

POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Ambienti collaborativi per la condivisione della conoscenza: prime applicazioni di Building Information Modeling in ambito pubblico - Collaborative environments for knowledge

Original

Ambienti collaborativi per la condivisione della conoscenza: prime applicazioni di Building Information Modeling in ambito pubblico - Collaborative environments for knowledge sharing: first Building Information Modeling applications for Public Works / LO TURCO, Massimiliano; Bocconcino, MAURIZIO MARCO. - In: DISEGNARE CON.... - ISSN 1828-5961. - ELETTRONICO. - 9:16(2016), pp. 1-10.

Availability:

This version is available at: 11583/2659000 since: 2021-02-19T11:59:10Z

Publisher:

Università degli Studi dell'Aquila

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Ambienti collaborativi per la condivisione della conoscenza: prime applicazioni di Building Information Modeling in ambito pubblico

Collaborative environments for knowledge sharing: first Building Information Modeling applications for Public Works

Le nuove tecnologie digitali, in continua evoluzione e perfezionamento rispetto alle pratiche consolidate, sono basate su un approccio di natura sistemica e relazionale che propone (o forse impone!) di esaminarne i linguaggi collaborativi e comunicativi, indagandone insieme gli attuali livelli di diffusione. L'azione normativa stessa, posta in essere negli ultimi anni in Europa, estende di queste tecnologie gli orizzonti operativi.

Alcune tassonomie saranno proposte attraverso l'illustrazione di casi studio elaborati nel corso della collaborazione con gli uffici dell'Area Edilizia e Logistica del Politecnico di Torino, ateneo che da qualche anno, per le attività di manutenzione straordinaria e per gli importanti lavori che ne stanno ampliando spazi e funzioni, invita i professionisti a partecipare ad appalti BIM oriented, in linea con le principali best practice adottate nel Regno Unito, Europa e Stati Uniti.

Nowadays the role of new digital technologies is in constant evolution if compared with the more established practices. They are based on a systemic and relational approach that suggests (or better imposes!) to evaluate the limits and virtues, exploring new collaborative and communicative languages; at the same time, the dissemination of new tool need to be investigated in detail. Moreover, the tendering reform approved by the European Parliament extends the operational horizons of BIM methodologies.

It is intended to give substance to these topics: we will validate the proposed taxonomies through the illustration of some case studies developed through the collaboration with the Building Service of the Politecnico di Torino, which during the last years years invites professionals to attend BIM oriented procurement, according to requirements and best practices adopted in the UK, Europe and North America.



Massimiliano Lo Turco

Professore Associato ICAR/17 presso il DAD del Politecnico di Torino dal 2015. Dottore di Ricerca, conduce ricerche nel campo del rilievo, del disegno parametrico e della modellazione digitale dell'architettura. Si occupa da anni di analizzare le potenzialità del Building Information Modelling applicato all'intero processo progettuale, con particolare riguardo agli interventi sul Cultural Heritage.



Maurizio Marco Bocconcino

Ingegnere, Dottore di Ricerca. Studia e lavora su temi legati alle opere di ingegneria con attenzione ai sistemi informativi e informatici che ne supportano la realizzazione come strumenti di analisi e controllo in ambito accademico, istituzionale e professionale. Le ultime esperienze si sono focalizzate su applicazioni BIM integrate nelle fasi di cantiere e gestione dei manufatti, anche attraverso applicazioni web dedicate.

parole chiave: Minimum Modeling Requirement, BIM, Normativa, Lavori Pubblici, cantiere
keywords: Minimum Modeling Requirement, BIM, Public Law, building site

INTRODUZIONE MLT MMB

L'industria delle costruzioni sta vivendo negli ultimi anni un periodo di forti mutamenti in un fervido rinnovamento di saperi, prassi e tecnologie. Prendendo spunto da alcune contaminazioni filosofiche che da anni si occupano del tema delle ontologie sociali, con particolare attenzione alla documentalità[1] che gravita attorno al mondo dell'edilizia, si introducono alcune riflessioni mediante l'analisi di controversie che relazionano soggetti, oggetti e istituzioni [Ferraris, 2009]. La prima fra tutte può ascrivere nelle controversie di natura normativo-istituzionale, in relazione ai recenti dettami legislativi misurabili a scala nazionale e internazionale, di cui si analizzano i passaggi principali, con particolare riferimento alle ripercussioni in ambito di Lavori Pubblici.

La seconda controversia è di natura metodologico-strumentale, in riferimento alla recente diffusione di procedure di tipo BIM che di fatto innescano confronti, discussioni e divergenze di opinioni quotidianamente riproposti nei diversi contesti che afferiscono alla ricerca, alla formazione e alla professione.

Serve inoltre ragionare sulla possibilità di proporre conoscenze ed esercizi nell'esperienza accademica rivolta ai futuri professionisti che si traducano in un miglioramento di competenze e di abilità adeguate per gli impegni richiesti dal mondo delle costruzioni.

L'analisi sviluppata nei successivi paragrafi, che si rivolge prevalentemente a illustrare alcuni risultati frutto dell'attività condotta a metà tra professione e ricerca, riporta l'attenzione su una sollecitazione che appare vincolante e che riguarda il sistema delle relazioni richiesto tra gli operatori del processo progettuale e produttivo, a loro si domanda di misurare le opportunità offerte dalla ricerca della disciplina del Disegno, pur continuando a operare nella specificità dei diversi settori tecnici.

Restringendo il campo d'azione si intende dare sostanza a quanto asserito in principio, validando le tassonomie proposte attraverso l'illustrazione di alcuni casi studio elaborati attraverso la collaborazione con gli uffici dell'Area Edilizia e Logistica del Politecnico di Torino. Tale struttura rappresenta una tra le poche Stazioni Appaltanti pubbliche (ove appunto è stata forte la commistione tra ricerca, didattica e professione) che da qualche anno invita i professionisti a partecipare ad appalti *BIM oriented*, coinvolgendo enti terzi esterni

alle strutture d'Ateneo, presentandosi dunque in linea con i dettami normativi e con le principali *best practice* adottate nel Regno Unito, Europa e Stati Uniti.

La rappresentazione, attraverso la definizione dei fondamenti scientifici del disegno, è mezzo conoscitivo delle leggi che governano la struttura formale dei contenuti; per essere interprete dei processi di trasformazione edilizia deve necessariamente indagare metodi, tecniche e procedure che regolano anche i contenitori dei dati e i flussi informativi che da questi dipartono. Con il disegno quindi, e oltre le consuete rappresentazioni, sia si tratti di esplorare le ragioni del rilievo che quelle legate al progetto, si sta operando certamente un rinnovamento per le forme di elaborazione, utile per produrre differenti livelli di conoscenza e nuovo luogo condiviso per lo scambio e la discussione delle ipotesi, ma con quali possibili applicazioni?

