³⁶ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=ZcuFxH1M9NY>

CAPITOLO 4

LA CITTÀ NELLA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Come il digitale sta rivoluzionando lo spazio urbano

Se da un lato le nuove tecnologie che pervadono il campo dell'ingegneria, dell'architettura e dell'urbanistica stanno radicalmente trasformando il *modus operandi* dei progettisti, dall'altro stanno inevitabilmente modificando la struttura urbana e sociale delle città in cui viviamo; tuttavia la loro capacità di agire sullo sfondo nasconde il reale impatto che hanno sulla forma della città.

A partire dagli anni Duemila, a cavallo tra terza e quarta rivoluzione industriale, la città, da sempre regno di urbanisti e sociologi, ha subito un crescente interesse da parte dei giganti dell'informatica, stimolati a investire dalla realizzabilità tecnologica e dalla previsione di conquista di nuovi mercati.

Da lì in poi le città sono state sempre più 'spinte' dalle grandi multinazionali che operano nel settore ICT¹ a diventare *smart* – come se tecnologicamente avanzato fosse per forza sinonimo di 'intelligente' e come se la soluzione ai problemi degli agglomerati urbani fosse materia esclusiva di ingegneri e informatici – attraverso una spasmodica attenzione all'efficienza e al benessere.

«La mai realizzata *Ville Radieuse* di Le Corbusier nasceva in risposta all'automobile e alla crescita della produzione di massa, le *smart cities* di oggi sono progettate come microchip, studiate per soddisfare pressanti esigenze di sostenibilità ed efficienza»².

A tal proposito, un profetico Rem Koolhaas, nel saggio *What ever happened to urbanism?* del 1995, criticando l'immobilismo dell'urbanistica e dei suoi uffici tecnici di fronte all'urbanizzazione sfrenata spinta dallo sviluppo della digitalizzazione di tutti i processi, affermava:

«the professionals of the city are like chess players who lose to computers»
(Rem Koolhaas, 1995)³

«La *Smart City* possiede dunque il fascino subito a lungo dagli urbanisti: se ogni elemento di una città è progettato con coerenza, tutto l'insieme può funzionare alla perfezione. Invece che una 'macchina da abitare', oggi si punta a creare un circuito stampato o un computer a cielo aperto.

La *Smart City* di oggi è il sogno di molti tecnici e ingegneri informatici. Ogni singola informazione è disponibile immediatamente e il meccanismo urbano è controllabile e

ottimizzabile»⁴. In realtà la definizione di 'città intelligente' non riguarda solo lo sviluppo tecnologico di per sé, ma anche la propensione a sfruttare le informazioni e le possibilità che le nuove tecnologie offrono.

«Il pieno compimento della rivoluzione digitale ha costruito uno spazio immateriale di infinta orizzontalità. Come un sottile velo, ora questo nuovo *layer* si posa, ultimo in ordine di tempo tra le successive stratificazioni che nei secoli hanno conformato le nostre città, sulle loro strutture fisiche e sociali, innestandosi in chiave innovativa sul manufatto più complesso, strutturato, evoluto e, al contempo, antico creato dall'uomo», la città.

Tali interfacce hanno un riscontro diretto sui cittadini e sullo spazio urbano inteso come manufatto e prodotto culturale. «Quanto si sta configurando attiene – vale la pena affermarlo in modo chiaro – innanzitutto al campo dei servizi»⁵. Ogni giorno nuove applicazioni «aggiungono ai nostri device ulteriori strumenti di accessibilità», nuove tecnologie semplificano i processi, e servizi *on-demand* intorpidiscono la nostra voglia di (re)agire. È l'era dell'*instant gratification* di Simon Sinek⁶, delle persone che nelle piazze si ergono – «*looking like standing stones*» canterebbe Damon Albarn⁷ – fissando i propri device.

«Dopo la sbornia tecnologica, è naturale che tutto questo assumerà a breve un suo spazio e una sua forma»⁸ e l'urbanistica ha il dovere di agire innescando circoli virtuosi.

Nel capitolo precedente lo studio ha focalizzato l'attenzione su quelle innovazioni tecnologiche, scaturite con la quarta rivoluzione industriale, che stanno ormai sempre maggiormente pervadendo il campo della progettazione architettonica e ingegneristica.

In questo capitolo, allargando la scala, ci si interroga sulla portata e sul ruolo che alcuni di tali magatrend stanno assumendo nelle più recenti visioni per la città contemporanea.

Si analizzano quindi le nuove teorie urbanistiche nel contesto sociologico della città 4.0, partendo dai concetti di *ubiquitous computing* e *Ubiquitous City* di Mark Weiser per arrivare all'*urban hacking* di Saskia Sassen, passando per la *Smart City* e l'immobilismo dell'urbanistica nella società dell'accelerazione (tanto criticati da Rem Koolhaas) e la *Senseable City* con cui Carlo Ratti sta acquistando ogni giorno più consensi dal mondo della critica.

In cerca di uno spunto per progettare le città di domani è con lo spirito di Buckminster Fuller che andrebbero lette queste righe, in quanto «siamo chiamati ad essere costruttori, non vittime, del futuro»⁹.

4.1 L'avvento della Ubiquitous City

Le radici dell'ultima fase della modificazione urbana vanno ricercate nella nascita di quella nuova infrastruttura connettiva che dagli anni Ottanta ha portato a cambiamenti straordinari e radicali: internet. Interfaccia connettiva e pluridirezionale, la rete si è presto trasformata in un intrico di energie *top-down* e *bottom-up*, garantendo progressivamente un accesso libero all'informazione e alla cultura.

Il mondo che all'inizio del XX secolo si stava conformando come il 'villaggio globale'¹⁰ di Marshall McLuhan, uno dei padri della teoria dei media, ora sta prendendo la forma di uno spazio sempre più connesso, più vicino allo 'spazio dei flussi' teorizzato dal sociologo Manuel Castells.

«Lo spazio dei flussi è l'organizzazione materiale delle pratiche sociali di condivisione del tempo che operano mediante flussi. Per flussi intendo sequenze di scambio e interazione finalizzate, ripetitive e programmabili tra posizioni fisicamente disgiunte occupate dagli attori sociali»¹¹.

Differentemente dai *mass media* unidirezionali caratteristici del villaggio globale, quali la radio e la televisione, megafoni più che telefoni, in grado di esprimere perlopiù opinioni di singoli gruppi dirigenti, internet e i nuovi media stanno incoraggiando la partecipazione, la condivisione di idee, pensieri e, più recentemente, anche di beni fisici e materiali come la casa, l'automobile e l'ufficio. Con la rete, i media hanno superato (pur senza eliminarle) le strozzature dei mezzi di informazione precedenti, democratizzando parzialmente i contenuti e facendosi dialogo più che monologo; è in questo modo che l'umanità ha preso a «configurarsi come un vero e proprio villaggio, una comunione di cultura, idee e dibattito»¹².

Quali saranno, dunque, gli effetti che lo spazio dei flussi potrebbe avere sulla città?

Secondo Carlo Ratti e Matthew Claudel il flusso di informazioni consiste in tre componenti: una grande quantità di sensori capaci di raccogliere dati ambientali, flussi umani e materiali in tempo reale; lo sviluppo di algoritmi in grado di analizzare le massicce quantità di dati per consentire ai progettisti di interpretare il presente e predire il futuro; l'implementazione di attuatori, dispositivi a controllo digitale in grado di reagire ai dati influenzando sullo spazio fisico.

Hardware e software cooperano promuovendo la sostenibilità e integrandola a livello urbano, a partire dai sistemi urbani con rilevamento di presenza, all'architettura meteorologica¹³, fino allo sviluppo di servizi pubblici improntati al risparmio delle risorse. Tale condizione della città contemporanea è spesso definita come informatica diffusa o *ubiquitous computing*¹⁴. «L'informatica diffusa segna la terza ondata informatica, appena iniziata. La prima fu quella dei mainframe, ognuno dei quali era condiviso da molti utenti. Ora siamo nell'era del *personal computer*: individuo e macchina si fissano con imbarazzo attraverso il desktop. Sarà poi il turno dell'informatica diffusa, l'era della "tecnologia calma", quando la tecnologia farà semplicemente da sfondo alla nostra vita»¹⁵.

Una condizione di informatica diffusa si traduce nell'applicazione di tecnologie in grado di attuare un solido ecosistema di comunicazione tra macchine e cittadini.

Nella *Ubiquitous City* bit e atomi si confondono, spazio fisico e spazio virtuale convergono, uniti da una piattaforma informatica distribuita, con l'obiettivo di promuovere

costantemente l'innovazione urbana, migliorare la qualità della vita e incrementare lo sviluppo industriale. I processi *data-driven* trasformano la città in un banco di prova per l'applicazione di tecnologie I4.0 come l'IoT e i Big Data, costituendo un terreno fertile per ricerca, teoria e pratica.

Per concludere, se negli anni Novanta la teoria dell'informatica diffusa aveva portato a pensare che la fisicità avrebbe perso qualsiasi rilevanza – «l'era della post-informazione supererà le barriere legate alla geografia. Vivere nell'era digitale significherà una sempre minore dipendenza dall'essere in un determinato posto a un dato momento, e diventerà possibile trasmettere anche il posto»¹⁶, scriveva nel 1995 il fondatore del MIT Media Lab Nicholas Negroponte – oggi, «quanto più si registra il desiderio di connettività attraverso dispositivi, tanto più si osserva una tangibile necessità di concentrazione di persone nei luoghi centrali della città, riscoprendo il valore del capitale umano e la sua capacità di generare circoli virtuosi in luoghi e spazi ritrovati»¹⁷.

Riscontrato che le città stiano diventando veri e propri magneti umani – secondo alcuni dati la popolazione sta crescendo a un ritmo di 230 mila abitanti al giorno, l'equivalente di una nuova Londra al mese¹⁸ – è più che mai importante tornare a concentrarsi su di esse. Il rischio, altrimenti, «è quello di osservare la città unicamente come luogo della condivisione di servizi e perdere la sua connotazione di luogo della condivisione degli spazi»¹⁹.

