

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
ARCHITETTURA E CULTURE DEL PROGETTO

Ciclo XXXIII

Settore Concorsuale: 08/E1 - DISEGNO e 08/C1 - DESIGN E PROGETTAZIONE TECNOLOGICA DELL'ARCHITETTURA

Settore Scientifico Disciplinare: ICAR/17 - DISEGNO e ICAR/11 - PRODUZIONE EDILIZIA

CRITERI E STRUMENTI PER L'APPLICAZIONE DELL'H-BIM
La gestione digitalizzata dei processi tra teoria e prassi

Presentata da: Caterina Morganti

Coordinatore Dottorato

Chiar.ma prof.ssa Annalisa Trentin

Supervisore

Chiar.ma prof.ssa Cristiana Bartolomei

Co-supervisore

Chiar.mo prof. Marco Alvise Bragadin

Esame finale anno 2021

CRITERI E STRUMENTI PER L'APPLICAZIONE DELL'H-BIM

La gestione digitalizzata dei processi tra teoria e prassi

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Dottorato in Architettura e Culture del Progetto
XXXIII ciclo

Coordinatore Dottorato: Chiar.ma prof.ssa Annalisa Trentin

Supervisore: Chiar.ma prof.ssa Cristiana Bartolomei
Co-supervisore: Chiar.mo prof. Marco Alvise Bragadin

Candidata: Caterina Morganti



INDICE

Abstract	p.5
Ringraziamenti.....	p.7
Elenco delle figure.....	p.9
Legenda delle schede.....	p.11
Glossario.....	p.13
1. Introduzione.....	p.17
1.1. Inquadramento della ricerca.....	p.17
1.2. Problemi.....	p.18
1.3. Obiettivi.....	p.18
1.4. Metodologia.....	p.18
2. Stato dell'arte.....	p.21
2.1. Panoramica sulla storia del calcolo nella progettazione.....	p.21
2.2. Precursori del BIM e nascita dei software a suo servizio.....	p.24
2.3. Origini e significato di BIM, H-BIM e E-BIM.....	p.30
2.3.1. Origini e significato di BIM.....	p.30
2.3.2. Origini e significato di H-BIM.....	p.30
2.4. Stato dell'arte della produzione scientifica.....	p.35
2.5. Diffusione di BIM e H-BIM in ambito internazionale.....	p.39
2.6. Casi di studio.....	p.51
3. Normativa vigente.....	p.57
3.1. L'apparato normativo.....	p.58
3.2. La normativa internazionale.....	p.59
3.3. La normativa nazionale.....	p.61
3.3.1. Apparato normativo cogente.....	p.61
3.3.2. Apparato normativo volontario.....	p.70
3.4. Analisi degli standard e protocolli attuali.....	p.82
3.4.1. Sistema dei LOD inglese.....	p.82
3.4.2. Sistema dei LOD americano.....	p.83
3.4.3. Sistema dei LOD italiano.....	p.84
3.5. Definizione e competenze delle figure specialistiche.....	p.85
3.6. Certificazione ed enti certificatori.....	p.86
3.7. Flussi di lavoro e formati di scambio dati.....	p.94
3.7.1. IFC Industry Foundation Classes.....	p.94
3.7.2. IFD (International Framework for Dictionaries o Data Dictionary).....	p.94
3.7.3. IDM (Information Delivery Manual).....	p.95
3.7.4. MVD - Model View Definition.....	p.95
3.7.5. CDE - Common Data Environment o ACDat - Ambiente di Condivisione Dati.....	p.95
3.8. Il tema della privacy e della cybersecurity.....	p.98
4. Gestione dei dati per il processo H-BIM.....	p.103
4.1. Quadro conoscitivo.....	p.103
4.2. Acquisizione dei dati per la generazione della nuvola di punti.....	p.106

4.2.1. Fotomodellazione per la generazione del modello H-BIM.....	p.106
4.2.2. Caso studio - Colonia Agip.....	p.114
4.2.3. Rilievo con drone.....	p.116
4.2.4. Caso studio - Geisel library.....	p.116
4.2.5. Laser scanner per la generazione del modello H-BIM.....	p.120
4.2.6. Caso studio - Student house di Peristeri.....	p.122
4.2.7. Caso studio - Edifici in Kaga Park.....	p.123
4.2.8. Caso studio - Scuola di ingegneria e architettura a Bologna.....	p.130
4.3. Scan-to-BIM.....	p.133
4.4. Raccolta dei dati specializzati.....	p.136
4.5. Inserimento, archiviazione e condivisione delle informazioni.....	p.138
4.6. Gestione digitale del processo H-BIM.....	p.142
5. Lo strumento H-BIM nella fase di gara.....	p.145
5.1. Introduzione.....	p.145
5.2. Procedure e contrattualistica nel processo edilizio.....	p.147
5.2.1. Appalti di sola esecuzione (Design-Bid-Build (DBB)).....	p.147
5.2.2. Appalti integrati (Design-Build (DB)).....	p.147
5.2.3. Contratto di Construction Management (o per scorpori parziali) (Construction Management (CM)).....	p.148
5.2.4. Contratto di progettazione - costruzione - gestione (Design-Build-Operate (DBO)).....	p.148
5.2.5. Contratto di progettazione-costruzione-finanziamento-gestione(Design-Build-F nance-Operate(DBFO))....	p.148
5.2.6. Contratto di consegna del progetto integrato (Integrated Project Delivery (IPD)).....	p.148
5.2.7. Contratto di alleanza di progetto (Project Alliancing (PA)).....	p.149
5.2.8. Contratto di approvvigionamento guidato dei costi (Cost Led Procurement (CLP)).....	p.149
5.2.9. Contratto di assicurazione di progetto integrato (Integrated Project Insurance (IPI)).....	p.150
5.2.10. Two Stage Open Book ed Early BIM Partnering (EBP).....	p.150
5.3. BIM/H-BIM & e-Project Procurement.....	p.150
5.3.1. Definizione di e-Procurement.....	p.150
5.3.2. E-Procurement in Italia.....	p.152
5.3.3. Piattaforme per la digitalizzazione degli appalti.....	p.156
5.4. Model Checking e validazione della proposta presentata in sede di gara.....	p.158
5.5. Possibili scenari futuri sul capitolato informativo per un modello H-BIM.....	p.160
6. Lo strumento H-BIM nella esecuzione dei lavori.....	p.163
6.1. H-BIM e cantierizzazione.....	p.163
6.2. Ergotecnica e digitalizzazione dei processi.....	p.166
6.3. Cantierizzazione e modello informativo del cantiere e della sicurezza.....	p.167
6.3.1. Il modello ergotecnico allo stato di progettazione.....	p.167
6.3.2. Il modello ergotecnico in fase esecutiva.....	p.167
6.4. H-BIM e piano della sicurezza.....	p.170
6.5. Digitalizzazione del collaudo.....	p.171
7. Lo strumento H-BIM nella manutenzione dell'opera.....	p.175
7.1. Manutenzione dell'opera.....	p.175
7.2. Sostenibilità dell'opera dal progetto alla demolizione.....	p.177
7.3. Nuova frontiera della manutenzione: i Digital Twin (DT).....	p.180
8. Conclusioni.....	p.183
Riferimenti bibliografici.....	p.187
Bibliografia.....	p.191

ABSTRACT

ABSTRACT

La ricerca si pone l'obiettivo di analizzare strumenti e metodi per l'applicazione dell'H-BIM, (Heritage/Historic Building Information Modelling), comprendendone le criticità e fornendo soluzioni utili in questo campo, non ancora del tutto strutturato e definito. Lo studio, tuttavia, non si prefigge come scopo la semplice produzione di modelli 3D, semanticamente strutturati e parametrici a partire da una nuvola di punti ottenuta con un rilievo digitale ad alta risoluzione, ma si propone di definire i criteri e le metodiche di applicazione dell'H-BIM all'interno dell'intero processo, dal progetto fino all'esecuzione dell'opera e alla manutenzione. In questo quadro, uno dei più diretti fattori di criticità che connotano l'applicazione di protocolli informatici fondati sul paradigma del Building Information Modelling al comparto dell'edilizia storica è in primis correlato al carattere eterogeneo che ne distingue la natura costitutiva.