ALCUNE RIFLESSIONI SUI PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI E INTERNAZIONALI MLT
Merita ricordare che l'adozione delle metodologie BIM in molti paesi esteri, congiuntamente alla riforma degli appalti votata in sede di Parlamento Europeo (*European Union Public Procurement Directive, EUPPD*), palesa una crescente richiesta di impiego di metodologie BIM nelle attività di progettazione del settore delle costruzioni per le opere pubbliche.

L'adozione della direttiva comporta che i ventisette Stati europei membri possono incoraggiare, richiedere o imporre l'impiego del BIM a partire dal 2016, come avverrà a breve per Inghilterra, Paesi Bassi, Danimarca, Finlandia e Norvegia dove se ne richiede con forza l'utilizzo per i progetti edili finanziati con fondi pubblici: ciò significa che in un futuro non troppo lontano sarà vincolante consegnare non più le sole elaborazioni in formato cartaceo, ma anche modelli digitali tridimensionali georeferenziati, redatti sempre nel rispetto di norme e convenzioni desunte dalla pratica professionale, dai quali potranno essere ricavate molteplici informazioni e su cui verranno attuate le procedure di validazione del progetto, con evidenti implicazioni legali connesse al grado di affidabilità del modello [Lo Turco, 2015].

Per quanto attiene alla normativa italiana sui Lavori Pubblici, la Riforma degli appalti avrà un avvio a scaglioni: recentemente la Commissione Ambiente della Camera ha dato il via libera al disegno di legge delega,

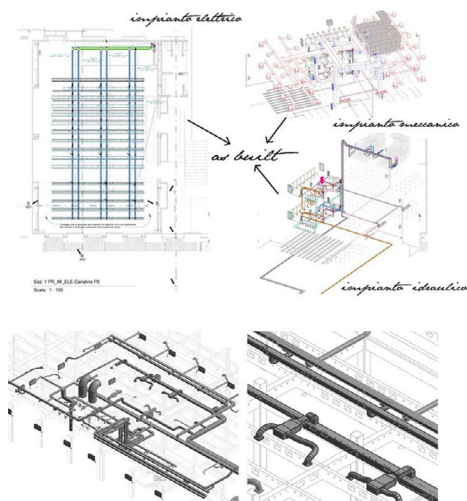
gettando le basi per riscrivere la disciplina dei contratti pubblici.

I recenti sviluppi prefigurati dal decreto legislativo n. 50 del 2016 mirano a razionalizzare le attività di progetto delle opere di natura pubblica e le relative verifiche, anche attraverso il progressivo impiego di metodi e strumenti elettronici specifici. Un rinnovato ruolo è dato in particolare agli studi di fattibilità (che di fatto dovrebbero sostituire, con una nuova formalizzazione, gli aspetti prima demandati alla progettazione preliminare) e all'elaborazione di formati di dati interoperabili su piattaforme aperte di cooperazione.

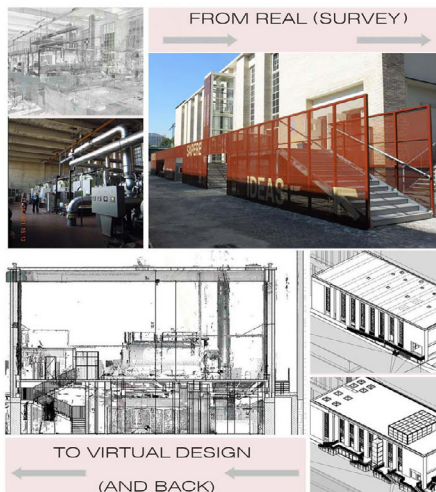
Così come il panorama internazionale e la prassi professionale hanno inciso sull'odierna apertura normativa - che arriva a includere modalità di gestione del processo edilizio nel verso di una maggiore trasparenza e condivisione -, così gli effetti di questa nuova visione del legislatore sicuramente si riveleranno come volano per le rapide mutazioni già in atto nell'ambito professionale, instaurando così un positivo circolo virtuoso che negli auspici dovrebbe promuovere e sostenere un deciso avanzamento e progresso delle metodologie e delle tecniche di produzione.

La rappresentazione per il processo edilizio, anche di tipo grafico, non solo non è indifferente a questi più strutturanti e formalizzati paradigmi (ben più rilevanti di quelli incorporati in maniera pervasiva negli anni Ottanta nel passaggio dai metodi tradizionali di disegno agli strumenti di progetto assistito al calcolatore), ma continua a essere soggetto proattivo e centrale del flusso di informazioni. Di più ancora se il Disegno evoca a sé, o meglio, con essi collabora assumendoli come ulteriore fondamento culturale, non vedendoli come estranei, anche quegli elementi teorici e operativi propri della produzione e della gestione automatica del dato, risultante di componenti di diverso formato e origine. Con diverse implicazioni, l'aggiornamento normativo, ancora senza nominarle esplicitamente, individua le metodologie del Building Information Modeling e quelle per la gestione dei dati come la base del processo progettuale e realizzativo. Dallo studio di fattibilità dei manufatti fino alla loro realizzazione e messa in opera, esse facilitano infatti un'interazione continua tra le diverse professionalità e i diversi enti preposti al controllo lungo tutta la filiera edilizia.

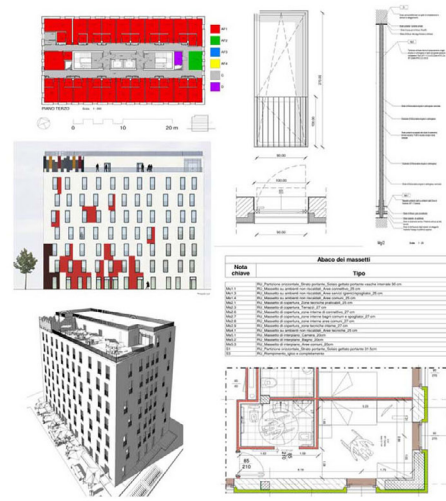
Elemento comune delle diverse elaborazioni è il database relazionale: in esso sono contenute tutte le



Modellizzazione BIM integrata e controllo interferenze tra le diverse discipline coinvolte. Rifunionalizzazione V Piano del Lingotto e progettazione nuove Aule. Importo lavori circa 2 mln €. Committente Politecnico di Torino - 2015

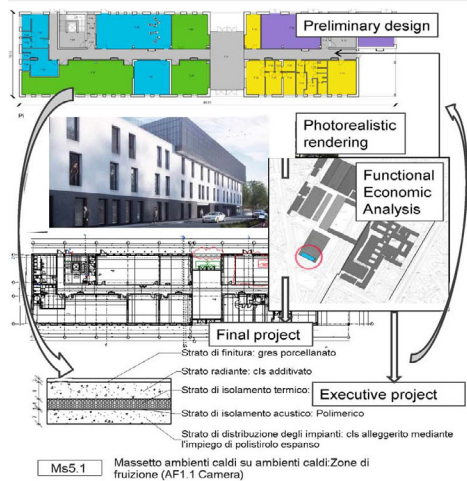


Rifunionalizzazione ex Centrale Termica e riconversione in aule per la didattica. Acquisizione rilevamento strumentale attraverso nuvola di punti. Importo lavori circa 2 mln €. Committente Politecnico di Torino - 2012.

