

**BUILDING**  
*(IN)* **THE**  
**DIGITAL AGE**  
CONSTRUCTION  
& DESIGN 4.0







**BUILDING**  
*(IN)* **THE**  
**DIGITAL AGE**  
CONSTRUCTION  
& DESIGN 4.0

**CARLO RATTI ASSOCIATI****TEAM**

Prof. Carlo Ratti  
Giovanni de Niederäusern

Saverio Panata  
Niccolò Suraci  
Alberto Benetti  
Serena Giardina

**ANCE LOMBARDIA****TEAM**

Gianluigi Coghi, Coordinatore del  
Centro Studi  
Andrea Pastori

**INDICE****INTRODUZIONE 8****ABSTRACT 10**  
UNA RIVOLUZIONE COPERNICANA NELLE  
COSTRUZIONI?**1/ 500 ANNI DI PROGRESSO 12**  
UNA PROSPETTIVA STORICA

## 1.1 Nuovo vocabolario per l'edilizia 16

**2/ GENESI DI UNA RIVOLUZIONE COPERNICANA 28**  
LA DIGITAL DISRUPTION E L'EDILIZIA**3/ ELEMENTI E CASI STUDIO 40**  
DI UNA TRASFORMAZIONE

## 3.1 Pratiche, strumenti, tecnologie 42

## 3.2 La digitalizzazione del processo costruttivo 56

|                  |           |
|------------------|-----------|
| <b>APPENDICE</b> | <b>56</b> |
| INTERVISTE       |           |
| Fabio Bazzucchi  | 58        |
| John Cerone      | 60        |
| Carlo Ratti      | 68        |

# INTRODUZIONE

*La digitalizzazione è un tema che sempre più permea la vita di tutti i giorni. Ciò riguarda, ancora di più, l'organizzazione e la produttività delle imprese, se si declina la digitalizzazione in "4.0". Stiamo vivendo una fase di profondo cambiamento che deve essere considerata come occasione di crescita e di rilancio del settore costruzioni. È per questo motivo che ANCE Lombardia ha fortemente voluto - anche grazie a una specifica misura di Regione Lombardia, a cui va il plauso di aver investito nelle filiere di valore regionali e in particolare in quella dello "Smart Living" - che il tema fosse sviluppato in un progetto di filiera, in cui tutti gli attori coinvolti nel processo produttivo edile potessero riconoscersi e prendere parte all'importante attività promozionale associativa che si è poi concretizzata in MADE expo 2019. Il contributo di ANCE Lombardia è stato in termini di conoscenza, portando, grazie alla presente ricerca, sviluppata con la Carlo Ratti Associati, riferimenti comuni dai quali partire per impostare una concreta politica industriale per il settore delle costruzioni che auspichiamo possa essere raccolta dalle istituzioni di ogni livello.*

**Luca Guffanti**, Presidente di ANCE Lombardia.

*Il settore delle costruzioni, in Italia e in Lombardia, è da sempre saldamente ancorato alla tradizione. Diversamente da altri settori industriali, quello edile ha sempre mostrato una scarsa propensione all'innovazione, soprattutto a quella di processo. Come sapientemente la ricerca mostra è da 500 anni che il processo produttivo edile è sostanzialmente il medesimo. ANCE Lombardia, coadiuvata anche da Regione Lombardia - che ha appoggiato il progetto di filiera in cui la presente ricerca si inserisce, denominato "Construction & Design 4.0" e sviluppato assieme a FederlegnoArredo e Federcostruzioni - ha deciso di mettere a disposizione degli operatori del settore uno strumento di analisi dell'attuale stato dell'arte dell'innovazione di processo in campo edile. Lo scopo è quello di tracciare un percorso di sviluppo aziendale, settoriale ed economico che, grazie all'importante tema della digitalizzazione, guidi le imprese in questa "rivoluzione copernicana".*

**Gianluigi Coghi**, Coordinatore del Centro Studi di ANCE Lombardia.

**ABSTRACT**  
UNA  
RIVOLUZIONE  
COPERNICANA  
NELLE  
COSTRUZIONI?

Le città nascono sulla carta, così come la mappa si ritrova improvvisamente a venire prima del territorio.

Il rapporto che sussiste tra la progettazione e la costruzione, quella catena spazio-forma-costruzione che definisce l'ontologia dell'architettura come disciplina autonoma, presenta una struttura la cui permanenza storica è di lunghissima durata. Pare che dal Rinascimento nulla sia cambiato: un momento in cui in qualche modo questa codifica di fasi si materializza nella separazione delle figure che collaborano alla costruzione di un manufatto da abitare. E' da allora che il percorso che va dal progetto alla realizzazione si compone di passaggi di testimone di documenti, il cui scambio determina un avanzamento del lavoro. Il rapporto idea-costruzione si è articolato per millenni sulla base di un saper fare guidato dall'esperienza e dall'intuizione, privo di codici autonomi di racconto, che siano essi il disegno o la descrizione. Si tratta di una messa in gioco di figure che con differenti competenze semplificano e completano man mano il percorso tra l'atto progettuale e la realizzazione. Il Rinascimento è la chiave di volta: in esso si manifesta un incremento di complessità della domanda sull'abitare. L'uomo non abita più la casa, sia essa in forma di baracca o di castello, ma abita la città. Questa condizione di urbanità determina un incremento di complessità. Le città nascono sulla carta, così come la mappa si ritrova improvvisamente a venire prima del territorio. In questa condizione occorre codificare gli elementi che compongono il rituale della fondazione, della rappresentazione dell'idea e della costruzione. Così le città vengono disegnate e talvolta mai completamente costruite - come le addizioni erculee di Ferrara. Così come Copernico ribalta il rapporto tra la Terra e il Sole, il rapporto tra idea e costruzione si ribalta a partire dal Rinascimento. Da allora abbiamo di fatto assistito sia a un continuo affinamento degli strumenti, non quindi all'impiego di nuovi, e a un'esigenza di un cambiamento che assunse forma palese. Costruire è un processo lento, mentre i sussulti del mercato, i cataclismi, gli smottamenti politici, sono fatti sempre più schizofrenici. Così l'edificio nasce spesso vecchio, rimane impigliato nelle tappe di un processo tortuoso, viziato da vincoli, pareri e tappe di cui spesso si fatica a riconoscere l'autorevolezza. Il presente lavoro si prefigge di porre l'attenzione a quei fattori di trasformazione che propongono una risposta alla necessità di cambiamento che caratterizza la galassia della costruzione. Siamo oggi dotati di strumenti che possono portarci a compiere realmente quel passo di superamento delle lunghe catene di causalità che determinano la relazione tra pensiero e materializzazione. Il processo di costruzione può passare dall'essere raster, fondato su documenti blindati, non modificabile, ad essere vettoriale, modificabile in tempo reale secondo cicli di feedback sempre più rapidi. Queste possono essere le caratteristiche di una nuova rivoluzione copernicana che restituisce centralità al prodotto edificio, come risultato di un processo aperto, verificabile e che acquisisce autorevolezza non dall'autore che lo determina come forma, ma dalla collettività che ne rende possibile la costruzione - e composizione.

1

**500 ANNI DI  
PROGRESSO**  
UNA  
PROSPETTIVA  
STORICA

Il cantiere, oltre che luogo di trasformazione materiale, diventava anche spazio dello scambio di competenze.

“If you look back to the renaissance or gothic periods, those who designed and those who built worked together,” Sharples said. “Ironically, designers weren’t using drawings in most cases, they were using models to explain the design to the craftspeople, who would look at those models and then climb up on the scaffolds to start building”.

Nella seconda metà del XV Secolo, nella città di Urbino, sotto il dominio di Federico da Montefeltro, avveniva una delle più importanti trasformazioni del tessuto costruito della storia del Rinascimento, ma più in generale della storia dell’architettura e delle costruzioni.

Attorno alla trasformazione del Palazzo Ducale di Urbino prendeva forma quello che più in generale veniva codificato come il rapporto tra committente, architetto e cittadinanza, che ancora oggi possiamo considerare valido. Il cantiere, oltre che luogo di trasformazione materiale, diventava anche spazio dello scambio di competenze e dell’interazione tra l’architetto (figura che assumeva il proprio ruolo disciplinare in quello stesso periodo) e i costruttori, con i loro saperi specifici, collegati tanto al saper fare quanto alla sperimentazione su nuove macchine e strumenti.

In questo stesso momento, il costruire si codifica come sapere relazionale, che si plasma in funzione dei luoghi e delle specificità degli attori coinvolti. Se fino a quel momento gli stili del costruire si propagavano a macchia d’olio, utilizzando come vettori principalmente gli ordini monastici, che svolgevano un ruolo fondamentale di re-infrastrutturizzazione del territorio, dal Rinascimento il campo della costruzione si complessifica.

La natura relazionale di questo sapere si palesa proprio a Urbino, nella biblioteca immaginata al piano terra del palazzo dall'architetto Francesco di Giorgio Martini. Si tratta di una serie di stanze passanti in cui la luce entra da finestre scavate nella parte alta dei muri, vicino all'imposta delle volte in modo tale da mantenere buona parte delle pareti libere perché fossero attrezzate. Infatti, lungo le pareti, si collocavano: le scrivanie nella parte bassa, gli scaffali di libri nella parte alta. Lungo la fascia tra le scrivanie e gli scaffali si trovavano (ora esposte nelle stesse sale, appoggiate a terra) delle grandi lastre di pietra rettangolari sulle quali erano scolpite macchine edilizie. L'idea era che la biblioteca si aggiornasse mano a mano, diventando un supporto di scambio sulle innovazioni e i nuovi risultati nel campo.

Da allora abbiamo certamente assistito a enormi miglioramenti nell'efficienza dei processi e degli strumenti, ma il procedimento è rimasto analogo: quello del costruire è un mestiere che si configura sullo scambio di informazioni secondo linguaggi codificati (tendenzialmente riconducibili al disegno). Assistiamo forse oggi, per la prima volta, a una potenziale trasformazione di questi linguaggi che potrebbe effettivamente rappresentare una rivoluzione copernicana nelle costruzioni, spostando l'attenzione dall'autore al prodotto edilizio.

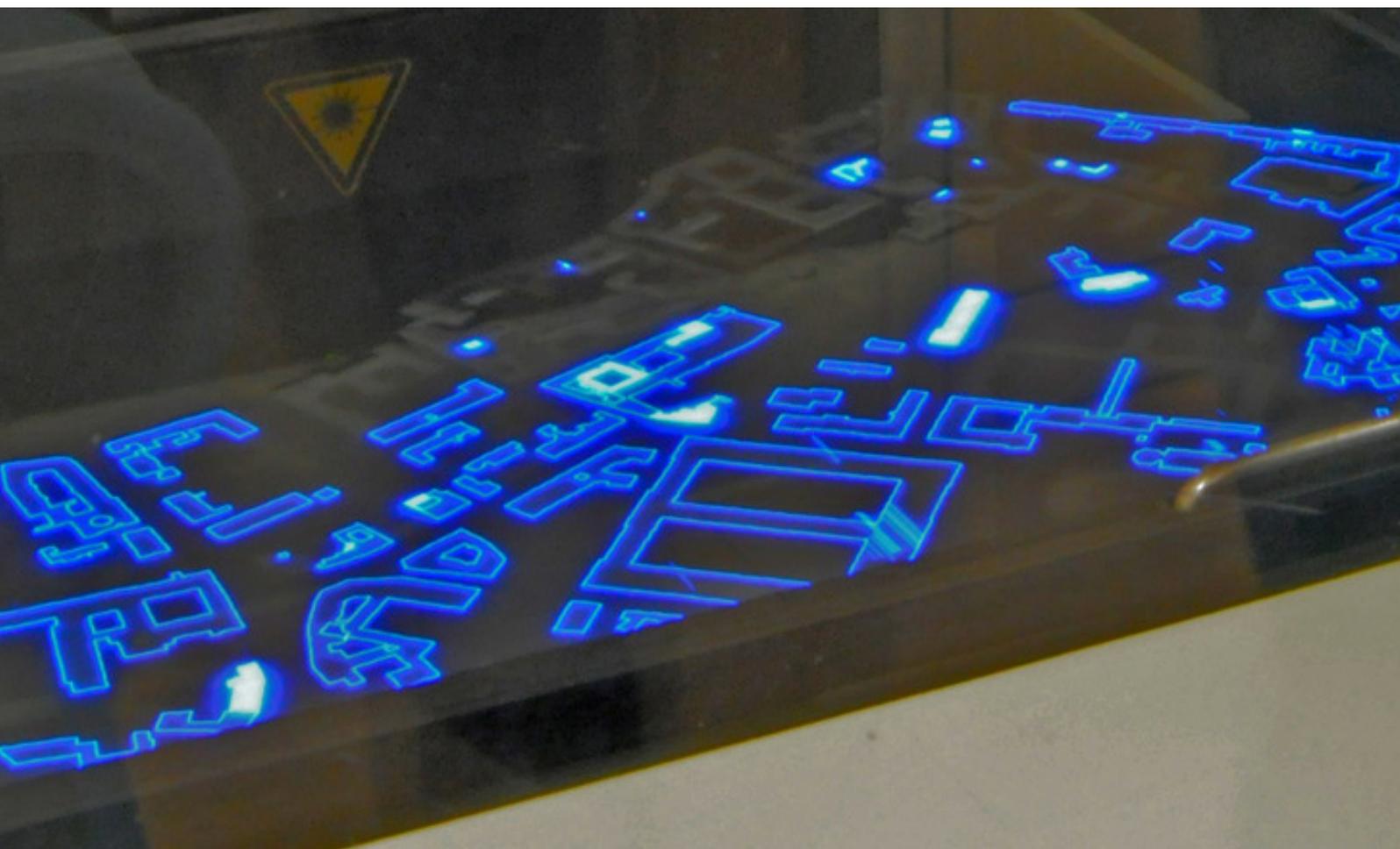
**Il costruire si codifica come  
sapere relazionale, che si plasma  
in funzione dei luoghi e delle  
specificità degli attori coinvolti.**

Quello del costruire è un mestiere che si configura sullo scambio di informazioni secondo linguaggi codificati.