La ricerca è pertanto intesa ad indagare, attraverso un percorso di sviluppo sperimentale, le possibilità applicative di una metodologia di analisi che contempra l'impiego di tecniche laser scanner e di fotomodellazione tridimensionale combinate con l'utilizzo dell'H-BIM. Il tema risulta quanto mai attuale e significativo anche in relazione alla recente pubblicazione del "Decreto BIM" che insieme alla norma Uni 11337 pone un accento specifico proprio al progetto sull'esistente utilizzando il BIM come processo di modellazione. La pubblicazione del 1 dicembre 2017 del cosiddetto "Decreto BIM", uno dei principali provvedimenti attuativi previsti dal Codice dei contratti pubblici e successivi aggiornamenti (Decreto Legislativo 18 aprile 2016 n.50 o Codice Appalti aggiornato con le modifiche, da ultimo, introdotte dal D.L. 26 ottobre 2019, n. 124, convertito con modificazioni dalla L. 19 dicembre 2019, n. 157), costituisce il primo passaggio normativo riguardante la digitalizzazione dei processi nel campo delle costruzioni. I presupposti che guidano l'innovazione associata al mondo delle tecnologie BIM riguardano infatti primariamente l'identificazione di protocolli per la interoperabilità tra i vari attori dei processi, dalle fasi progettuali fino a quelle di messa in opera e alla manutenzione. Un indirizzo che sposta l'attenzione sulla definizione di ambienti di condivisione dei dati la cui primaria finalità è quella di consentire la tracciabilità, la trasparenza e la tutela delle informazioni secondo determinati standard di certificazione; ciò implica l'adozione di un capitolato informativo per l'espletamento dei servizi di progettazione e per l'esecuzione dei lavori che preveda tutti gli elementi utili alla individuazione dei requisiti di produzione, di gestione e di trasmissione dei contenuti informativi, tra cui un modello digitale relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti. Il campo di applicazione previsto dalla norma è esteso a tutte le opere caratterizzate da elevato contenuto tecnologico o da una significativa interconnessione degli aspetti architettonici, strutturali e tecnologici, ed in genere per tipologie di intervento in cui vi siano esigenze particolarmente accentuate di coordinamento e di collaborazione tra discipline eterogenee, la cui integrazione in termini collaborativi è ritenuta fondamentale.

In questo quadro si inscrivono dunque anche gli interventi sul patrimonio costruito in cui l'articolazione delle competenze e delle tipologie di attività ad esse correlate, richiede l'adozione di specifici protocolli di condivisione delle procedure di elevata complessità, dato il carattere eterogeneo che ne connota la

fisionomia originaria. Tale specificità rappresenta ancora oggi il principale limite applicativo per l'impiego di modelli informatici nelle diverse versioni del H-BIM essendo questi espressione di protocolli operativi originariamente sviluppati per governare la complessità dei processi nella nuova costruzione. Un limite che, di contro, ha indotto ad alimentare un forte impulso nella promozione di attività di ricerca in questo ambito con l'obiettivo di definire strumenti e modalità di condivisione dei dati basate su procedure certificabili.

In questo quadro, grande rilevanza assumono le tecniche di rilevamento dell'opera, quale passaggio essenziale e determinante nel garantire la corrispondenza dei contenuti geometrico-dimensionali, tipologici e costruttivi nelle successive fasi progettuali ed operative di intervento. In altri termini, la certificazione del dato di partenza, ovvero il rilievo e la restituzione dello stato originario dell'opera, costituisce il primario veicolo su cui transita l'affidabilità del processo e il fattore che decreta anche l'attendibilità degli esiti nella corrispondenza istituita tra le quattro macro-attività: diagnostica, progettuale, cantieristica e gestionale. Il quadro esigenziale espresso dalla norma sopracitata induce pertanto ad adottare strumenti e metodi che, nelle more dell'articolo 23, comma 1, lettera h, del codice dei contratti pubblici per gli interventi di restauro, recupero e riqualificazione, permettano la condivisione delle informazioni prodotte tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche. Ciò significa prevedere piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari in cui la certificazione sull'affidabilità del dato è in capo al singolo attore che partecipa al processo, con l'obbligo di garantire sia i requisiti della tracciabilità che la compatibilità con il modello informativo. Nell'ambito del rilievo il metodo "Scan-to-BIM" viene oggi considerato come la risposta più efficace e coerente per garantire l'affidabilità del dato, sia in fase di presa che in quello di rappresentazione dell'oggetto. La ricerca quindi mira a fornire le linee guida utili al fine di generare un vero e proprio archivio digitale dell'edificio, contribuendo quindi ad approfondire la conoscenza dello stesso in misura estremamente superiore rispetto a quella delle metodiche tradizionali sia in termini di raccolta sia di analisi dei dati, non più semplicemente geometrici ma anche e soprattutto qualitativi. Ad esempio, in termini di stato di conservazione, delle tecniche costruttive utilizzate, della tipologia di struttura, ciò rappresenta un salto concettuale epocale, con un forte impatto sia sulla riqualificazione sia sulla complessiva gestione del successivo ciclo di vita dell'edificio.

Le molte implementazioni H-BIM di ricerca pilota che sono stati effettuate su parecchi edifici storici italiani hanno dimostrato che il passaggio dalla rappresentazione tradizionale con viste 2D associate ad un progetto di restauro al modello parametrico 3D, non può essere solo una questione di strumenti e procedure da personalizzare, ma risulta necessario l'utilizzo di strumenti parametrici per restituire l'intero processo di conservazione e valorizzazione del patrimonio. È quindi opportuno affrontare la tematica dell'Heritage/Historic Building Information Modelling o H-BIM, attraverso un'analisi dei processi su cui attivare una ricerca consapevole degli strumenti.

RINGRAZIAMENTI

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il mio supervisore di tesi professoressa Cristiana Bartolomei per aver creduto sin dall'inizio in me e nella mia attività di ricerca. La ringrazio per avermi sempre sostenuta e aiutata con la sua supervisione sempre attenta e presente. Desidero ringraziarla per avermi dato la possibilità di approfondire le tematiche di questa tesi sotto una guida costante, per la competenza tecnica fornita durante questo percorso ed anche per il forte sostegno morale e fiducia riposta in me, indispensabili al fine di raggiungere questo traguardo. La ringrazio per i momenti di complicità e risate.

Desidero inoltre ringraziare il mio co-supervisore professore Marco Alvisè Bragadin che mi ha supportato nella attività di ricerca, fornendomi sempre spunti di originalità indispensabili per l'elaborazione del prodotto di tesi. Desidero ringraziare tutti i docenti ed il personale del Dipartimento di Architettura e i miei colleghi dottorandi, grazie a loro sono cresciuta e

ho avuto la possibilità di lavorare in un ambiente stimolante e vario, ricevendo così grandi possibilità di arricchimento personale. Per la stesura della tesi hanno avuto fondamentale importanza tutte le speciali persone conosciute durante il mio percorso. Desidero ringraziare il professore Kiminori Nakazawa del Department of Conceptual Design del College of Industrial Technology della Nihon University e tutto il suo staff e i professori Dominique Rissolo e Falko Kuester della University of California - San Diego e tutto il loro staff. Li ringrazio per avermi fatta sentire sempre a casa accogliendomi nei loro laboratori di ricerca e nella loro cultura. Desidero ringraziare tutti i collaboratori di TopCon Company per aver sempre dimostrato grande disponibilità e passione nel loro lavoro, Desidero ringraziare tutte le persone meravigliose presenti nella mia vita, in particolare mia nonna Anna Maria e miei splendidi genitori Anna e Mauro.

