

E D I L I Z I A
Quaderni per la progettazione

Gianluca Dell'Acqua

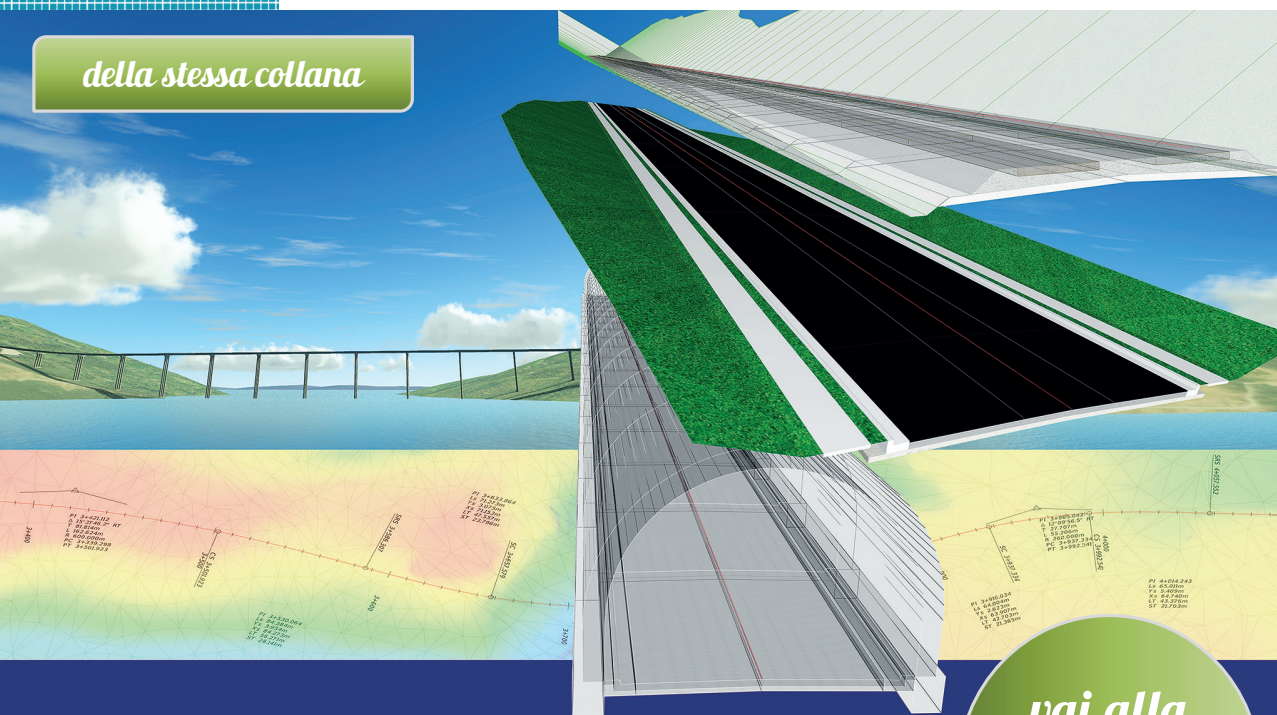
l'autore

BIM per infrastrutture

Il Building Information Modeling
per le grandi opere lineari

Prefazione di Pietro Baratono

della stessa collana



*vai alla
scheda
del libro*

 **EPC**
EDITORE

QUADERNI PER LA PROGETTAZIONE

BIM PER INFRASTRUTTURE

Il Building Information Modeling
per le grandi opere lineari

di
GIANLUCA DELL'ACQUA

Prefazione di Pietro Baratono



*L'immagine di copertina è stata realizzata
dall'ingegnere Sara Guerra de Oliveira*

BIM PER INFRASTRUTTURE

ISBN 978-88-6310-880-4

Copyright © 2018 EPC S.r.l. Socio Unico

Via Clauzetto, 12 - 00188 Roma

Servizio clienti: Tel. 06 33245277 - Fax: 06 33245248

Redazione: Tel. 06 33245264/205 - www.epc.it

Proprietà letteraria e tutti i diritti riservati alla EPC Srl Socio Unico. La struttura e il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione della Casa Editrice. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magneto-ottico, ottico, fotocopie ecc.).

La Casa Editrice pur garantendo la massima cura nella preparazione del volume, declina ogni responsabilità per possibili errori od omissioni, nonché per eventuali danni risultanti dall'uso dell'informazione ivi contenuta.



Il codice QR che si trova sul retro della copertina, consente attraverso uno smartphone di accedere direttamente alle informazioni e agli eventuali aggiornamenti di questo volume.

Le stesse informazioni sono disponibili alla pagina:

<https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/BIM-per-Infrastrutture/4603>

*a mia moglie Simonetta,
ai miei figli Pietro e Teresa*

INDICE GENERALE



Prefazione	7
Introduzione	11
<hr/>	
CAPITOLO 1	
INFRASTRUTTURE: DOMINI E CATEGORIE	15
1.1 Interoperabilità e software	18
1.2 Stato dell'arte e analisi della letteratura tecnica	24
<hr/>	
CAPITOLO 2	
DIGITALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE	31
2.1 Modellazione geometrica	40
2.2 Formati di interscambio	50
2.3 Ingegneria inversa	54
2.4 Evoluzione informativa dei modelli	59
<hr/>	
CAPITOLO 3	
GESTIONE INFORMATIVA DELL'APPALTO	65
3.1 Regolamentazione dell'esecuzione del servizio	66