## 1.1

### GLOSSARIO

#### NUOVO VOCABOLARIO PER L'EDILIZIA

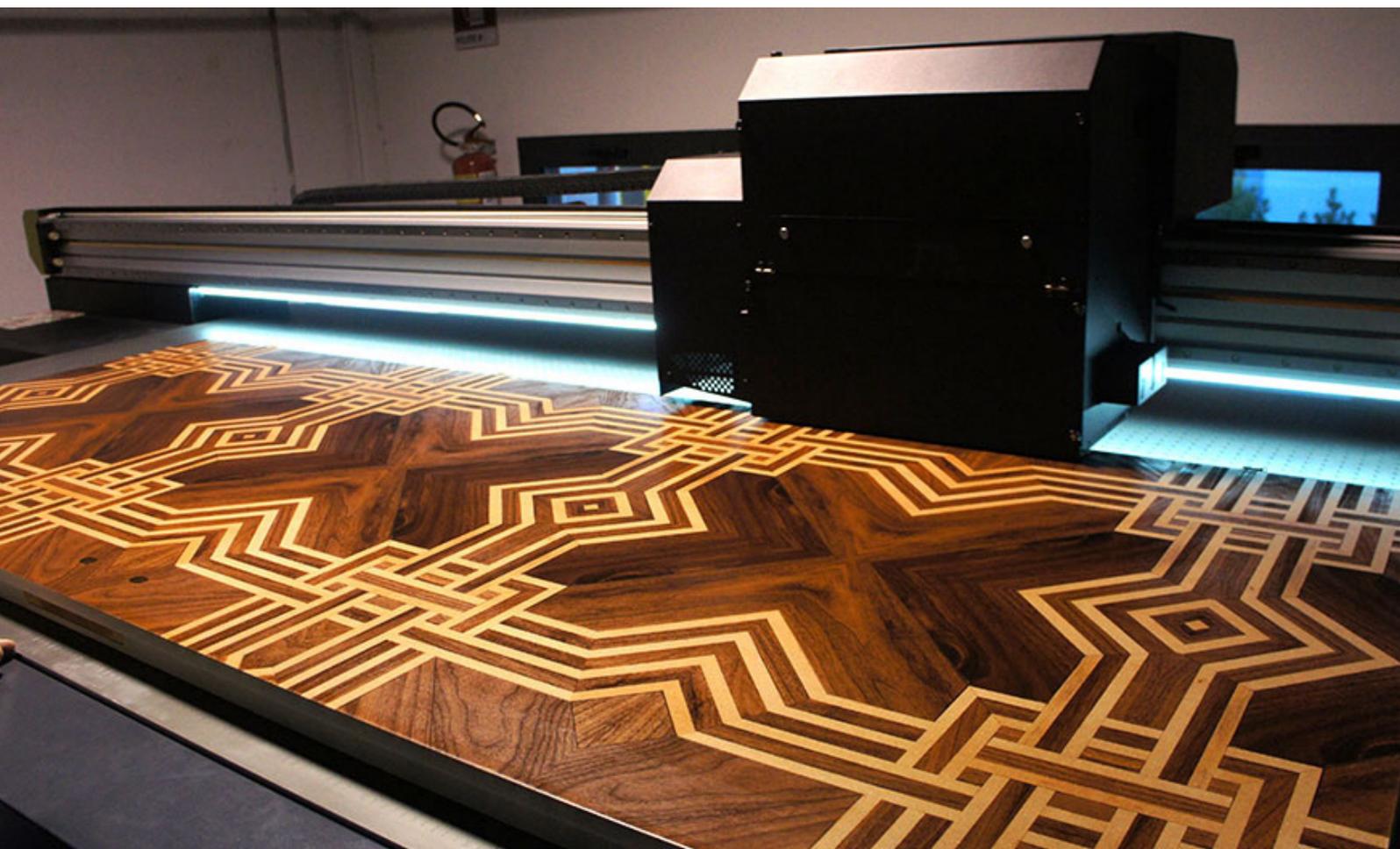


#### 1.1.1 STAMPA 3D - STEREOLITOGRAFIA

Utilizzo di stampanti 3D on-site o off-site per la realizzazione di intere parti o singole componenti dell'opera. Il materiale stampato è di varia natura, ma nella maggior parte dei casi richiede una "materia prima" in forma granulare. Buona parte delle stampanti 3D, utilizzate in edilizia, producono componenti in materiali polimerici, terra cruda, metalli e cemento. Le necessità ambientali contemporanee hanno portato a un affinamento delle tecniche perché i singoli materiali siano tutti ecocompatibili.

#### 1.1 STEREOLITOGRAFIA

Fonte: [synthesieng.it](http://synthesieng.it)



### 1.1.2 PROTOTIPAZIONE

Realizzazione di prototipi che costituiscono dei precedenti per la cantierizzazione e la previsione di risultati attesi. La diffusione di strumenti come software di modellazione parametrica o macchine a controllo numerico, porta a un preciso risultato, con un controllo spazialmente millimetrico e qualitativamente continuo. La prototipazione ha un ruolo chiave nella composizione e nel processo creativo in una fase preliminare, quindi prima che ci sia la messa in cantiere dei diversi componenti della costruzione edilizia. Questa fase permette di avere una previsione delle diverse performance di ciascun materiale, sia attraverso prefigurazioni digitali, sia per mezzo della produzione di singoli prototipi off-site.

#### 1.2 PROTOTIPAZIONE

Fonte: muchcolours.com

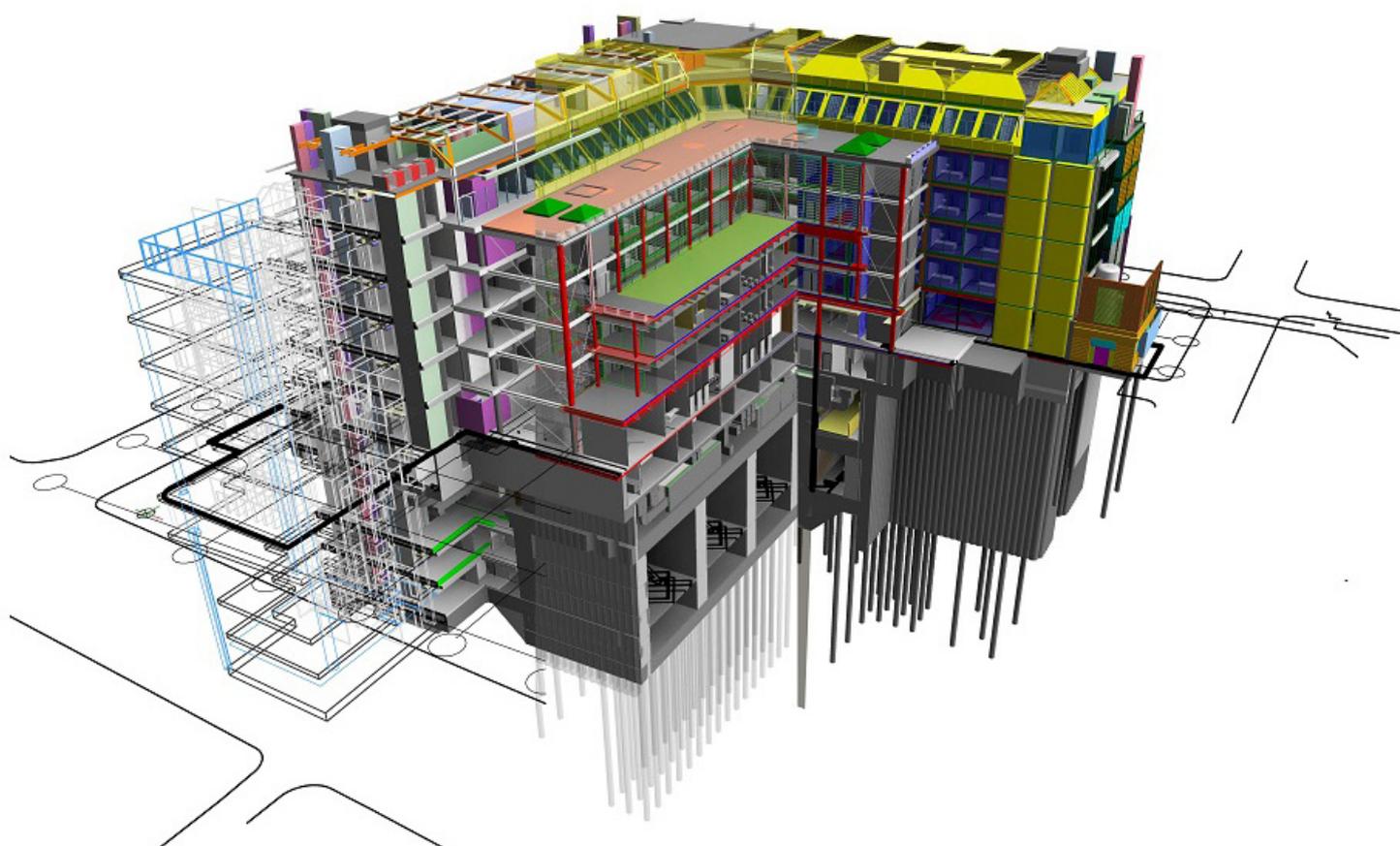


### 1.1.3 INTEGRAZIONE ROBOTICA ON SITE

Impiego di robot nelle fasi di realizzazione dell'opera che, a partire da parametri, costruiscono la stessa senza ulteriori input esterni. L'utilizzo di robot, infatti, rende il processo di costruzione quasi autonomo, strettamente dipendente da fattori esterni che hanno a che fare con aspetti climatici, ambientali, urbani, infrastrutturali, ecc. L'industria robotica seppur nata per settori differenti da quello delle costruzioni, negli ultimi anni ha dimostrato vantaggi in termini di tempi, costi e qualità delle opere.

#### 1.3 SISTEMA ROBOTICO

Fonte: bovone.com

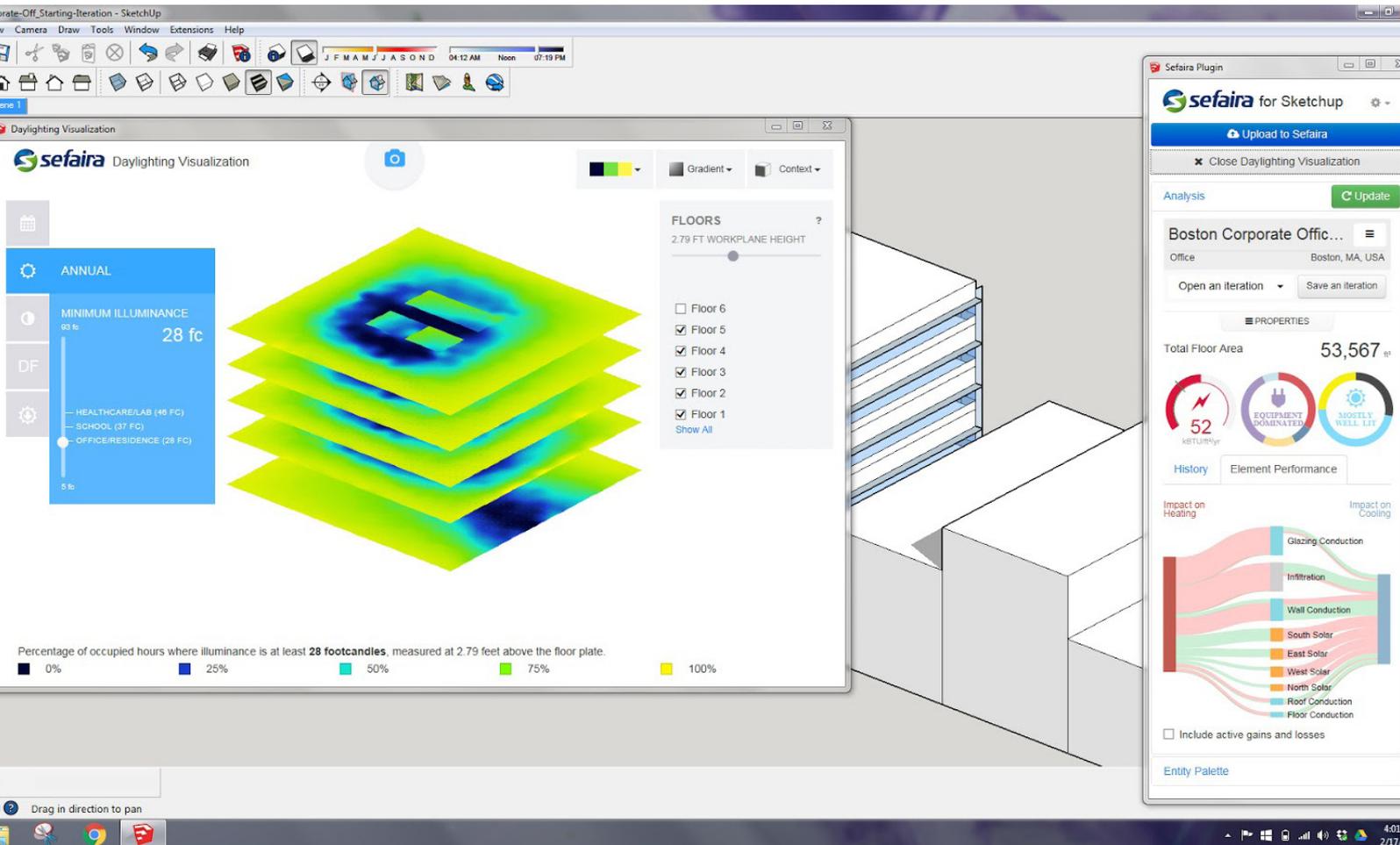


#### 1.1.4 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

Software digitali di progettazione parametrica per il controllo del progetto alla scala architettonica. Pur non coincidendo precisamente con uno strumento, il BIM rappresenta una chiara visione parametrica del processo progettuale e realizzativo, fornendo i mezzi necessari per rendere fluido il dialogo fra i due.

#### 1.4 SOFTWARE BIM

Fonte: [healthcare.wsp-pb.com](http://healthcare.wsp-pb.com)



### 1.1.5 BEM (BUILDING ENERGETIC MODELING)

Software digitali di progettazione parametrica per il controllo del progetto alla dimensione energetico-prestazionale. La prospettiva parametrica in questo ambito, favorisce l'interdisciplinarietà nei processi costruttivi, rendendo accessibile ai vari attori criticità e potenzialità del progetto anche nelle sue componenti tecnico-ambientali.

#### 1.5 SOFTWARE BEM

Fonte: [danieloverbey.blogspot.com](http://danieloverbey.blogspot.com)



### 1.1.6 DIM (DISTRICT INFORMATION MODELING)

Software digitali di progettazione parametrica per il controllo del progetto alla scala urbana e microurbana. Strettamente connesso con il BIM (una sua evidente declinazione a scala più ampia), il DIM permette di gestire parametricamente le conseguenze sul breve e lungo termine di una trasformazione urbana.

#### 1.6 SOFTWARE DIM

Fonte: [turnerconstruction.com](http://turnerconstruction.com)



### 1.1.7 UTILIZZO DI DRONI

Aeromobili a controllo remoto che forniscono informazioni in tempo reale in varie fasi del progetto e del cantiere: analisi preventiva, diagnostica di cantiere, manutenzione dell'opera. Originariamente nati per scopi strategico-militari, negli ultimi anni la versatilità di questi strumenti si è dimostrata vincente in tutti gli ambiti che riguardano la costruzione di un edificio. Casi più sporadici fanno emergere un impiego attivo dei droni nel trasporto di materiali e nell'espletamento di servizi all'interno di pochi cantieri all'avanguardia.

#### 1.7 DRONE

Fonte: [webnews.it](http://webnews.it)

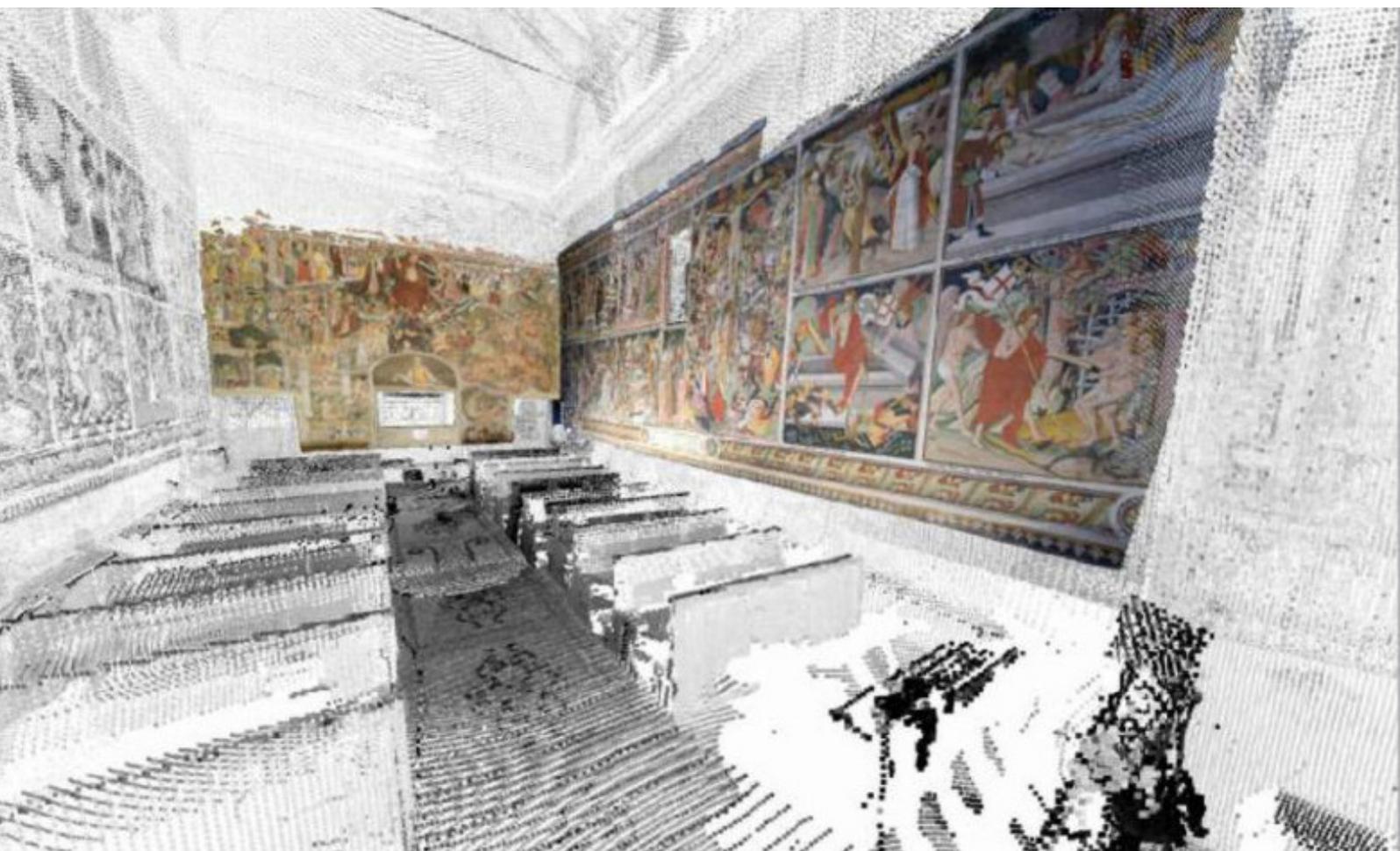


### 1.1.8 MANUTENZIONE PREDITTIVA

Controllo digitale dei rischi in fase di cantiere che prevede, attraverso modelli matematici, i tempi plausibili prima di un imprevisto per poter intervenire in tempo utile. Questa pratica ha un'origine nella previsione dei guasti degli aeromobili militari durante la seconda guerra mondiale. Anche in questo caso le potenzialità nei diversi campi di applicazione hanno reso uno strumento diffuso per cantieri di rilevante complessità, dove un'analisi costi-benefici non risultava sufficiente per l'individuazione di problemi, rischi o danni.