**ELENCO DELLE FIGURE
E LEGENDA DELLE SCHEDE**

ELENCO DELLE FIGURE

Fig.1 - Impostazione metodologica.	p.19
Fig.2 - Era del disegno 2D.	p.22
Fig.3 - Era della modellazione 3D.	p.22
Fig.4 - Era del Building Information Modelling.	p.23
Fig.5 - Era della modellazione parametrica.	p.23
Fig.6 - Era del machine learning.	p.23
Fig.7 - Oggetto BIM.	p.24
Fig.8 - Blocco da disegno di Ivan Sutherland,1963.	p.25
Fig.9 - Freedom Tower: a sinistra due immagini estratte dal progetto BIM di Skidmore, Owings and Merrill del 2005, a destra una fotografia dell'edificio.	p.28
Fig.10 - Le dimensioni del BIM.	p.30
Fig.11 - E-BIM ed H-BIM.	p.31
Fig.12 - Schema di strutturazione H-BIM.	p.31
Fig.13 - Gestione del processo per edifici nuovi e edifici esistenti a seconda della disponibilità di dati preesistenti.	p.32
Fig.14 - Gerarchia nella modellazione.	p.34
Fig.15 - Schematizzazione dei problemi legati ai processi BIM e H-BIM.	p.36
Fig.16 - Frequenza di pubblicazione per anno di pubblicazione.	p.37
Fig.17 - Numero di pubblicazioni rivolte a tematiche affini al BIM analizzate per anno.	p.37
Fig.18 - Frequenza della trattazione delle fasi connesse al processo BIM nelle pubblicazioni analizzate.	p.38
Fig.19 - Gli approcci più utilizzati nelle pubblicazioni analizzate e l'intensificazione del flusso di pubblicazione in materia BIM e H-BIM.	p.39
Fig.20 - Sviluppo e adozione del BIM nei paesi del mondo.	p.39
Fig.21 - Dati statistici relativi al livello di adozione del BIM in nord America, il suo livello di implementazione e di gradimento nella sua adozione.	p.42
Fig.22 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento ai benefici ottenuti a seguito dell'adozione del BIM in nord America, suddivisi per categoria lavorativa e dati statistici relativi agli investimenti.	p.43
Fig.23 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento ai benefici ottenuti a seguito dell'adozione del BIM, alle tecnologie a supporto dell'utilizzo del BIM e sulla diffusione del suo utilizzo.	p.44
Fig.24 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento alle barriere riscontrate nell'utilizzo del BIM, sondaggi rivolti al grado di adozione del BIM.	p.45
Fig.25 - Progetto Grand Paris Express – immagini divulgate da Società de Gran Paris.	p.46
Fig.26 - Modello 3D e fase di costruzione del progetto Tripla.	p.47
Fig.27 - Modello 3D del New Bispebjerg Hospital di Copenhagen.	p.48
Fig.28 - Modello 3D e fase di costruzione del complesso ospedaliero Karolinska Solna.	p.48
Fig.29 - Modelli 3D Tunnel sottomarino Archimede.	p.49
Fig.30 - Modelli 3D del NHC-New Children's Hospital.	p.49
Fig.31 - Numero di casi studio H-BIM per anno e per nazione.	p.50
Fig.32 - Rilievo laser scanner e modello 3D Palazzo d'Harcourt a Torino.	p.52
Fig.33 - Modello H-BIM strutturale dell'ex laboratori della Certosa.	p.52
Fig.34 - Modello H-BIM architettonico dell'ex laboratori della Certosa.	p.53
Fig.35 - Modello H-BIM architettonico del progetto di riqualificazione di una porzione del Castello Beccaria Litta.	p.54
Fig.36 - Schema applicativo degli Standard nel mondo.	p.59
Fig.37 - Diffusione della normativa in materia di BIM in Europa.	p.60
Fig.38 - Schema riassuntivo art.3 - DECRETO BIM.	p.66
Fig.39 - Processo informativo delle costruzioni e modello informativo secondo la normativa UNI 11337-1.	p.72
Fig.40 - Schema di strutturazione dei Lod italiani secondo la normativa UNI 11337-4:2017.	p.73
Fig.41 - Esempi di schede Lod secondo la normativa UNI 11337-4:2017.	p.74
Fig.42 - Esempi di schede Lod secondo la normativa UNI 11337-5:2017.	p.75
Fig.43 - Modellazione informativa dell'edificio secondo la normativa UNI 11337-5:2017.	p.77
Fig.44 - Interfacce tra soggetti e gruppi ai fini della gestione delle informazioni secondo la UNI EN ISO 19650-2:2019.	p.77
Fig.45 - Flusso nel processo digitale attraverso i Lod degli oggetti secondo la UNI EN ISO 11337-4:2017.	p.84
Fig.46 - Schema di strutturazione dei LOD italiani.	p.84
Fig.47 - Figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.	p.86
Fig.48 - Common data environment secondo le PAS 1192 – 2 e PAS 1192 - 3.	p.96

Fig.49 - Strutturazione essenziale del common data environment secondo norma PAS 1192 - 2.	p.97
Fig.50 - Processo informativo delle costruzioni secondo la UNI 11337-5:2017.	p.97
Fig.51 - Flusso di risoluzione (ACDat o CDE) secondo la UNI 11337-5:2017.	p.99
Fig.52 - Usi e obiettivi dei modelli e delle fasi secondo la UNI 11337-4:2017.	p.107
Fig.53 - Processo edilizio.	p.108
Fig.54 - Le fasi della progettazione.	p.109
Fig.55 - Fasi progettuali vs. Lod.	p.109
Fig.56 - Fasi della fotomodellazione.	p.110
Fig.57 - Facciata verso fronte strada della colonia Agip al momento della sua realizzazione (a sinistra) e ad oggi (a destra).	p.114
Fig.58 - Processamento delle immagini nel software Agisoft Metashape ed elaborazione in Revit.	p.115
Fig.59 - Fotopiano del prospetto fronte mare per l'analisi degli infissi.	p.114
Fig.60 - Geisel Library.	p.117
Fig.61 - Concept e schematizzazione della Geisel Library.	p.118
Fig.62 - Prospetto e pianta piano terzo della Geisel Library.	p.119
Fig.63 - Drone DJI Phantom 4 RTK.	p.119
Fig.64 - Inclinazioni del gimbal a seconda dell'altitudine del drone, piano di volo sulle facciate e sulla copertura.	p.120
Fig.65 - Dal rilievo con drone alla modellazione in Revit.	p.121
Fig.66 - Processo di elaborazione dei dati acquisiti con laser scanner.	p.123
Fig.67 - Processo di modellazione H-BIM - Student house di Peristeri.	p.124
Fig.68 - Kaga Park, Itabashi - Tokyo.	p.125
Fig.69 - Edifici caso di studio, inseriti all'interno di Kaga Park, Itabashi - Tokyo.	p.125
Fig.70 - Topcon Total Station GT Series e Topcon GLS-2000 Laser Scanner.	p.126
Fig.71 - Progetto di indagine edificio A e edificio B.	p.127
Fig.72 - Processo Scan-to-BIM - edifici in Kaga Park.	p.128
Fig.73 - Generazione delle famiglie di Revit - edifici in Kaga Park.	p.129
Fig.74 - Scuola di Ingegneria e Architettura di Bologna.	p.130
Fig.75 - Modello Revit ipotizzato sulla base delle informazioni archivistiche, nuvola di punti e importazione della nuvola di punti nella bozza del modello Revit.	p.131
Fig.76 - Flusso di lavoro in ambiente Revit.	p.135
Fig.77 - Curva di MacLeamy.	p.138
Fig.78 - Livelli di maturità del BIM.	p.139
Fig.79 - Rapporto tra tempo e costo dell'implementazione rispetto ai livelli di maturità del BIM.	p.140
Fig.80 - Epoca di costruzione e stato di conservazione per edifici ad uso abitativo su dati ISTAT.	p.142
Fig.81 - Ciclo di vita sostenibile.	p.143
Fig.82 - Implementazione di ricerche sul tema BIM-LCA.	p.143
Fig.83 - Schema riassuntivo del processo di scelta del contraente.	p.146
Fig.84 - e-Procurement timeline.	p.151
Fig.85 - BIM e Procurement.	p.157
Fig.86 - Model checking.	p.158
Fig.87 - Schematizzazione Clash Analysis.	p.159
Fig.88 - Identificazione dei conflitti.	p.160
Fig.89 - Model checking nel progetto di fattibilità.	p.168
Fig.90 - Model checking nel progetto definitivo.	p.169
Fig.91 - Model checking nel progetto esecutivo.	p.169
Fig.92 - Prodotti Autodesk nel processo.	p.170
Fig.93 - H-BIM e Facility Management.	p.176
Fig.94 - Un confronto tra i modelli di fine ciclo di vita lineare e circolare nell'industria delle costruzioni.	p.178
Fig.95 - Digital Twin come contenitore di H-BIM.	p.181
Fig.96 - Digital Twin: monitoraggio, analisi, cloud e consulenza.	p.181
Fig.97 - Digital Twin come evoluzione di H-BIM.	p.181
Fig.98 - Interoperabilità e teamworking.	p.184