4.2 Dalla Smart City alla Senseable City

I dati dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU o UN) indicano che entro il 2050 il 70% della popolazione mondiale probabilmente vivrà nelle città²⁰ e per garantirne la resilienza è emerso un nuovo paradigma di sviluppo urbano: la *Smart City*.

In meno di un secolo, la distribuzione geografica della popolazione mondiale è cambiata drasticamente; mentre l'urbanizzazione degli stati avanzati ha vissuto una rapida trasformazione, a partire dagli anni '50 i paesi in via di sviluppo come Africa e Asia, che sono ancora prevalentemente rurali, si stanno espandendo a un ritmo vertiginoso, tanto che si stima che entro il 2030 saranno più le persone a vivere in aree urbanizzate piuttosto di quelle rurali²¹; basti pensare che solamente in Cina la popolazione è aumentata di 500 milioni nei trent'anni successivi alla liberalizzazione economica – una cifra pari alla popolazione degli Stati Uniti sommata al triplo della popolazione della Gran Bretagna²².

L'urbanizzazione rapida e spesso non pianificata avvenuta dopo la Seconda rivoluzione industriale ha chiaramente contribuito ai profondi cambiamenti economici, demografici, sociali e ambientali. Queste trasformazioni, come si faceva notare in precedenza, hanno anche progressivamente informatizzato la trasformazione dei sistemi urbani, conducendo a modelli ormai obsoleti che richiedevano un intervento interattivo di diverse discipline e scienze. È ampiamente noto quali siano stati i successi e i fallimenti degli ultimi 150 anni di urbanizzazione, in particolare in Europa e nel Nord America. Ad esempio nel XX secolo la motorizzazione è stato un fattore chiave nello sviluppo della forma urbana.

Nel Nord America le città si sono adattate alle automobili e alla volontà della classe media di trasferirsi in periferia, sovrapponendo oltre a ogni interesse i servizi relativi

alla mobilità, alterando e talvolta distruggendo l'habitat umano e naturale. Lo *sprawl* urbano ha avuto dunque enormi conseguenze, esacerbando le disuguaglianze sociali (un terzo degli abitanti delle città nei paesi in via di sviluppo, ad esempio, vive in baracopoli²³ e un ottavo della popolazione urbana continua a vivere in *slums*²⁴) e creando, in casi estremi, segregazione sociale.

In Italia lo *sprawl* ha avuto due cause principali: la diffusione del modello onirico americano appreso nel secondo dopoguerra, del vivere in case unifamiliari; la diffusione dei distretti industriali e delle periferie, indotta dal concretizzarsi della terza rivoluzione industriale, che determinò una progressiva dispersione degli insediamenti.

Questi modelli di industrializzazione e di urbanizzazione, incentrati sulla cementificazione, sulla deforestazione e sullo spreco sconsiderato delle risorse, hanno enormemente influenzato il paesaggio e l'ambiente odierni. Strade, piazze, marciapiedi, edifici hanno alterato lo stato idraulico del suolo, tanto che il 70% dei comuni italiani è a rischio frane e alluvioni²⁵.

La sconsideratezza riguardo alle conseguenze di tali comportamenti ha ormai portato le città ad adattarsi o semplicemente a lavorare per attenuare diversi problemi quali i cambiamenti climatici, la crescita della popolazione, la globalizzazione dell'economia e una serie di altri cambiamenti nei quadri istituzionali e mondiali.

In questo momento della storia l'urbanizzazione su scala globale necessita di metodi innovativi per risolvere i problemi e gestire la complessità del vivere urbano, in modo che le città possano tornare habitat accoglienti per gli esseri umani. Gli obiettivi per ogni città diventano l'integrità ambientale, la coesione sociale, la sicurezza economica e la partecipazione democratica, mentre le più importanti variabili in gioco nei processi di progettazione degli spazi diventano: informazione, digitalizzazione, accessibilità e sostenibilità.

Per la prima volta il concetto di crescita intelligente e sostenibile sembra implicare una reazione guidata dalla comunità per risolvere problemi come la congestione del traffico, il sovraffollamento, l'inquinamento atmosferico e la perdita di spazio aperto, tanto da attrarre i favori della Commissione Europea, dell'OCSE e di molte altre agenzie.

Se il termine *Smart City* ha ormai prevalso su tutti gli altri – *Digital City*, *Virtual City*, *Information City*, *Intelligent City*, *Knowledge City* e *Green City*²⁶ – recentemente il paradigma della Città Sensibile di Carlo Ratti ha ricevuto sempre più consensi, gettando una nuova luce sul ruolo dell'urbanista e sulla progettazione delle città di domani.

Il MIT *Senseable City Lab*, fondato da Carlo Ratti nel 2004, unendo una parte del MIT *Media Lab* e del MIT *Department of Urban Studies + Planning*, concentra la sua ricerca sull'interazione fra nuove tecnologie e città, spostando l'attenzione sulla sensibilità – ovvero la capacità di ascoltare e reagire agli input della popolazione – piuttosto che sull'intelligenza della città. Il lavoro di ricerca è poi sempre accompagnato da dimostrazioni urbane e grandi eventi pubblici volti a stimolare la partecipazione e il dibattito tra cittadini, amministrazioni, imprese e industrie.

Per descrivere la *Senseable City* Carlo Ratti usa un'analogia presa in prestito dalla Formula Uno. «Vent'anni fa, infatti, per vincere una gara di Formula Uno era necessario possedere una buona macchina – quindi una buona meccanica – e un buon pilota. Se la macchina e il pilota erano sufficientemente forti, avevate buone *chances* di vincere un Gran Premio. Oggi, per vincere un Gran Premio, bisogna anche essere dotati di un si-

stema di telemetria: migliaia e migliaia di sensori installati sulla vettura, che raccolgono informazioni in tempo reale e le trasmettono ai computer situati nei box dove si trova il team; qui le informazioni vengono visualizzate, analizzate e si prendono quelle decisioni che permettono di vincere la gara.

In altri termini, si tratta di quello che gli ingegneri chiamano 'un sistema di controllo in tempo reale'. Un sistema formato da due componenti: una componente di *sensing*, di raccolta di informazioni, e una di *actuating*, cioè di attuazione in risposta queste informazioni. Non è nient'altro che quello che fa ogni sistema dinamico, ogni organismo vivente: quando ci incontriamo iniziamo con il *sensing* – ci tocchiamo, raccogliamo informazioni gli uni dagli altri – e poi reagiamo a queste informazioni²⁷.

Per la prima volta la città, che si ritrova pervasa da sensori e 'layer digitali', sta iniziando a funzionare come un'auto di Formula Uno e i processi di *sensing* e *actuating*, resi possibili dalle nuove tecnologie applicate alla progettazione, aprono a nuovi orizzonti di partecipazione, sempre più *Senseable* oltre che *Smart*.

4.3 L'immobilismo dell'urbanistica nella società dell'accelerazione

L'epoca in cui ha origine la *Smart City* è quella in cui tutte le certezze conquistate e costruite a caro prezzo dalle generazioni precedenti si disgregano continuamente e con molta facilità sotto la spinta del 'nuovo che avanza'. È l'epoca della Quarta rivoluzione industriale, in cui le miglierie sociali e culturali sembra derivino solamente da innovazioni *hi-tech*.

A sentire i più entusiasti, come emerso dai capitoli precedenti, saremmo già nel pieno dell'era più tecnologica della storia e, usando una formula troppo spesso abusata, vivremo già nel futuro.

Tuttavia, «spogliando il sensazionalismo per la tecnologia dalla sua maschera retorica e dal continuo ottimismo 'coatto', questo tanto agognato futuro di cui tutti parlano restituisce un immaginario in cui le parole d'ordine sono 'ottimizzazione', 'semplificazione' e 'velocizzazione' di processi che già caratterizzano le nostre esistenze²⁸.

Come già scritto dal sociologo tedesco Hartmut Rosa in 'Accelerazione e alienazione' la tarda modernità in cui viviamo sarebbe la modernità dell'accelerazione, non del futuro. «La vita dell'uomo moderno è in costante accelerazione; tutti gli strumenti di cui siamo dotati ci permettono di risparmiare tempo grazie all'enorme sviluppo delle tecnologie di produzione e comunicazione, ma, nonostante ciò, viviamo perennemente con l'impressione di non avere abbastanza tempo a disposizione. Nella società occidentale le persone soffrono di una costante mancanza di tempo, sentendosi in dovere di 'vivere' ancora più in fretta, non per raggiungere un obiettivo 'altro' ma solo per la paura di perdere posizioni²⁹. Rosa descrive tutto questo come una stasi frenetica:

«Benché nulla rimanga com'è, nulla di essenziale si modifica più: dietro il paravento ricco di colore si cela soltanto il ritorno dell'eternamente uguale»

(Hartmut Rosa, 2010)³⁰

Accelerazione è l'aggettivo giusto per descrivere anche l'urbanizzazione sfrenata degli ultimi cinquant'anni, la quale ha portato a una condizione in cui la precarietà, l'insicurezza e un futuro incerto, se non addirittura non illusorio, sono diventati la consuetudine. Contro l'immobilismo dell'urbanistica di fronte a tale accelerazione, già nel 1994, si era schierato Rem Koolhaas con il saggio *What Ever Happened to Urbanism*, definendo l'urbanistica come una disciplina sull'orlo del fallimento.

Rifacendosi alla metafora del giocatore di scacchi che perde contro il computer, Koolhaas criticava appunto l'incapacità da parte degli urbanisti di tradurre formalmente la dilagante urbanizzazione globale.

«How to explain the paradox that urbanism, as a profession, has disappeared at the moment when urbanization is everywhere – after decades of constant acceleration – is on its way to establishing a definitive global “triumph” of the urban condition [...]. Now we are left in a world without urbanism»

(Rem Koolhaas, 1995)³¹

La magica promessa del Movimento Moderno – trasformare la quantità in qualità attraverso standardizzazione e astrazione – è stata disattesa e questo fatto aveva lasciato un cratere nei modi di interpretare la modernità. Guardando al passato diventava impossibile progettare le città del domani senza ripensare a quei grandi fallimenti e, mentre si esaurivano tutte le ambizioni di comprensione e definizione, lo studio della città classica andava a sostituire, nella maggior parte dei casi, quello della città del presente e del futuro. «*A perverse automatic pilot constantly outwits all attempts at capturing the city, exhausts all ambitions of its definition, ridicules the most passionate assertions of its present failure and future impossibility, steers it implacably further on its flight forward [...] For urbanists, the belated rediscovery of the virtues of the classical city at the moment of their definitive impossibility may have been the point of no return, fatal moment of disconnection, disqualification. They are now specialists in phantom pain: doctors discussing the medical intricacies of an amputated limb*»³².