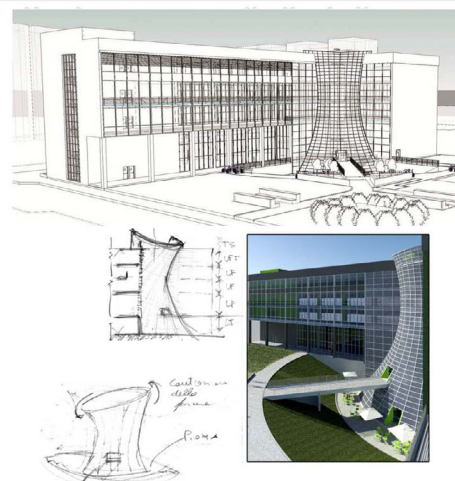


Progettazione architettonica esecutiva della Residenza C. Codegone. Partecipazione al bando ministeriale per l'attribuzione di finanziamenti. Importo lavori circa 11mln €. Committente Politecnico di Torino - 2011

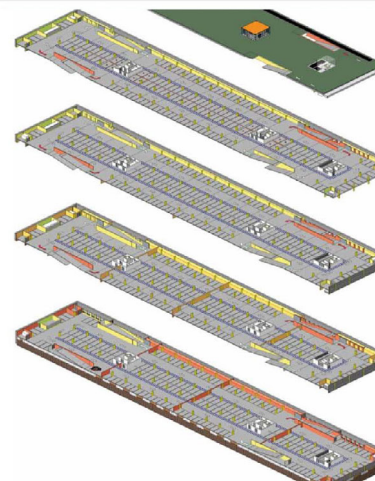
IL BAGAGLIO DI ESPERIENZE



Progettazione architettonica esecutiva della Residenza C. Mollino. Partecipazione al bando ministeriale per l'attribuzione di finanziamenti. Importo lavori circa 11mln €. Committente Politecnico di Torino - 2011



Progettazione preliminare del nuovo Energy Center Piemonte. Importo lavori circa 14 mln €. Committente Politecnico di Torino - 2011



Progettazione preliminare del parcheggio pluripiano interrato presso la Cittadella Politecnica. Importo lavori circa 20 mln €. Committente Politecnico di Torino - 2011

Figura 1 Sintesi dei più interessanti interventi progettuali redatti in ambiente BIM negli ultimi cinque anni, attraverso la collaborazione con il Servizio Edilizia e Logistica del Politecnico di Torino. (Autori dei modelli: M. Lo Turco, G. Cangialosi).

specificazioni qualitative e quantitative relative agli elementi messi in gioco dalle differenti ipotesi progettuali fino alla concretizzazione degli aspetti prestazionali in relazione ai requisiti e alle necessità fissate dalla Committenza e dai progettisti.

Con questa visione, gli strumenti di Disegno si aggiornano per supportare un processo conoscitivo che non è più un insieme di istantanee statiche del contenitore delle informazioni, ma si pone piuttosto come una sequenza fluida di scambi di dati che possono essere catturati attraverso fermo immagine progressivi e continui.

DALLE DEVIAZIONI METODOLOGICO /STRUMENTALI ALLE MISURE DI AFFIDABILITÀ DEL PATRIMONIO INFOGRAFICO MLT

Molto spesso si sente parlare di metodologie BIM o di strumenti BIM. E' utile in questa sede operare una distinzione: storicamente con il termine strumento si intende non solo la fisicità del mezzo attraverso il quale si può operare, quanto la condizione scientifica ed intellettuale che è determinata dallo svolgimento di una procedura.

Un utensile è infatti *“qualcosa che ... prolunga e rinforza l'azione delle nostre membra, dei nostri organi sensibili, qualcosa che appartiene al mondo del senso comune. E che non può mai farcelo superare. [...] Lo strumento invece - ...non è un prolungamento dei sensi, ma nell'accezione più forte e più letterale del termine, incarnazione dello spirito, materializzazione del pensiero”* [Garzino, 2011].

Nel corso dei secoli il sistema della conoscenza spesso si è relazionato con sistemi che ne consentissero la formalizzazione innovativa: è stato così per Brunelleschi e il telaio prospettico, per Caravaggio e la camera oscura, per Galileo ed il cannocchiale, ecc. Esiste quindi uno stretto legame che unisce il disegno dei BIM da un lato con la cultura e la storia del progetto e dall'altro con il percorso della conoscenza nel pensiero occidentale, fatto che ne costituisce una legittimazione fondante e conferisce alla procedura messa in campo la dignità di strumento e non solo il ruolo di utensile.

Questo radicale cambiamento porta con sé innumerevoli implicazioni di natura teorica ed epistemologica, con evidenti e immediate ricadute sulle modalità di rappresentazione ove il modello virtuale (o l'edificio virtualmente modellizzato) diventi esso stesso il riferimento dal punto di vista contrattuale per l'intero pro-

cesso edilizio.

Allora l'accuratezza della rappresentazione e l'eshaustività dell'informazione che essa produce non sono più soltanto legate alla scala di restituzione, bensì alle modalità con cui l'elemento stesso viene descritto, anche non graficamente, attraverso gradi di progressione nella definizione delle parti dell'opera.

Un modello BIM potrebbe dunque fornire informazioni riguardanti forma, dimensione, caratteristiche tecniche e materiche, costo, etc. che l'autore non intendeva dare in quella determinata fase progettuale, oppure ancora che non credeva potessero essere consultate per un particolare utilizzo.

Proprio per questa ragione in ogni fase progettuale è indispensabile riuscire a comunicare ai professionisti coinvolti il patrimonio informativo di ogni singolo elemento progettuale, dalle prime fasi ideative fino alla sua definizione esecutiva, esplicitando in ogni momento quali informazioni siano effettivamente attendibili e quali no, concetto che non sempre dialoga con la rappresentazione grafica del modello stesso.