LEGENDA DELLE SCHEDE



Scheda riassuntiva norme.



Scheda normativa.

GLOSSARIO

GLOSSARIO

ACDat	Ambiente di Condivisione dei Dati
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificació
AIA	American Institute of Architects
AIM	Architectural Information Modelling
APR	Aerei a Pilotaggio Remoto
ATM	Air Traffic Manageme
BASIR	Built Asset Security Information Requirements
BASMP	Built Asset Security Management Plan
BS	British Standard
BSI	Building Smart International
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modelling
CAD	Computer Aided Design
CAM	Criteri Ambientali Minimi
CDE	Common Data Environment
CEN	Comitato Europeo di Normazione
CI	Capitolato Informativo
CIOB	Chartered Institute of Building
CoBIM	Common Bim Requirements
COV	Composti Organici Volatili
CPNI	Centre for the Protection of National Infrastructure
CRESME	Centro ricerche economiche, sociologiche e di mercato nell'edilizia
CSG	Constructive Solid Geometry
DAC	Design Automated by Computer
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DIN	Deutsche Institut für Normung
E-BIM	Existing Building Information
EMBT	Enric Miralles Benedetta Tagliabue
ENAC	Ente Nazionale per l'Aviazione Civile
ENEA	Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente
EQF	European Qualifications Framewor
FAI	Fondo Ambiente Italiano
FM	Facility Management
GDL	Ground Sample Distance
GIS	Geographic Information System
GLIDE	Graphical Language for Interactive Design
GSA	General Services Administration
GSD	Ground Sample Distance
H-BIM	Heritage/Historical Building Information Modelling
IAI	International Alliance for Interoperability
IAF	International Accreditation Forum
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICMQ	Istituto Certificazione e Marchio di Qualit
IEC	International Electrotechnical Commission
IFC	Industry Foundation Class
IFD	International Framework for Dictionaries
IDM	Information Delivery Manual
ISO	International Standards Organization
ISMS	Information Security Management System
LC	Lean Construction
LOD	Level of Development/Detail
LOG	Level of Geometry

LOI	Level of Information
MLA	Accordi di Mutuo Riconoscimento
MVD	Model View Definitio
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBC	National BIM Council
NBIMS	National Building Information Model Standard
oGI	offerta per la Gestione Informativ
OdC	Organo di Certificazion
PAS	Publicly Available Specificatio
PBS	Public Building Services
PdR	Prassi di Riferimento
pGI	piano per la Gestione Informativa
RUCAPS	Really Universal Computer-Aided Production System
SfM	Structure from Motion
SGP	Société du Grand Paris
SGSI	Sistemi di Gestione per la Sicurezza delle Informazioni
SINTEF	Selskapet for INdustriell og TEknisk Forskning
SIS	Swedish Standards Institute
SLR	Systematic Literature Review
SOM	Skidmore, Owings and Merrill
TS	Specifiche Tecniche
UCSD	University of California San Diego
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizatio
UNI	Ente nazionale italiano di unificazion
WBE	Work Breakdown Element
WBS	Work Breakdown Structure
2D	Two Dimensional
3D	Three Dimensional

CAPITOLO 1

1. INTRODUZIONE

1.1. Inquadramento della ricerca

I progetti che riguardano i beni culturali, che essi siano di conservazione, protezione o restauro hanno un ruolo sempre più preminente in tutto il mondo. Il settore dell'industria delle costruzioni ha adottato il Building Information Modelling (BIM) per le sue capacità di pianificazione e controllo sulle diverse tipologie di interventi in modo completo, coordinato e decentralizzato. Questi vantaggi hanno influenzato anche la modalità di relazionarsi al patrimonio culturale esistente, la cui complessa attività di gestione ha portato a considerare sempre più il concetto di Heritage BIM, che persegue la modellazione di elementi architettonici in conformità alle loro caratteristiche costruttive e storico-artistiche.

I beni culturali materiali, in particolare quelli immobili, quali monumenti, complessi architettonici, edifici storici e siti archeologici, costituiscono il principale campo di applicazione di questo nuovo approccio. In questo contesto, così vasto e variegato, è chiara la necessità di avere modelli 3D digitali completi ed esaustivi quali strumenti di riferimento per la comprensione, il monitoraggio, la ricostruzione e la eventuale predisposizione di interventi futuri. Per

tale ragione è assolutamente necessario essere in possesso di una base di dati che comprenda un'ampia documentazione grafica, testuale, tecnica, storica e semantica, che per molti edifici storici risulta essere lacunosa o frammentaria, che porta spesso a una gestione inefficiente del progetto, influenzando tempi e costi dei processi di manutenzione, di adeguamento e di tutti gli interventi riguardanti il patrimonio storico. Inoltre, nell'ultimo decennio i progetti dell'industria dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC) sono stati caratterizzati da nuove metodologie di consegna dei progetti e dall'utilizzo di nuovi strumenti di progettazione in costante miglioramento.

Un progetto nel settore edilizio inizia con una fase di indagine, seguita da una fase di pianificazione e progettazione, una fase di esecuzione, una fase di vita dell'opera, seguita da una eventuale fase di demolizione o ripresa del ciclo stesso. Rischi diversi possono essere presenti in ciascuna delle differenti fasi.

Per ottenere la maggior efficienza da ogni fase del processo vi è sempre una maggior richiesta di individuare metodi e strumenti atti all'ottenimento di un processo ottimale.

1.2. Problemi

Lo studio è inteso ad affrontare alcuni problemi che sono stati filtrati a valle di una indagine svolta sulla letteratura scientifica e che vengono di seguito elencati:

Problema 1: Come è possibile declinare un processo BIM sull'esistente?

Problema 2: Quali implicazioni tecniche comporta l'applicazione del BIM sul patrimonio costruito nel facility management?