3.2	Modalità di consegna e verifica dei modelli	68
3.3	Obiettivi informativi strategici.....	70
3.4	Modalità di condivisione dei dati e delle informazioni	74
3.5	Qualificazione dei prestatori di servizi.....	78

ALLEGATI

Allegato 1

LOD INFRASTRUTTURE, INTERVENTI TERRITORIALI E MACCHINE DI CANTIERE.....	83
--	----

Allegato 2

GLOSSARIO PER CAPITOLATI INFORMATIVI	101
--	-----

Allegato 3

DOCUMENTO DI CONSULTAZIONE (ESTRATTO).....	103
--	-----

BIBLIOGRAFIA	115
--------------------	-----

PREFAZIONE

di Pietro Baratono⁽¹⁾

La metamorfosi del settore delle Costruzioni che stiamo attraversando, prelude ad una trasformazione del modo di fare Amministrazione, Professione ed Impresa. *Non sempre cambiare equivale a migliorare, ma per migliorare bisogna cambiare* (W. Churchill), e noi certamente ci troviamo innanzi ad un momento di cambiamento, avvertito sia a livello politico che nella vita di tutti i giorni, sulla spinta della connessione tra idee e mondi diversi, il cui *driver* è rappresentato dalla globalizzazione.

Questa trasformazione riguarda un settore la cui produttività è rimasta al palo per svariati decenni a livello mondiale e che avrebbe oggi in Italia l'occasione di utilizzare i cospicui finanziamenti stanziati dal 2015 ad oggi per introdurre seriamente la digitalizzazione, generando quindi una spinta propulsiva importante per le Costruzioni e per il Paese.

Il problema tuttavia non è tanto la disponibilità degli investimenti, quanto la capacità attuativa delle S.A. annichilite da un *corpus* normativo eccessivo. Ciò favorisce una diffusa deresponsabilizzazione della pubblica amministrazione ed in genere dei professionisti nella gestione delle procedure di concepimento ed appalto di un'opera. Viene infatti molto spesso privilegiato l'approccio formale rispetto a quello sostanziale per obiettivi. La sovrapposizione tra un eccesso di cogenza e una consistente incertezza, dovuta anche ai tempi e alle modalità con cui vengono approvate le numerose regole da parte dei soggetti istituzionali, determina un allungamento dei tempi nella gestione delle gare di appalto creando condizioni favorevoli al contenzioso. La burocrazia senza il senso dell'urgenza del fattore tempo, elemento questo vitale del mondo produttivo, condanna il Paese all'immobilismo, introducendo elementi recessivi.

Per questo, occorre tendere, in modo coordinato e non divergente, verso una semplificazione normativa, snellendo le regole tecniche cogenti attuali e spostando i requisiti e le esigenze della P.A. nel contratto.

1. Dott. Ing. Pietro Baratono, Provveditore per le Opere Pubbliche Lombardia e Emilia Romagna Presidente della Commissione "Digitalizzazione Appalti Pubblici" del Ministero Infrastrutture e Trasporti.



Il D.M. 560/2017, attuativo dell'art. 23 comma 13 del Codice degli Appalti Pubblici, è uno strumento strategico di recepimento della Direttiva Europea ed è coerente con gli indirizzi della Commissione Europea definiti nel recente *“Manuale per l'introduzione del BIM da parte della domanda pubblica in Europa”* redatto dall'EU BIM Task Group. Esso rappresenta il primo esempio europeo di regola tecnica organizzata sul tema digitale, e potrebbe consentire all'Italia di porsi, per una volta, all'avanguardia nel settore, acquistando una maggiore credibilità internazionale.

Lo sforzo legislativo fin qui compiuto vede la domanda pubblica come *driver* dell'innovazione, finalizzato all'aumento della produttività del Paese, alla razionalizzazione ed ottimizzazione delle risorse pubbliche, all'internazionalizzazione dei Professionisti e delle Imprese, in un quadro efficiente di collaborazione competitiva. Né va trascurato, come conseguenza di un approccio digitale in chiave di *project management*, il benefico effetto in chiave anticorruzione.

La modellazione digitale, per la sua intrinseca natura, consente il continuo aggiornamento ed accrescimento dell'intero sistema dei dati del progetto, integrando il contributo delle discipline sotto forma di modelli specialistici tra loro federati, fino allo stadio di *As Built e Maintenance*. Ogni fase di sviluppo può quindi essere oggetto di verifica di efficacia e congruità con gli obiettivi qualitativi e quantitativi, alla base del progetto concepito inizialmente.

La progressione dell'obbligatorietà dell'adozione di metodi e strumenti digitali, che va dal 2019 per grandi opere complesse fino ad arrivare ad interessare tutte le opere nel 2025, consente di fatto a tutte le Stazioni Appaltanti, se opportunamente formate ed organizzate, di raggiungere con una sufficiente facilità l'obiettivo della digitalizzazione.

Occorre tuttavia una vera volontà - uno *streben nach digitalisierung* - da parte della politica nazionale e locale, dei dirigenti e dei funzionari pubblici, che comprendano i vantaggi del modello digitale ed inizino quindi ad applicare volontariamente i metodi e strumenti informativi ad iniziare dalle opere semplici. Tale periodo transitorio, che per opere normali sotto la soglia comunitaria arriverà a tutto il 2022, consentirà alle SA di costruire un importante bagaglio di esperienza.

La sperimentazione, valutata dalla apposita Commissione di Monitoraggio prevista all'art. 8 del D.M. 560/17, consentirà anche di evidenziare eventuali criticità nella gestione informativa dell'opera, di valutare l'efficacia degli standard UNI (UNI 11337), la gestione dei requisiti informativi del Capitolato, che l'offerente deve declinare attraverso *l'offerta informativa* che infine deve concretizzarsi, in un quadro collaborativo tra Committente ed Impresa (o professionista), in un efficiente *piano di gestione informativa*.