Negli anni che precedono la quarta rivoluzione industriale ha prevalso dunque un'inclinazione a 'volgere lo sguardo indietro'. «Una sorta di continua nostalgia – anche sociale – di un passato immaginato e che forse non era mai esistito. Tutto ciò si deve probabilmente attribuire alla mancanza di una visione futura; una mancanza dovuta all'incertezza sociale contemporanea»³³. Nel 2010 lo storico del *graphic design* Steven Heller ha sottolineato quanto la prima vittima dell'imperante nostalgia – in tutte le arti – fosse proprio la nostra idea di futuro, affermando: «In passato il futuro appariva molto più luminoso di quanto ci appare ora [...]. C'era un senso di meraviglia che curiosamente oggi non esiste più. Il futuro è diventato piatto»³⁴.

In questa condizione di 'perdita di futuro' l'architettura e l'urbanistica non potevano rimanere indifferenti. La crisi economica del 2008 e l'avvento della quarta rivoluzione industriale non hanno impattato soltanto le dinamiche che regolano il mercato azionario e gli assetti produttivi, ma anche quelle che caratterizzano la disciplina urbanistica, scuotendo gli entusiasmi e risvegliando la passione recondita per il futuro. Se da un lato si è iniziato a progettare con processi partecipativi *bottom-up*, incentrati su recupe-

ro e 'riciclo' – cogliendo l'aspetto 'orizzontale' e democraticizzante della *industry 4.0* – dall'altro si è registrata una crescente enfasi sui concetti di *Smart City* e città sostenibile, esaltando gli aspetti tecnologici legati al benessere e alla sostenibilità.

Nel secondo caso sembrerebbe che la città, da sempre dominio dell'architetto, dell'urbanista e del sociologo, stia sempre più diventando il regno dell'ingegnere, del tecnologo e dell'informatico.

A questo proposito sempre Rem Koolhaas, in un discorso del 2014 alla Commissione Europea, ha fatto emergere alcune complessità e contraddizioni insite nella *Smart City*³⁵; secondo l'architetto olandese l'urbanistica si è sempre basata sulla creazione di comunità e sullo sforzo costante di simbolizzarla formalmente, ma con la nascita della *Smart City* i valori pubblici sono stati progressivamente sostituiti dagli interessi privati delle grandi aziende tecnologiche, sotto quello che lui definisce *¥€\$ regime*³⁶.

Inoltre, prosegue, il movimento *Smart City* è oggi un campo molto affollato, che si appoggia perlopiù alla retorica del disastro; gli effetti del cambiamento climatico, dell'invecchiamento della popolazione e delle infrastrutture, delle alluvioni e della siccità sono tutti problemi per cui la città intelligente ha sempre una risposta.

«This transfer of authority has been achieved in a clever way by calling their city smart – and by calling it smart, our city is condemned to being stupid»

(Rem Koolhaas, 2014)³⁷

I valori tradizionali europei di 'libertà', 'eguaglianza' e 'fratellanza' sono stati progressivamente sostituiti da quelli di 'comfort', 'sicurezza' e 'sostenibilità' e il linguaggio visuale attraverso cui la *Smart City* è rappresentata diventa via via più fiabesco e semplicistico. «*When we look at the visual language through which the smart city is represented, it is typically with simplistic, child-like rounded edges and bright colours. The citizens the smart city claims to serve are treated like infants. We are fed cute icons of urban life, integrated with harmless devices, cohering into pleasant diagrams in which citizens and business are surrounded by more and more circles of service that create bubbles of control*»³⁸.

E sono proprio la sicurezza e il controllo gli ultimi punti toccati da Koolhaas. La città, progressivamente dotata di sensori, *smartphone* e oggetti connessi a internet, pone davanti ai pianificatori di tutto il mondo due grandissimi problemi: l'abbandono della privacy e la *cyber*-sicurezza.

Per quanto riguarda la privacy, la città è ormai pervasa da dispositivi di sorveglianza e telecamere di sicurezza in grado di interagire tra loro, la casa sta diventando sempre più responsiva alle esigenze dei suoi abitanti, trasformandosi in un sistema semi-autonomo e le persone, attraverso i propri *smartphone*, sono costantemente monitorate; difatti si possono conoscere le loro abitudini, i loro comportamenti e i loro spostamenti quasi in tempo reale. Se da un lato questa condizione diffusa di 'Grande Fratello' garantisce una maggiore sicurezza, dall'altro mina fortemente le condizioni di privacy caratteristiche dell'uomo pre-*industry 4.0*.

Con questi presupposti, in cui il funzionamento degli oggetti, il monitoraggio e la sicurezza sono affidati alle nuove tecnologie collegate a internet, il tema della *cyber*-security diventa cruciale. Industria delle costruzioni, amministrazioni e pianificatori devono

attivarsi immediatamente contro la pressante minaccia alla sicurezza informatica. Non c'è dubbio che la convergenza di Web, Cloud, IoT e smartphone, porterà a enormi benefici, ma è altrettanto certo che tale convergenza condurrà a una grande vulnerabilità dei sistemi, particolarmente in un settore in cui sono coinvolti così tanti *stakeholder*. Per cui l'imperativo di proteggere la città e l'architettura dalle minacce informatiche non è mai stato così importante.

Per concludere, il pensiero critico di Rem Koolhaas nei riguardi della *Smart City* è solo uno spunto per porre i progettisti di tutto il mondo davanti ad alcune considerazioni spesso non troppo immediate. L'intento non vuole essere quello di una critica assidua e fine a se stessa, ma una provocazione per far convergere i temi della politica e quelli della città, cresciuti recentemente e rapidamente in mondi separati, in un momento storico in cui le città stanno assumendo sempre più rilevanza.

Appare quindi chiaro come architetti e coloro che lavorano nel campo digitale dovranno necessariamente collaborare in futuro: «*in the end, it is clear that those in the digital realm and architects will have to work together*»³⁹.

4.4 Hackerare la città

«*Why do smart cities offer only improvement? Where is the possibility of transgression?*» è l'interrogativo emerso dal suggestivo discorso di Rem Koolhaas alla Commissione Europea precedentemente analizzato.

Dove finisce, con la *Smart City*, il seme della città disordinata – che include un pizzico di caos e di inaspettata vitalità – di cui parlava entusiasticamente Jane Jacobs⁴⁰ all'inizio degli anni Sessanta e che ha permesso alle città più antiche di resistere a imperi, monarchie, carestie e guerre?

In un'era in cui la sfera digitale ha avvolto quella urbana senza incontrare alcuna resistenza, la vita quotidiana si è fatta sempre più satura di servizi di elettronica e la digitalizzazione ha contribuito continuamente ad accrescere la sicurezza e il benessere, ad esempio, attraverso una migliore gestione dei rifiuti, un miglior controllo del traffico e un assiduo monitoraggio delle persone; e allora viene spontaneo chiedersi: «Ma il successo è delle persone o della tecnologia? La sostenibilità deve ridursi a una forma di governo priva di partecipazione consapevole? La *Smart City* somiglia di più alla polis o a uno Stato di polizia?»⁴¹. Per dare una risposta a tutti questi interrogativi forse basterebbe fare una passeggiata per Songdo, o all'interno delle mura della *control room* che la IBM ha fatto costruire a Rio de Janeiro⁴² o ancora osservando la nuovissima sede direzionale della Apple progettata da Norman Foster a Cupertino⁴³. Il Campus immaginato dall'architetto britannico esprime effettivamente «un'impeccabile immagine architettonica della transizione alla sfera digitale. Ospitata in un'unica struttura ad anello, con un costo stimato di 5 miliardi di dollari, la sede è l'incarnazione perfetta dell'etero potere del capitale d'informazione. Se a qualcuno l'anello della Apple può ricordare una stazione spaziale, di fatto fa venire in mente una delle principali icone della cultura industriale: il famigerato Panopticon di Jeremy Bentham, dove tutte le prospettive radiali puntano verso un'unica sorgente di controllo mentale»⁴⁴. Se il Panopticon si candida a essere la metafora discriminante della *Smart City*, fino a che punto si può definire la

Smart City una città realmente intelligente? Senza perdersi in chiacchiere neoluddiste – i luddisti distruggevano le macchine perché capivano che l'industria li avrebbe sostituiti – basterebbe affermare che se la tecnologia può certamente migliorare la vita della città, è anche vero che tende a rendere passivo e a controllare chi la usa. È più che mai necessario dunque fare chiarezza sulla priorità di una città attiva e produttiva, fatta di partecipazione e libertà di espressione, dove creatività ed equità siano elevate al rango di obiettivo finale.

Si potrebbe affermare, come sostiene la sociologa statunitense Saskia Sassen che la tecnologia, ad esempio nei casi di Songdo e Rio de Janeiro, abbia già più volte *hackerato* la città. Ma cosa accadrebbe, se la città fosse in grado di *hackerare* la tecnologia – «*can cities hack technology?*»⁴⁵.

È auspicabile che le persone, a loro volta, possano *hackerare* le proprie città?

Per Saskia Sassen la risposta è, senza ombra di dubbio, sì. Partendo dal presupposto che la città sia un sistema complesso, ma incompleto e che dietro a quella complessità si celi la possibilità di reinventarsi in continuazione, la pratica dell'hacking potrebbe diventare una preziosa alternativa al controllo centralizzato della città cablata. «*We have to keep our cities, yes complex, but incomplete*»⁴⁶ poiché «la città, caotica, anarchica [...] è stata il luogo in cui gli individui privi di potere hanno l'opportunità di realizzare un progetto. Possono fare la storia»⁴⁷.