Problema 3: Quali strumenti accompagnano una progettazione H-BIM?

Problema 4: Cosa prevede la normativa in termini di applicazioni del BIM sull'esistente?

Problema 5: Come si inserisce la progettazione H-BIM nei contratti d'appalto?

Problema 6: Quali competenze si richiedono ai tecnici coinvolti in un processo H-BIM?

Problema 7: Quale è la situazione attuale nell'ambito della formazione scolastica dei tecnici?

Problema 8: Quali saranno gli sviluppi futuri dell'H-BIM?

1.3. Obiettivi

La ricerca si pone l'obiettivo di analizzare strumenti e metodi per l'applicazione dell'H-BIM comprendendone le criticità e fornendo soluzioni utili in questo campo non ancora del tutto strutturato e definito. Al contempo la finalità non è circoscrivibile alla semplice produzione di modelli 3D semanticamente strutturati e parametrici a partire da una nuvola di punti ottenuta con un rilievo digitale, ma si propone di definire i criteri e le metodiche di applicazione delle H-BIM all'interno dell'intero processo, ovvero come si inserisce la digitalizzazione dei processi nel settore delle costruzioni nel panorama attuale in un momento in cui vi è una forte spinta verso la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente a vantaggio di un minor consumo del territorio.

Testare la valenza della procedura BIM sul patrimonio esistente è quindi capire gli sviluppi futuri di tale procedura in relazione, non solo alle nuove costruzioni, ma estendere l'applicazione BIM come procedura standard per qualsiasi intervento sull'edificio esistente a prescindere dalla sua identità e dalla entità del lavoro da compiere. Il carattere eterogeneo del nostro patrimonio edilizio induce necessariamente verso la formazione di nuove figure professionali capaci di operare su piattaforme e protocolli comuni.

1.4. Metodologia

L'impostazione metodologica scelta prevede un processo che parte dalla conoscenza dello stato dell'arte in tema di H-BIM con lo studio dell'attuale normativa in materia e i casi studio di maggior rilevanza (fig.1). Si è condotta una revisione completa della letteratura in merito alla tecnologia BIM e H-BIM. La revisione della letteratura presenta un'analisi critica del settore edile italiano, analizzando esperienze di utilizzo della tecnologia BIM nel settore edile globale, verificando gli ostacoli all'implementazione di questa tecnologia.

Inoltre, al fine di promuovere soluzioni intelligenti all'interno del Facility Management è stato necessario analizzare le criticità presenti nelle procedure, rivedere i processi e i metodi per raccogliere e gestire i dati, nonché individuare le procedure adeguate per garantire il successo dell'implementazione. La disponibilità e l'aggiornamento dei dati costituiscono due delle problematiche più diffuse per la gestione dell'ambiente costruito. Il BIM rappresenta un passaggio fondamentale per realizzare un'infrastruttura digitale integrata, grazie alle sue capacità di modellazione, visualizzazione, analisi e simulazione.

Partendo da un'analisi critica dell'uso attuale del BIM nel processo edilizio e della sua diffusione sono state evidenziate le potenzialità procedurali e operative legate all'uso sistematico delle innovazioni digitali nell'ottica del Facility Management, oltre che allo studio degli strumenti di acquisizione dei dati di elaborazione dei dati e di post-produzione. Si è proceduto al testing su casi specifici per l'analisi della fase di Scan-to-BIM, che si differenziano per tipologia di utilizzo, per data di costruzione, proprietà e localizzazione. Queste diverse condizioni influenzano l'applicazione del BIM, il suo livello di informazioni e le sue funzionalità di supporto per quanto riguarda i processi di progettazione, costruzione e manutenzione a causa dei requisiti delle parti interessate. Conseguentemente il percorso seguito dallo studio ha permesso di porre in luce il significato e le implicazioni dell'utilizzo del BIM nell'ambito del Facility Management, sulla base di una differenziazione delle applicazioni del modello BIM al variare delle condizioni in essere. Infine, sono state definite le conclusioni e formulate raccomandazioni riguardo al futuro utilizzo della tecnologia H-BIM nel settore delle costruzioni. In particolare, definend l'emergente frontiera del Digital Twin, quale veicolo necessario nel futuro della Costruzione 4.0.

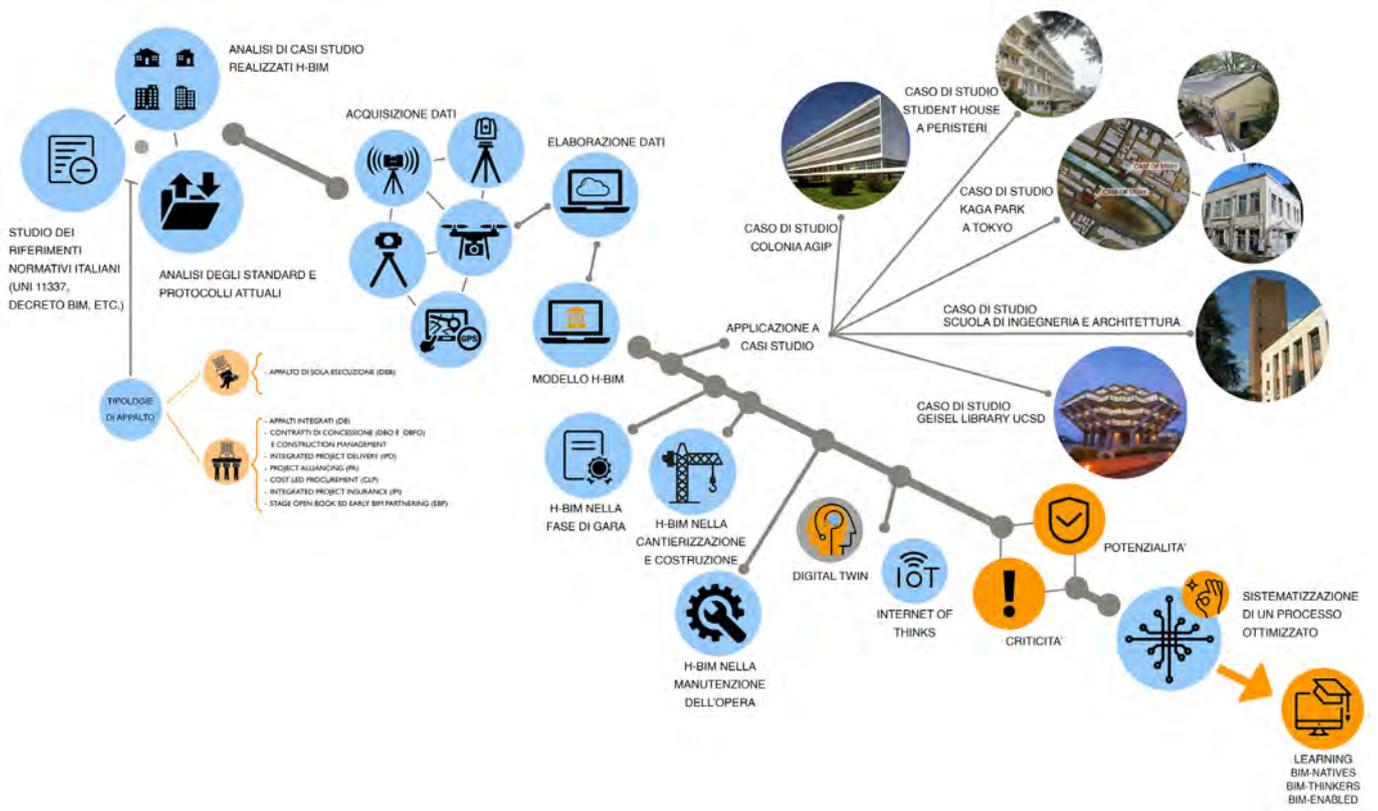


Fig.1 - Impostazione metodologica.