La trasformazione digitale delle Pubbliche Amministrazioni, che devono innovare il

modo di gestire e controllare l'intero processo di costruzione di un'opera, deve necessariamente partire dalla formazione professionale di funzionari e tecnici delle P.A. e dalla loro riorganizzazione in chiave gestionale.

Questo è l'ambito nel quale si colloca quest'opera "*BIM per Infrastrutture*" che coglie in modo efficace i principali aspetti di questo nuovo mondo digitale, partendo giustamente da un concetto fondamentale, l'interoperabilità del dato, una *κοινή* - *Koinè*, linguaggio comune "consensuale"- necessario per far dialogare tra loro i diversi attori della filiera delle costruzioni.



INTRODUZIONE



Infrastructure-Building Information Modeling (I-BIM) è il sistema di gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni infrastrutturali. Poiché la definizione è di recente conio, si utilizzano talvolta anche i termini “Heavy-BIM”, “Horizontal-BIM” e “Civil Information Modeling – CIM” per distinguerlo dal BIM edile per opere puntuali e strutture verticali.

La Direttiva Europea 24/2014 suggerisce l’utilizzo di “building information electronic modelling tools or similar” nelle procedure di acquisizione di beni e servizi da parte della pubblica amministrazione degli stati membri.

In effetti, l’introduzione del BIM per le infrastrutture, genera cambiamenti di natura strumentale ma, soprattutto, un mutamento di paradigma in termini di processo: l’innovazione riguarda tutte le organizzazioni coinvolte nella filiera, sia interne che esterne ad essa, e le relazioni con ogni altra struttura che partecipi al processo; quindi, a partire dalla committenza, vengono coinvolti i progettisti, le imprese, i produttori di componenti e software, i gestori, le Università, i centri di ricerca pubblici e privati, e ne viene interessato ogni stadio del ciclo di vita delle opere, dalla programmazione strategica all’esercizio.

Il tema centrale della digitalizzazione delle costruzioni è l’interoperabilità, ovvero la possibilità di scambiare dati tra i diversi gestori delle informazioni utilizzando estensioni di file non proprietari, per incrementare l’efficienza della filiera e al tempo stesso favorire la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e di servizi.

Ad oggi, il formato aperto disponibile - Industry Foundation Classes, IFC - è sviluppato dall’organizzazione Building Smart International, che nel 2015 ha definito lo standard IFC-alignment per la codifica dei tracciati viari; non sono ancora disponibili tuttavia gli IFC per tutti gli altri “oggetti intelligenti” che compongono il solido stradale e che sono indispensabili per realizzarne la virtualizzazione completa [3]. Il relativo ritardo evolutivo dei modelli parametrici infrastrutturali, rispetto a quelli diffusamente impiegati in edilizia, dipende dall’evidente maggiore complessità dei primi; gli oggetti digitali per le grandi opere sono caratterizzati, infatti, da legami relazionali eterogenei con numerosi altri modelli territoriali di contesto.

Nel nuovo Codice dei contratti pubblici è prevista la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche, attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici, come quelli di modellazione per l’edilizia e le infrastrutture. L’impiego di questi ultimi può essere richiesto dalle stazioni appaltanti per nuove opere, per lavori di recupero o riqualificazione, e per varianti.

L'uso dei sistemi informativi può essere richiesto, però, soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Pertanto, la digitalizzazione del processo implica la formazione di nuove figure professionali altamente qualificate, con ruoli specifici, da inserire nei relativi flussi di lavoro. I principali profili professionali da formare sono: il gestore e il coordinatore delle informazioni, e a livello operativo, il modellatore delle stesse.

Nel “Decreto BIM”, in attuazione del Codice dei contratti, l'obbligatorietà della modellazione informativa nelle opere pubbliche è fissata a decorrere dal 1° gennaio 2019 per i lavori complessi di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, interessando, quindi, per prime le grandi infrastrutture (Figura I.1). Il decreto è frutto di un lavoro a cui hanno preso parte molti attori del settore e si basa sui risultati dell'attività della speciale Commissione Ministeriale presieduta dal Provveditore Ing. Pietro Baratonò.

Il provvedimento indica, per appalti e concessioni, le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei metodi e strumenti elettronici e disciplina gli adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti, che dovranno adottare un piano di formazione del personale, un piano di acquisizione o di manutenzione di hardware e software di gestione dei processi decisionali e informativi, e un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e gestione, i gestori dei dati e la gestione dei conflitti. È previsto l'utilizzo di piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari da parte delle stazioni appaltanti ed è definito l'utilizzo dei dati e delle informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento.



Figura I.1 – Obbligatorietà del BIM in Italia, D.M. n. 560 MIT 1 dicembre 2017

La norma UNI 11337:2017 tratta la gestione digitale delle costruzioni e specificamente, nella Parte 4, il tema dello sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti per gli interventi territoriali e le infrastrutture. I-BIM è già realtà nel nostro paese essendo stato introdotto, ad esempio, dalle Ferrovie Emilia-Romagna come requisito di ammissione alla gara per il risanamento della massicciata della linea Novellara-San Giacomo; da RFI come requisito premiale in sede di offerta nell'appalto integrato per il raddoppio della linea ferroviaria Palermo-Catania; da Italferr con un regolamento specifico per la qualificazione dei prestatori di "Servizi BIM"; dal MIT con il capitolato informativo per i lavori di realizzazione del nuovo ponte ciclopedonale "della Navetta" nel Comune di Parma; da BBT SE con le "specifiche BIM" per la modellazione della Galleria di Base del Brennero; e da ANAS nel capitolato speciale BIM. Anche le principali società di ingegneria e le più importanti imprese italiane utilizzano il BIM nella gestione di tutte le attività di propria competenza, dalla progettazione alle fasi di cantierizzazione.