Entrato a far parte dell'immaginario collettivo negli anni Novanta, grazie a film come *I signori della Truffa* (1992), *Hackers* (1995) e *Matrix* (1999), l'hacker, rappresentato sovente come un goffo adolescente che agisce in semiinterrati, circondato da computer e schede madri, ha fatto emergere una nuova forma di potere anti-establishment. «Nel gergo dell'informatica, – l'hacker è – chi, servendosi delle proprie conoscenze nella tecnica di programmazione degli elaboratori elettronici, penetra abusivamente in una rete di calcolatori per utilizzare dati e informazioni in essa contenuti, per lo più allo scopo di aumentare i gradi di libertà di un sistema chiuso e insegnare ad altri come mantenerlo libero ed efficiente» (Treccani).

«Data la diffusione delle tecnologie digitali nel corso del ventunesimo secolo, il numero di sistemi che possono essere *hackerati* è cresciuto a dismisura. Nell'era dell'*ubiquitous computing* quasi tutto è accessibile, appropriabile e sovvertibile – dai computer alle automobili, dai giocattoli alle lavatrici. Il mondo diventa terreno di gioco degli hacker»^{48,49}. Malgrado la convinzione comune che gli hacker agiscano solo con intenti criminali, si possono identificare tre tipi di hacker⁵⁰:

- *White Hats*: i 'cappelli bianchi', sono gli hacker buoni, quelli che agiscono eticamente e lavorano per scovare le vulnerabilità presenti in un sistema informatico, con lo scopo di renderlo più sicuro;
- *Black Hats*: i 'cappelli neri' sono quelli che violano «la sicurezza dei computer per motivi molto prossimi alla malvagità o al vantaggio personale»⁵¹ e sono considerati criminali, possibili autori di nuovi reati;
- *Grey Hats*: i 'cappelli grigi' si collocano, a differenza dei due precedenti, in un limbo tra legalità e illegalità e spesso sono richiesti per risolvere ad hoc problemi legati alla *cyber*-sicurezza di una qualche azienda.

Come si può dunque tradurre la pratica del positive hacking (quello dei ‘cappelli bianchi’) all’interno della disciplina urbanistica? Per rispondere bisognerebbe andare alla fonte, partendo da Place de la Concorde, simbolo del potere del monarca, ribattezzata Place de la Révolution dopo l’esecuzione di Luigi XVI nel 1793⁵², per arrivare all’*Unitary Urbanism* del movimento situazionista⁵³, fino all’urbanistica tattica del terzo millennio⁵⁴. Carlo Ratti e Matthew Claudel (2017) per descrivere l’urban hacking fanno riferimento a due esperienze particolarmente calzanti: la prima   l’iniziativa del 1993 a opera del fotografo Oliviero Toscani, il quale, coprendo con un enorme preservativo rosa l’obelisco di Place de la Concorde in occasione della giornata mondiale contro l’AIDS, attacc  la cultura cattolica francese, sensibilizzando l’opinione pubblica e dando finalmente una grande visibilit  alla malattia, al biasimo sociale e alla diversit  dei comportamenti sessuali; la seconda risale al 2014, quando diecimila allevatori e agricoltori occuparono il Louvre con i loro greggi di pecore per trasmettere palesemente il messaggio che gli agricoltori non guadagnavano abbastanza da potersi permettere di godere dei tesori nazionali come il celebre museo. A questi esempi si affiancano pratiche democraticizzanti, sempre pi  in voga nell’ultimo millennio, volte a svegliare gli spiriti dei cittadini intorpiditi dalle nuove tecnologie e a esplorare nuovi rapporti con lo spazio, quali la *street art* e la *urban re-activation*.

Ma perch  legare tali pratiche al gergo informatico con la parola *hack*? La risposta si trova osservando l’affermazione di modalit  totalmente nuove di applicazione delle nuove tecnologie e delle reti digitali su scala urbana, ossia la visione di una citt  e di una societ  che vengono migliorate non tanto dalla tecnologia, quanto dall’iniziativa dal basso dei cittadini. Piattaforme sociali e nuovi media connettono sempre pi  gli individui e consentono la nascita di comunit  che, per dirla con Richard Ingersoll, pongono le basi della lotta di classe cibernetica⁵⁵. Il successo dei movimenti Occupy, dei *#RiotCleanup*, della Primavera Araba, di Julian Assange ed Edward Snowden, «dimostra che l’energia dei cittadini, organizzata dal basso, si pu  espandere grazie alle reti e pu  a sua volta essere reinserita nello spazio fisico»⁵⁶.

Le piattaforme digitali possono fare da catalizzatori per la comunit ; per far s  che i cittadini agiscano attivamente, *hackerando* le proprie citt ,   necessario lasciare loro spazio di manovra nella pianificazione e dotare le persone di un numero maggiore di strumenti digitali – per agire sulla citt  che le circonda.

«Divulgare il sapere locale all’interno di sistemi codificati – una sorta di *wikileaks* all’inverso [...] Attivare la cittadinanza»⁵⁷:   questo che Saskia Sassen intende per hackerare la citt ; aprire sistemi informatici tradizionalmente chiusi infrangendo la mentalit  radicata che mira a ottimizzare allo stremo gli spazi urbani. Insomma, dare ai cittadini il potere di assumere un ruolo attivo nel loro ambiente.

Per proseguire con la metafora informatica, si potrebbe dire che il movimento degli *Open Source Software* nato negli anni Novanta, evoluto nel nuovo millennio con gli *Open Source Hardware* (la stampa 3D fornisce la dimensione della sua importanza), si stia evolvendo in quello che viene genericamente definito *Open Source Urbanism*, in cui i cittadini, non necessariamente esperti, si riuniscono in modo amatoriale e decidono cosa fare per migliorare la propria citt .

In altre parole: «*don’t ask what your government can do for you, but what you can do for it, or rather what you can do for your city*»⁵⁸.

L’approccio *bottom-up* dell’*Open Source Urbanism*, potrebbe rappresentare una visione alternativa per la *Smart City*, non necessariamente in contrasto con i sistemi urbani guidati dai dati quali la *Ubiquitous City* e la *Senseable City* di cui sopra.

Se «la pianificazione delle decisioni odierne determina la portata delle opzioni che ci si presenteranno domani»,   pi  che mai necessario prepararsi a infrastrutturare la citt  in modo tale che i cittadini possano essere in grado di partecipare attivamente alla vita urbana, *hackerandola* e agendo per generare cambiamenti che trasformino lo spazio urbano in maniera profonda.

Con la piena realizzazione della quarta rivoluzione industriale l’ottimizzazione pura diventa presto obsoleta; i sistemi *top-down* e *bottom-up* sono chiamati a convergere in nome di un modello ibrido, che comprenda un certo grado di disordine e possa equivalere a una forma di efficienza pi  sostenibile e democratica. «Se l’*hacking* prende piede, l’integrazione produttiva dei paradigmi urbani *top-down* e *bottom-up* potrebbe aiutarci a immaginare insieme la città di domani»⁵⁹.

E per tornare alle parole di Rem Koolhaas:

«We have to imagine 1,001 other concepts of city; we have to take insane risks; we have to dare to be utterly uncritical; we have to swallow deeply and bestow forgiveness left and right. What if we simply declare that there is no crisis – redefine our relationship with the city not as its makers but as its mere subjects, as its supporters? More than ever, the city is all we have»

(Rem Koolhaas, 1995)⁶⁰

NOTE

CAPITOLO 4

¹ La costruzione della città sudcoreana Songdo, la 'Smart City' per eccellenza, è iniziata nel 2014 con la partecipazione attiva e fondamentale della Cisco, azienda multinazionale che opera nel settore IT specializzata nella fornitura di apparati di networking. Il suo sviluppo urbano è pervaso a ogni livello delle tecnologie digitali. Per approfondire si veda: O'Connell P. L., 5 Ott 2005, *Korea's high-tec utopia, where everything is observed*, The New York Times, [Online] <http://www.nytimes.com/2005/10/05/technology/techspecial/koreas-hightech-utopia-where-everything-is-observed.html>

² Ratti C., Claudel M., 2017, *La città di domani*, Einaudi, Torino, p. 21.

³ Koolhaas R., Mau B., 1995, *S, M, L, XL*, The Monacelli Press, New York, p. 961.

⁴ Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 22.

⁵ Zamboni A., Nov. 2014, *La città è intelligente, l'uomo è rinsavito?*, Supplemento a *Domus* n. 985, p.2.

⁶ Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=hER0Qp6QJNU>.

⁷ Estratto dalla canzone *Everyday Robots* pubblicata nell'omonimo album da Damon Albarn, co-fondatore dei Blur e dei Gorillaz, nel 2014.

⁸ Zamboni A., Nov. 2014, op. cit.

⁹ Sieden L.S., *A Fuller View. Buckminster Fuller's Vision of Hope and Abundance for All*, Divine Arts, Studio City (Ca), p. 101.

¹⁰ Espressione coniata nella seconda metà degli anni '60 del Novecento dal sociologo canadese H.M. McLuhan per indicare metaforicamente il mondo, all'interno del quale, grazie ai nuovi mezzi di comunicazione di massa, le notizie diventano immediatamente di dominio pubblico come avviene nella comunità di un villaggio: un pianeta di individui vicini tra loro, in grado all'improvviso di comunicare tra loro o urlare a tutto il mondo.

¹¹ Castells M., 1996, *The Rise of Network Society*, Blackwell, Cambridge, p. 412 [trad. It. La nascita della società in rete, EGEA, Milano, 2002, p. 473].

¹² Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 14.

¹³ L'architettura meteorologica è un concetto teorizzato da Philippe Rahm, architetto svizzero con studio a Parigi, per descrivere un modo di progettare in grado di controllare qualsiasi aspetto dello spazio abitabile, quali la luce, la temperatura, la pressione, l'umidità, ecc. «Nei suoi recenti progetti, come nelle sue ricerche scientifiche, analizza la possibilità di intersecare l'architettura con l'ecologia, la chimica, la meteorologia e i fenomeni climatici, fino a determinare una sorta di infrastrutturazione complessa dello spazio». Scuderi M., 2014, *Philippe Rahm Architects. Atmosfere costruite*, Postmedia Books, Milano, p. 6.

¹⁴ Cfr. Par. 3.6.