CAPITOLO 2

2. STATO DALL'ARTE

2.1. Panoramica sulla storia del calcolo nella progettazione

Per introdurre il concetto di BIM e H-BIM è necessario presentare l'evoluzione della storia del calcolo nella progettazione. Possiamo innanzitutto individuare cinque epoche: l'era del disegno 2D, l'era della modellazione 3D, l'era dell'introduzione del Building Information Modelling; l'era del calcolo del progetto algoritmico (BIM maturo); e più recentemente, l'era del machine learning (Pocobelli, Bohem & Bryan, 2018). La prima era del calcolo sostanzialmente consisteva nella documentazione attraverso disegni manuali, seguita dai primi sistemi di Computer-Aided Design (CAD).

Questo modo di lavorare prende piede nel periodo della Terza Rivoluzione industriale ovvero tra gli anni '70 e '90 del 1900, quando la forte spinta economica rese necessario abbandonare il disegno manuale con

il tecnigrafo a favore di una tecnologia che aiutasse l'uomo a ridurre notevolmente i tempi di produzione e revisione degli elaborati.

I software CAD nascono proprio per far fronte a queste esigenze ovvero ridurre i tempi di elaborazione e rendere più agevole l'esecuzione di correzioni.

La sfida era quindi quella di riuscire a far fronte alla medesima esigenza del disegno senza perdere in precisione e affidabilità

A questo risultato si arrivò negli anni con lo sviluppo di programmi di disegno sempre più evoluti che nel tempo si sono arricchiti di funzionalità sempre più innovative, di pari passo all'aumento di potenza dei computer su cui questi software dovevano funzionare. Tuttavia, ci sono voluti altri 20 anni per rendere questa tecnologia conveniente e accessibile a un pubblico più ampio. Con AutoCAD, rilasciato nel 1982, si è continuata la pratica di rappresentare gli edifici come una somma di disegni 2D, questa volta digitali (fig.2)

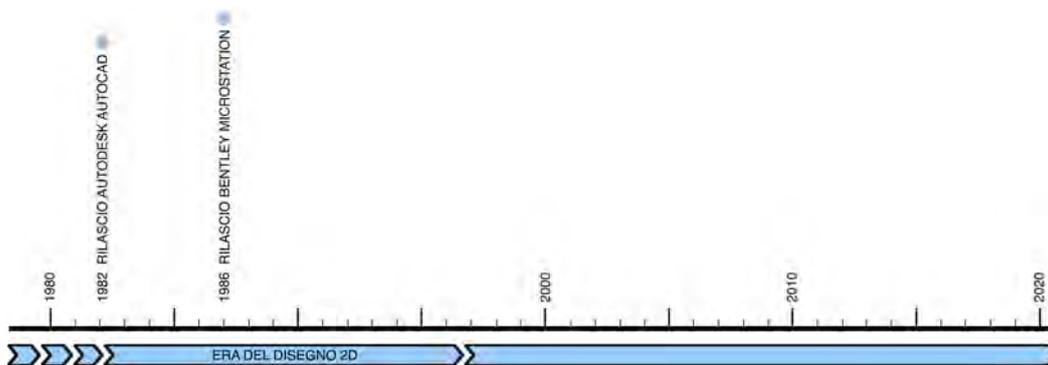


Fig.2 - Era del disegno 2D.

La seconda era del calcolo, nota anche come la prima svolta digitale, si è imposta negli anni '90. Questa era è stata caratterizzata da un'architettura cosiddetta "blob", i cui massimi esponenti possono essere identificati in Greg Lynn, Lars Spuybroek e Frank Gehry. Tuttavia, all'inizio degli anni 2000, i professionisti del design hanno iniziato a criticare il blob digitale come il simbolo più evidente di un'epoca di eccessi, sprechi e delusioni tecniche. Questa era coincide con il rilascio di software come 3D Studio Max e Rhinoceros (fig.3)

La terza era del calcolo ha aggiunto proprietà fisiche ai modelli 3D. Sicuramente il concetto che sta alla base di questo sviluppo era già presente al momento della rappresentazione 2D, per tale ragione la concezione del BIM si può ricondurre agli anni '80.

Il termine "modello dell'edificio" è infatti stato utilizzato per la prima volta a metà degli anni '80 (fig.4)

L'era del calcolo del progetto (BIM maturo), iniziata cavallo fra gli anni '80 e i '90, ha visto impegnati i progettisti non più solamente nella modellazione della forma specifica dell'edificio, ma nella elaborazione di un insieme di principi codificati digitalmente come una

sequenza di equazioni parametriche. I progettisti non modellano più direttamente l'edificio, ma sviluppano un grafico o uno script, visuale o non visuale, la cui esecuzione genera il modello (fig.5)

La quinta età del calcolo è iniziata, non a caso, insieme all'alba della quarta rivoluzione industriale.

È l'era del riconoscimento di modelli, delle reti neurali, della progettazione generativa e dell'intelligenza artificiale

Mentre le precedenti epoche di calcolo utilizzavano la nuova tecnologia per implementare la vecchia scienza che conoscevano, ora, al contrario, stiamo imparando che i computer possono funzionare in maniera migliore e celere quando lasciamo che seguano un metodo post-scientifico diverso

L'apprendimento automatico segue tre fasi principali: formazione, analisi e applicazione (fig.6)

Con l'evoluzione del calcolo nella progettazione si è avuto uno sviluppo di algoritmi sempre più sofisticati con strumenti digitali che sfruttano una maggiore complessità ma semplificano il lavoro in fase produttiva (fig.7)

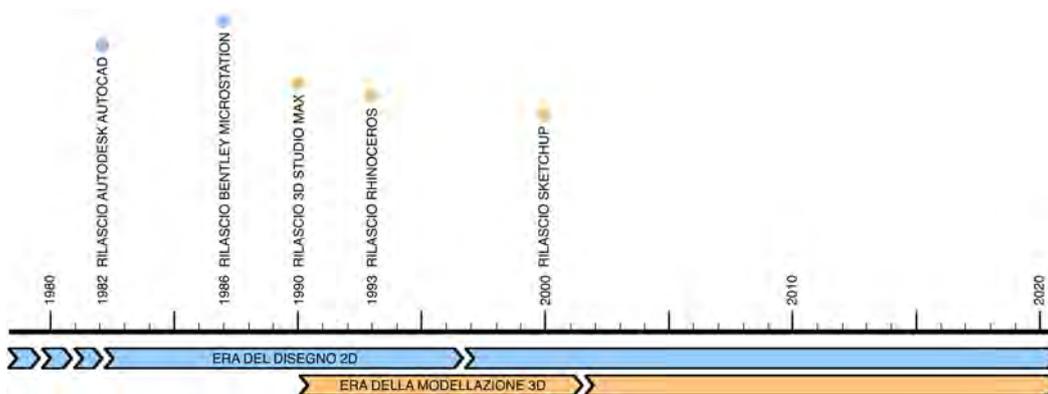


Fig.3 - Era della modellazione 3D.