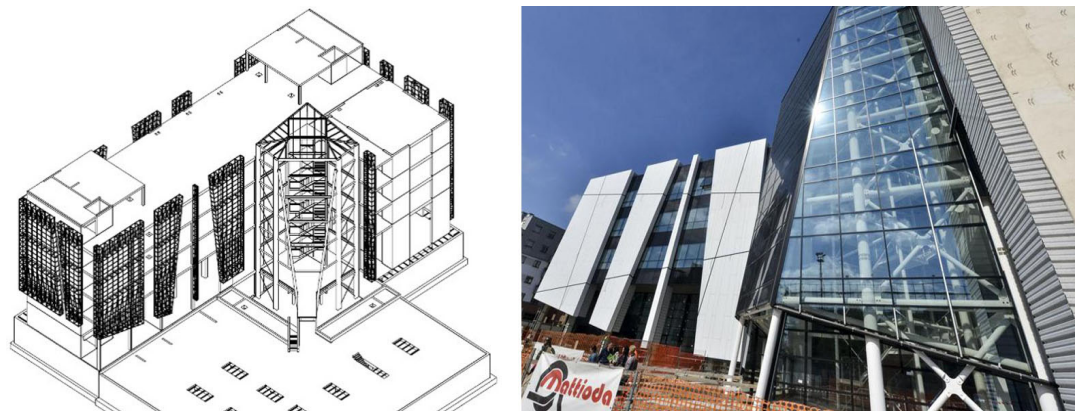
In riferimento al panorama normativo e pubblicitario più consolidato dei Paesi in cui è maggiormente in uso, il livello di attendibilità e le finalità di utilizzo devono essere univocamente definite. Per rispondere a tale requisito è stato sviluppato il concetto di *Minimum Modelling Requirement*, atto a definire il livello di

approfondimento che il modello e le sue varie parti dovrebbero possedere nelle diverse fasi del processo progettuale, sono stati sviluppati protocolli di *BIM Information Exchanges*, nell'ambito dei quali è stato inserito il concetto di LoD [2] riferito al contenuto informativo presente in un modello BIM e necessario a definire quale e quanta parte dell'informazione sia effettivamente utilizzabile.

Nel protocollo del 2008 l'*American Institute of Architects* decise di far proprio il concetto di LoD, estendendolo però anche ad altri usi, quali l'analisi energetica e la programmazione dei lavori. A tal fine lo rinominò con il termine *Level of Development*. L'acronimo LoD si presta dunque a molteplici interpretazioni: è opportuno distinguere tra *Level of Detail* [3], generalmente usato per definire il livello di dettaglio di un qualsiasi componente e *Level of Development* dove si indica più precisamente il grado di attendibilità che possiedono le informazioni associate all'elemento e alla sua rappresentazione grafica.

I protocolli del *BIM Information Exchanges* sono solitamente costituiti da documenti tabellari in cui può essere definito il livello di approfondimento da raggiungere in ogni fase del processo progettuale. Tale protocollo costituisce parte integrante del *BIM Execution Plan*, un contratto stipulato all'inizio del processo e preposto a fornire una visione d'insieme attraverso

Figura 2 Energy Center: progetto esecutivo strutturale realizzato in ambiente BIM (Cangialosi, 2013) e immagine di cantiere (2015)



l'esplicitazione di ruoli e responsabilità dei membri del progetto: esso diviene vincolante tra i vari attori del processo progettuale, l'uno rispetto all'altro e rispetto al Committente, in riferimento alle figure responsabili di verificarne l'attendibilità.

Rispetto al livello di definizione grafica (spesso definito come *Level of Detail*) un riferimento importante è senza dubbio quello dell' *AEC (UK) BIM Protocol* [4] che definisce vari gradi di definizione del modello, specificando che sono del tutto indipendenti dalle informazioni e dai metadati a essi collegati e che possono presentarsi delle ibridazioni tra elementi con un grado di definizione grafica molto basso ma corredati di tutti i dati di prodotto e di installazione.

Il quadro risulta dunque essere complesso e articolato, connotato da molteplici interpretazioni che i diversi soggetti propongono (o impongono!) vista la momentanea lacuna istituzionale (normativa), tuttora in fase embrionale. Come ci si deve porre di fronte a questa rivoluzione copernicana? Quali sono i passaggi essenziali e le strategie operative che consentano alle Stazioni Appaltanti Pubbliche di gestire tali modificazioni in maniera dirimente e consapevole? L'esperienza condotta in seno all'Area Edilizia e Logistica può rappresentare un riferimento utile a delineare i passaggi essenziali per rispondere in maniera propositiva alle questioni sopra sollevate.

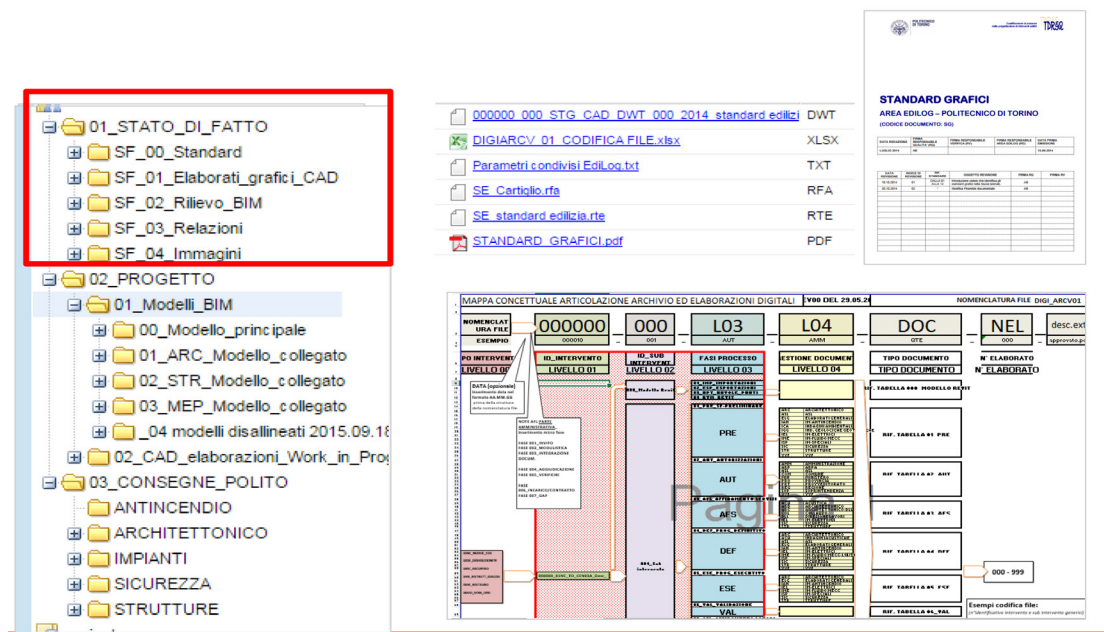
LA RAPPRESENTAZIONE DEL PROCESSO. L'ESPERIENZA CONDOTTA DALL'AREA EDILIZIA E LOGISTICA DEL POLITECNICO DI TORINO MLT
La collaborazione tra il DISEG (Dipartimento di Ingegneria Edile, Strutturale e Geotecnica e l'Area Edilizia e Logistica (EdiLog) del Politecnico di Torino è iniziata quasi dieci anni fa, in un momento storico in cui la struttura demandata alla gestione e alla progettazione di opere edili di pertinenza dell'Ateneo era sprovvista delle competenze necessarie per attuare procedure conformi alle più recenti metodologie BIM di recente sperimentazione negli ambiti di ricerca più avanzati. Grazie al coordinamento attuato tra i docenti di Disegno e il Responsabile del Servizio, arch. G. Biscant, si è potuto procedere a una collaborazione che prevedeva da un lato approfondimenti di tipo teorico e di ricerca, dall'altro una parallela sperimentazione di tipo professionale per valutare pregi, difetti e potenzialità delle metodologie BIM [5].