¹⁵ Weiser M., 17 Mar 1996, *Ubiquitous Computing*, Ubicomp.

¹⁶ Negro Ponte N., 1995, *Essere digitali*, Sperling & Kupfer, Milano, p. 171.

¹⁷ Zamboni A., Nov. 2014, op. cit., p. 2.

¹⁸ Si veda: <http://www.worldometers.info/world-population/>

¹⁹ Zamboni A., Nov. 2014, op. cit., p. 2.

²⁰ UN News Office, 5 Set 2017, 'New Urban Agenda', reform of UN-Habitat take spotlight at high-level General Assembly talks, UN, [Online], <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=57463#.Wn7zTp-PwYWo>

²¹ United Nations, 2014, *World Urbanization Prospects*, [Online] <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>

²² The Economist, 24 Gen 2015, *The great sprawl of China*, [Online], <https://www.theguardian.com/cities/2017/mar/21/timelapse-satellite-images-china-fastest-growing-cities>

²³ PSUP Team Nairobi, 2016, *Slum Almanac 2015/2016: Tracking Improvement in the Lives of Slum Dwellers*, United Nations of Nairobi (UNONI) e UNHABITAT, Nairobi.

²⁴ *Slum* è un termine inglese usato per descrivere quartieri urbani di abitazioni sordide e malsane, prive di adeguati servizi igienici e sociali. La traduzione italiana è baraccopoli, ma spesso si utilizza anche il francesismo bidonville.

²⁵ Minutolo A., Zampetti G., 2017, *Ecosistema Rischio Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico*, Legambiente, Roma.

²⁶ CTI Liguria, 2014, *La città digitale. Sistema nervoso della smart city*, FrancoAngeli Editore, Milano.

²⁷ Ratti C., Mattei M. G. (a cura di), 2013, *Smart City, Smart Citizen*, EGEA, Milano, pp. 21-22.

²⁸ Stecchelli S., 2015, *Dal muro alla città, il new muralismo nella società dell'accelerazione*, Tesi di Laurea, p. 7.

²⁹ Stecchelli S., 2015, op. cit., pp. 7-8.

³⁰ Rosa H., 2010, *Accelerazione e alienazione. Per una teoria critica nella tarda modernità*, Einaudi, Torino, p. 39.

³¹ Trad. «Come spiegare il paradosso dell'urbanistica che, come professione, è scomparsa nel momento in cui l'urbanizzazione è dappertutto e – dopo decenni di costante accelerazione – è sulla buona strada per stabilire un definitivo "trionfo" globale della condizione urbana. [...] Ora siamo lasciati in un mondo senza urbanistica». Koolhaas R., Mau B., 1995, op. cit., pp. 961-967.

³² Trad. «Un perverso pilota automatico supera costantemente tutti i tentativi di comprendere la città, esaurisce tutte le ambizioni della sua definizione, ridicolizza le asserzioni più appassionate del suo attuale fallimento e della sua futura impossibilità, lo guida implacabilmente al suo volo in avanti [...] Per gli urbanisti, la tardiva riscoperta delle virtù della città classica al momento della loro definitiva impossibilità potrebbe essere stata il punto di non ritorno, fatale momento di disconnessione, squalifica. Ora – gli urbanisti – sono specialisti nel dolore fantasma: medici che discutono le complicazioni mediche di un arto amputato». Koolhaas R., Mau B., 1995, op. cit., p. 963.

³³ Stecchelli S., 2015, op. cit., p. 8.

³⁴ Mattioli V., 5 Ott 2015, *Il ritorno del futuro*, PRISMO, [Online], <http://www.prismomag.com/futuro-antropocene-postcapitalismo/>

³⁵ Koolhaas R., 24 Set 2014, *My thoughts on the smart city*, trascritto dalla talk effettuata in occasione dell'*High Level Group meeting on Smart Cities*, Bruxelles, [Online], http://ec.europa.eu/archives/commision_2010-2014/kroes/en/content/my-thoughts-smart-city-rem-koolhaas.html

³⁶ «Architecture used to be about the creation of community, and making the best effort at symbolizing that community. Since the triumph of the market economy in the late 1970s, architecture no longer expresses public values but instead the values of the private sector. It is in fact a regime – the ¥€\$ regime – and it has invaded every domain, whether we want it or not. This regime has had a very big impact on cities and the way we understand cities. With safety and security as selling points, the city has become vastly less adventurous and more predictable». Trad. «L'architettura ha sempre riguardato la creazione di comunità e il massimo sforzo nel simboleggiare quella comunità. Dal trionfo della finanza di fine anni '70, l'architettura non esprime più valori pubblici, ma valori del settore privato. Questa condizione è in realtà un regime – il regime ¥€\$ – e ha invaso ogni dominio, che lo si voglia oppure no. Questo regime ha avuto un impatto molto forte sulle città e sul modo di interpretare le città. Con sicurezza economica e personale quale incentivo di vendita, la città è diventata molto meno avventurosa e più prevedibile». Koolhaas R., 24 Set 2014, op. cit.

³⁷ Trad. «Questo trasferimento di autorità è stato raggiunto chiamando furbescamente la loro città intelligente – e chiamandola intelligente, la nostra città è condannata a essere stupida».

Koolhaas R., 24 Set 2014, op. cit.

³⁸ Trad. «Quando guardiamo al linguaggio visivo attraverso cui è rappresentata la smart city, notiamo quanto sia tipicamente semplicistico, con bambineschi bordi arrotondati e colori vivaci. I cittadini che la Smart City pretende di servire sono trattati come bambini. Siamo nutriti con iconcine carine della vita urbana, integrate con dispositivi innocui, che si integrano in diagrammi piacevoli in cui cittadini e imprese sono circondati da crescenti circoli di servizi che creano bolle di controllo». Koolhaas R., 24 Set 2014, op. cit.

³⁹ Trad. «alla fine, è chiaro che coloro che lavorano nel regno digitale e gli architetti dovranno lavorare insieme» Koolhaas R., 24 Set 2014, op. cit.

⁴⁰ «Under the seeming disorder of the old city, wherever the old city is working successfully, is a marvellous order for maintaining the safety of the streets and the freedom of the city. It is a complex order. Its essence is intricacy of sidewalk use, bringing with it a constant succession of eyes. This order is all composed of movement and change, and although it is life, not art, we may fancifully call it the art form of the city and liken it to the dance – not to a simple-minded precision dance with everyone kicking up at the same time, twirling in unison and bowing off en masse, but to an intricate ballet in which the individual dancers and ensembles all have distinctive parts which miraculously reinforce each other and compose an orderly whole. The ballet of the good city sidewalk never repeats itself from place to place, and in any once place is always replete with new improvisations.» Trad. «Il disordine apparente della vecchia città, ovunque la città antica funzioni con successo, è un ordine meraviglioso per mantenere la sicurezza delle strade e la libertà della città. È un ordine complesso. La sua essenza è l'utilizzo diversificato dell'intrico dei marciapiedi, che porta con sé una continua successione di sguardi. Questo ordine è tutto relativo al movimento e al cambiamento, e sebbene sia relativo alla vita, e non all'arte, possiamo fanciullescamente chiamarla la forma d'arte della città ed assimilarla alla danza – non una semplice danza di precisione con tutti quanti che scalciano allo stesso tempo, volteggiando all'unisono e inchinandosi in massa, ma un intricato balletto in cui i danzatori hanno tutti parti distinte che miracolosamente si rafforzano a vicenda e compongono un tutto ordinato. Il balletto del buon marciapiede della città non si ripete mai da un luogo all'altro, e in ogni luogo ripete sempre nuove improvvisazioni». Jacobs J., 1961, *The Death and Life of Great American Cities*, Random House, New York, pp. 60-5.

⁴¹ Ingersoll R., Nov. 2014, *Ciberproletari di tutti i paesi unitevi!*, Supplemento a *Domus* n. 985, p.5

⁴² Singer N., 3 Mar 2012, *Mission Control, Built for Cities: I.B.M. Takes 'Smarter Cities' Concept to Rio de Janeiro*, The New York Times, [Online], <http://www.nytimes.com/2012/03/04/business/ibm-takes-smarter-cities-concept-to-rio-de-janeiro.html>

⁴³ Howarth D., 18 Apr 2017, *Drone footage captures Apple Park as it prepares to welcome employees*, Dezeen, [Online], <https://www.dezeen.com/2017/04/18/drone-footage-captures-apple-park-foster-partners-prepares-welcome-employees/>

⁴⁴ Ingersoll R., Nov. 2014, op. cit.

⁴⁵ Sassen S., 2013, *Building smart cities*, Ted Talk, [Online], <https://www.youtube.com/watch?v=vHu-X79hgtCY>

⁴⁶ Sassen S., 2013, op. cit.

⁴⁷ Lillie B., 27 Feb 2013, *Can a city be too technological?* Saskia Sassen at TED2013, TEDBlog, [Online], <https://blog.ted.com/can-a-city-be-too-technological-saskia-sassen-at-ted2013/>

⁴⁸ Weiser M., 17 Mar 1996, op. cit.

⁴⁹ Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 94

⁵⁰ Zetter K., 13 Mar. 2016, *Hacker Lexicon: what are white hat, black hat e grey hat hackers?*, WIRED, [Online], <https://www.wired.com/2016/04/hacker-lexicon-white-hat-gray-hat-black-hat-hackers/>

⁵¹ Moore R., 2005, *Cybercrime. Investigating High Technology Computer Crime*, Routledge LexisNexis / Matthew Bender, New York Newark.

⁵² Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 96

⁵³ L'Unitary Urbanism (UU) è stata una delle prime pratiche del movimento situazionista e si basava su due concetti principali: il rifiuto dell'approccio urbanistico e architettonico euclideo, quasi totalmente fondato sulla funzionalità; e la compartimentazione in cui l'arte era spesso avulsa dal suo contesto. Nell'utopia relativa all'ideale dell'UU, gli elementi strutturali e artistici dell'ambiente metropolitano umano si fondono in un'area grigia non ben identificabile, dove finisce la funzione e inizia il gioco. La società risultante, pur accettando i bisogni fondamentali, vive in un'atmosfera di esplorazione continua, tempo libero e ambiente stimolante.