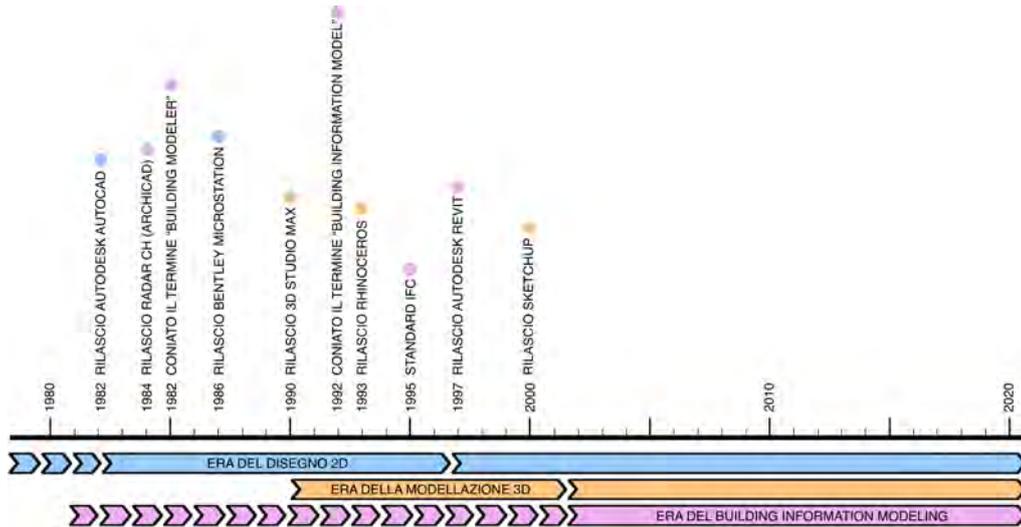


Fig.4 - Era del Building Information Modelling.

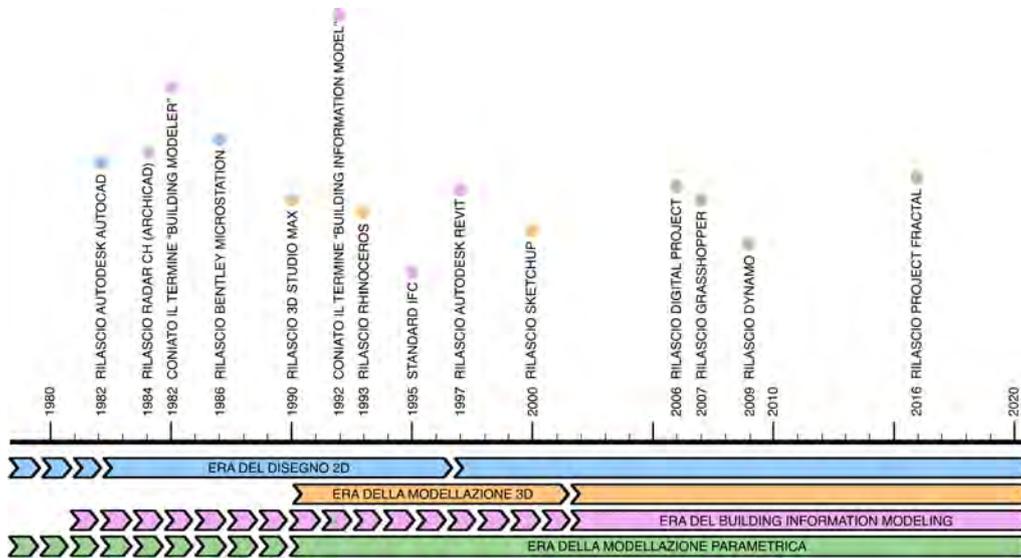


Fig.5 - Era della modellazione parametrica.

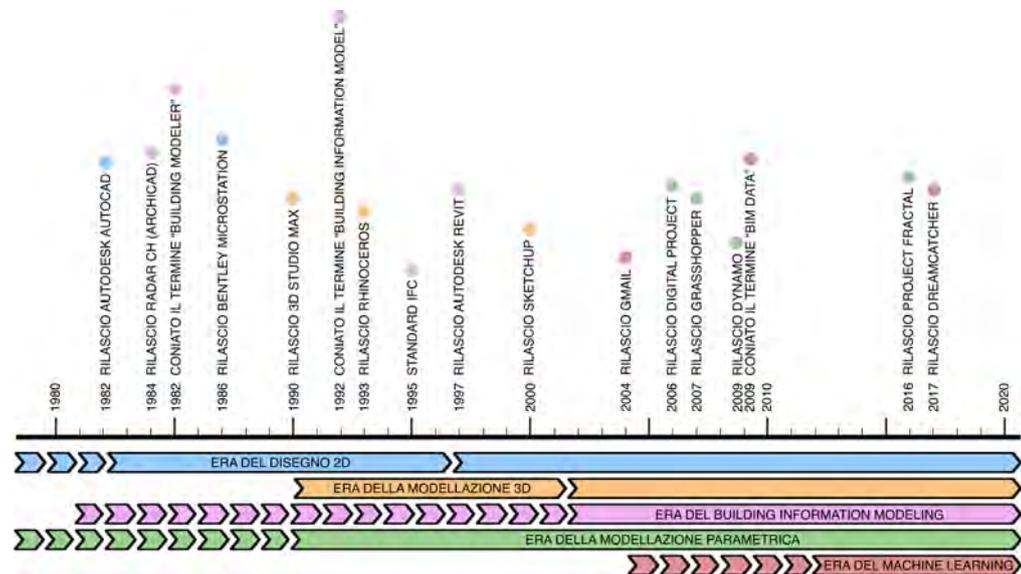


Fig.6 - Era del machine learning.

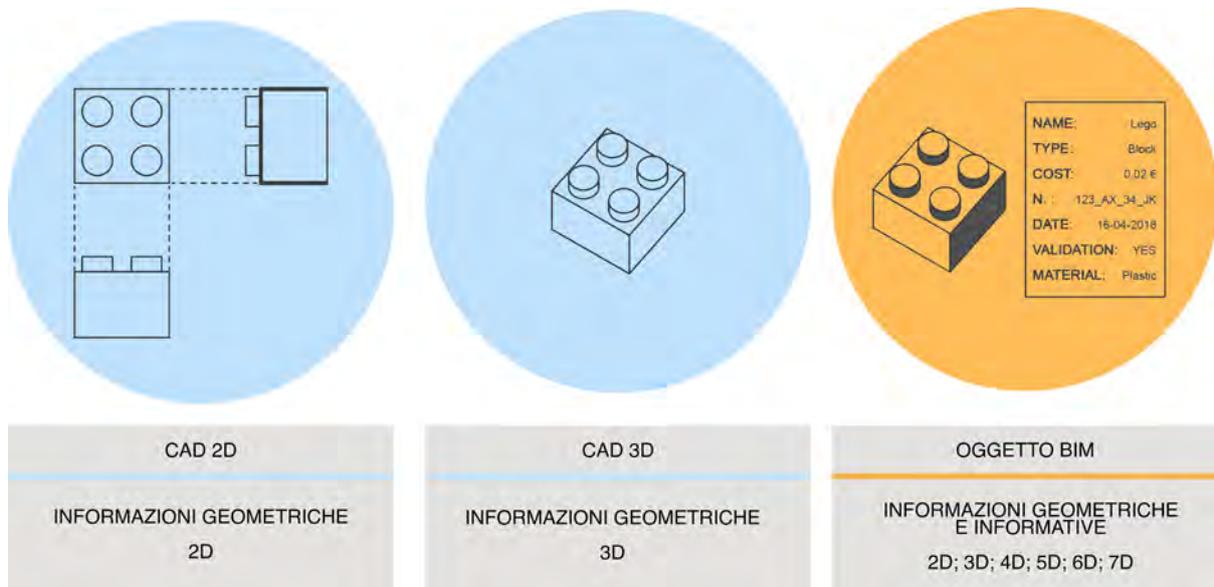


Fig.7 - Oggetto BIM.