A titolo esemplificativo si citano didascalicamente le prime e ormai superate esperienze di progettazioni BIM condotte su mandato del Politecnico, per concentrarsi successivamente in direzione delle più recenti funzionalità operative che illustrano modalità di utilizzo delle basi dati contenute nei modelli BIM, in un'ottica di riuso dell'informazione.

Il primo progetto (2010) di particolare complessità per estensioni e tecnologia costruttiva proposta si riferisce alla realizzazione di un parcheggio pluripiano all'interno della Cittadella Politecnica. Nonostante il livello di progettazione richiesto fosse di tipo preliminare, le diverse componenti edilizie furono modellate mediante l'esplicitazione delle diverse stratigrafie che compo-

nevano i diversi pacchetti, in modo tale da elaborare voci di costo attraverso un approccio di tipo analitico. Venne adottata la medesima procedura anche per la progettazione del nuovo Energy Center (2011), prima grande opera realizzata e di recente inaugurazione. Nello stesso anno il Politecnico partecipò al bando ministeriale per il cofinanziamento delle residenze universitarie, attraverso la presentazione di due progetti. Il bando esprimeva richieste mirate volte a operare controlli di tipo dimensionale sui rapporti tra le diverse aree funzionali destinate alla residenzialità, allo svago e allo studio: questa fu l'occasione per mettere a sistema procedure di standardizzazione interna, che anno dopo anno vennero aggiornate e integrate per la

Figura 3 Unificazione delle procedure: dal naming all'organizzazione dei file, alla condivisione degli standard grafici associati ai diversi livelli della progettazione.



stesura di un BEP (*BIM Execution Plan*) e di manuali a uso interno, indispensabili per la corretta definizione di flussi, convenzioni e procedure controllate da uno o più *BIM Manager*. L'anno successivo (2012), con il progetto di rifunzionalizzazione della ex Centrale Termica in aule per la didattica si sperimentò l'importazione di nuvole di punti in ambiente BIM per la modellazione dello stato di fatto. Vennero contestualmente poste in essere le prime procedure di lavoro collaborativo attraverso la scomposizione del modello in digitale in *Workset* (classi di oggetti). Dallo scorso anno (2015) la progettazione BIM include anche la parte impiantistica (o MEP, *Mechanical, Electrical and Plumbing*), favorendo procedure di *clash detection* (controllo interferenze) tra le diverse discipline coinvolte.

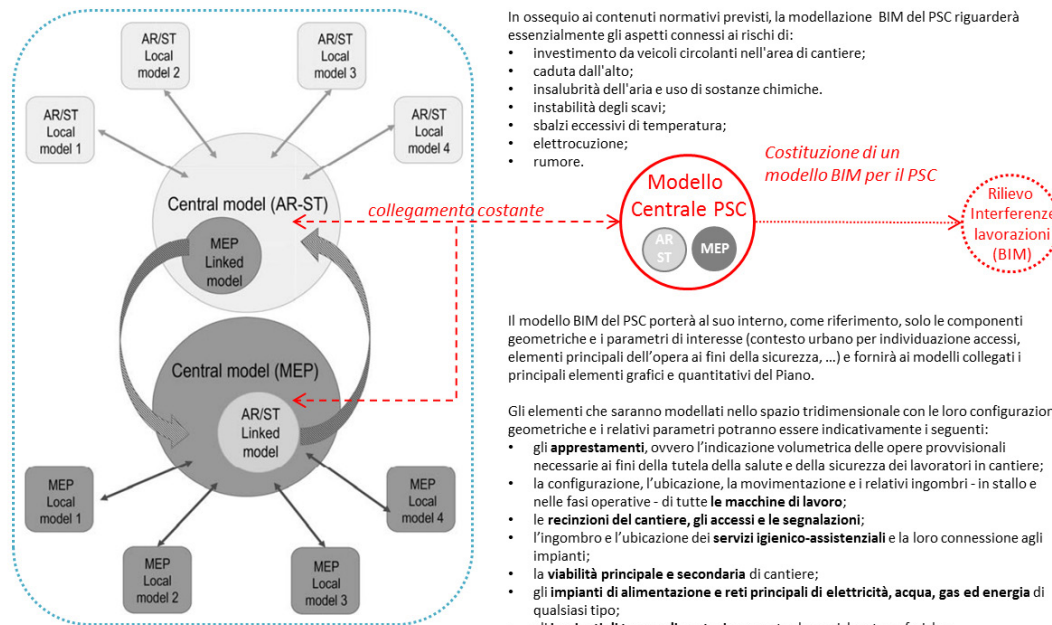
Questo percorso di crescita culmina con la pubblicazione di alcune gare a offerta economicamente più vantaggiosa per i professionisti esterni, ove viene incentivato l'uso di applicativi BIM attraverso forti premialità in sede di valutazioni comparative, denotando una certa esperienza e capacità a rivestire ruoli di controllo, coniugando efficacemente procedure di gestione documentale con le più recenti metodologie parametriche.

La nuova sfida consiste nel comprendere quali siano le modalità per riutilizzare altrettanto efficacemente il patrimonio informativo così faticosamente collezionato anche in fase costruttiva e manutentiva.

IL DISEGNO DELLA SICUREZZA NEL PROGETTO BIM MMB

Nuovi modi di concepire il progetto all'interno di un flusso organizzato di informazioni propagano i loro effetti a tutti gli ambiti di elaborazione e ai soggetti di controllo, i responsabili, i progettisti, i coordinatori, le maestranze di cantiere, le figure di riferimento per la direzione dei lavori e per la realizzazione degli stessi. L'ambito della sicurezza nei cantieri edili e della tutela dei lavoratori, regolata dal decreto legislativo n. 81 del 2008, sta quindi assumendo una visione sempre più integrata con le fasi progettuali più propriamente collegate alla definizione degli aspetti funzionali e prestazionali delle opere.