#### 1.8 SISTEMA DI MANUTENZIONE PREDITTIVA

Fonte: smeup.com



### 1.1.9 CONSERVAZIONE PREVENTIVA

Pratica dalla lunga tradizione storica, inerente a una definita forma di restauro, che si focalizza sul monitoraggio e sull'intervento limitato sui beni interessati per scongiurare azioni più massive e invasive. Nell'epoca della digitalizzazione dei cantieri, questa pratica si avvale di strumenti innovativi che ne amplificano le potenzialità, grazie anche alla consapevolezza della vita dei materiali utilizzati e della costruzione complessiva.

### 1.9 SOFTWARE MANUTENZIONE PREVENTIVA

Fonte: [simonasajeva.com](http://simonasajeva.com)



### 1.1.10 REALTÀ AUMENTATA

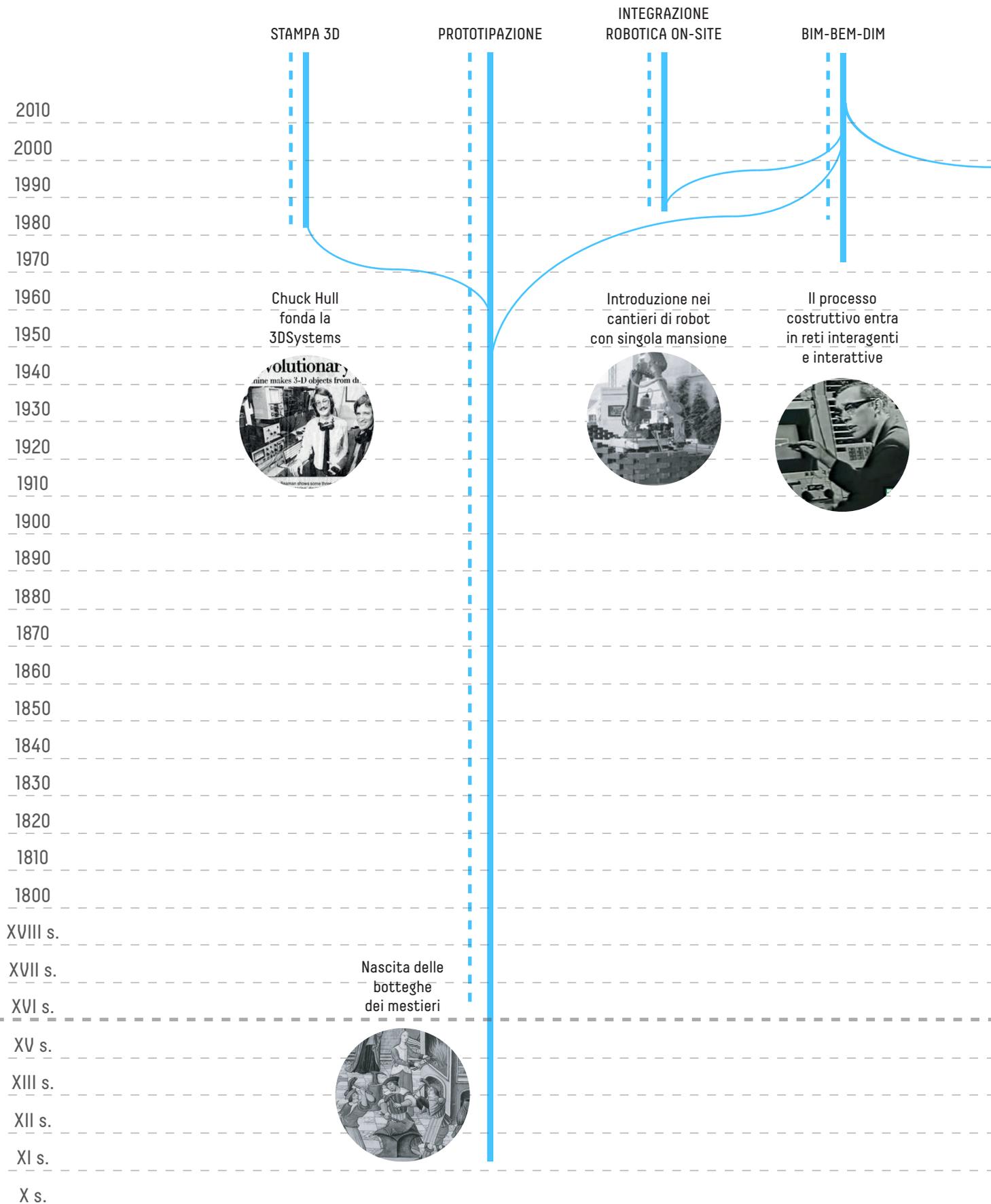
Utilizzo di strumenti e grafiche digitali per la figurazione di scenari plausibili a opera conclusa o per ricostruire condizioni spaziali di fatto inesistenti. Alcune aziende informatiche hanno brevettato visori e schermi che, dati in dotazione sia agli addetti ai lavori sia ai futuri fruitori, offrono la possibilità di vedere e esperire uno spazio non ancora costruito.

#### 1.10 REALTÀ AUMENTATA

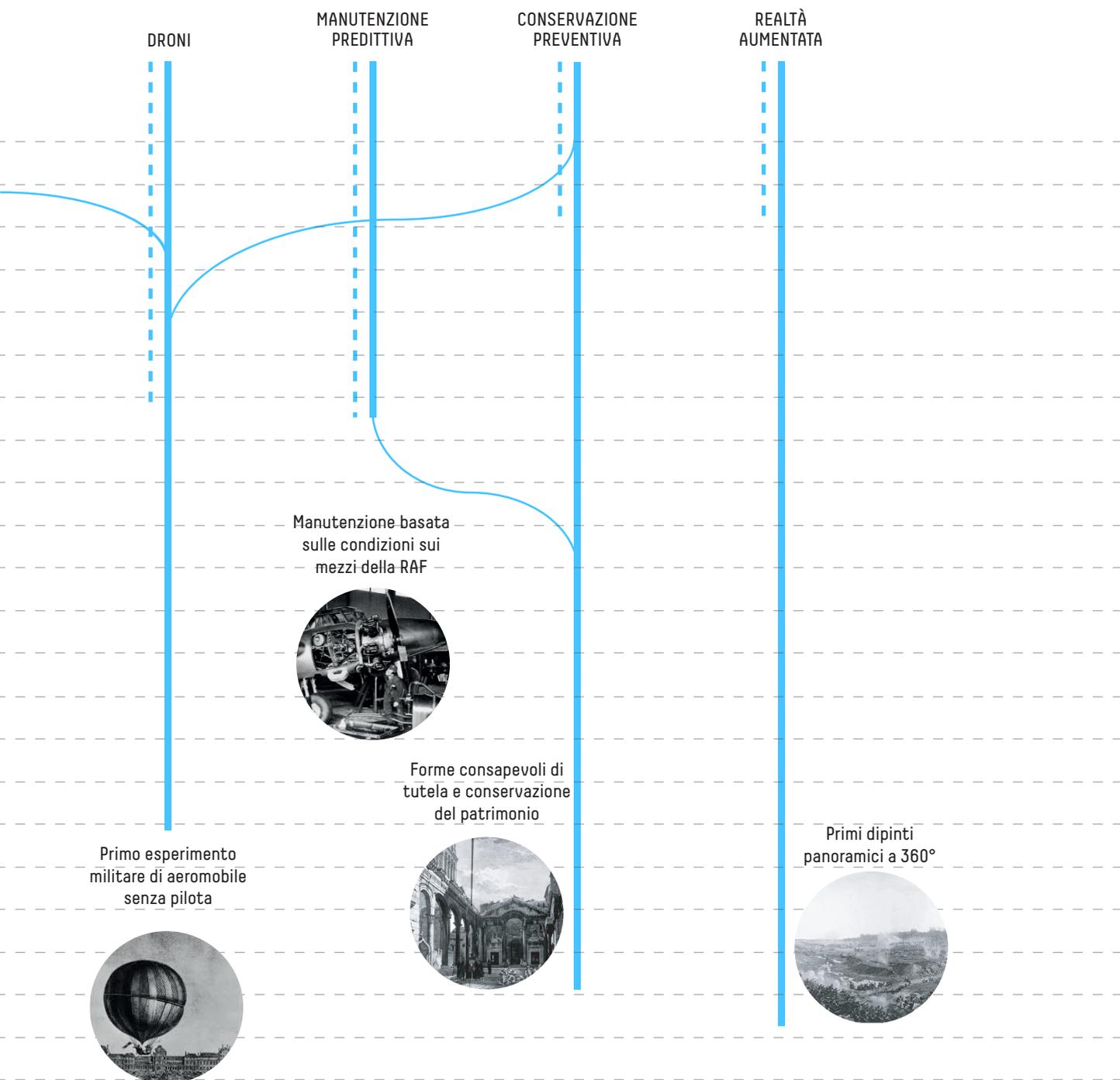
Fonte: netrising.com

1.11 LA DIGITALIZZAZIONE NEI CANTIERI

Una lettura diacronica  
©CRA



- Periodo di esistenza
- Periodo di esistenza del termine
- Interazioni



# 2

GENESI  
DI UNA  
RIVOLUZIONE  
COPERNICANA  
LA DIGITAL  
DISRUPTION E  
L'EDILIZIA

Con la digitalizzazione, esiste un rapporto inversamente proporzionale tra i tempi a disposizione e lo spazio coinvolto.

Giovanni Arrighi, nel suo Cicli sistemici di accumulazione, descrive come il sistema tradizionale di produzione di denaro/ricchezza venga messo ciclicamente in crisi. Dopo la città-stato basso-medievale italiana si è assistito all'avvento della supremazia del modello olandese prima, e britannico poi, arrivando al secolo scorso con l'egemonia statunitense. Oggi si è di fronte a un nuovo passaggio di stato, dove alla complessità e alla frammentarietà dei mercati (primo fra tutti quello delle costruzioni) se ne contrappongono di imponenti e in continua espansione come quello cinese.

Una prima considerazione sull'attuale condizione dei mercati nell'edilizia consiste nell'osservare come, con la digitalizzazione, esista un rapporto inversamente proporzionale tra i tempi a disposizione e lo spazio coinvolto - dove i primi si abbreviano e il secondo si espande. In questo senso è utile constatare come i rapidi cambiamenti climatici e l'algoritmizzazione (più che digitalizzazione) siano i due preminenti fattori di trasformazione del mercato e, quindi, della pratica edilizia.

In Connectography, Parag Khanna descrive il mondo in fase di re-ingegnerizzazione con programmi di concentrazione nelle grandi metropoli. E questo sta avvenendo anche per alcuni centri europei, dove la crisi dei mercati si traduce in forma ben palese nella materializzazione di un nuovo ciclo sistemico di accumulazione, che si traduce in una riconfigurazione del mercato edilizio.

La quarta rivoluzione industriale trova il proprio terreno di gioco nel mercato delle costruzioni.

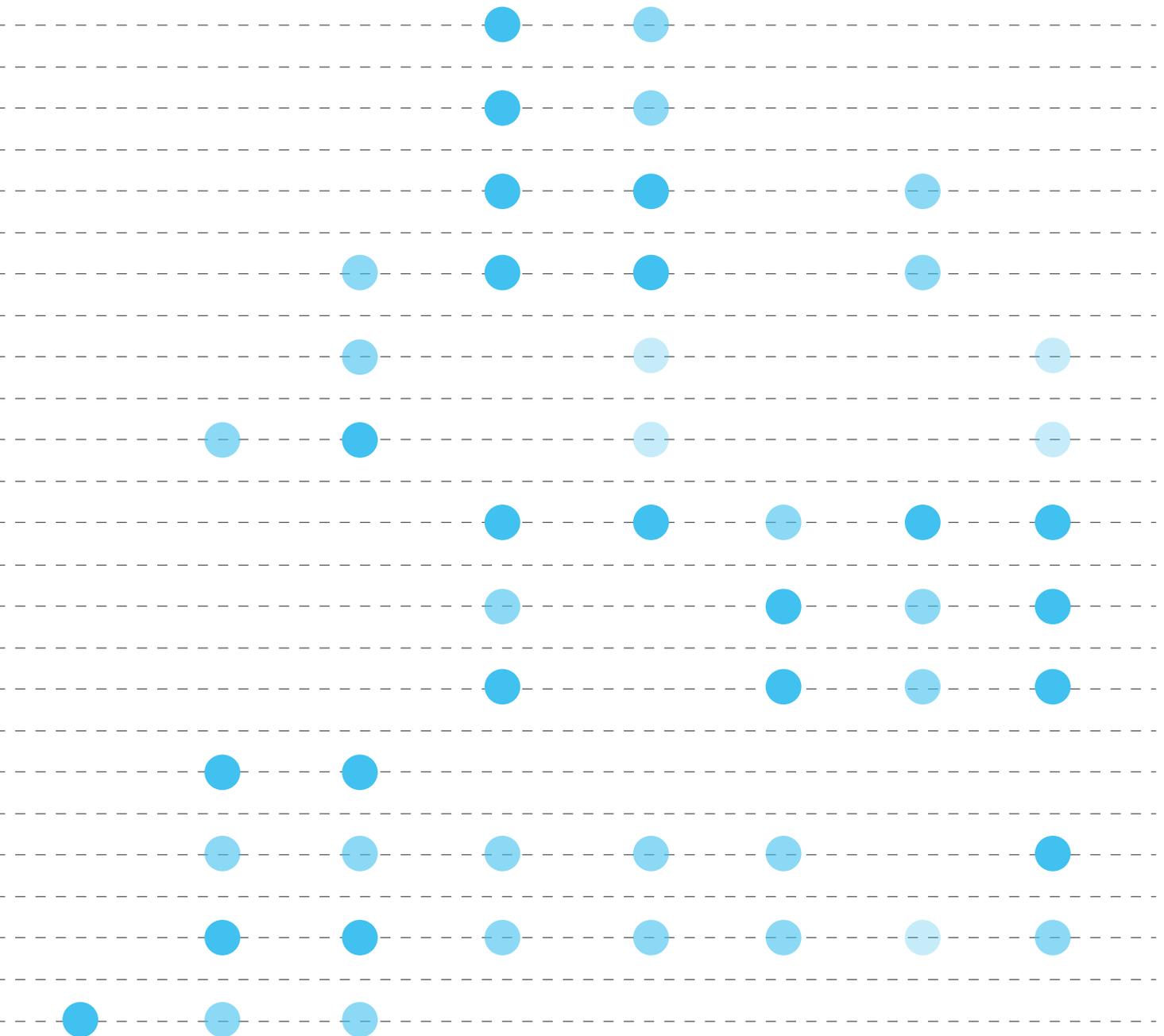
In uno studio del CRESME su 50 piani strategici di 50 città del mondo, emergono alcune capitali europee che stanno investendo molto sulla digitalizzazione come vettore per risultare competitivi a livello globale, operando sulla green economy e sulla smartness. Londra nel suo piano per il 2050 (aggiornato con quello per il 2065) opera sulla triangolazione tra smart, environment e infrastructure. Si tratta di piani olistici con una strategia sul lungo termine scandita da obiettivi pluriennali.