⁵⁴ Con urbanistica tattica ci si riferisce a quei progetti che uniscono con grande partecipazione più attori per portare avanti interventi di piccola scala, a basso costo e spesso temporanei per sensibilizzare la comunità e migliorare di conseguenza il proprio quartiere. Si usa la parola 'tattica' – caratteristica delle azioni immediate del campo di battaglia – per contrapporsi al termine 'strategia' – caratteristica delle azioni a lungo termine tipiche della guerra.

⁵⁵ Ingersoll R., Nov. 2014, op. cit.

⁵⁶ Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 25.

⁵⁷ Sassen S., 15 Nov 2015, *Big Data | Bad Data. An Open Forum*, intervento al convegno "Engaging Data 2013", MIT Senseable City Lab, Cambridge.

⁵⁸ Trad. «non chiedere cosa il tuo governo può fare per te, ma cosa puoi fare per lui o piuttosto cosa puoi fare per la tua città». Ermacora T., 2017, *Open Source Urbanism & How to Recode Your City*, TEDxBeacon-Street, [Online].

⁵⁹ Ratti C., Claudel M., 2017, op. cit., p. 29.

⁶⁰ Trad. «Dobbiamo immaginare altri 1001 concetti della città; dobbiamo prendere insani rischi; dobbiamo essere del tutto acritici; dobbiamo ingoiare fino in fondo ed essere indulgenti a destra e a sinistra. La certezza del fallimento deve essere il nostro gas/ossigeno esilarante; la modernizzazione la nostra droga pesante. Siccome non siamo responsabili, dobbiamo diventare irresponsabili. In un paesaggio di crescenti opportunità e instabilità, l'urbanistica non è più e non deve essere la nostra decisione più importante; l'urbanistica può alleggerirsi, diventare una Gaia Scienza – Urbanistica Leggera. E se affermassimo semplicemente che non c'è crisi – se ridefinissimo i nostri rapporti con la città ponendoci non come i suoi costruttori ma come i suoi particolari soggetti, i suoi difensori? Oggi più che mai la città è tutto ciò che abbiamo». Koolhaas R. Mau B., 1995, op. cit., p. 971.

Postfazione

Ogni giorno nuove applicazioni aggiungono ai nostri *device* ulteriori strumenti di accessibilità, nuove tecnologie semplificano le nostre vite e servizi *on-demand* attenuano la nostra voglia di (re)agire.

Viviamo nell'era dell'*instant gratification* di Simon Sinek, delle persone che si ergono fissando i propri *device*, «*looking like standing stones*» – canterebbe Damon Albarn. La stessa era che Hartmut Rosa definisce dell'accelerazione, quella in cui si perde il concetto di visione, sostituito dall'effetto immediato e dal risultato finale.

Per materie antiche quanto l'arco e la pietra, come urbanistica e architettura, non è per niente facile tenere il passo. Un profetico Rem Koolhaas già lo aveva predetto nel 1995, momento in cui gli urbanisti cominciavano a perdere la partita a scacchi contro il computer; tecnologi e ingegneri informatici stavano progressivamente prendendo il posto degli urbanisti, la cui mancata reazione sarebbe stata causa scatenante della nascita di città fredde e anonime, computer a cielo aperto perfettamente funzionanti, ma senza quel pizzico di caos e inaspettata vitalità che, come sostenuto da Jane Jacobs, plasmavano l'identità di una città.

Tralasciando il fatto che quella profezia si avverò realmente nel 1996 – con la vittoria del computer Deep Blue ai danni di Gaspar Kasparov, storico campione del mondo di scacchi – la chiamata all'azione dell'architetto olandese nel saggio *What ever happened to urbanism?* è più che mai attuale.

**«We have to imagine 1,001 other concepts of city;
we have to take insane risks»**

Specialmente ora che le condizioni sono nuovamente cambiate e che le forze in gioco nella città contemporanea consentono ai cittadini di prendere parte più da vicino alla progettazione, alla gestione (e persino all'hackeraggio) della città, i sistemi dall'alto o *top-down*, analoghi a quelli delle grandi multinazionali, non sono più sufficienti; per trasformare gli spazi urbani servono anche azioni dal basso o *bottom-up*. Per dirla con Carlo Ratti «non può esistere *smart city*, senza *smart citizen*».

Non basta che una città funzioni alla perfezione per essere definita intelligente; è cambiato il ruolo del cittadino così come quello del progettista, che è chiamato ad assumere

un approccio sempre più 'tattico' piuttosto che 'pianificatorio'. Se nel XX secolo ha prevalso la certezza di poter pianificare razionalmente gli spazi urbani, questa ricerca sottolinea in gran parte il fallimento di questa convinzione.

E allora ecco che ritorna nelle riflessioni della città contemporanea un crescente 'bisogno di utopia'; se l'utopia del Moderno costruiva scenari nella fiducia di poter disegnare il futuro, oggi la spinta proiettiva resta ancorata alla scena reale e alla capacità di innestare idee di futuro con riguardo alle condizioni del presente. Una situazione in cui vecchio e nuovo, grande dimensione e misura umana, trasformazione e attenzione al territorio, modernità e conservazione, raggiungono un equilibrio perfetto.

Come muoversi dunque in un contesto rivoluzionario come quello attuale? L'innovazione tecnologica ci ha sì dotato di innumerevoli *device* e strumenti innovativi, sempre più *smart* e 'sostenibili', ma – ci si chiede – la città contemporanea è pronta a farli suoi e metterli al servizio di una nuova comunità? È pronta a trasformarsi in una città 4.0?

Sì, azzardiamo a rispondere. Ma a delle condizioni.

Sì, se il cittadino capirà l'importanza del suo ruolo di partecipante attivo al progetto della città.

Sì, se il progettista comincerà ad affiancare a *layer* fisici sempre più accessibili, *layer* digitali sempre più sofisticati, sforzandosi di comprendere il potenziale ruolo del digitale nel progetto della città contemporanea.

Sì, se l'urbanista capirà di non dover più progettare la città del futuro, ma il futuro della città.

Il momento per agire è propizio, perché ancora una volta – verrebbe da dire – *Tomorrow Is Reloading...*

Bibliografia

- AA.VV., 2008, National BIM Standards - United States Version 1, National Institute of Building Sciences, Washington, DC.
- AA.VV., 2013, Global Construction Perspectives and Oxford Economics, Global Construction 2025, London.
- AA.VV., Differenze tra realtà virtuale e realtà aumentata, www.fastweb.it
- Actionaid, 25 Lug 2017, L'accesso all'energia elettrica? Nel mondo ancora non è per tutti, <https://adozioneadistanza.actionaid.it>
- AD Editorial Team, 17 Sett 2017, How VR Is Helping Researchers Understand the Phenomenology Behind Light in Architecture, "Arch Daily", www.archdaily.com
- Agarwal R., Chandrasekaran S., Sridhar M., Giu 2016, Imagining construction's digital future, Mckinsey, UK.
- Amato R., 2 Nov 2016, Istat, in 20 anni Italia ultima per produttività del lavoro, "Repubblica", www.repubblica.it
- Ambramson D.M., 2016, Obsolescence, The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Arcadis, 2017, Driveless Future. A policy Roadmap for City Leaders, www.arcadis.com
- Ashton K., 22 Giu 2009, That 'Internet of Things' Thing, "RFID Journal"
- Association for Robots in Architecture, 27 Giu 2017, Red Bull Arch, www.robotsinarchitecture.org
- Augè M., 2004, Rovine e macerie, il senso del tempo, Bollati Boringhieri, Torino.
- Bachelard G., 1993, La poetica dello spazio, Dedalo, Bari.

- Basalla G., 1988, The evolution of the Technology, Cambridge University Press, Cambridge.
- Berdini P., 2014, Le città fallite, Donzelli, Roma.
- Berry B., 1976, Urbanisation and Counterurbanisation, Sage, Beverly Hills.
- Beyers D., 27 Mar 2017, Invasion of bricklaying robots could put thousands of jobs at risk, "The Times", www.thetimes.co.uk
- Bianchetti C., 2011, Il Novecento è davvero finito, Donzelli, Roma.
- Bird J., 1971, Seaports and seaport terminals, Hutchinson University Library, London.
- Bonino M., 2017, Il potere del virtuale, "Domus Innovation", n. 1011, www.carloratti.com
- Bonino M., Mar 2017, Construction VR: Il potere reale del virtuale, "Domus Innovation".
- Boston Consulting Group, Apr 2015, Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, www.zvw.de
- Brynjolfsson, E., McAfee, A., 2014, The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, W.W. Norton & Company, e-book.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Dic 2015, Stufenplan Digitales Planen und Bauen Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken, Berlin.
- Calabrese F., Ratti C., 2006, Real time Rome, "Networks and Communications Studies", XX.
- Calvino I., 1972, Le città invisibili, Einaudi, Torino.
- Calvino I., 1997, La memoria del mondo, in La memoria del mondo e altre cosmicomiche, Mondadori, Milano.
- Carpò M., 2017, The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence, The MIT Press, London.
- Castells M., 1996, The Rise of Network Society, Blackwell, Cambridge.
- Cataneo P., 1554, I primi libri di architettura, Aldus, Venezia.
- Ciribini A., 02 Feb 2015, La lunga strada della DIGITALIZZAZIONE del settore delle COSTRUZIONI, www.inconcreto.net
- Ciribini A., 05 Dic 2017, Il Decreto BIM: l'avvio dell'Era Digitale nel settore delle Costruzioni in Italia, www.inconcreto.net
- Ciribini A., 23 Ago 2017, La Nuova Industrializzazione e la Digitalizzazione: Limiti e Potenzialità per il Settore della Costruzione, www.inconcreto.net