L'introduzione graduale del BIM infrastrutturale può contribuire alla razionalizzazione del comparto produttivo nel suo complesso, apportando benefici alla spesa pubblica e incrementando l'efficienza e la corrispondente redditività degli attori del settore.



CAPITOLO 1

INFRASTRUTTURE: DOMINI E CATEGORIE



L'introduzione graduale del BIM infrastrutturale contribuisce alla razionalizzazione dell'intero comparto produttivo [3] ottimizzando gli investimenti pubblici e incrementando l'efficienza degli attori del settore (Figura 1.1).

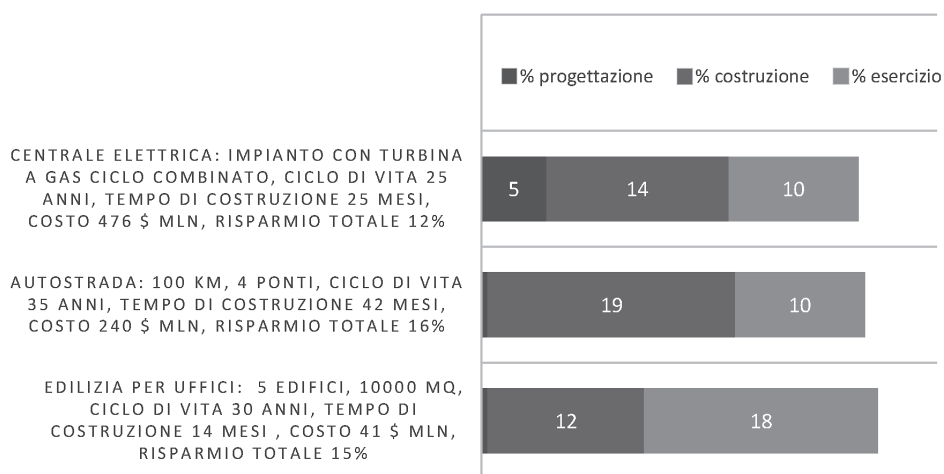


Figura 1.1 – Riduzione dei costi dovuta all'impiego del BIM [3]

Gli operatori del settore AEC (Figura 1.2) adoperano la tecnologia BIM per gestire il ciclo di vita delle infrastrutture [4]. Ad esempio, Cho et al. [6] hanno proposto un sistema olistico di libreria BIM per gestire i dati geometrici, le proprietà e le informazioni relative all'efficientamento dei computi nello scavo delle gallerie con il metodo New Austrian Tunneling Method. Yakubi [7] ha trattato le specificità e i possibili metodi di applicazione del BIM in campo infrastrutturale. Breijn [8] si è servito di soluzioni BIM Autodesk per trattare dati GIS rilevati nelle indagini effettuate per la ricostruzione di un ponte ferroviario, il modello ha consentito di simulare le attività sviluppate in fase di progettazione. Per il ponte è stata sviluppata la verifica delle interferenze e la simulazione delle attività di cantiere.

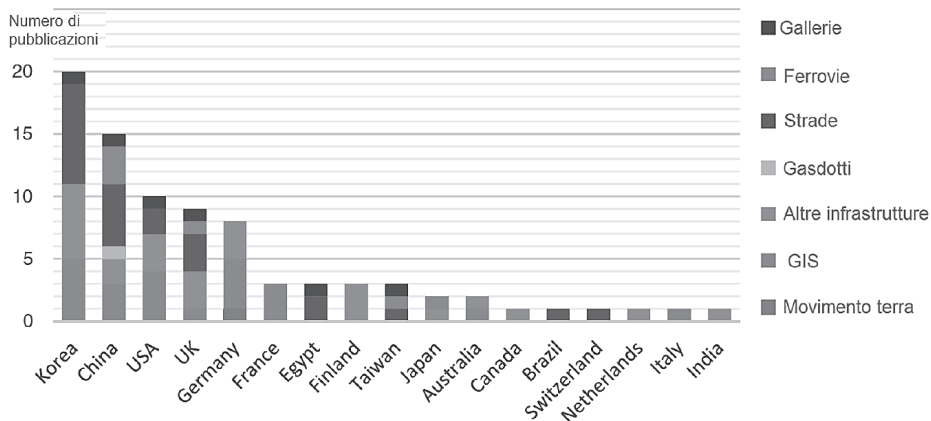


Figura 1.2 – Applicazioni BIM in campo infrastrutturale [5]

Le infrastrutture possono essere classificate in cinque domini, nove gruppi e tredici categorie, il dominio delle infrastrutture di trasporto è il più consistente ed è composto da cinque gruppi (Tabella 1.1).