## 2.12 LA DIGITALIZZAZIONE NEI CANTIERI

Ambiti, elementi e strumenti

©CRA

|                                | ex-novo | rigenerazione urbana | restauro | PROGETTO | REALIZZAZIONE | sensori | visori |
|--------------------------------|---------|----------------------|----------|----------|---------------|---------|--------|
| Stampa 3D off-site             |         |                      |          |          | ●             | ●       |        |
| Stampa 3D on-site              |         |                      |          |          | ●             | ●       |        |
| Prototipazione off-site        |         |                      |          | ●        | ●             |         |        |
| Prototipazione on-site         |         |                      |          | ●        | ●             | ●       |        |
| Integrazione robotica off-site |         |                      |          | ●        | ●             | ●       |        |
| Integrazione robotica on-site  |         |                      |          | ●        | ●             | ●       |        |
| BIM                            |         |                      |          | ●        |               |         |        |
| BEM                            |         |                      |          | ●        |               |         |        |
| DIM                            |         |                      |          | ●        |               |         |        |
| Utilizzo di droni              |         |                      |          | ●        | ●             |         |        |
| Manutenzione predittiva        |         |                      |          | ●        | ●             |         |        |
| Conservazione preventiva       |         |                      |          | ●        | ●             |         |        |
| Realtà aumentata               |         |                      |          | ●        |               | ●       | ●      |



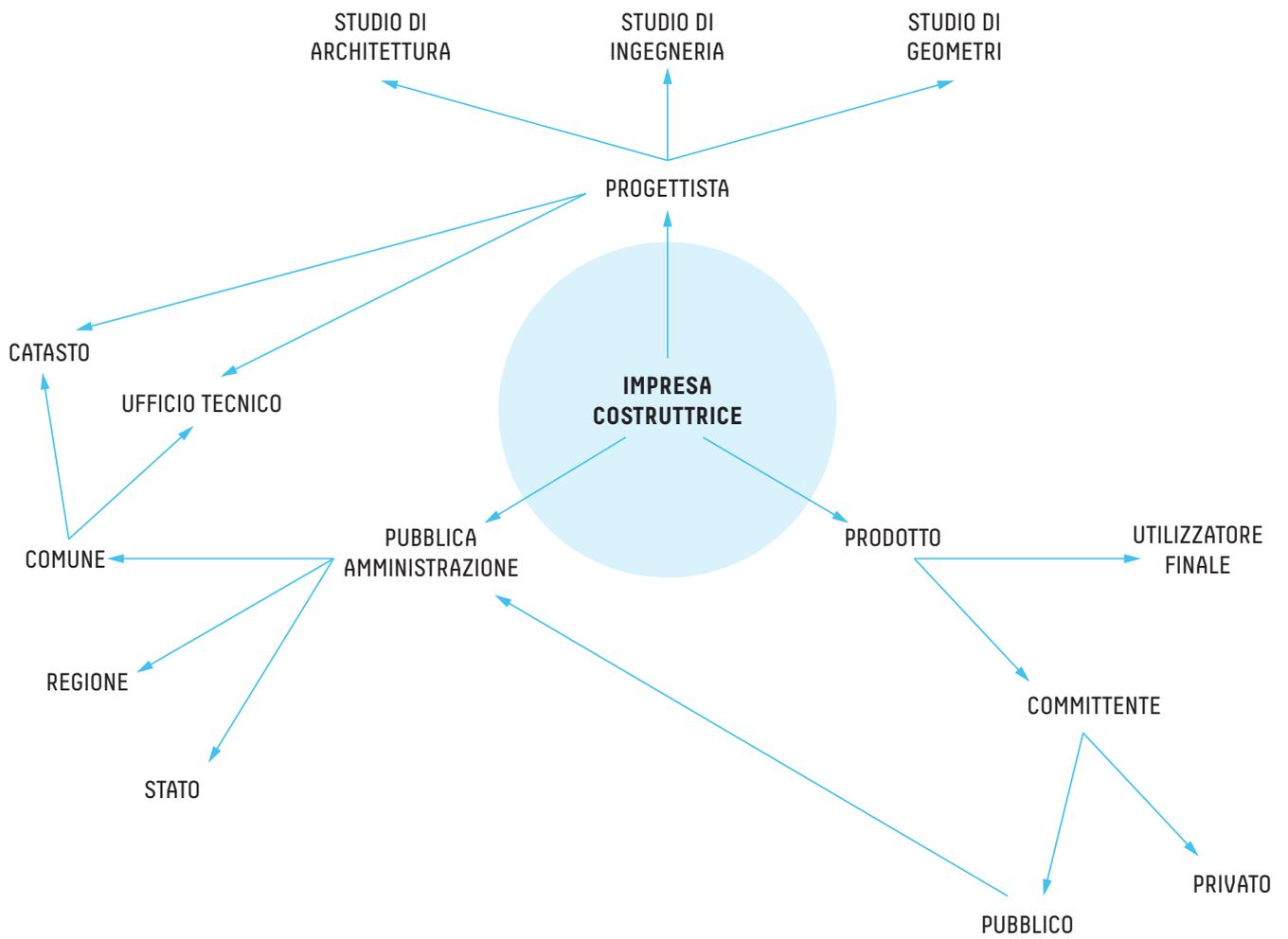
I progetti di ARUP e Foster per una Londra più sostenibile si affiancano alla realizzazione del Tamigi Tideway Tunnel, una imponente infrastruttura subacquea, per far fronte alle sempre più frequenti inondazioni londinesi, attraverso un sistema massiccio di scolo d'urgenza delle acque.

E ancora, un grande piano strategico per l'equità sociale anche al di fuori del centro di Parigi mette in previsione 200 Km di nuove metropolitane in un nuovo sistema completamente digitalizzato con 68 stazioni e 37 concorsi internazionali.

La Coherent city di Copenhagen e la Symbiocity di Stoccolma sono solo alcuni altri esempi di questa nuova corsa alla digitalizzazione globale nella ridefinizione dei mercati attraverso l'investimento su edilizia e infrastrutture.

Da questi report emerge che il nuovo paradigma è rappresentato dall'unione del mondo delle costruzioni e quello della sensibilità ambientale per mezzo della digitalizzazione: si tratta di raggiungere un compromesso e di rinnovare le vesti dell'edilizia tradizionale - intesa in questo caso come insieme di strumenti per costruire - e quelle dell'ambientalismo più conservatorista. I piani e le azioni descritte in precedenza dimostrano, infatti, come possa sussistere un grande investimento di capitale sulla densificazione e l'espansione (anche nel proprio sedime) delle città con una politica integralmente sostenibile dei cicli produttivi e gestionali.

**La quarta rivoluzione industriale  
trova il proprio terreno di gioco  
nel mercato delle costruzioni.**

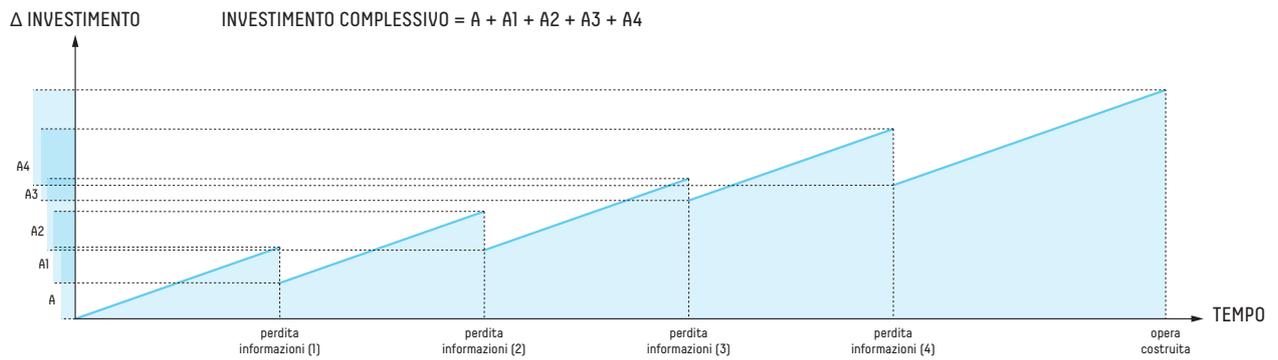


L'Italia, dal canto suo, resta indietro. Con un fortissimo - e comunemente poco percepito - divario tra Nord e Sud, con la perdita di 300.000 abitanti tra 2014 e 2017 e con il 74% del mercato edilizio rappresentato da manutenzione ordinaria e straordinaria, emerge l'urgenza di allineare le politiche nazionali di investimento sui sistemi digitali di cantiere per poter essere competitiva come nazione intera (e non con le uniche modeste eccezioni di Lombardia e Trentino Alto Adige) in Europa e nel mondo, affrontando con gli strumenti più adatti i decenni a venire.

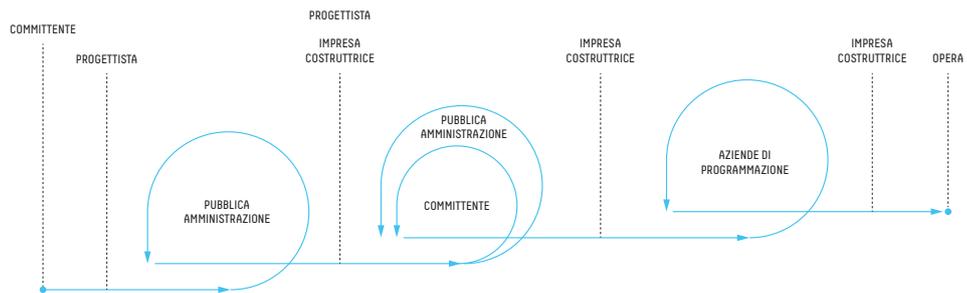
**Il nuovo paradigma è  
rappresentato dall'unione del  
mondo delle costruzioni e quello  
della sensibilità ambientale per  
mezzo della digitalizzazione.**



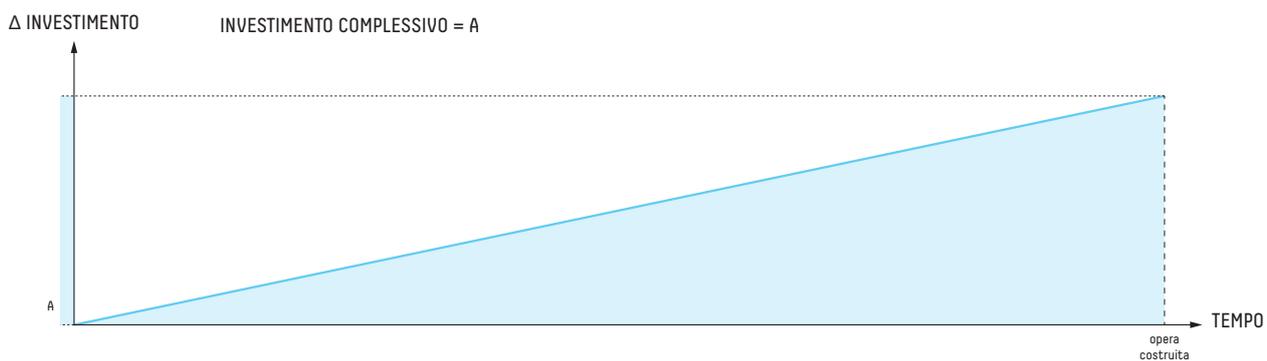
PROCESSO COSTRUTTIVO CONVENZIONALE



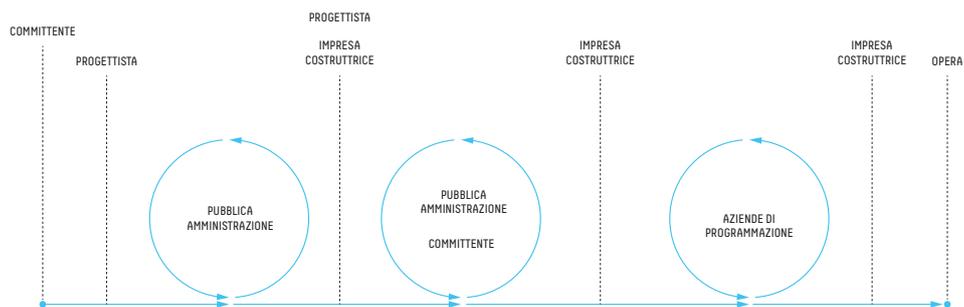
PROCESSO COSTRUTTIVO TIPO



PROCESSO COSTRUTTIVO 4.0



PROCESSO COSTRUTTIVO 4.0



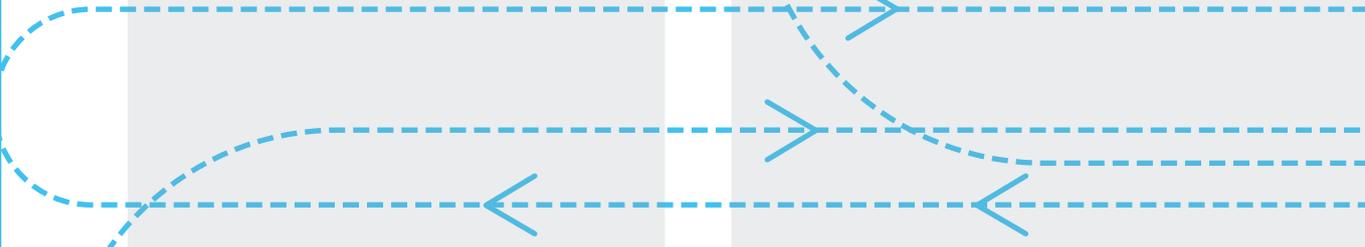


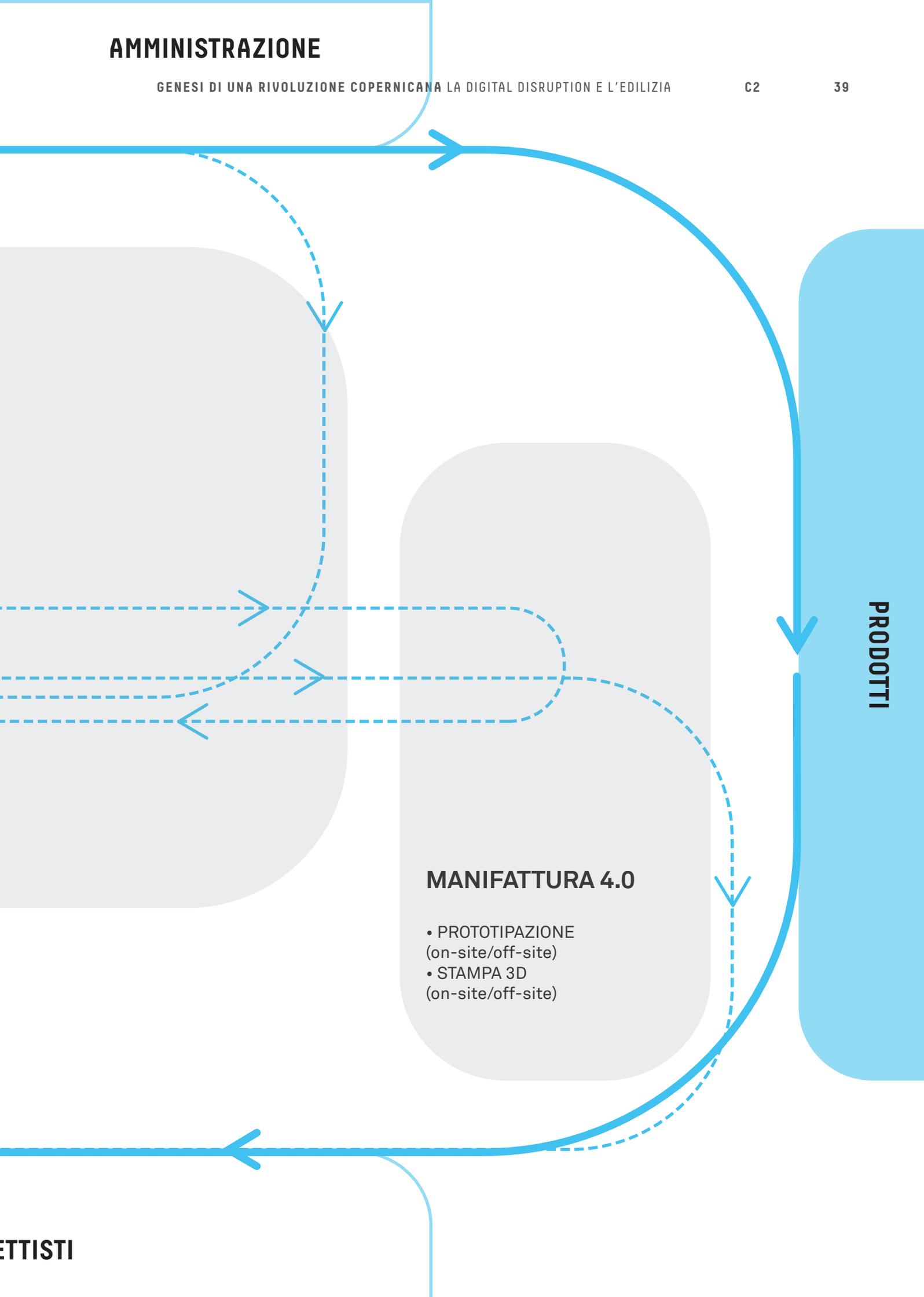
**I.T.**

- REALTÀ AUMENTATA
- BIM
- BEM
- DIM

**PREVISIONE /  
MANUTENZIONE**

- UTILIZZO DI DRONI
- INTEGRAZIONE ROBOTICA  
(on-site/off-site)
- MANUTENZIONE  
PREDITTIVA
- CONSERVAZIONE  
PREVENTIVA





# 3

## ELEMENTI E CASI STUDIO DI UNA TRASFORMAZIONE

I fattori che stanno delineando l'orizzonte del cambiamento nel mondo delle costruzioni e gli strumenti di applicazione.