- Commissione Europea, Digital Transformation Monitor, Mag 2017, Belgium: Made Different, <https://ec.europa.eu>
- Commissione Europea, Digital Transformation Monitor, Mag 2017, Digital Transformation Scoreboard 2017: Evidence of positive outcomes and current opportunities for EU businesses, <https://ec.europa.eu>
- Commissione Europea, Digital Transformation Monitor, Mag 2017, Italy: Fabbrica Intelligente, <https://ec.europa.eu>
- Commissione Europea, Digital Transformation Monitor, Mag 2017, Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe, <https://ec.europa.eu>
- Commissione Europea, Digital Transformation Monitor, Mag 2017, Denmark: Manufacturing Academy of Denmark (MADE), <https://ec.europa.eu>
- Commissione Europea, Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship, Mar 2016, Accelerating the digital transformation of European industry and enterprises, <http://ec.europa.eu>
- Conject, 2015, BIM-Umfrage 2015 Auswertung.
- CTI Liguria, 2014, La città digitale. Sistema nervoso della smart city, Franco Angeli, Milano.
- De Béliador B.F., 1737, Architecture hydraulique ou l'art de conduire, d'élever, et de ménager les eaux pour le differents usages de la vie, Paris.
- De Matteis G., 1989, Le reti urbane tra decentramento e centralità, in Nuove forme di organizzazione territoriale, Franco Angeli, Milano.
- Della Mura C., Simonato E., 2012, Architettura e nanotecnologie, libreriauniversitaria.it
- Deryche P.H., 1972, Economia Urbana, Il Mulino, Bologna.
- Doctoroff L.D., 4 Apr 2016, It's time for urbanists and technologists to start talking, Sidewalk Labs, <https://sidewalktoronto.ca>
- Echelon, 2016, CAMBRIDGE, MA: SETTING THE EXAMPLE FOR ADAPTIVE STREET LIGHTING, www.echelon.com
- EEA, Jun 2016, Urban sprawl in Europe, the ignored challenge, Report n. 10, www.eea.europa.eu
- Einstein A., 1934, Mein Weltbild, Querido, Amsterdam.
- Ellen MacArthur Foundation, 2013, Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition, Cowes.

- Ellen MacArthur Foundation and Fung Global Institute, 2014a, Towards a Circular Economy in Asia: Issues and Opportunities, Hong Kong.
- Ellen MacArthur Foundation, 2014b, Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains, Cowes.
- Environmental and Energy Study Institute, 2014, How Better Recycling Can Minimize Waste and Boost the Economy, Washington DC.
- Esri Italia, 28 Nov 2017, Esri & Autodesk: una partnership per combinare GIS e BIM, www.esriitalia.it
- Ferrara A., Feligioni E., 2016, BIM e Project Management: guida pratica alla progettazione integrata, Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Ford M., 2016, Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future, Basic Books, New York, e-book.
- Forschungsunion, Acatech, 2012, Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, <http://www.acatech.de>
- Forschungsunion, Acatech, 2013, Plattform Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0., www.bmbf.de
- Franco E., Placemaking, un modo diverso di pensare e vivere lo spazio pubblico, Città e Territorio, [Online], <http://ilgiornaledellarchitettura.com>
- Furness D., Ott. 2016, Give a 3D printer artificial intelligence, and this is what you'll get, www.digitaltrends.com
- Future of Construction, 6 Dic 2016, Winsun, <http://futureofconstruction.org>
- Gates B., 2009, Prefazione, Your Life, Uploaded: The Digital Way to Better Memory, Health, and Productivity, PLUME, New York.
- Grashenfeld N., Krikorian R., Cohen D., Ott 2004, "The internet of things".
- Gregotti V., 1984, Modificazione, "Casabella", 498/499, XLVIII, gennaio-febbraio.
- Gruentuch A., Ernst A., 2007, Convertible City: Modes of Densification and Dissolving Boundaries, "Archplus".
- Hilling D., Hoyle B.S., 1984, Spatial approaches to port development, in Hilling D., Hoyle B.S. (a cura di), Seaport system and spatial change, J. Wiley & Sons, Ltd., London.

- HM Government, 2014, First Findings from the UK Innovation Survey 2013, London.
- HM Government, Feb 2015, Digital Built Britain: Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan, London.
- HM Government, Lug 2012, Government Construction Strategy: One Year On Report and Action Plan Update, London.
- Horton C., 28 Set 2017, In Taiwan, Modest Test of Driverless Bus May Hint at Big Things to Come, "The New York Times", www.nytimes.com
- Howarth D., 18 Apr 2017, Drone footage captures Apple Park as it prepares to welcome employees, "Dezeen", www.dezeen.com
- Hoyle B.S., 1990, Port cities in context: the impact of waterfront regeneration, University of Southampton, Southampton.
- Ingersoll R., Nov. 2014, Ciberproletari di tutti i paesi unitevi!, supplemento a "Domus", n. 985.
- International Monetary Fund, 2014, Is it time for an infrastructure push? The macroeconomic effects of public investment. In World Economic Outlook 2014, Washington DC.
- ISTAT, 2015, Rapporto BES 2015: Ricerca e innovazione, Italia.
- ISTAT, 2017, Fiducia dei consumatori e delle imprese, Italia.
- Jacobs J., 1961, The Death and Life of Great American Cities, Random House, New York.
- Jacobs J., 2009, Vita e morte delle grandi città. Saggio sulle metropoli americane, Piccola biblioteca Einaudi, Torino.
- Jaffe E., 11 Gen 2018, The power of 'networked governance' to solve city problems, Sidewalk Labs.
- Johnson, L., Ciaccio, C., Barnes, C.S., Kennedy, K., Forrest, E., Gard, L.C. et al., 2009, Low-cost interventions improve indoor air quality and children's health, "Allergy and Asthma Proceedings", n. 30(4).
- Katz B., Nowak J., 2018, The New Localism: How Cities Can Thrive in the Age of Populism, Brookings Institution Press, Washington, D.C.
- Kelly K., Heilbrun A., Stacks B., 1989, Virtual Reality; an IntelVRew with Jaron Lanier, "Whole Earth Review", n. 64.
- Klepeis, N.E., Nelson, W.C., Ott, W.R., Robinson, J.P., Tsang, A.M., Switzer, P., 2001, The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants, "Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology".

- Koolhaas R., Mau B., 1995, S, M, L, XL, The Monacelli Press, New York.
- Koolhaas R., 2011, CRONOCAOS, Log, 21.
- Koolhaas R., Otero-Palios J., 2014, Preservation in overtaking us, GSAPP Books, New York.
- Koolhaas R., 2006, Junkspace. Per un ripensamento radicale dello spazio urbano, Quodlibet, Macerata.
- Macchi Cassia C., 1991, Il grande progetto urbano, NIS, Roma.
- Mattioli V., 5 Ott 2015, Il ritorno del futuro, www.prismomag.com
- Mazzarol T., 2013, CEMI Discussion Paper 1301: The Next Wave of Manufacturing, www.cemi.com.au
- Michael Bever et al., 1994, The Encyclopedia of Advanced Materials, Elsevier, Oxford.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 31 Mar 2017, Nuovo Codice degli Appalti, www.mit.gov.it
- Ministero dello sviluppo economico, 2016, Piano Nazionale Industria 4.0, www.sviluppoeconomico.gov.it
- Minutolo A., Zampetti G., 2017, Ecosistema Rischio Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico, Legambiente, Roma.
- Miraglia R., 28 Ottobre 2017, Nel laboratorio tedesco che spiega alle imprese come diventare 4.0, "Il Sole 24 Ore".
- Moore R., 2005, Cybercrime. Investigating High Technology Computer Crime, Routledge - LexisNexis / Matthew Bender, New York - Newark.
- Morby A., 17 Giu 2017, Carlo Ratti reveals Office 3.0 workspace that promises to end "thermostat wars", "Dezeen", www.dezeen.com
- Mumford L., 1979, My Works and Days. A Personal Chronicle, Houghton Mifflin Hartcourt Press, New York.
- Negroponte N., 1995, Essere digitali, Sperling & Kupfer, Milano.
- NIST, 24 Giu 2011, President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership, www.nist.gov
- O' Connel P.L., 5 Ott 2005, Korea's high-tec utopia, where everything is observed, "The New York Times", www.nytimes.com

- Osello A., Flaccovio D., 2012, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Pavia R., 2005, Le Paure dell'Urbanistica, Meltemi Editore, Roma.
- Pictet Asset Management, luglio 2016, What are megatrends, [www.am.pictet/it](http://www.am.pictet.it)
- Plan Transition Numérique dans le Bâtiment, Giu 2015, FEUILLE DE ROUTE OPÉRATIONNELLE, Paris.
- Portoghesi P., 2013, I nostri figli ci accuseranno, in "Abitare la Terra".
- PSUP Team Nairobi, 2016, Slum Almanac 2015/2016: Tracking Improvement in the Lives of Slum Dwellers, United Nations of Nairobi (UNONI) e UNHABITAT, Nairobi
- Purini F., 2000, Comporre l'architettura, Laterza, Bari.
- Ratti C., Claudel M., 2017, La città di domani: come le reti stanno cambiando il futuro urbano, Einaudi, Torino.
- Ratti C., Mattei M.G. (a cura di), 2013, Smart City, Smart Citizen, EGEA, Milano.
- Reale L., 2008, Densità, città, residenza. Tecniche di densificazione e strategie anti-sprawl, Gangemi, Roma.
- Redwood B., Schöffner F., 2017, The 3D Printing Handbook, 3D HUBS, Amsterdam.
- ResearchItaly, Il portale della Ricerca Italiana, Cosa sono i Cluster Tecnologici Nazionali, www.researchitaly.it
- Rosa H., 2010, Accelerazione e alienazione. Per una teoria critica nella tarda modernità, Einaudi, Torino.
- Ross A., 2016, The Industries of the Future, Simon & Schuster, New York, e-book.
- Salzano E., 2007, Fondamenti di Urbanistica. La storia e la norma, Laterza, Bari.
- Scacciavillani G., Nov 2017, Domenico De Masi: imprenditori italiani? I più stupidi del mondo. Facciamo i tedeschi e lavoriamo meno, così aboliremo la disoccupazione, "Millenium".
- Schwab K., 2017, The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, e-book.
- Scott M., 22 Ago 2016, Using Streetlights to Strengthen Cities, Harvard ASH Center, <http://datasmart.ash.harvard.edu>
- Scott J., 1982, Locational Patterns and Dynamics of Industrial Activity, "The Modern Metropolis in Urban Studies", vol. 19, n. 2.
- Scuderi M., 2014, Philippe Rahm Architects. Atmosfere costruite, Postmedia Books, Milano.