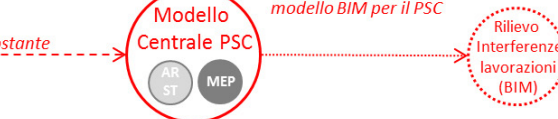
Ai fini di una maggior tutela e sicurezza di tutti i soggetti coinvolti dall'esecuzione dei lavori di ingegneria, parallelamente all'assunzione di specifiche soluzioni tecnologiche e aggiornati apprestamenti di cantiere (in or-



Possibile organizzazione del gruppo di progettazione in ambiente BIM (con modelli collegati o con workset)

In ossequio ai contenuti normativi previsti, la modellazione BIM del PSC riguarderà essenzialmente gli aspetti connessi ai rischi di:

- investimento da veicoli circolanti nell'area di cantiere;
- caduta dall'alto;
- insalubrità dell'aria e uso di sostanze chimiche.
- instabilità degli scavi;
- sbalzi eccessivi di temperatura;
- elettrocuzione;
- rumore.



Il modello BIM del PSC porterà al suo interno, come riferimento, solo le componenti geometriche e i parametri di interesse (contesto urbano per individuazione accessi, elementi principali dell'opera ai fini della sicurezza, ...) e fornirà ai modelli collegati i principali elementi grafici e quantitativi del Piano.

Gli elementi che saranno modellati nello spazio tridimensionale con le loro configurazioni geometriche e i relativi parametri potranno essere indicativamente i seguenti:

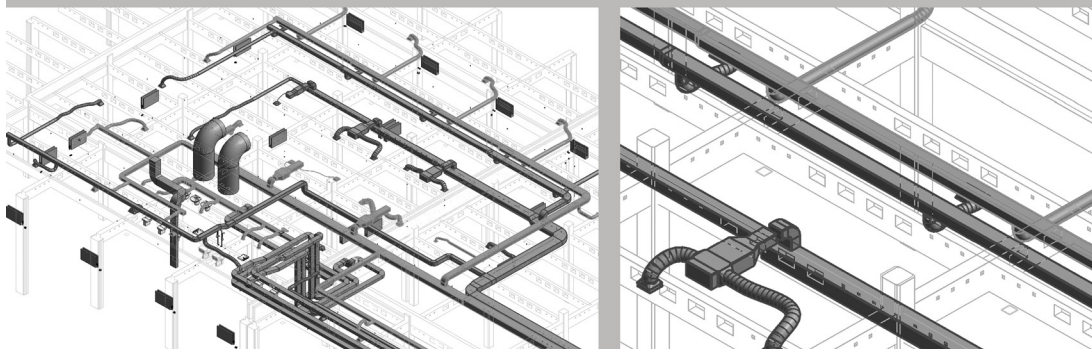
- gli **apprestamenti**, ovvero l'indicazione volumetrica delle opere provvisorie necessarie ai fini della tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori in cantiere;
- la configurazione, l'ubicazione, la movimentazione e i relativi ingombri - in stallo e nelle fasi operative - di tutte le **macchine di lavoro**;
- le **recinzioni del cantiere, gli accessi e le segnalazioni**;
- l'ingombro e l'ubicazione dei **servizi igienico-assistenziali** e la loro connessione agli impianti;
- la **viabilità principale e secondaria** di cantiere;
- gli **impianti di alimentazione e reti principali di elettricità, acqua, gas ed energia** di qualsiasi tipo;
- gli **impianti di terra e di protezione** contro le scariche atmosferiche;
- le modalità di **accesso dei mezzi di fornitura** dei materiali;
- la **dislocazione degli impianti di cantiere**;
- la **dislocazione delle zone di carico e scarico**;
- le **zone di deposito attrezzature e di stoccaggio** materiali e dei rifiuti;
- le eventuali zone di deposito dei **materiali con pericolo d'incendio o di esplosione**.

Figura 4 Integrazione strumenti conoscitivi connessi alla sicurezza in cantiere nel processo BIM "tradizionale".

dine alla mitigazione degli effetti delle lavorazioni e alla protezione attiva e passiva delle persone), assumono quindi molta importanza gli strumenti di conoscenza e prevenzione impiegati dalle figure preposte al coordinamento per la sicurezza, in fase di progettazione e in fase di esecuzione dei lavori, in stretto raccordo con il gruppo di progettazione delle opere architettonico-edilizie, strutturali e impiantistiche. Come detto, il Politecnico di Torino ha recentemente

incentivato anche i professionisti che operano nel campo della sicurezza, attraverso premialità nei propri bandi emessi, ad adottare strumenti di elaborazione omogenei con gli apparati informativi e informatici impiegati dalle compagnie di progettazione e dai gruppi operativi in cantiere.

Questi strumenti, anche di tipo grafico e sostenuti da approcci informatici diversificati, hanno valenza tanto nella fase di istruzione dei piani di sicurezza, quanto



in quella di coordinamento e controllo durante la conduzione delle lavorazioni.

Oltre a doversi porre in relazione in maniera istantanea con gli aspetti progettuali, il modello BIM proposto per il PSC (Piano di Sicurezza e Coordinamento) deve prevedere una stretta correlazione con il cronoprogramma dei lavori in modo da integrare lo strumento operativo di programmazione con il modello BIM per la Sicurezza così da generare le tavole proprie del PSC con viste “aggiornate e dinamiche” del cantiere nei diversi momenti significativi della sua vita: presenza di lavorazioni critiche, corretta distribuzione dei flussi, analisi

Figura 5 Intervento sul V Piano del Lingotto: immagini dello stato di fatto e di realizzazione. Nella parte sottostante modello MEP per il verificare il passaggio degli impianti nelle forometrie delle travi che caratterizzano l'impianto strutturale dell'opera di Mattè Trucco

Figura 6 Diario fotografico di cantiere e esemplificazione BIM di cantiere (Residenza Universitaria C. Mollino, Politecnico di Torino, 2016, repertorio fotografico CSE Dario Pezzuto, gestione documentale e modello BIM Studio CABE Torino).



degli ingombri spaziali, individuazione dei comparti e delle aree omogenee, compresenza di più lavorazioni. Per specifici momenti individuati come particolarmente critici per le lavorazioni in cantiere, si potrà procedere così a un'analisi delle interferenze spaziali/temporali anche con strumenti BIM integrativi, specificamente dedicati al controllo degli aspetti di possibile conflitto geometrico (collisione, ingombro, movimentazione ridotta, riduzione degli spazi e dei percorsi sicuri) in relazione al cronoprogramma delle attività [Bocconcino, 2016].

Gli effetti di una gestione BIM degli aspetti della sicurezza, oltre a riflettersi su una maggiore coerenza degli elaborati di progetto con quelli propriamente dedicati alla sicurezza medesima, in stretta continuità con il cronoprogramma dei lavori, determina una corrispondenza esatta anche con le voci di computo metrico estimativo connesso agli apprestamenti dedicati al comparto di competenza del CSE (Coordinatore Sicurezza in fase di Esecuzione); le quantità infatti saranno strettamente relazionate con gli elementi del modello BIM del PSC e il processo edilizio troverà piena corrispondenza biunivoca tra gli elaborati di natura grafica e i computi metrici che da essi scaturiscono.