Per porre maggiore attenzione a quei fattori che stanno delineando l'orizzonte del cambiamento nel mondo delle costruzioni, per una chiara comprensione degli strumenti che si stanno via via impiegando in Europa e nel mondo, si pensa utile proporre un approfondimento dei casi studio selezionati.

Ogni caso studio verrà, quindi, trattato, non tanto per l'oggetto costruito in sé, per le dimensioni dell'intervento o per la sua destinazione d'uso, ma piuttosto sul processo che ha condotto alla realizzazione degli stessi, in virtù di una maggiore comprensione delle pratiche, degli attori coinvolti e dei diversi strumenti adottati.

Tale processo si compone, nell'edilizia 4.0, principalmente di hardware e software, primo elemento che ha reso possibile l'individuazione di casistiche non singolari, ma comunque emblematiche.

Gli oggetti e le pratiche che costituiscono i sistemi hardware e software hanno un'applicazione diretta nella fase di progettazione-costruzione e costituiscono una vera e propria mappa di temi ricorrenti, processi innovativi, in cui si possono apprezzare le connessioni tra ogni strumento.

Una volta individuati gli elementi specifici, la cui introduzione nel campo oggetto di studio è spesso poco chiara, e le cui definizioni sembrano spesso sovrapponibili, si è svolta una ricerca volta all'approfondimento dei loro significati. Si tratta di strumenti sintetizzabili come segue.

## 3.1

### ELEMENTI E CASI STUDIO

#### PRATICHE, STRUMENTI, TECNOLOGIE

L'utilizzo di software di modellazione parametrica accomuna pressochè quasi tutti i casi studio selezionati; infatti, in alcuni casi, si tratta spesso di precedenti che sono frutto della reale possibilità di implementare le potenzialità del BIM con l'utilizzo di cloud di condivisione. Viene garantita una velocizzazione dei processi progettuali e realizzativi attraverso il controllo tanto del singolo pezzo quanto della complessità dell'intero edificio e gestire in maniera sincronica più fasi anche in remoto.

Come si vedrà in seguito, alcune di queste esperienze affermano implicitamente la validità della revisione, della modifica in tempo reale di un vettoriale processo di progettazione-costruzione, della sinergia informatica, della collaborazione e della comunicazione tra progettisti e costruttori, come strumenti impiegati real time che garantiscono un'ottimizzazione di tempi e di risorse.

L'innovazione è presente non solo attraverso l'utilizzo di software di controllo in tempo reale e di modellazione parametrica e tematizzata, ma anche per mezzo di strumenti come la realtà aumentata, simulatori virtuali, prototipazione on-site e integrazione di robot nel cantiere.

Il controllo della fase di progetto - sempre più contemporanea alla fase di costruzione - avviene per mezzo di modelli tridimensionali che hanno letture diversificate a seconda dei parametri che incidono sulla qualità del lavoro e sulla qualità del prodotto finito.

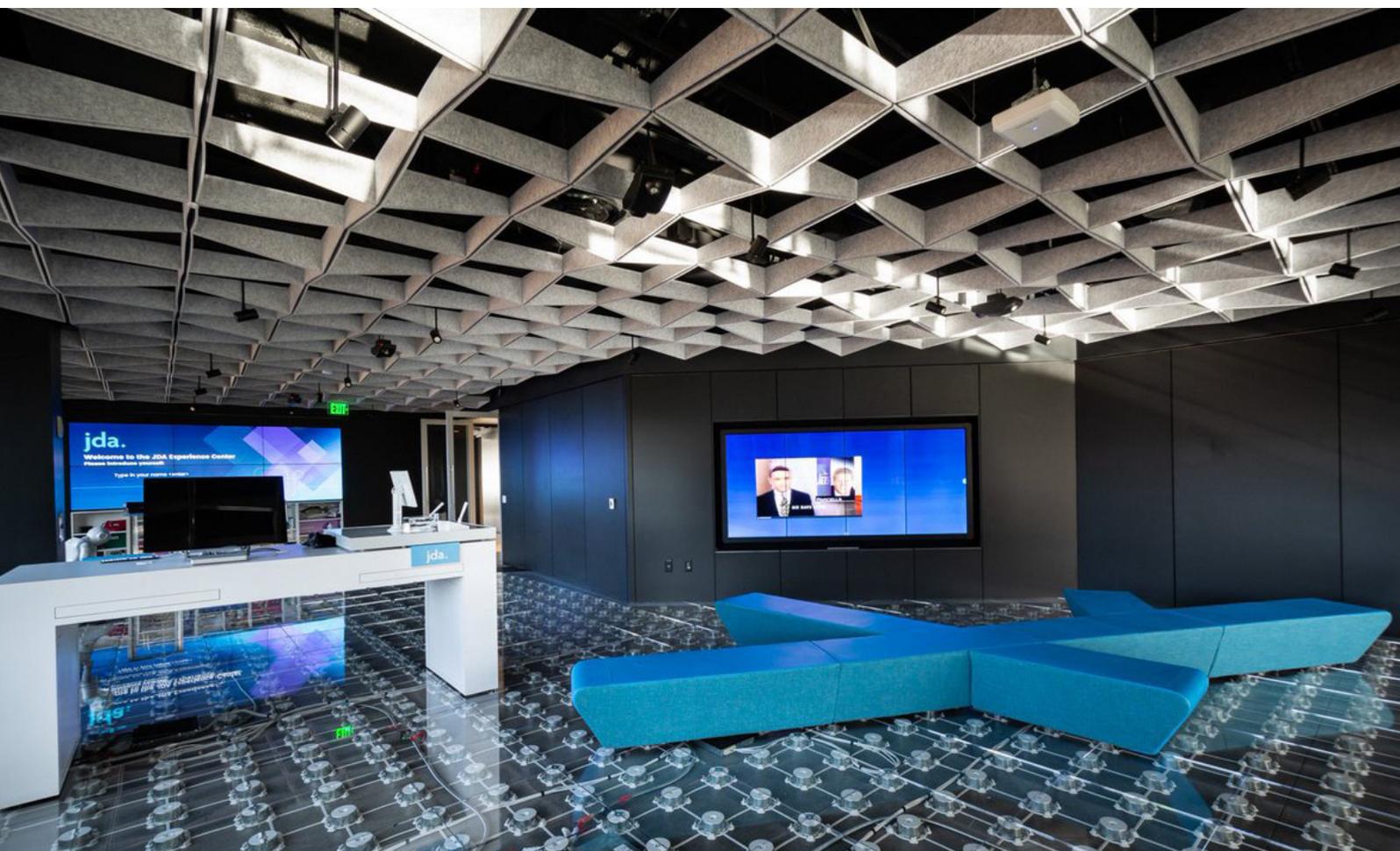
Con l'utilizzo di software di modellazione parametrica viene garantita una velocizzazione dei processi progettuali e realizzativi.

La possibilità di avere un sempre più alto controllo dei parametri energetici, per un risparmio di risorse nell'impiego di materiali di costruzione.

Questa monitorizzazione avviene non solo nei laboratori di sperimentazione e di progettazione ma anche direttamente in situ: la possibilità di utilizzare una stampante 3D per produrre elementi di dimensioni fino a massimo di circa 18 mc e l'integrazione on-site di sistemi robotici è riconoscibile come progresso all'interno dello spazio cantiere, ma soprattutto nell'ambito dell'ideazione e della reversibilità delle soluzioni.

Un ulteriore valore aggiunto del processo di digitalizzazione della costruzione è rappresentato dalla possibilità di avere un sempre più alto controllo dei parametri energetici, per un risparmio di risorse nell'impiego di materiali di costruzione anche attraverso la previsione del consumo e dell'autoproduzione di energie per tutto il ciclo di vita dell'edificio, fino alla sua dismissione.

È testimoniato da alcune emergenti aziende di settore, inoltre, che gli strumenti digitali di innovazione nei processi di progettazione e realizzazione possano essere applicabili non solo alla scala della multinazionale, ma diventare anche utili meccanismi per un rinnovamento cantieristico più diffuso. Come nell'ampio piano terra del Palazzo di Francesco di Giorgio Martini a Urbino, in cui i disegni e le descrizioni sulle lastre venivano, di volta in volta, modificati perché le macchine e gli strumenti edili impiegati fossero in continuo aggiornamento, la digitalizzazione del cantiere, documentata dagli approfondimenti selezionati, testimonia sì l'editabilità delle fasi, sì la comunicazione tra le figure coinvolte nei processi, ma soprattutto un ampio controllo di tutta la catena tra ideazione e vita del prodotto costruito.



In questo quadro, ben si inserisce l'esperienza dell'impresa costruttrice DIRTT Build Better che ha lavorato direttamente sul cantiere con la collaborazione dello stesso cliente, la JDA software, per il rinnovo della propria sede, la **JDA Experience Center** (Scottsdale, Arizona / 2018), perché fosse coerente rispetto al loro posizionamento sul mercato digitale. L'azienda costruttrice (DIRTT Build Better) insieme alla committenza, si è avvalsa dell'ICE technology, che permette di testare e verificare le componenti del progetto in fase realizzativa e avere feedback in tempo reale. Trattandosi di spazi che guardano alla tecnologia digitale, la sfida era quella di puntare all'innovazione attraverso l'utilizzo di strumenti come la realtà aumentata, simulatori

### 3.13 JDA EXPERIENCE CENTER

Scottsdale, Arizona / 2018

©DIRTT

Trattandosi di spazi che guardano alla tecnologia digitale, la sfida era quella di puntare all'innovazione attraverso l'utilizzo di strumenti come la realtà aumentata, simulatori virtuali, prototipazione on-site e integrazione di robot nel cantiere.

virtuali, prototipazione on-site e integrazione di robot nel cantiere. Il successo dell'intervento sta nei rapidissimi tempi di realizzazione e nel coinvolgimento diretto di un istituto di supporto, il Lean Construction Institute (LCI), fondato nel 1997, che cerca di migliorare le industrie di costruzione e progettazione attraverso approcci Lean alla progettazione e alla consegna di progetti. Questo processo garantisce fasi di lavorazione snelle grazie alla possibilità di sviluppare e gestire un progetto attraverso relazioni, conoscenze condivise e obiettivi comuni: un cloud di scambio non solo sulle fasi cantieristiche, ma anche sulla conoscenza, sul lavoro e sull'impegno.

La rapidità di realizzazione incontra la sostenibilità ambientale nel **Facebook Menlo Park** (Palo Alto, California / 2013 - 2015), progettato da Gehry and partners. L'opera gode di una certificazione LEED Gold, che promuove un approccio orientato alla sostenibilità e concerne tutto il ciclo di vita dell'edificio stesso, dalla progettazione alla costruzione alla dismissione. Durante i 21 mesi di cantieri i parametri sono stati valutati e modificati in tempo reale. Anche in questo caso l'impresa costruttrice si è avvalsa della collaborazione del Lean Construction Institute, garantendo il rispetto di parametri innovativi che permettono l'ottimizzazione delle risorse e la prevenzione di rischi attraverso la realizzazione di prototipi.

### 3.14 FACEBOOK MENLO PARK

Palo Alto, California / 2013 - 2015  
Fonte: David Cohen. "Facebook's Menlo Park Campus Now Has A New, Frank Gehry-Designed Building". 6 Settembre 2018. adweek.com





Un altro aspetto della digitalizzazione del mondo delle costruzioni è la parametrizzazione dei processi tanto progettuali quanto realizzativi. Indicativo a questo proposito è il **Perot Museum of Nature and Science** (Dallas, Texas / 2008 - 2012) di Morphosis. Per questo intervento, di 16700 mq, sono stati utilizzati diversi software, tra i quali Rhinoceros, CATIA e Microstation. Le sinergie informatiche derivanti dall'uso di differenti modelli dell'edificio e delle sue componenti, hanno garantito una velocizzazione dei processi, la diretta comunicazione tra gli attori coinvolti e la verifica diretta "sul campo" dei singoli pezzi di rivestimento. Grazie anche alla direzione del Technology Director (2010) è stato possibile ridurre tempi e attori coinvolti.

### 3.15 PEROT MUSEUM OF NATURE AND SCIENCE

Dallas, Texas / 2008 - 2012

©Iwan Baan

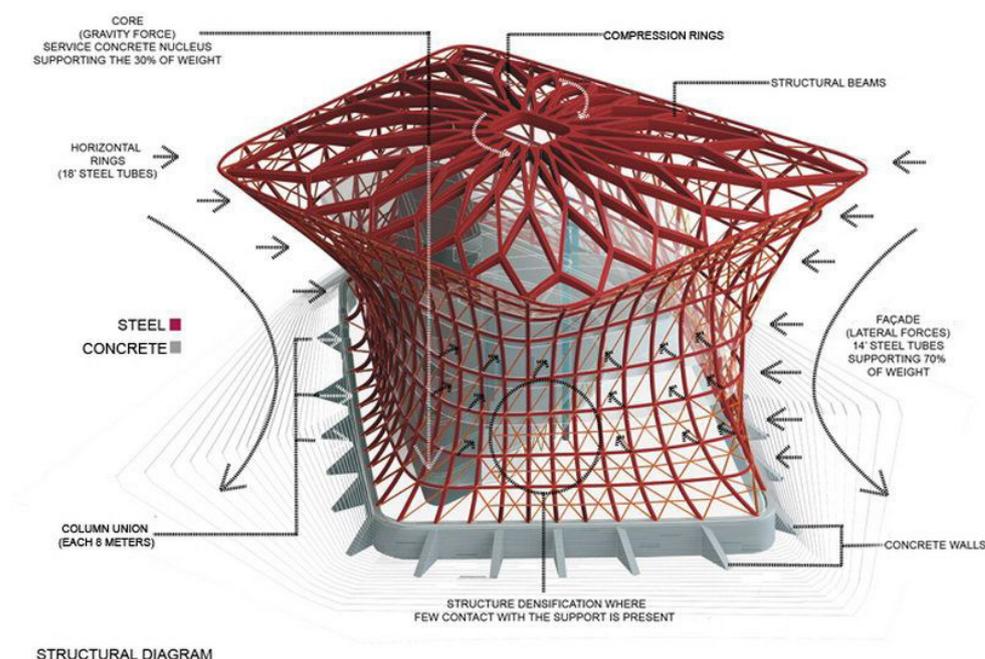
Un altro aspetto della digitalizzazione del mondo delle costruzioni è la parametrizzazione dei processi tanto progettuali quanto realizzativi.