Tabella 1.1 – Classificazione delle infrastrutture [1, 2, 9, 10]

DOMINI	GRUPPI	CATEGORIE
α. Infrastrutture di trasporto	I	1. Ponti
	II	2. Strade
	III	3. Ferrovie
	IV	4. Gallerie
	V	5. Aeroporti 6. Porti e approdi
β. Infrastrutture energetiche	VI	7. Produzione di energia 8. Petrolio e gas 9. Miniere
γ. Infrastrutture di pubblica utilità	VII	10. Utility
δ. Impianti per lo svago	VIII	11. Recreational facilities
ε. Infrastrutture idrauliche	IX	12. Impianti per le acque bianche e reflue 13. Dighe, canali e argini

Le applicazioni BIM per le infrastrutture possono essere valutate con riferimento ai seguenti criteri:

1. numerosità di casi applicativi e pubblicazioni scientifiche, misura dell'intensità di



utilizzazione delle tecnologie per ciascuna categoria di infrastruttura, con riferimento alla trasformazione dell'intero processo costruttivo;

2. tipo di impiego dei modelli; finalità per le quali i modelli sono utilizzati;
3. grado di evoluzione dei modelli per ciascun caso applicativo;
4. disponibilità di linee guida e norme;
5. organizzazione dei dati, misura di efficienza nella gestione delle informazioni;
6. software e tecnologie disponibili.

A partire dalla consultazione dei report annuali di Autodesk [13] e Bentley [9, 14, 15] sono stati censiti i casi applicativi che soddisfano tre requisiti:

1. impiego di tecnologie BIM;
2. produzione di modelli 3D;
3. disponibilità di linee guida e manualistica (Tabella 1.2).

Tabella 1.2 – Panoramica dei casi applicativi selezionati [1]

FONTI	INTERVALLO TEMPORALE	NUMEROSITÀ
Autodesk BIM awards annual reports	2008/14	43
Bentley the year in infrastructure	2011/14	108
Altri	2009/14	20
Totale		171

Le pubblicazioni scientifiche analizzate sono state estratte dalle banche dati Scopus e Google Scholar utilizzando le parole chiave: “BIM”, “CIM”, “data model”, LandXML (Figura 1.2), “IFC”, “4D”, “5D”, “nD”. Complessivamente sono state censite oltre sessanta articoli pubblicati sulle principali riviste del settore o negli atti di conferenze internazionali (Tabella 1.3).

Tabella 1.3 – Quadro delle collocazioni editoriali delle pubblicazioni scientifiche selezionate [105]

COLLOCAZIONE EDITORIALE	ANNO	NUMEROSITÀ
Automation in Construction	2008/14	7
Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE	2010/14	2
Journal of Construction and Management, ASCE	2009/14	1
International Journal of Advanced Robotics Systems	2014	1
<i>Atti di conferenze</i>		
ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering (ASCE IWCCE)	2002/14	5

<i>(segue)</i>	COLLOCAZIONE EDITORIALE	ANNO	NUMEROSITÀ
	International Conference Cooperative Design, Visualization and Engineering (CDVE)	2004/12	4
	International Conference-Applications of IT in AEC Industry (CIB W78)	2010/14	1
	International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR)	2013/14	1
	Construction Research Congress (CRC)	2012	3
	European Conference on Product and Process Modeling (ECPMP)	2008/14	4
	International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICCBEL)	2013	7
	International Symposium on Automation and Robotics In Construction and Mining (ISARC)	2008/13	4
	International Conference on Innovation Technologies in Construction (ITC)	2012	1
	Altri	2002/14	21
	Totale		62

1.1 Interoperabilità e software

Con il termine “BIM uses”, proposto per la prima volta da Kreider et al. [17] si intendono le modalità d’uso del BIM nel ciclo di vita di un’opera, ciascun impiego del BIM può essere finalizzato al raggiungimento di uno o più obiettivi specifici. In Tabella 1.4 sono elencati gli impieghi del BIM più frequenti con riferimento alle fasi del ciclo di vita: concezione, progettazione esecutiva, costruzione, esercizio e manutenzione (O&M).

Tabella 1.4 – Relazioni tra usi del BIM e ciclo di vita dell’opera [1]

USI DEL BIM		CICLO DI VITA DELL’OPERA			
		FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
		Concezione dell’opera	Progettazione esecutiva	Costruzione	O&M
A	Visualizzazione	√	√	√	√
B	Lifecycle information management	√	√	√	√
C	Controllo del progetto	√	√		
D	Fluidodinamica computazionale	√	√		
E	Analisi strutturali		√		



<i>(segue)</i> USI DEL BIM		CICLO DI VITA DELL'OPERA			
		FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
		Concezione dell'opera	Progettazione esecutiva	Costruzione	O&M
F	Sunlight analysis		√		
G	Simulazione dei flussi di traffico		√		
H	Simulazione e analisi ambientali		√	√	
I	Verifica delle interferenze		√	√	
J	Programmazione (4D)		√	√	
K	Stima dei costi (5D)		√	√	
L	Quantity takeoff		√	√	√
M	Constructability analysis			√	
N	Simulazione dell'operatività dei mezzi d'opera			√	
O	Ispezione virtuale delle opere				√

Il LoD, Level of Development negli USA o Level of Definition in UK, è il livello di progressione analitica dei modelli informativi. Il concetto traduce la misura del livello di dettaglio della visualizzazione di oggetti 3D (Figura 1.3). La complessità della rappresentazione di questi decresce man mano che gli oggetti si allontanano da un punto di vista [18]. Le rappresentazioni, distinte per LoD, sono generate spesso con lo scopo di ridurre la complessità di calcolo ed incrementare l'efficienza dei modelli digitali con riferimento all'uso specifico degli stessi (Tabella 1.5).