Il disegno del piano e del progetto discende così da un insieme ordinato di elementi, di relazioni e di regole di rappresentazione puntuali; questo ordine è articolato in una serie di predefinite automazioni che occorre esplicitare e rendere condivise per poterle verificare e migliorare.

LA RAPPRESENTAZIONE E LA GESTIONE DOCUMENTALE PER IL CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE MMB

Il cantiere coinvolge competenze, produce flussi di dati, richiede condivisione di documentazione, informazioni e dati di tipo tecnico e divulgativo (verbali, ordini, validazioni, cronoprogrammi, computi metrici, report testuali e grafico-numeriche sugli stati di avanzamento), in tempi certi e con il corretto grado di approfondimento.

L'elaborazione di un modello di progetto con tecnologie informatiche di tipo BIM e *Database Management System* (DBMS) richiede il coinvolgimento di competenze e risorse specificamente formate e investimenti in dotazione hardware e software.

Non potendo "portare fisicamente" in cantiere il model-

lo di progetto BIM - per ragioni di comodità, ma anche perché il modello di progetto in realtà contiene più dati di quanti realmente occorrono per il controllo della sua realizzazione - occorre prevedere una generalizzazione del modello stesso (selezione dei soli aspetti utili alle attività di controllo e indirizzamento dei lavori) e strumenti informatici di scrittura e aggiornamento dei dati che siano considerati efficienti [Bocconcino et alii, 2015].

Regole di generalizzazione e rappresentazione del modello di cantiere devono quindi essere approntate in quanto il modello che risponde alla progettazione costruttiva deve assolvere a diverse finalità, ognuna delle quali coinvolge competenze differenti e richiede impegno e concentrazione nel tempo dello stesso ben distinti.

Punto critico nel passaggio dalla definizione di progetto al controllo e alla conduzione dei lavori è il livello di affidabilità e accuratezza del modello del progetto esecutivo BIM e la documentazione tecnica che definisce i requisiti e gli standard della modellazione del costruttivo (piano di esecuzione del processo BIM dell'*as built* e del gestionale).

Gli aspetti integrativi di "gestione dei dati e del flusso delle informazioni" (per il cantiere e per la manutenzione) sono strettamente funzionali, da una parte al lavoro integrato che svolgono le figure di cantiere con il BIM *Manager*, dall'altra a una modalità di archiviazione e organizzazione dei dati relativi alla conduzione del manufatto [Ciribini, 2013].

La corretta impostazione del flusso informativo deve corrispondere a una ordinata organizzazione dei dati prodotti dalle compagini di lavoro. L'affiancamento alla metodologia e tecnologia BIM con quelle relative ai sistemi di gestione per le basi di dati alfanumeriche e relazionali e ai servizi internet (applicazioni web supportate da un database) è un campo che diverse compagini di lavoro stanno sperimentando da diverso tempo e operando attivamente in diversi cantieri.

Le odierne applicazioni web (predisposte ad hoc e dedicate alle sole figure di cantiere) consentono infatti di mantenere un diario fotografico e testuale di tutte le attività di cantiere registrate dai professionisti preposti, correttamente metadocumentato e interrogabile attraverso filtri di ricerca multipli (cronologici, tematici, eccetera).

Una sezione dello stesso sistema può essere special-

izzata al collegamento dei parametri alfanumerici del modello BIM: le diverse figure di cantiere hanno la necessità di registrare, direttamente associati a un componente dell'opera/modello, loro note, schizzi grafici, immagini fotografiche, registrazioni numeriche (ad esempio relative a uno stato di avanzamento di un determinato elemento edilizio o impiantistico), dal cantiere e proprio con il proprio smartphone o tablet, senza dover "intervenire" sul modello parametrico BIM. Oppure hanno necessità di recuperare un'informazione del progetto costruttivo, registrata e residente nel modello. Questo flusso di informazioni può essere gestito attraverso piattaforme di interscambio condivise. Gli apparati grafici che controllano la rappresentazione dei processi di elaborazione si configurano come il back office del Disegno, consentono di verificarne la correttezza e di ampliarne gli effetti e, soprattutto, di produrne quello più propriamente grafico, misurabile e riconoscibile.

Il disegno si lega così più intimamente ai dati che lo sostengono (e alla loro costante evoluzione) e mette in luce di questi le relazioni e la qualità per produrre conoscenza.

CONCLUSIONI MLT MMB

Gli esempi proposti tracciano i passaggi essenziali che hanno consentito al Servizio Edilizia e Logistica del Politecnico di Torino di organizzare e gestire i primi appalti BIM oriented, dimostrando di essere in linea con i dettami normativi e con le linee guida/best practice adottate in Regno Unito, Europa e America.

In particolare, le attività di cantiere possono quindi prevedere oggi uno spazio informatico contenente l'intera documentazione tecnica digitale di supporto all'attività delle figure di cantiere e disponibile ad accogliere tutta la documentazione tecnica digitale di supporto all'attività del RUP (Responsabile Unico di Procedimento, del DL (Direttore Lavori), dell'Impresa e di tutti i soggetti portatori di interesse.

Dunque la realizzazione di una piattaforma informatica unitaria deve valorizzare il tempo delle competenze coinvolte - in termini di "meno tempo" per registrare, condividere e rappresentare graficamente i dati rilevati e calcolati - e allo stesso tempo coinvolgere gli attori su un'unica piazza virtuale (la centralità dei dati e delle informazioni, oltre che di efficienza ed efficacia del processo edilizio, ha assunto anche il ruolo di indicatore di

PV_GM
Scegli file e carica.

Posizione:

Principale

Fase:

Montaggio

Categoria:

Ancoraggi

Descrizione:

Verifica coppie di serraggio unioni bullonate

Immagine:

Scegli file 18IMG_3167.JPG

Carica

Visualizza Immagini che soddisfino i seguenti criteri:

Per Posizione:

Principale

Per Fase:

Montaggio

Per Categoria:

Ancoraggi

Contenente testo nella descrizione:

Verifica

Search

Risultati dell'interrogazione

ID	Posizione	Fase	Data	descrizione	File	Opzioni
946	Principale	Montaggio	2016-03-07	Verifica coppie di serraggio unioni bullonate		Edit Delete
947	Principale	Montaggio	2016-03-07	Verifica coppie di serraggio unioni bullonate		Edit Delete
682	Principale	Montaggio	2016-01-28	Verifica serraggi unioni bullonate		Edit Delete
683	Principale	Montaggio	2016-01-28	Verifica serraggi unioni bullonate		Edit Delete
684	Principale	Montaggio	2016-01-28	Verifica serraggi unioni bullonate		Edit Delete
685	Principale	Montaggio	2016-01-28	Verifica serraggi unioni bullonate		Edit Delete

Strutture

Solai

aggiorna immagine

STR_-0.32m_Estradosso solaio 1

S45

SAL [%]:

Note

Spessore innesto da verificare

Aggiungi SAL

Registrazioni presenti

ID	[%]	data	Opzioni
S45	100	2015-12-02 11:13:53	Delete
S45	90	2015-11-11 00:00:00	Delete

Vedi lista completa

Solai (Uboot)

- 5% preparazione e tracciamento
- 30% approvvigionamento armatura e casseri
- 45% posa cassero
- 50% posa armatura inferiore
- 55% getto inferiore
- 65% posa Uboot
- 75% armatura superiore
- 90% getto superiore
- 100% scasseratura

Solai (plessi) / Scale

- 5% preparazione e tracciamento
- 30% approvvigionamento armatura e casseri
- 35% posa cassero
- 60% posa armatura
- 90% getto
- 100% scasseratura

Figura 7 Sistema di gestione documentale di cantiere, collegato a modello BIM. Dall'alto: interfaccia di caricamento raccolta fotografica via smartphone, strumento per l'interrogazione del repertorio e esemplificazione esiti della ricerca, interfaccia per l'associazione degli stati di avanzamento dei lavori agli elementi del progetto (SAL portati nel modello BIM per organizzare le tavole tematiche relative a avanzamento lavori).

trasparenza e di partecipazione).

Il modello parametrico tridimensionale deve essere interoperante con il database relazionale e con applicazioni web dedicate e la sua costruzione geometrica e alfanumerica deve configurarsi come "semplificata", nell'accezione di strettamente funzionale alle attività di controllo e indirizzo, senza ridondanza di informazioni geometriche o parametriche non oggetto di supervisione o competenza diretta da parte dei coordinatori dei lavori.

Il modello geometrico e alfanumerico produce viste di cantiere (elaborati grafici e testuali) integrate e coerenti tra loro e garantisce quindi una corretta trasmissione delle attività in itinere.

Esempi applicativi hanno in effetti evidenziato, dal servizio informatico al sistema BIM, un flusso coerente dei dati di cantiere e una elaborazione dei dati in back office efficiente in termini di informazioni prodotte. La possibilità di esportare, anche verso le attività di campo, il patrimonio conoscitivo elaborato dal progetto è sicuramente elemento di supporto al processo edilizio che deve essere mediato dai protocolli di rappresentazione. La possibilità di alimentare con dati operativi la banca dati è ulteriore elemento da considerare negli sviluppi esecutivi del progetto.

L'integrazione delle diverse tecnologie, per loro natura interoperabili, è un elemento di forza del sistema informativo in quanto in grado di coinvolgere molteplici attori del settore delle costruzioni. Anche in un'ottica di gestione del manufatto, il sistema delle relazioni approntato consentirà utili applicazioni, anche in tempo reale ove opportunamente implementate (libretto di manutenzione dinamico), correlate alla vita, ai consumi energetici, ai flussi abitativi dell'opera.

Il luogo di incontro di progettisti e figure di cantiere e gestione oggi non è più solo costituito da singoli e isolati ambienti informatici di elaborazione (CAD, BIM, GIS, DBMS, software di calcolo, ecc.); occorre allestire contenitori integrati e distribuiti, alimentati da quegli stessi ambienti, che strutturino e rendano trasparente il processo edilizio, un territorio comune di competenze e conoscenze che acquisisca, aggiorni e distribuisca le informazioni: è questa forse la prossima frontiera che, dopo aver costituito il limite tra geometria, misura, e modelli parametrici, dovrà portare ad amplificare gli effetti del modello informativo stesso in ambiti di correlazione e propagazione ancor più ampi perché

non specializzati, aprendo il flusso edilizio realmente a tutte le professionalità coinvolte nella realizzazione, fino alle persone che vivranno le opere realizzate. La misura del livello di affidabilità delle prefigurazioni espresse attraverso il disegno è solo uno dei compiti attesi dagli attori del processo edilizio, ma per noi studiosi della disciplina forse il più complesso, il più importante.

NOTE

[1] Negli ultimi mesi ho partecipato con piacere e interesse a un ciclo di conferenze, e seminari aventi l'obiettivo di misurare l'effettualità del progetto, nelle loro differenti e innumerevoli sfaccettature. Ringrazio i filosofi Leonardo Caffo ed Edoardo Fregonese dell'Università di Torino per i loro contributi, nonché i professori Giovanni Durbiano e Alessandro Armando del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino per avermi coinvolto nel tavolo di lavoro. Parte delle considerazioni riportate nell'introduzione derivano dagli studi di Maurizio Ferraris, riportati in bibliografia.

[2] Il concetto di LoD deriva originariamente da quello di Level of Detail, elaborato circa una decina di anni fa dalla VICO Software, con la finalità di specificare quanto accurato fosse un certo elemento progettuale, con particolare riferimento al calcolo dei costi.

[3] In alcune linee guida internazionali il contenuto grafico viene definito mediante livelli di GraDe (Graphic Detail).

[4] AEC (UK) BIM Protocol. Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry. Version 2.0 September 2012, Updated to unify protocols outlined in AEC (UK) BIM Standard for Revit and Bentley Building. AEC 2012.

[5] A tale riguardo, l'ing. M. Lo Turco ha svolto doppia attività dal 2008 al 2015; l'ing. G. Cangialosi è tuttora consulente della struttura, l'ing. M. Bocconcino ha svolto attività di collaborazione nella redazione dei progetti (e processi) di maggiore complessità.

BIBLIOGRAFIA

Bocconcino, Maurizio Marco, Cangialosi, Gregorio, Lo Turco, Massimiliano, Serini, Marco (2015), *Dal disegno di progetto al modello di cantiere: le radici del FM* in: AA.VV., *BIM GIS AR*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, pp. 127-140.

Bocconcino, Maurizio Marco, (2016), *Disegno e processo - Dal modello al sistema*, in Bocconcino, Maurizio Marco, Del Giudice, Matteo, Manzone, Fabio, *Il disegno e la produzione edilizia tra tradizione e innovazione*, Levrotto&Bella, Collana Il Disegno e l'Ingegnere vol. III, Torino, pp. 78-103.

Ciribini, Angelo (2013), *L'information modeling e il settore delle costruzioni: IIM e BIM*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

Ferraris, Maurizio, (2009), *Documentalità. Perché è importante lasciar tracce*, Laterza.Roma-Bari.

Garzino, Giorgio, (2011), *Il modello decisionale*, in Garzino, Giorgio, (a cura di) (2011); *Disegno (e) in formazione: disegno politecnico*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 51-70.

Lo Turco, Massimiliano, (2015), *La rappresentazione tecnica convenzionale*, in Lo Turco, Massimiliano (2015), *Il BIM e la rappresentazione infografica nel processo edilizio. Dieci anni di ricerche e applicazioni - BIM and infographic representation in the construction process. A decade of research and applications*, Ariccia (RM), Aracne, pp. 37-53.