La stessa interazione tra imprese costruttrici, progettisti e sviluppatori digitali è presente nel progetto di Fernando Romero nella progettazione di un volume organico del **Museo Soumaya** (Città del Messico, Messico / 2011) che viene rivestito da 16000 tessere esagonali in acciaio specchiato, offrendo una percezione sempre differente, in base a condizioni atmosferiche e punto di osservazione. La pelle esterna, non geometricamente sviluppabile, rappresenta dunque la sfida maggiore per costi, tempi e qualità di realizzazione. Le consulenze ingegneristiche (Arup e Gehry Technologies) hanno infatti permesso di concepire una struttura centrale in calcestruzzo armato alla quale si aggancia una secondaria in acciaio. Questa è composta da 28 pilastri verticali inflessi contenuti da 7 anelli circolari che sostengono la parete esterna catramata. A questa superficie sono fissati i supporti a quattro bracci sui quali si impostano gli esagoni. Questo sistema ha facilitato la posa delle tessere che, se fissate manualmente, avrebbero compromesso la percezione omogenea della facciata. La progettazione di queste ha comportato la generazione di 49 famiglie di esagoni i cui prototipi off-site hanno permesso di verificare e correggere l'esito finale prima della posa vera e propria.

Gli elementi di facciata restano al centro del progetto di SHoP per il **Botswana Innovation Hub Headquarter** (Gaborone, Botswana / 2013 - in costruzione), dove sono stati utilizzati strumenti di

### 3.16 MUSEO SOUMAYA

Città del Messico,  
Messico / 2011  
Fonte: Karen  
Cilento. "Soumaya  
Museum / LAR +  
Fernando Romero"  
2 Settembre 2009.  
ArchDaily.





progettazione parametrica che hanno consentito la gestione sincronizzata di progetto e realizzazione. In particolare, i pannelli che costituiscono il rivestimento esterno dell'edificio sono il risultato dell'applicazione del connubio tra 3D Experience e CATIA (entrambi software sviluppati dalla Dassault Systemes). L'uso di questi software ha ridotto i tempi e i costi della prototipazione dei singoli elementi di facciata, gestendoli direttamente in famiglie e templates. I 28000 mq circa dell'edificio, ancora in fase di realizzazione, sono quindi il risultato di una condivisione in cloud di competenze, relazioni e fasi di analisi e di progetto. Un investimento di 50 milioni di USD quasi completamente gestito in remoto in scala globale. SHoP, anche grazie alla figura chiave di

### 3.17 BOTSWANA INNOVATION HUB HEADQUARTER

Gaborone, Botswana / 2013 - in costruzione

Fonte: Karen Cilento. "Update: Botswana

Innovation Hub / SHoP" 16 Aug 2011.

ArchDaily. A2 Maggio 2019.

Strumenti di progettazione parametrica che hanno consentito la gestione sincronizzata di progetto e realizzazione.

John Cerone, rappresenta un esempio contemporaneo di quanto sia efficace la collaborazione interaziendale, non solo tra attori coinvolti direttamente nel processo di progettazione-costruzione, ma anche tra coloro che si occupano di sviluppo digitale-informatico.

La scala spaziale del Botswana Innovation Hub Headquarter ha certamente richiesto il coinvolgimento di aziende diversificate e specializzate in diversi ambiti, ma l'innovazione digitale del cantiere passa anche attraverso interventi di più minute dimensioni. Infatti, la **3D Print Canal House** (Amsterdam, Olanda / 2013 - 2016) di soli 700 mq, per 5 piani fuori terra dimostra le potenzialità della realizzazione con stampa 3D. Si tratta di un intervento di ricerca e progettazione aperto, durato tre anni, per la costruzione di un edificio interamente stampato in 3D, oggetto di una mostra, in quanto campo di sperimentazione e approfondimento di questa tecnologia. L'obiettivo di DUS Architects, insieme a Ultimaker, Fablab Protospacer e altri, è stato studiare le molteplici potenzialità della stampa 3D, le sue applicazioni e l'evoluzione della tecnica d'uso, infatti si presume che il costo dell'opera, se equiparato al quadro economico contemporaneo, sia notevolmente riducibile. La Kamermaker è una stampante 3D costruita ad hoc per quest'intervento e si presenta come un padiglione metallico operativo pubblicamente: i visitatori possono assistere gratuitamente alla stampa. Le sue

### 3.18 3D PRINT CANAL

#### HOUSE

Amsterdam, Olanda

2013 - 2016

Fonte: Video 3D

Print Canal House.





dimensioni garantiscono la produzione di elementi con dimensioni massime pari a 2,2 x 2,2 x 3,5 m (di un polimero derivato per l'80% da olio di lino), che sono stati assemblati in fase successiva. Attualmente il padiglione è stato spostato in un'area di dimensioni più ampie rispetto al luogo originario, per garantire future espansioni e quindi la realizzazione di un vero e proprio cantiere sperimentale. Stampa 3D e automazione dei cantieri confluiscono in un intervento nella stessa località, che collegherà le due sponde di un canale del centro storico di Amsterdam. Il **MX 3D Bridge** (Amsterdam, Olanda / 2015 - 2018) è un ponte in acciaio inossidabile di dimensioni modeste (12,5 x 6,3 m, equivalenti a 1100 km di filo stampato) che rappresenta un prototipo

### 3.19 MX 3D BRIDGE

Amsterdam, Olanda / 2015 - 2018

Fonte: Stefania Sperandio. "In Olanda il primo ponte d'acciaio realizzato con una stampante 3D". 25 Ottobre 2018. Mondofox.it

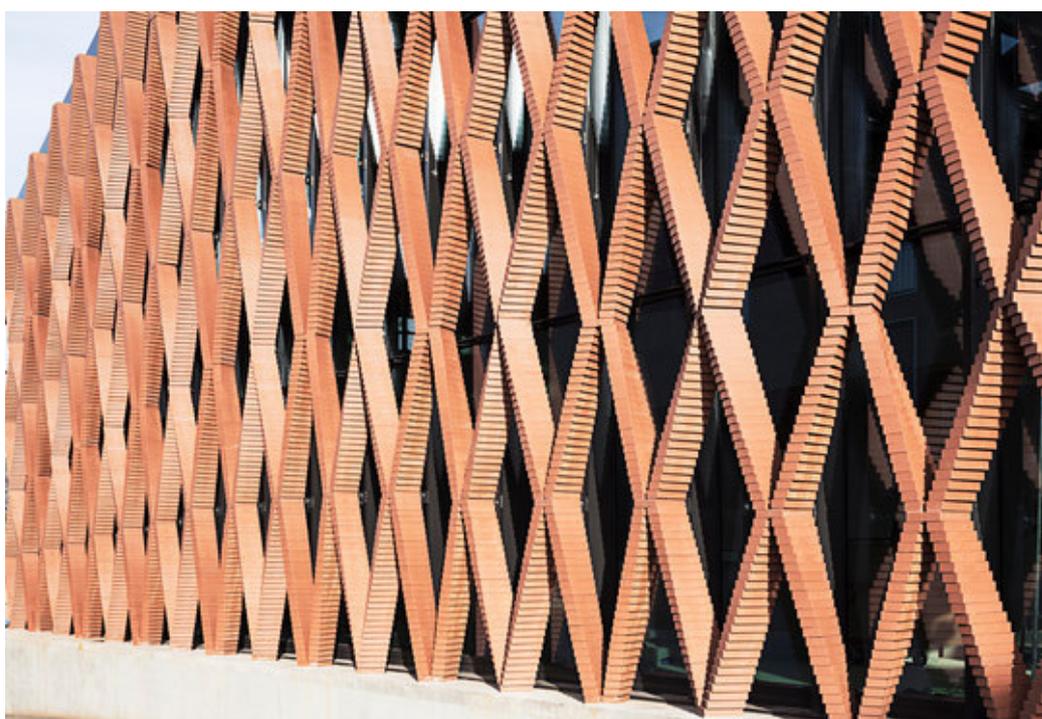
Il ricorso alla robotizzazione compare anche in interventi che hanno a che vedere con edifici preesistenti.

sperimentale della stampa 3D robotica multasse in campo libero. Alla sua realizzazione hanno lavorato differenti aziende ed enti: Heijmans, Arup, Lenovo, Autodesk e la TU di Delft. La costruzione, che ha visto l'utilizzo di due bracci robotici in azione da due punti opposti che costruivano avvicinandosi, fino all'apice del ponte, è iniziata on-site, ma il cantiere è stato poi trasferito per ragioni economiche e di sicurezza e solo nel 2019 verrà installato *in situ*.

Il ricorso alla robotizzazione compare anche in interventi che hanno a che vedere con edifici preesistenti. È questo il caso della **Ofenhalle** di Gramazio&Kohler (Pfungen, Svizzera / 2008 - 2012) che consiste in una facciata auto-portante in mattoni come parte integrante della riqualificazione di un ex-edificio industriale. La facciata è stata costruita in moduli, ognuno del peso di 50-70 kg, in mattoni clinker (per un totale di 5400 che venivano assemblati nel numero di 40/giorno). La struttura è in mattoni posizionati e incollati da un robot off-site, sviluppato dalla start-up Keller Systeme, ROB Technology, che costruisce parti dell'opera progressivamente montata on-site, nel giro di 6 giorni con l'impiego di meno di dieci addetti. Questo dato è utile a comprendere quanto questo intervento rappresenti una controtendenza nell'utilizzo di robot di cantiere: infatti alcuni dati riportano che il rapporto tra robot e operai, nell'industria delle costruzioni, sia di 50 su 10000, con mansioni principalmente legate allo stoccaggio e alla gestione.

### 3.20 OFENHALLE

Pfungen, Svizzera  
2008 - 2012  
©Claudia Luperto





Non di robot, ma di droni si avvale, invece, l'ambizioso progetto di Foster+partners per il Rwanda. I **"droneport"** sono strutture assistenziali che superano l'inaccessibilità di alcuni contesti attraverso l'uso di droni per il trasporto di medicinali e beni di prima necessità. Le basi sono costruite con materiali semplici e naturali senza necessità di una manodopera specializzata. In particolare i mattoni di terra cruda sono realizzati con una pressa manuale in situ, mentre le strutture voltate in legno sono prefabbricate e trasportate in container in cantiere. La prima di queste è stata proposta alla Mostra Internazionale di Architettura della Biennale di Venezia del 2016, con l'ambizione entro il 2030 della dotazione esclusiva di un droneport per ogni piccolo centro

### 3.21 DRONEPORT

Rwanda / 2015

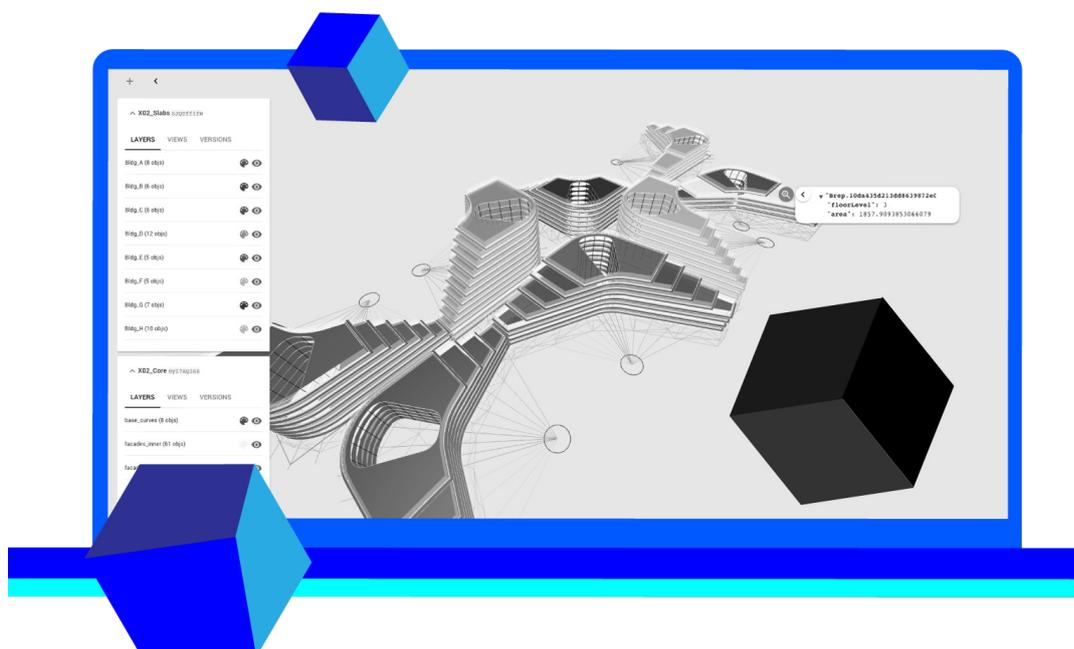
©Foster and Partners

I “droneport” sono strutture assistenziali che superano l’inaccessibilità di alcuni contesti attraverso l’uso di droni per il trasporto di medicinali e beni di prima necessità.

africano. Il prototipo della singola volta è stato realizzato da 6 operai in 3 settimane in Durarbrick, un blocco naturale di terra e cemento compressi (18000 unità) prevedendo, per le strutture assistenziali complete, l’impiego di Solarbrick, un mattone da costruzione a carico solare. I cantieri immaginati da Foster ruoteranno intorno a un duplice uso dei droni: da un lato per il rifornimento di medicinali e beni di prima necessità, dall’altro per il trasporto di strumentazione elettronica e per il commercio online, coprendo in previsione il 44% della Rwanda. Secondo la Banca Mondiale la domanda di droni e conseguenti strumentazioni e infrastrutture supererà i 130 miliardi di USD nel prossimo futuro.

Cambiando completamente ambito applicativo, l’esperienza di **Speckle.works** si inserisce nel quadro dei servizi a imprese e progettisti per la condivisione ottimizzata di competenze e software. Sviluppato dalla GitHub, Speckle è una piattaforma open source che intende re-immaginare il processo progettuale e realizzativo a partire dal web. Finanziato da un progetto dell’European Union’s Horizon 2020, questo servizio serve a sviluppare una piattaforma estendibile per la comunicazione e la collaborazione tra professionisti coinvolti nel processo edilizio, condividendo informazioni e plug-in per Rhino, Grasshopper, Dynamo, Blender, Unity, THREE Js e Vue JS. Il progetto è provvisto della licenza di software libero (MIT License) e rappresenta un servizio in continua espansione e diffusione.

### 3.22 SPECKLE.WORKS





A concludere questa sintetica disamina di possibilità del processo costruttivo nella digitalizzazione, si inserisce un caso emblematico e sintetico delle caratteristiche finora descritte: la **Media-TIC** (Barcelona, Spagna / 2007 - 2009) dell'architetto Enric Ruiz-Geli. Si tratta infatti di un edificio manifesto che assorbe in sé un concentrato di sostenibilità e digitalizzazione in architettura. La sperimentazione nel campo della progettazione e del cantiere non ha certamente ottimizzato i costi, che si aggirano intorno ai 24,5 milioni di euro per un edificio dalle proporzioni cubiche di lato 40 m, con una media di 1234 €/mq. L'edificio, provvisto di una struttura in acciaio e una pelle esterna di ETFE (Etilene Tetrafluoroetilene), è stato realizzato dalla collaborazione

### 3.23 MEDIA-TIC

Barcelona, Spagna / 2007 - 2009

"Media-TIC / Enric Ruiz Geli" 09 Feb 2010.

ArchDaily. 2 Maggio 2019.