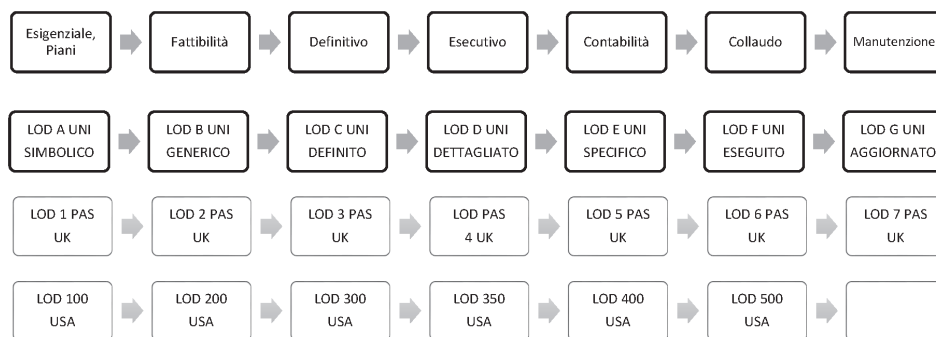


Figura 1.3 – Livelli di dettaglio e fasi previste dal Codice dei Contratti Pubblici

A differenza della definizione proposta in computer grafica il concetto di LoD, nel BIM, non riflette solo il livello definizione dei dati geometrici e delle informazioni di natura semantica [19-23].

Tabella 1.5 – Relazione tra usi del BIM e livelli di sviluppo [119].

USI DEL BIM	LoD100	LoD200	LoD300	LoD400	LoD500
A	√	√	√	√	√
B	√	√	√	√	√
C	√	√	√	√	√
D	√	√	√	√	√
E			√	√	√
F	√	√	√	√	√
G	√	√	√	√	√
H		√	√	√	√
I		√	√	√	√
J		√	√	√	√
K		√	√	√	√
L		√	√	√	√
M		√	√	√	√
N	√	√	√	√	√
O					√

In generale, il dettaglio per ciascun LoD dipende dalle funzioni cui il modello è destinato e dall'ideoneità dello stesso per specifiche classi d'uso del BIM. Ad esempio, la simulazione per la verifica delle interferenze può essere eseguita per ogni LoD e per tutti i sistemi costruttivi. Il controllo delle interferenze tra sistemi strutturali e meccanici richiede modelli ad alta definizione, invece, la verifica delle interferenze tra i componenti di un sistema strutturale può essere operata anche per LoD di dettaglio inferiore (Figura 1.4).

Il BIM riguarda diversi settori dell'industria delle costruzioni, pertanto il tema dell'interoperabilità dei modelli e dei dati generati con software specialistici propri di diverse discipline è di grande attualità. Un modello, di validità generale per la rappresentazione di informazioni, di natura geometrica e semantica, è necessario per favorire lo scambio e la condivisione dei dati. Per questo motivo il buildingSMART (ex International Alliance for Interoperability, IAI) ha sviluppato il sistema Industry Foundation Classes (IFC) che garantisce l'interoperabilità del BIM [24].

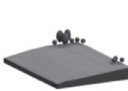
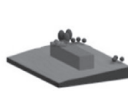
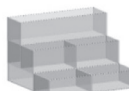



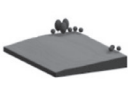





LOD 1	LOD 2	LOD 3	LOD 4	LOD 5	LOD 6
					
					

Figura 1.4 – Livelli di definizione dei modelli per edifici e infrastrutture, PAS 1192-2:2013.

Il sistema IFC consente di standardizzare la modellazione delle opere edili ed è stato diffusamente utilizzato nell'industria delle costruzioni [25]. Lo standard IFC può essere adoperato anche per sviluppare modelli I-BIM riproducendo gli elementi infrastrutturali mediante componenti di opere edili. Per esempio le pile dei ponti possono essere rappresentate utilizzando *IfcColumn*, per le barriere stradali si può applicare invece *IfcWall*. Tuttavia un simile approccio è causa di numerose complicazioni, una di queste consiste nel fatto che le informazioni di natura semantica e le funzioni degli elementi delle costruzioni edili non coincidono con quelle proprie delle infrastrutture.

Dunque, lo schema IFC attualmente in uso, denominato IFC4, non supporta la gestione delle informazioni di natura semantica specifiche per le infrastrutture. C'è la necessità di disporre di un "data schema" per ciascuna tipologia di infrastruttura al fine di rappresentare in modo standardizzato le informazioni component-based di dettaglio. Di conseguenza, molti studiosi hanno proposto schemi specifici per le infrastrutture [26, 27]. Ad esempio *buildingSMART* ha impostato molti progetti, come *OpenINFRA*, dedicati alla creazione di modelli per la progettazione infrastrutturale basati sul sistema IFC.

L'estensione di IFC Alignment è stata inserita nello schema IFC4x1, IFC5, attualmente la versione preliminare IFC5 introduce nuove estensioni IFC per strade, ponti e gallerie raggruppando i modelli per fasi evolutive. I "data schema", e il miglioramento delle rappresentazioni, costituiscono infatti ulteriori indicatori utili per la stima del grado di maturità delle applicazioni I-BIM.

- Fase01 – Conceptual class hierarchy. Il primo passo della modellazione object-based consiste nello sviluppo di un modello gerarchico per classi teoriche, il modello consente di standardizzare le definizioni degli elementi che compongono le infrastrutture e le relazioni gerarchiche tra questi. La versione attuale di IFC-Road Data model è un esempio di modello gerarchico per classi.
- Fase02 – Geometric data model. Gli elementi e le relazioni gerarchiche tra questi non



possono configurare un modello. Il modello geometrico dei dati è necessario per la rappresentazione in coordinate bidimensionali, o tridimensionali, di vari componenti quali localizzazione, forma e dimensioni, privi di ogni proprietà come tipo di materiale, spessori e specifiche di produzione. Un modello dei dati geometrici può essere non parametrico, o strutturato su set di “parametri” per la descrizione degli oggetti.