- Sennet R., 2012, The stupefying city, LSE Cities, London School of Economics.
- Sieden L.S., A Fuller View. Buckminster Fuller's Vision of Hope and Abundance for All, Divine Arts, Studio City (Ca)
- Simon H., 1988, Le Scienze dell'artificiale, Il Mulino, Bologna.
- Singer N., 3 Mar 2012, Mission Control, Built for Cities: I.B.M. Takes 'Smarter Cities' Concept to Rio de Janeiro, "The New York Times", www.nytimes.com
- Skylar Tibbits, 2017, Active Matter, MIT, Boston.
- Smart Structures, Smart Structures EDC - Embedded Data Collector, <http://smart-structures.com>
- Smartindustry, 2014, Smart Industry: dutch industry fit for the future, <http://smartindustry.nl>
- Smets M., 1990, Una tassonomia della deindustrializzazione, "Rassegna".
- Statista, 2018, Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions), www.statista.com
- Stone Z., 2 Nov 2017, Everything You Need To Know About Sophia, The World's First Robot Citizen, "Forbes", www.forbes.com
- Talia I., 2007, Forme, strutture, politiche delle città, Liguori, Napoli.
- Teknikföretagen, 2014, MADE IN SWEDEN 2030, Strategic Agenda for Innovation in Production, www.teknikforetagen.se
- The Boston Consulting Group, 2016, Digital in Engineering & Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling, Boston.
- The Economist, 24 Gen 2015, The great sprawl of China, www.theguardian.com
- The Government Office for Science, London. Foresight, 2013, The Future of Manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK Summary Report, www.ifm.eng.cam.ac.uk
- Thermes L., 2000, Scritti teorici, Ed. Diagonale, Roma.
- Touati M., 2015, Hard and Soft Densification Policies in the Paris City Region "International Journal of Urban and Regional Research".
- TU Delft, 21 Apr 2015, TU Delft self-healing bio-concrete nominated for European Inventor Award, www.tudelft.nl
- Turner & Townsend, 2017, The importance of gender diversity in construction, UK.

- UN News Office, 5 Set 2017, 'New Urban Agenda,' reform of UN-Habitat take spotlight at high-level General Assembly talks, UN, www.un.org
- United Nations, 2014, World Urbanization Prospects, <https://esa.un.org>
- Viganò P., 2010, I territori dell'Urbanistica, Officina, Roma.
- Violo R., 2009, Il fenomeno urbano, dal villaggio primitive alla globalizzazione, Edizioni Kappa, Bologna.
- Wang, G., Macera, C.A., Scudder-Soucie, B., Schmid, T., Pratt, M., Buchner, D. et al., 2009, Cost Analysis of the Built Environment: The Case of Bike and Pedestrian Trials in Lincoln, Nebraska, "American Journal of Public Health".
- Weiser M., Set 1991, The computer for the 21st century, in Communications, Computer and Networks, numero speciale di "Scientific American".
- Weiser M., 17 Mar 1996, Ubiquitous Computing, "UbiComp".
- World Economic Forum, 2016, Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, Geneve.
- World Steel Association, 2015, World Steel in Figures, Bruxelles.
- Zamboni A., Nov. 2014, La città è intelligente, l'uomo è rinsavito?, supplemento a "Domus" n. 985.
- Zetter K., 13 Mar. 2016, Hacker Lexicon: what are white hat, black hat e grey hat hackers?, www.wired.com
- Zorloni L., 21 Set 2017, Industria 4.0 cambia nome in Impresa 4.0, ma restano i vecchi problemi, www.wired.it

Sitografia

<http://bim.archiproducts.com>
<http://datasmart.ash.harvard.edu>
<http://ec.europa.eu>
<http://futureofconstruction.org>
<http://gamma-app.de>
<http://icd.uni-stuttgart.de>
<http://mx3d.com>
<http://parquery.com>
<http://senseable.mit.edu>
<http://smartindustry.nl>
<http://smart-structures.com>
<http://store.uni.com>
<http://topis.seoul.go.kr>
<https://aceroplatea.es>
<https://blog.ted.com>
<https://content.superpedestrian.com>
<https://ec.europa.eu>
<https://esa.un.org>
<https://futureofconstruction.org>
<https://iaac.net>
<https://nest.com>
<https://sciarc.edu>
<https://tradingeconomics.com>
<https://vimeo.com>
<https://waymo.com>
www.abitare.it
www.acatech.de
www.achimmenges.net
www.am.pictet
www.ams-institute.org
www.arcadis.com
www.archdaily.com

www.bmbf.de
www.bmvi.de
www.carloratti.com
www.cemi.com.au
www.conject.com
www.dezeen.com
www.digitaltrends.com
www.echelon.com
www.economia.unical.it
www.edilportale.com
www.eea.europa.eu
www.elettronicanews.it
www.esriitalia.it
www.fastweb.it
www.forbes.com
www.giovani.ance.it
www.gov.uk
www.ifm.eng.cam.ac.uk
www.ilsole24ore.com
www.inconcreto.net
www.industrie-dufutur.org
www.istat.it
www.komatsu.eu
www.mckinsey.com
www.microgeo.it
www.mit.gov.it
www.miur.gov.it
www.nationalbimlibrary.com
www.newgenerationsweb.com
www.nist.gov
www.nytimes.com
www.populationpyramid.net
www.pps.org
www.prismomag.com
www.pwc.com
www.repubblica.it
www.researchgate.net
www.researchitaly.it
www.robotsinarchitecture.org
www.stampa3d-forum.it
www.statista.com
www.teknikforetagen.se
www.tesla.com
www.theguardian.com
www.thetimes.co.uk
www.tradingeconomics.com
www.treccani.it
www.tudelft.nl

www.turnerandtowsend.com

www.un.org

www.uni.com

www.unric.org

www.viewar.com

www.wasproject.it

www.wbdg.org

www.wikipedia.it

www.winsun3d.com

www.wired.com

www.wired.it

www.worldometers.info

www.youtube.com

www.zvw.de

www.weforum.org

Collana Sustainable Design and Construction

1. Renata Morbiducci, Clara Vite, *Riqualificazione sostenibile. Processi di Ottimizzazione*, 2017 (ISBN: 978-88-97752-74-5)
2. Giorgio Giallocosta, Simona G. Lanza, Francesca Pirlone, Pietro Ugolini, *Patrimonio storicoarchitettonico e rischio idraulico. Misure di prevenzione/ mitigazione e possibili applicazioni al Centro Storico genovese*, 2017 (ISBN: 978-88-97752-83-7)
3. Christiano Lepratti, *Caratteri permanenti dell'architettura sostenibile*, 2017 (ISBN: 978-88-94943-01-6)
4. Enrico Dassori, *Percorsi della tecnica in architettura*, 2018 (ISBN versione a stampa: 978-88-94943-17-7, ISBN versione eBook: 978-88-94943-18-4)
5. Renata Morbiducci, *Prè-Visioni – Una nuova porta per la rigenerazione del centro storico di Genova*, 2019 (ISBN versione eBook: 978-88-94943-55-9)
6. Enrico Dassori, Clara Vite, *1870-1914 Società, architetti e ingegneri*, 2020 (ISBN versione a stampa: 978-88-3618-051-6, ISBN versione eBook: 978-88-3618-052-3)
7. *Mobilità sostenibile. La Sopraelevata*, a cura di Ilaria Delponte e Enrico Musso, 2022 (ISBN versione a stampa 978-88-3618-125-4, ISBN versione eBook 978-88-3618-126-1)
8. Enrico Dassori, Salvatore Polverino, *1914-1938 L'istanza razionale in architettura*, 2022 (ISBN versione a stampa: 978-88-3618-149-0, ISBN versione eBook: 978-88-3618-150-6)
9. Vittoria Bonini, Paolo Galelli, Alessio Minetto, *Tomorrow Is Reloading. Il ruolo del digitale nel progetto della città contemporanea*, a cura di Ilaria Delponte, Renata Morbiducci, 2022 (ISBN versione eBook: 978-88-3618-164-3)

Vittoria Bonini Ingegnere Edile-Architetto, dottoranda in Architettura e Design è progettista e collaboratrice esterna presso la Scuola Politecnica di Genova. In qualità di assistente della didattica segue laboratori di Composizione Architettonica e di Progettazione Sostenibile dell'Architettura presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) e di Progettazione Architettonica presso il Dipartimento di Architettura e Design (dAD).

Paolo Galelli Ingegnere Edile-Architetto, funzionario tecnico Area 4 (Progettazione e Direzione Lavori) presso il Comune di Sestri Levante. Nel 2019 ha collaborato con la start-up universitaria BuildTech s.r.l. ed è stato assegnista di ricerca al Dipartimento di Architettura e Design a Genova. Conduce una personale e appassionata ricerca sul tema dell'innovazione e della digitalizzazione nel settore delle costruzioni.

Alessio Minetto Ingegnere Edile-Architetto, libero professionista. Collabora con BuildTech S.r.l. per la progettazione tecnologica di involucri ad elevata efficienza energetica. Esperto di strumenti digitali innovativi per l'ingegneria, è specializzato nella progettazione e rappresentazione architettonica tridimensionale e rendering.

Fin dalla loro comparsa le città sono state un grande motore di innovazione. Il loro progresso non è stato però lineare: a periodi di stasi sono seguiti momenti di grande cambiamento, in cui sono stati ridefiniti gli aspetti chiave della coesistenza umana. Dalla seconda metà del XVIII secolo le rivoluzioni industriali hanno segnato irreversibilmente la città; con la transizione dal potere muscolare a quello meccanico, dall'elettricità all'elettronica, evolvendo sino a quello cognitivo, la città si è sempre 'ricaricata', cambiando la sua configurazione. Oggi ci troviamo proprio in una di queste fasi, la Quarta Rivoluzione Industriale.

Il libro vuole prendere atto di questo cambio di paradigma e studiarne l'influenza sul progetto della città. Partendo dalle innovazioni che stanno pervadendo il campo dell'architettura, dell'ingegneria e dell'urbanistica, il volume ragiona sulle modalità con cui tali cambiamenti radicali influenzeranno la città e i suoi abitanti.

ISBN: 978-88-3618-164-3