Le istanze high-tech con finalità ecosostenibili e di comfort ambientale hanno determinato il carattere sperimentale dell'edificio.

tra gli architetti (CLOUD 9, fondata da Ruiz-Geli), la società di ingegneria BOMA (di Augustí Obiol) e l'impresa costruttrice Bujvar Construcciones. Centrali, durante l'intero ciclo progettuale e realizzativo, sono stati gli impieghi dei sistemi CAD (Computer-Aided Design) e CAM (Computer-Aided Manufacturing), oltre che l'uso di una piattaforma idraulica mobile di cantiere che ha permesso di progredire gradualmente nella realizzazione della complessa struttura dell'opera. Le istanze high-tech con finalità ecosostenibili e di comfort ambientale hanno determinato il carattere sperimentale dell'edificio e aperto la strada alla sperimentazione nel campo delle tecnologie avanzate e della digitalizzazione applicate all'industria delle costruzioni.

## 3.2

### ELEMENTI E CASI STUDIO

#### LA DIGITALIZZAZIONE DEL PROCESSO COSTRUTTIVO

La collezione di casi studio presentata - certamente non esaustiva - testimonia il fatto che la digitalizzazione in edilizia non sia una proiezione del futuro, ma una vera e propria realtà.

Ciò che non è ancora possibile valutare con chiarezza sufficiente sono certamente i prodotti di questi processi che vanno trasformandosi. L'innovazione portata da nuovi strumenti e necessità, infatti, produce spesso progetti non misurabili secondo le metriche tradizionali dell'edilizia. La possibilità di gestire con precisione matematica modelli sempre più complessi determina il conseguente bisogno di affinare gli strumenti di valutazione. Un semplice esempio può essere legato alle certificazioni ambientali. Se fino ad ora le certificazioni si basavano sulle qualità del manufatto edilizio, misurate sugli elementi costruttivi (in particolare sugli involucri), ora - grazie alla possibilità di immagazzinare e gestire dati sempre più complessi - è possibile misurare l'efficienza di un edificio sulla base del benessere degli occupanti e del sistema territoriale cui si rapportano. D'altra parte, anche tutte le certificazioni legate al processo richiedono forzatamente una revisione di fronte all'inserimento nel settore di attori non umani. La robotica sta assumendo un ruolo sempre più centrale affiancando e supportando l'uomo non solo nei lavori più faticosi, ma soprattutto in quelli che - in funzione di una maggiore efficienza - richiedono una precisione difficilmente raggiungibile altrimenti.

É possibile misurare l'efficienza di un edificio sulla base del benessere degli occupanti e del sistema territoriale cui si rapportano.

Nella maggior parte dei casi selezionati emerge come il risultato sia raggiunto attraverso l'integrazione completa delle competenze.

In questi termini anche la produzione di elaborati grafici semantizzati (e.g. BIM), oltre a essere richiesta dai quadri normativi in corso di aggiornamento, permette un'accelerazione delle procedure di controllo dell'errore e della sua risoluzione.

La rivoluzione copernicana delle costruzioni è sostanzialmente in corso.

A partire da queste considerazioni è dunque possibile solo ipotizzare quali saranno le conseguenze di tutto questo. La digitalizzazione di una parte sostanziosa del progetto edilizio rende urgente la costituzione di sistemi di aggiornamento e apprendimento continuo. Le tecnologie digitali, infatti, hanno tempi di evoluzione e perfezionamento decisamente più rapidi rispetto alle tecnologie tradizionali. Ciò che occorre fare, dunque, è istituire servizi di trasferimento di conoscenza secondo codici condivisi, non solo all'interno dei singoli gruppi corporativi, ma ancora di più tra le corporazioni di diverse categorie.

La capacità di condividere conoscenza sulla base di linguaggi comuni - o facilmente traducibili - diventa l'elemento sostanziale per la produzione di un vantaggio competitivo per l'industria delle costruzioni. La condivisione, infatti, è alla base dell'innovazione, permette a nuove soluzioni e spunti di diffondersi - quindi perfezionarsi - offrendo, di conseguenza, l'opportunità di andare oltre.

Nella maggior parte dei casi selezionati emerge come il risultato sia raggiunto attraverso l'integrazione completa delle competenze. Tentare di anticipare - fin quasi alle prime fasi del progetto - l'interazione con tutti gli attori coinvolti, sembra essere la strada da perseguire ora; ma non è detto che sia l'unica.

Il fatto che queste nuove opportunità di interazione stiano riportando al centro il valore del prodotto edilizio, invece di interessi parziali, offre inedite opportunità di scambio e successo per le comunità attive sul processo stesso. D'altra parte è vero che, allo stato attuale, i processi di digitalizzazione sono analizzati principalmente partendo dalle ripercussioni che potranno avere sul mercato del lavoro. Anche in questo senso, come nel caso di ogni processo di innovazione, sarebbe miope immaginare e prevedere solo questo tipo di cambiamento. I fatti del passato insegnano, infatti, come ogni innovazione apra sempre a prospettive inedite, ma soprattutto solo parzialmente prevedibili.

# APPENDICE INTERVISTE



## INTERVISTE

### FABIO BAZZUCCHI



Visiting Scholar Senseable City Lab - Massachusetts Institute of Technology

Fabio è un ricercatore di Structural Stability. Attualmente è uno studente di MSCA per un progetto congiunto UE ospitato dal MIT Senseable City Lab, dal Politecnico di Torino e dalla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa. Il suo interesse principale è la percezione della forma e l'equilibrio strutturale, tra cui la teoria del caos, la valutazione del rischio, l'intelligenza artificiale, la visione artificiale e le scienze cognitive. Ha conseguito un dottorato di ricerca in ingegneria strutturale al Politecnico di Torino, ha visitato l'Università di Tokyo nel 2016, ed è stato premiato con la borsa di studio EZ Zegna e il premio Leonardo Innovation.

Un'architettura vive, una città vive, il singolo edificio vive. E come per tutti gli esseri viventi, esistono sintomi di un'età e di un metabolismo che possono essere catturati ed interpretati.

***Il mondo delle costruzioni sta cambiando e anche le amministrazioni e le stazioni appaltanti stanno adeguando prassi e processi. In questi termini, gli attori del settore sono costretti a rinnovare strutture, procedimenti e strumenti. In che modo state interpretando questo cambiamento e quali direzioni perseguite?***

Garantire la sicurezza alla velocità in cui il settore edilizio sta cambiando è la vera sfida che ci riguarda. Da una parte, i nuovi materiali e l'utilizzo di quelli riciclati in ambito strutturale richiedono test di accettazione affidabili e predittivi. Dall'altra, le costruzioni esistenti vanno adeguate ai concetti moderni di sicurezza strutturale, compensando inoltre degrado e ignoranza sulle informazioni. La direzione inseguita è quella di creare dei sistemi di interazione ed interfaccia con il corpo edilizio. Studiando sistemi diagnostici per quello che è già stato creato, ed integrando dispositivi di screening per le nuove costruzioni. A suo modo infatti, un'architettura vive, una città vive, il singolo edificio vive. E come per tutti gli esseri viventi, esistono sintomi di un'età e di un metabolismo che possono essere catturati ed interpretati. L'organismo edilizio, come l'essere umano, ha una natura complessa ed estremamente vasta nel numero e nell'estensione dei suoi componenti. Ecco perché un approccio esteso, globale e diffuso è l'unico che crediamo possa rispondere positivamente alle richieste di una umanità sempre più numerosa ed urbana.

***Ci potreste raccontare una specifica esperienza nella quale considerate di aver prodotto innovazione o utilizzato strumenti o metodologie innovative?***

Posso citarne due. Un primo progetto pilota, chiamato VulneraCities, ha esplorato la possibilità di valutare la vulnerabilità sismica a scala di edificio attraverso fotografie open source. Il sistema di computer vision, basato su una intelligenza artificiale, è stato addestrato con un database delle scale di danno e catalogazione sismica dei terremoti italiani degli ultimi 20 anni. Un altro progetto decisamente più consistente, in collaborazione con ANAS, dal nome Bridge Design Pattern ha invece riguardato il monitoraggio della tangenziale di Fossano dopo il crollo del sovrappasso

SS 231 integrando analisi fotografiche e fibre ottiche. I dati sono stati utilizzati per creare di metamodelli in cloud, accessibili real time.

***Quanto rapidamente ritiene che queste innovazioni diventeranno prassi? E quale crede che possa essere l'impatto pratico sulle attività legate alla costruzione?***

Il volume di investimenti del settore R&D nell'Intelligenza Artificiale fanno ben sperare per la creazione di metodologie robuste e sicure per la diagnosi e la progettazione integrata nei prossimi 10 anni. Ma sarà la volontà politica delle istituzioni a dettare l'agenda. I tanto decantati fattori di sicurezza probabilistici o semi probabilistici non sono altro che il prodotto di scelte economiche e di sviluppo associate ad un rischio accettabile. I grandi player occidentali sono alla ricerca del raggiungimento di una soglia limite di resilienza di tipo spread out, mentre i paesi in via di sviluppo puntano all'efficienza estrema attraverso la condensazione delle conoscenze passate per la progettazione futura. Due approcci ben diversi alla gestione e all'analisi dati. Per quanto riguarda l'Italia, i crolli recenti nel panorama delle infrastrutture e delle costruzioni in zona sismica urlano per un cambio di rotta per la gestione del prodotto edilizio, chissà se avranno raggiunto qualche ascoltatore.

## INTERVISTE

### JOHN CERONE



Direttore del dipartimento di Virtual Design & Construction presso SHoP Architects.

John Cerone è Coordinatore dell'Advanced Technology Group di SHoP Construction per il Virtual Design e la Costruzione; specializzato in Building Information Modeling (BIM), ha guidato SHoP nello sviluppo delle sue tecnologie e dei suoi processi e ricoperto il ruolo di Professore Aggiunto alla Parsons New School for Design, in cui ha insegnato BIM e rappresentazione digitale.

Ha conseguito la Laurea in Architettura alla School of Architecture della Miami University di Oxford, Ohio (2002), e un Master in Architettura presso la Graduate School of Architecture, Planning and Preservation alla Columbia University (2008). Viene riconosciuto a livello internazionale come un riferimento per gli usi futuri delle tecnologie nel design e nelle costruzioni. Attualmente rappresenta SHoP presso il Design Futures Council ed è a capo di Dassault Systèmes come parte di un gruppo interdisciplinare che segue Boeing and Tesla. Il suo lavoro per SHoP comprende un ruolo di spicco nello sviluppo delle tecnologie che hanno portato al successo del Barclays Center, il completamento tramite VDC del Botswana Innovation Hub, progetti tecnologici e mostre presso l'Intrepid Sea, Air and Space Museum in New York. Prima di far parte di SHoP, John ha contribuito al design della Sand Gallery di New York, una mostra per il Guggenheim a Vienna, l'Akron Art Museum in Ohio, e il Peoria Performing Arts Center in Arizona.

**Il nostro approccio generale è di connettere in maniera diretta progetto e realizzazione.**

Innanzitutto, il nostro lavoro legato al progetto in ambiente costruito. La nostra visione sistemica globale è difficilmente coordinabile: gli edifici sono complessi, esattamente come la comunicazione, ci vogliono enormi team che costruiscono; tutto questo richiede svariate competenze di differenti campi che collaborano. Di questa grande complessità, quello che resta è la parte di progettazione, i “cosa stai facendo” e i “perché lo stai facendo” finiscono per essere sfortunatamente una parte molto ridotta del lavoro, una percentuale veramente piccola rispetto al “come lo farai” e alle istruzioni per realizzare il progetto. Quindi, se possiamo automatizzare una consistente parte del “come”, avremo più tempo per focalizzarci sul “perché” e sul “cosa”, e noi crediamo che questo possa produrre ambienti costruiti migliori.

***Il mondo delle costruzioni sta cambiando, e persino le amministrazioni e le società appaltanti stanno adattando le loro pratiche e i processi rispetto a questo dato di fatto. In queste condizioni, i principali attori nel settore delle costruzioni sono obbligati a rinnovare le loro strutture, le loro procedure e gli strumenti. In che modo, lei e il vostro team, state interpretando i cambiamenti nelle costruzioni, e quali nuove direzioni state esplorando?***

Il nostro approccio generale è quello di connettere progetto e realizzazione in maniera diretta. Naturalmente, il nostro lavoro ha anche a che fare con la creazione di spazi migliori nell'ambiente costruito – questo è l'obiettivo primario. Generalmente noi puntiamo alle inefficienze dell'industria, e a come cortocircuitarle. Come usiamo gli strumenti digitali per cambiare il modo in cui applichiamo la nostra autorialità e, più importante, in cui consegniamo un progetto? Quello che stiamo cercando di fare rifugge dalla rappresentazione. È ovviamente una visione sul lungo termine, che punta a rimuovere tutta la rappresentazione superflua e ad arrivare alla singolarità dell'ambiente: un progetto è un'entità singola che evolve dalla progettazione alla realizzazione. Ecco dove puntiamo di arrivare. Il problema sta nel fatto che il modello esistente, gli attuali criteri contrattuali e il modo in cui il settore delle costruzioni è impostato, non ci permettono di lavorare come vorremmo. Boeing fa gli aeroplani e Tesla fa le automobili: entrambe tengono sotto controllo il

loro prodotto, e ovviamente esternalizzano processi e lavorano con produttori e fornitori, ma si tratta di entità singole. Invece, architettura, ingegneria e mondo delle costruzioni sono settori molto separati e frammentari, e le implicazioni legali che ne derivano portano a inefficienze nella comunicazione tra gli attori. Esiste, quindi, un processo che evolverà dall'interno dei meccanismi che governano questo settore, e poi ci saranno degli interruttori esterni che produrranno un nuovo modello.

***Può spiegare meglio cosa intende per rappresentazione?***

Ora come ora, gli strumenti che usiamo in quanto architetti, e quindi gli strumenti che le stazioni appaltanti usano per costruire, così come gli strumenti che usiamo per generare modelli finanziari, sono allineati. Per esempio, molto esplicitamente, noi lavoriamo con Rhinoceros, tendiamo a disegnare in Rhinoceros e l'autorialità dei nostri progetti avviene tramite Rhinoceros. In precedenza, quando il rendering di Rhinoceros non era sufficiente, era necessario esportarlo e un team di rendering avrebbe utilizzato 3D Studio Max. I nostri set di documenti per la costruzione sono invece prodotti con Revit, software che utilizziamo come strumento di rappresentazione 2D. Inoltre, esiste un'intera suite per condividere le informazioni 3D, per poi far passare il file in Navisworks, per esempio. Ci sono tutti questi diversi strumenti. Per ognuno di questi, l'esportazione di un file, passando attraverso il nostro team specifico, finisce per produrre un rendering. Quel prodotto è una rappresentazione del progetto, esso è morto, non è vivo, e viene esportato e lavorato da team diversi per generare, alla fine, un rendering che è fisso su un muro o sul nostro sito web. Questo processo è completamente statico ed è una diramazione del vero continuum di dati che è il progetto. Quindi, se, per esempio, si modella in maniera naturale con uno strumento, si può ottenere una progressione nel software in uso (come Enscape, che sta emergendo, o Rhinoceros più in generale), dove la finestra di lavoro è la migliore forma di visualizzazione: la si può renderizzare, così da non dover lasciare da parte il software originale per creare delle immagini, ad esempio. Oppure si tratta di un plug-in dove, cliccando, ci si ritrova nella realtà virtuale, e quindi non si sta

esportando un modello separato per farci qualcosa di specifico o per comunicare con qualcun altro. Questi esempi sono il tipo di risultato che intendiamo per rappresentazione: ogni volta è qualcos'altro, e sai che di solito è per comunicare con qualcuno, di fatto. Quindi, in un certo senso, una e-mail a un appaltatore su un dettaglio o una specifica di progetto è anch'essa una forma di rappresentazione, è una rappresentazione testuale. Ma se collegassimo il nostro disegno CAD in forma di rappresentazione 3D al tasto destro del mouse scrivendo: «hey, guarda questo», e il link che si apre è una visione dal vivo del modello che stiamo usando, allora tutto è più corretto, ed è questo il tipo di ambienti ai quali ci stiamo avvicinando. È semplicemente veloce: la rappresentazione definitiva più corposa è il set di documenti 2D, e rappresenta il tipo più estremo di rappresentazione derivata. Essa è il materiale condivisibile tradizionale, ma stiamo usando sempre di più modelli 3D, realtà virtuale e coordinate. Che cos'è un progetto, in realtà? Questo è l'argomento. Il progetto è quell'ambiente modellato in 3D che lo descrive, ma il vero risultato finale è questo insieme bidimensionale, che rappresenta il progetto. Quindi questo è il grosso problema nel nostro settore, ed è usuale che i disegni 2D siano una rappresentazione congelata e disgiunta di un progetto.