- Fase03 – Semantic data model. Contiene informazioni diverse rispetto a quelle di natura geometrica. Per esempio le entità IfcMaterial e IfcHownerHistory contengono informazioni di natura semantica.

L’interoperabilità è la funzione principale per gli utenti del BIM e la condivisione dei dati rappresenta il motivo principale della domanda di interoperabilità (MacGraw Hill Construction [28]).

In un Report prodotto dal National Institute of Standards and Technology (NIST) [29], sono stati stimati i costi dovuti ad un’inadeguata interoperabilità nel settore delle costruzioni USA. Quindi per i ricercatori è molto importante scegliere “data formats” appropriati per sviluppare i modelli.

Esiste un’ampia gamma di formati file disponibili per la condivisione dei dati BIM, tra questi DXF, DWF, DWT, DWG, IMX, CIS/2, LandXML, gbXML, IFC e KML. Nel settore delle costruzioni lo standard IFC è il più utilizzato, sviluppato prima nel linguaggio EXPRESS (ISO 10303-11) e successivamente nel formato XML, denominato ifcXML [30]. I “data schema models” sono essere definiti anche graficamente con EXPRESS-G e UML Diagram.

Il trasferimento dei dati avviene tipicamente mediante uno scambio file-based per trasmissione diretta o caricamento su web. Al procedere degli stati di avanzamento le strutture dei file di progetto, nonché la produzione e l’organizzazione degli stessi, divengono sempre più complesse. L’approccio BIM server-based rappresenta una ulteriore opzione per risolvere tali problemi attraverso un modello basato sulla cooperazione di gruppo. Un server BIM è un sistema [31] dotato di funzioni object-based per la gestione di query, aggiornamenti e altri impieghi. Alcuni software BIM, come ad esempio Autodesk Revit, possono essere adattati per modellare alcuni componenti infrastrutturali. I nuovi software tools, come Autocad Civil 3D e OpenRoads (Figura 1.5), sono già dotati di estensioni create ad hoc per supportare la modellazione delle grandi opere lineari. Tra questi alcuni software, come Autodesk Revit e Civil 3D, consentono di gestire informazioni multiattributo degli elementi, mentre altri come UC-win/Road possono supportare solo la gestione di informazioni di natura geometrica. In tabella 6 sono elencate i principali produttori di software per il BIM infrastrutturale. Alcuni produttori forniscono piattaforme dotate di API (application program interface) e SDK (software development toolkit) per la personalizzazione utente degli applicativi (Tabella 1.6).

Tabella 1.6 – Software BIM per le infrastrutture [1]

Fornitori	Software	Dominio delle infrastrutture					API/SDK
		α	β	γ	δ	ϵ	
Autodesk	Revit	√	√	√	√	√	√
	AutoCAD	√	√	√	√	√	
	AutoCAD Map 3D	√	√	√	√	√	
	AutoCAD Civil 3D	√		√			√
	Autodesk InfraWorks	√		√			
	Structural Bridge Design	√					
	AutoCAD Utility Design			√			
	Autodesk 3ds Max Design	√	√	√	√	√	√
	Navisworks	√	√	√	√	√	√
Bentley	RM Bridge, LEAP Bridge, LARS Bridge	√					
	Power Rail Track, Power Rail Overhead Line, MXRAIL, OpenRail	√					
	Power InRoads, Power GEOPAK, MXROAD, and PowerCivil, OpenRoads	√					
	PlantWise, OpenPlant, AutoPLANT, and PlantSpace		√				
	HAMMER, WaterCAD, WaterGEMS, SewerCAD, SewerGEMS CivilStorm, StormCAD					√	
	MicroStation	√	√	√	√	√	√
	AECOSim Building Designer	√	√	√	√	√	
	Prosteel	√	√	√	√	√	
	BentleySubstation	√	√	√	√	√	
	Bentley Navigator	√	√	√	√	√	√
	ProjectWise	√	√	√	√	√	√
	AutoPIPE and STAAD.Pro	√	√	√	√	√	√
CSI	SAP2000		√		√	√	
	CSiBridge	√					√
Tekla	Tekla Structures	√	√	√	√	√	√
	Tekla Bimsight	√	√	√	√	√	
Trimble	Quadri	√	√	√	√	√	√
	Novapoint	√	√	√	√	√	
FORUM8	UC-win/Road	√					√



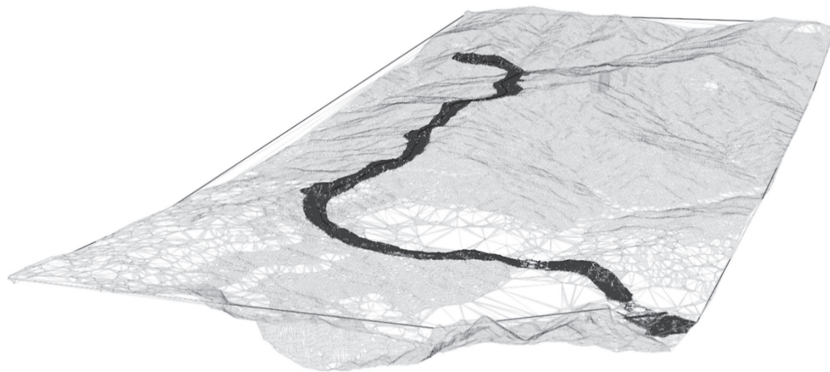


Figura 1.5 – BIM di un corridoio infrastrutturale

Gli applicativi API consentono di utilizzare i software sviluppati con codici proprietari diversi da quello del gestore della piattaforma collaborativa. Un SDK contiene numerosi esempi di codici prescritti e la documentazione di supporto che consente agli utenti di programmare mediante API. Queste funzioni sono particolarmente utili quando gli utenti vogliono condividere le informazioni multi-piattaforma [32].

1.2 Stato dell'arte e analisi della letteratura tecnica

L'analisi della letteratura disponibile a livello internazionale è stata sviluppata valutando la numerosità dei casi applicativi e delle pubblicazioni scientifiche, usi del BIM, i LOD dei modelli, l'evoluzione degli standard, le modalità di organizzazione dei dati e le tecnologie software.

L'interesse del settore AEC è stato rivolto sinora prevalentemente verso le applicazioni BIM per ponti e strade. Le tecnologie BIM sono state impiegate anche per la progettazione di opere idrauliche (Figura 1.6), impianti per la produzione di energia e per la gestione delle operazioni di scavo delle gallerie.

In Tabella 1.7 è consegnata la distribuzione geografica dei casi di studio con applicazioni del BIM con ripartizione per categoria di infrastruttura, l'interesse del mondo accademico è stato sinora rivolto al BIM per ponti e gallerie.

Le applicazioni censite riguardano prevalentemente l'esplorazione dei possibili impieghi della tecnologia I-BIM. La ricerca scientifica è stata invece indirizzata allo sviluppo di formati file aperti dedicati, come ad esempio IFC-Bridge. Nelle tabelle 8 e 9 sono sintetizzati gli usi del BIM rilevati rispettivamente nelle pratiche applicazioni e nei progetti di ricerca sviluppati in ambito accademico. La modellazione BIM è utilizzata prevalentemente per la visualizzazione grafica e nelle analisi strutturali senza distinzioni significative per categoria di infrastruttura. I modelli sono molto utili nelle attività di progettazione, verifica delle



interferenze, Quantity take-off e constructability analysis. Il BIM è ancora poco utilizzato nelle analisi dei flussi di traffico [33, 34, 37], per le valutazioni di impatto ambientale [36, 53], nelle analisi LCA e nelle ispezioni virtuali. Il numero relativamente limitato di usi del BIM dipende dalla scarsa diffusione delle tecnologie tra gli attori del comparto infrastrutturale e dalla limitata compatibilità di tali tecnologie con gli applicativi software di alcune discipline specialistiche.

Le informazioni sono il cuore del nuovo approccio BIM ed è importante che ciascun modello, integrato e interoperabile, possa essere alimentato con i dati necessari per gestire il ciclo di vita dell'opera.

I benefici che derivano da simulazioni di dettaglio, analisi particolareggiate e ispezioni virtuali delle opere possono essere percepiti solo a lungo termine. In particolare la Stazione Appaltante (SA) apprezza i vantaggi derivanti dall'impiego del BIM ad opere ultimate in fase di esercizio quando è possibile utilizzare tutti i dati generati in fase di costruzione. Gli altri usi del BIM sono invece già diffusi nel settore, probabilmente per l'elevato rapporto benefici-costi. Si pensi ad esempio alla verifica delle interferenze che, gestita in ambiente BIM, riduce notevolmente tempi e costi necessari per le eventuali rielaborazioni. Anche gli appaltatori sono ancora poco propensi ad adottare tali nuove tecnologie che producono vantaggi a lungo termine e richiedono investimenti per la formazione del personale. La modellazione per ambiti disciplinari distinti accresce le difficoltà d'impiego delle nuove tecnologie, in particolare la scarsa interoperabilità dei modelli ne limita l'utilizzo nel Lifecycle Information Management e nel Virtual Facility Inspection [70,71].

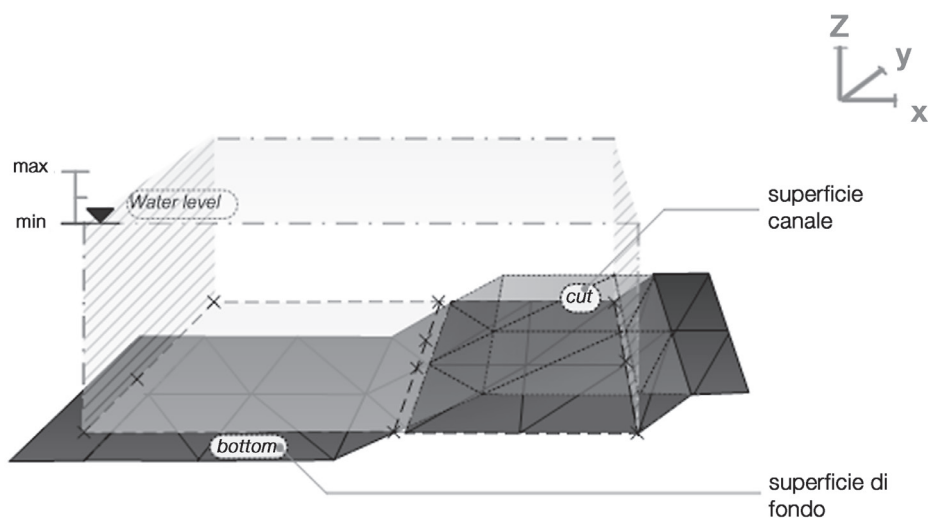


Figura 1.6 – Modello LandXML di un canale [123]

Pagine omesse dall'anteprima del volume