**Un progetto è un'entità singola  
che evolve dalla progettazione  
alla realizzazione.**

semplicemente veloce: la rappresentazione definitiva più corposa è il set di documenti 2D, e rappresenta il tipo più estremo di rappresentazione derivata.

*Come si pone rispetto all'uso più avanzato degli strumenti digitali in questo processo - come pensa che si riferisca al suo rapporto più stretto anche con il processo di costruzione?*

Mentre ci concentriamo sulla parte del processo produttivo, nelle direzioni in cui pensiamo si stia muovendo questa industria, si chiamano in causa strumenti diversi (costruzione off-site, prefabbricazione, con diversi nomi e connotati) che si presentano in forme variabili – che si tratti di analisi, di costruzioni modulari o cos'altro – con l'idea di fondo di un processo di fabbricazione, magari guidato da una macchina. Molto di tutto questo ha rivoluzionato le industrie aerospaziali e automobilistiche negli anni '70, perché i prodotti possono seguire un modello digitale, una rappresentazione 3D o un CAD 3D se preferisce. I nostri esperimenti nel Barclays – che è stato interessante perché nel processo abbiamo prodotto quanto più possibile direttamente a partire dal modello digitale – e in Botswana hanno dimostrato la possibilità di condivisione del modello in tre dimensioni, un modello per la fabbricazione, e le uniche limitazioni sono state le macchine dei fabbricatori con i quali lavoravamo. Alcune di queste possono ricevere input diretti, altre hanno bisogno di essere umanamente leggibili. Noi abbiamo quindi dovuto creare dei manuali di fabbricazione, istruzioni che le persone dovevano inserire nelle macchine che non ammettevano un processo di fabbricazione diretta. Nel progetto in Botswana, dove l'idea di manodopera in Africa equivale a: «bene, i lavoratori sono economici ma affatto qualificati», l'impresa in Sud Africa ha ricevuto un insieme fenomenale di attrezzature e pacchetti di istruzioni - tutto quello che abbiamo fatto è stato dare loro modelli 3D e un disegno di assemblaggio, quindi abbiamo eliminato per intero i favolosi disegni bidimensionali e abbiamo dimostrato che il modello può essere condivisibile con costruttori e clienti. E l'idea è, dal momento che abbiamo un forte interesse nelle costruzioni in legno CLT (Cross-Laminated Timber) modulare, quella di usarlo nei processi in cui è possibile adottare lo stesso approccio basato sul modello, applicandolo a un intero edificio.

*Il Botswana Innovation Hub sembra un progetto dove molte delle vostre idee innovative sono state messe in pratica. Potrebbe dirci qualcosa in più di cosa è cambiato in questo progetto?*

In Botswana ci sono stati alcuni passi importanti, e di nuovo tutta questa roba è divertente per il continuum che caratterizza i nostri progetti. Il Barclays Center era una manifestazione di idee con le quali l'azienda ha iniziato: c'era un padiglione dieci anni prima di Barclays, il padiglione PS1, che era molto lo-fi e l'idea era quella di consegnare un modello a processo concluso. Barclays rappresentava, quindi, l'ultimo passo di questo aspetto, concettualmente un processo. Si trattava del 3D come elemento di condivisione diretto alla produzione, una sorta di manuale di fabbricazione ibrido per la produzione diretta con CNC e schede di fabbricazione. E per essere chiari, nel Barclays abbiamo usato CATIA V5, che è costituito da un insieme di file sul server. Quindi, il grande cambiamento è che si modella ogni pezzo a parte ed è tutto memorizzato localmente sul disco rigido del nostro progetto. Un grande cambiamento in Botswana è stato il passaggio a un sistema basato su cloud, in modo che i programmi condividano le loro soluzioni sul cloud e che tutti possano accedervi e lavorarci contemporaneamente. Tutto questo è visibile attraverso i visualizzatori web. Quindi, per riassumere,

Un grande cambiamento in Botswana è stato il passaggio a un sistema basato su cloud, in modo che i programmi condividano le loro soluzioni sul cloud e che tutti possano accedervi e lavorarci contemporaneamente.

il grande cambiamento nel progetto del Botswana è stato un approccio basato sul cloud alla modellazione. Abbiamo spinto oltre l'idea del modello come prodotto consegnabile, rimuovendo il 95% dei disegni anche da Barclays, che sono molti. Abbiamo digitalizzato il sito. Stavamo facendo tutto questo, la maggior parte del lavoro, dai nostri uffici di New York, inviando informazioni di costruzione a un fabbricatore di Cape Town, in Sud Africa, che consegnava quei pacchetti di installazione dell'edificio in Botswana. L'unico modo per fare questo è avere una rappresentazione molto fedele di ciò che è presente sul sito di progetto, ed è quindi stata eseguita una scansione laser. Siamo diventati abbastanza bravi nell'usare i dati digitalizzati e l'acquisizione della realtà che, in questo caso, avveniva in diretta. Abbiamo quindi estrapolato la nuvola di punti e coordinato, in anteprima, i nostri modelli di fabbricazione su di essa. Questo è stato un grande passo in avanti, per averlo fatto fin dall'inizio del processo. Per Barclays, era avvenuto in modo retroattivo, mentre questa volta l'abbiamo fatto da principio. Ricapitolando, sistema basato su cloud, nessun disegno, sito digitalizzato, e poi... abbiamo costruito molti strumenti personalizzati: il sistema di tracciamento del modello 3D in tempo reale, il sistema logistico che abbiamo usato per coordinare le persone a Cape Town, in Sud Africa, e in Botswana per lo stato della produzione, lo stato dell'installazione, lo stato delle versioni di fabbricazione da parte di SHoP - tutto questo con un continuo tracciamento e controllo. Abbiamo creato un visualizzatore web personalizzato per condividere tali informazioni e per consentire alle persone di aggiornare il proprio stato di lavoro. Questa era un'altra grande differenza del Botswana, perché si tratta di un insieme di strumenti fatti in casa che sono stati perfezionati per fare esattamente quello che vogliamo che facciano, mentre in precedenza usavamo cose più pronte all'uso.

***Quanto velocemente immagina che queste innovazioni diventeranno una prassi regolare?***

Assumo sempre una sorta di approccio allarmista, perché mi piace emozionare, o essere emozionato, o emozionabile... ci provo almeno. Spaventare non è la parola giusta, cerco di essere allarmista perché crediamo che questo settore sia destinato a cambiare. Cambierà inevitabilmente, sia che si tratti di una rapida perturbazione, sia di una lenta bruciatura. Questa industria è resistente al cambiamento, quindi le cose si svilupperanno normalmente come se fossero a una velocità relativamente bassa, ma pensiamo che ci siano delle interruzioni, che capovolgeranno alcune prassi, e in quel caso le aziende dovranno reagire abbastanza rapidamente per tenere il passo.

***Quale crede sarà l'effetto pratico sulle costruzioni?***

Penso che vedremo molto di più - una mossa, o come si preferisce chiamarla, una costruzione off-site, produzione, prefabbricazione, qualunque sia il termine che si vuole usare. I processi saranno guidati dal CNC, coordinati digitalmente e portati sul sito in forma di prodotti più lavorati.

**Crediamo nel progetto e nella realizzazione; e più digitalmente fluenti diventiamo, migliore sarà il progetto che possiamo offrire.**

Ovviamente, ci appassiona molto tutto questo: ci sono un sacco di cose che stiamo facendo e che non possiamo raccontare, ma ci siamo inseriti in questioni che affrontano davvero questi temi, perché, ancora una volta, ci crediamo, crediamo nel progetto e nella realizzazione; e più digitalmente fluenti diventiamo, migliore sarà il progetto che potremo offrire.

## INTERVISTE

### CARLO RATTI



Direttore MIT Senseable City Lab

Fondatore studio Carlo Ratti Associati

Architetto e ingegnere, Carlo Ratti insegna al MIT di Boston, dove dirige il Senseable City Laboratory, ed è fondatore dello studio internazionale di design e innovazione Carlo Ratti Associati. Tra i protagonisti del dibattito sull'influenza delle nuove tecnologie in campo urbano, suoi lavori sono stati esposti da istituzioni culturali tra cui la Biennale di Venezia, il Design Museum di Barcellona, il Science Museum di Londra e il MoMA di New York. Due dei suoi progetti - il Digital Water Pavillion e la Copenhagen Wheel - sono stati nominati "Best Inventions of the Year" dalla rivista Time. Inserito nella Smart List delle "50 persone che cambieranno il mondo" del magazine Wired, Carlo Ratti ricopre attualmente l'incarico di copresidente del World Economic Forum Global Future Council su Città e Urbanizzazione.

L'integrazione tra componente digitale e spazio fisico costituisce una ricerca costante che ha consentito di raggiungere risultati molto interessanti nei progetti più recenti.

***Il mondo delle costruzioni sta cambiando e anche le amministrazioni e le stazioni appaltanti stanno adeguando prassi e processi. In questi termini, gli attori del settore sono costretti a rinnovare strutture, procedimenti e strumenti. In che modo state interpretando questo cambiamento e quali direzioni perseguite?***

Occorre ricercare sempre maggiore integrazione tra i vari attori coinvolti nel processo progettuale. Non mi riferisco soltanto alla parte creativa, architetti e ingegneri, ma anche alla parte autorizzativa e di costruzione. Piattaforme di condivisione uniche e condivise a tutti i livelli accorciano drasticamente non solo i tempi di progettazione ma anche i tempi di approvazione e controllo, evitando inutili colli di bottiglia. Abbiamo da poco terminato il processo autorizzativo per una nuova torre di 280m a Singapore progettato insieme allo studio danese BIG. L'esperienza è stata molto interessante e stimolante dal punto di vista degli strumenti usati per la condivisione e il controllo degli elaborati progettuali. La presentazione all'Urban Redevelopment Authority di Singapore, l'ente preposto al rilascio dell'autorizzazione alla costruzione, avviene esclusivamente in maniera digitale. Il progettista deve consegnare un modello BIM dell'edificio. Il modello viene posizionato all'interno di un modello tridimensionale a scala urbana che raccoglie tutti i modelli BIM dei singoli edifici già approvati nella città di Singapore. Durante la presentazione, grazie all'ausilio di una potente proiezione su una parete curva di dimensioni pari a 10m, la Commissione può navigare in tempo reale il modello tridimensionale dell'intera città e valutare l'impatto del nuovo edificio. Successivamente all'approvazione della Commissione, il progettista deve presentare un modello fisico dell'edificio che viene posizionato all'interno di un modello dell'intera città posizionato nell'hall dell'edificio dell'URA. Tutti i cittadini possono così vedere il nuovo edificio e il suo impatto nel tessuto urbano. Sempre per lo stesso progetto, abbiamo elaborato un video che ha simulato il timelapse delle operazioni di cantierizzazione e costruzione. Il video è stato usato durante le fasi di presentazione alla stampa del progetto per dimostrare l'impatto delle fasi di costruzione sulla vita dei cittadini.

In generale l'esperienza di Singapore ha dimostrato una sempre maggiore integrazione tra i vari attori coinvolti grazie all'uso delle tecnologie correnti ma anche e soprattutto la conseguente possibilità di maggiore trasparenza e condivisione del processo progettuale e di costruzione con la cittadinanza.

***Ci potreste raccontare una specifica esperienza nella quale considerate di aver prodotto innovazione o utilizzato strumenti o metodologie innovative?***

L'innovazione costituisce un elemento fondante nella ricerca progettuale del nostro studio. Lavoriamo a scale molto diverse dal product design all'exhibit design, dall'architettura fino ai progetti a scala urbana. Tutti i nostri progetti ricercano nell'innovazione - programmatica, funzionale, tecnologica - e soprattutto nella creazione di una esperienza utente la chiave del successo. Alcuni dei nostri progetti portano poi al deposito di brevetti o alla nascita di startup per proporre l'innovazione sul mercato. L'integrazione tra componente digitale e spazio fisico costituisce una ricerca costante che ha consentito di raggiungere risultati molto interessanti nei progetti più recenti. Nel progetto per la nuova sede della Fondazione Agnelli, per esempio, grazie ad un uso avanzato delle tecnologie IoT, lo spazio è in grado di adattarsi in tempo reale ai bisogni dei propri utenti. Abbiamo collaborato con Siemens Italia per dotare l'edificio di centinaia di sensori digitali, in grado di monitorare variabili tra cui la posizione delle persone nell'edificio, la temperatura in ogni stanza, la concentrazione di anidride carbonica e la disponibilità delle sale riunioni. Grazie a una app per smartphone, ciascun utente dell'edificio può andare ad agire sul sistema di controllo BMS, personalizzando la propria esperienza del luogo di lavoro. Una volta che un occupante dell'edificio seleziona i propri livelli di temperatura e luce preferiti, il BMS risponde di conseguenza, regolando luce, riscaldamento e aria condizionata in corrispondenza della singola scrivania. Grazie ai sensori di presenza e di movimento, il sistema è in grado di seguire gli occupanti mentre si muovono nell'edificio, creando una "bolla termica" individuale. Una volta che una persona lascia una stanza, l'ambiente ritorna da solo in modalità standby, risparmiando energia. Un'altra caratteristica della App riguarda la possibilità per gli utenti di prenotare spazi e

servizi – dalle sale riunioni alle scrivanie condivise. Gli utenti possono rendere nota la propria posizione all'interno dell'edificio. In questo modo non soltanto diventano possibili migliori interazioni tra colleghi, ma si predispone anche un terreno di prova per ricerche sui legami tra il design degli spazi di lavoro e i livelli di produttività. Nel futuro prossimo, analizzando le statistiche d'uso dell'edificio, sarà possibile non solo capire come le persone si comportano in un determinato spazio ma anche attivare processi di manutenzione mirati sulla base dell'uso dei singoli spazi. Il fatto che questo sistema sia stato implementato su un edificio esistente getta la basi per operazioni di retrofitting del patrimonio edilizio, a costi relativamente contenuti, ma con alto tasso di innovazione. In questo progetto abbiamo lavorato a tutte le scale, dall'architettura fino ad arrivare al mockup dell'interfaccia utente, sviluppando le tecnologie IoT in stretta collaborazione con il partner tecnologico per fornire al Cliente un prodotto integrato e scalabile.

Spesso ancora c'è l'idea di trovarsi su due sponde opposte, da un lato l'architetto dall'altro l'impresa costruttrice.

C'è da auspicare invece una sempre maggiore capacità di condivisione e collaborazione con le imprese legate al settore della costruzione.

*Quanto rapidamente ritiene che queste innovazioni diventeranno prassi? E quale crede che possa essere l'impatto pratico sulle attività legate alla costruzione?*

Nella nostra attività quotidiana abbiamo visto un'evoluzione continua degli strumenti a servizio della progettazione in nome di una sempre maggiore semplicità di uso e diffusione. Elaborazioni e simulazioni complesse, prima oggetto di consulenze specifiche, sono state integrate in maniera seamless nel processo progettuale. Questo garantisce maggiore reattività e possibilità di testare molteplici soluzioni alternative in tempi brevi. Spesso ancora c'è l'idea di trovarsi su due sponde opposte, da un lato l'architetto dall'altro l'impresa costruttrice. C'è da auspicare invece una sempre maggiore capacità di condivisione e collaborazione con le imprese legate al settore della costruzione. Operazioni di mock-up, modellazione e controllo delle operazioni in cantiere, ottimizzazione delle soluzioni tecnologiche e costruttive adottate, adozione di processi di digital fabrication dovrebbero diventare strumenti quotidiani di lavoro. Ripartendo dall'importanza di un progettualità integrata e non dall'autorialità o dalle specializzazioni del singolo dobbiamo portare il costruito e le esperienze che questo abilita al centro del processo.





**CARLO RATTI ASSOCIATI®**  
26 Corso Q. Sella, 10131 Torino - Italy  
T +39 011 19694270  
info@carloratti.com  
www.carloratti.com





**CARLO RATTI ASSOCIATI®**

26 Corso Q. Sella, 10131 Torino - Italy

T +39 011 19694270

[info@carloratti.com](mailto:info@carloratti.com)

[www.carloratti.com](http://www.carloratti.com)