2.2. Precursori del BIM e nascita dei software a suo servizio

Per tracciare la storia dei sistemi BIM, dobbiamo tornare ai primi tempi del computing e scavare attraverso le basi concettuali. La progettazione assistita da computer e la produzione assistita da computer si svilupparono come due tecnologie separate all'incirca nello stesso periodo negli anni '60. A quel tempo, nessuno prevedeva che sia il Computer Aided Manufacturing (CAM) sia il Computer Aided Design (CAD) si sarebbero intrecciati per poi divenire forze potenti nel mondo industriale (American Machinist, 1999). Nel 1957 nacque il primo software commerciale per la produzione CAM, sviluppato dal Dr. Patrick J. Hanratty¹, come tecnologia di lavorazione a controllo numerico. Poco tempo dopo, nel 1961 sviluppò la Design Automated by Computer (DAC) che divenne il primo sistema CAM/CAD che utilizzava grafici interattivi, tecnica che fu utilizzata per gli stampi complessi di General Motors.

A seguito di queste prime sperimentazioni e a

commento di questi linguaggi di programmazione ancora impopolari, Hanratty commentò come segue: *"Never generate anything closely coupled to a specific architecture. And make sure you keep things open to communicate with other systems, even your competitors"/ "Non generare mai nulla di strettamente accoppiato a un'architettura specifica. E assicurati di mantenere le cose aperte a comunicare con altri sistemi, anche con i tuoi concorrenti"*.

L'intuizione della necessità di generare sistemi di progettazione interscambiabili e interoperabili si può perpepire anche leggendo il libro del 1962 del Dr. Douglas C. Engelbart² intitolato "Augmenting Human Intellect"/ "Aumentare l'intelletto umano" (Engelbart, 1962).

In esso, Engelbart ha postulato l'idea del futuro architetto come colui che basasse la progettazione su oggetti e sulla manipolazione parametrica e costruzione di database relazionali: *"The architect next begins to enter a series of specifications and data—a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the*

¹ Patrick J. Hanratty (1931-2019), informatico e imprenditore americano, è conosciuto come il "padre del CAD / CAM" e della produzione automatizzata. Hanratty ha conseguito un dottorato di ricerca presso l'Università della California, Irvine. Ha lavorato per la General Electric, dove nel 1957 scrisse Pronto, uno dei primi linguaggi di programmazione a controllo numerico commerciale. Successivamente si trasferisce nel 1961 alla General Motors Research Laboratories dove collabora allo sviluppo del DAC. Fino al 2013 è stato Presidente e CEO della Manufacturing and Consulting Services (MCS) di Scottsdale. Gli analisti del settore ritengono che "il 70% di tutti i sistemi CAD / CAM meccanici 3D disponibili oggi hanno radici nel codice originale di Hanratty".

² Douglas C. Engelbart (1925-2013), è stato un inventore e ingegnere statunitense. Engelbart conseguì la laurea in ingegneria elettronica all'Università statale dell'Oregon (1948), seguita poi da una specializzazione a Berkeley nel 1952, e da un dottorato di ricerca, sempre a Berkeley, nel 1955. È stato il fondatore dell'Augmentation Research Center ed è ritenuto l'inventore, in collaborazione con William English, del primo mouse. Pioniere dell'interazione uomo-computer, ha sviluppato con i suoi collaboratori l'ipertesto, le reti di computer ed è stato un precursore dell'interfaccia grafica

screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an evermore-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design" / "L'architetto inizia ad inserire una serie di specifiche e dati: un pavimento in lastre di sei pollici, muri di cemento da dodici pollici, alti otto piedi all'interno dello scavo e così via. Quando ha finito, la scena realizzata appare sullo schermo. Una struttura che sta prendendo forma. La esamina, la aggiusta ... Questi elenchi si sviluppano in una struttura sempre più dettagliata e interconnessa, che rappresenta il pensiero in via di maturazione che sta dietro al progetto vero e proprio".

Durante gli stessi anni, diversi ricercatori, inclusi Herbert Simon³, Nicholas Negroponte⁴ e Ian McHarg⁵ stavano sviluppando un percorso parallelo sui i sistemi di informazione geografica (GIS). Inoltre, il lavoro di Christopher Alexander⁶ ebbe sicuramente un impatto importante in quanto portò alla realizzazione della prima scuola di informatici di programmazione orientata alla modellazione di oggetti, come descritto nel suo libro *Notes on the Synthesis of Form*. Per quanto accurati e robusti fossero questi sistemi, i framework concettuali non potevano essere realizzati senza un'interfaccia grafica attraverso la quale interagire

Nel 1963, il primo CAD con un'interfaccia utente grafica

³ Simon Herbert Alexander (1916 – 2001), economista e teorico dell'automazione, professore presso la Carnegie Mellon University di Pittsburgh vinse il premio Nobel per le scienze economiche nel 1978. I suoi interessi spaziavano dalla sociologia dell'organizzazione industriale alla teoria delle decisioni, dalle problematiche dell'intelligenza artificiale all'informatica, dalla psicologia all'economia d'impresa.

⁴ Nicholas Negroponte (nato nel 1943) è un informatico statunitense, celebre per i suoi studi innovativi nel campo delle interfacce tra l'uomo e il computer. Laureato in architettura a Boston, presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT) dove ha conseguito il dottorato in computer-aided design. Tra i suoi più importanti lavori vi sono gli studi sul Computer Aided Design (CAD) e la fondazione del Architecture Machine Group, un gruppo di pensatori dedicato allo studio e allo sviluppo di nuove interfacce uomo-macchina. Ha insegnato alle Università di Yale, del Michigan e di Berkeley.

⁵ Ian L. McHarg (1920 - 2001) è stato un architetto paesaggista scozzese e scrittore di pianificazione regionale utilizzando sistemi naturali. È stato il fondatore del dipartimento di architettura del paesaggio presso l'Università della Pennsylvania negli Stati Uniti e principale ideatore dei concetti di base che dei sistemi di informazione geografica

⁶ Christopher Alexander (nato nel 1936), inizia la sua formazione scientifica in chimica e fisica al Trinity College dell'Università di Cambridge. Successivamente si laurea in matematica e infine, in Architettura ad Harvard, dove è stato il primo dottore di ricerca in Architettura a ricevere un premio per la ricerca. Nel 1958 si trasferisce negli Stati Uniti, in California, dove dal 1963 al 2001 è stato professore di Architettura all'Università di Berkeley. Attualmente è professore Emerito all'Università della California.

"Sketchpad", è stato sviluppato da Ivan Sutherland⁷ presso i Lincoln Labs del MIT. Nel complesso, in quegli anni si è aperta la strada all'interazione uomo-computer, un importante passo avanti nello sviluppo della computer grafica (Sutherland, 2003). In termini di tecnologia di costruzione, Sketchpad ha lasciato il posto a programmi di modellazione solida: la rappresentazione computazionale della geometria è stata ulteriormente sviluppata e ha permesso la capacità di visualizzare e registrare le informazioni connesse alla forma (fig.8)



Fig.8 - Blocco da disegno di Ivan Sutherland,1963.

I due metodi principali per visualizzare e registrare le informazioni sulla forma che iniziarono ad apparire negli anni '70 e '80 erano la geometria solida costruttiva (CSG, constructive solid geometry) e la rappresentazione dei confini (brep, boundary representation). Il sistema CSG utilizza una serie di forme primitive che possono essere solidi o vuoti, in modo che le forme possano combinarsi e intersecarsi, sottrarsi o combinarsi per creare l'aspetto di forme più complesse. Questo sviluppo è particolarmente importante nella rappresentazione dell'architettura poiché le unioni e le sottrazioni sono procedure comuni nella progettazione. L'intero processo di progettazione richiedeva una connessione intuitiva del mezzo di progettazione e presentava la sfida di comandare il computer in modo semplice.

Poter descrivere e interpretare l'edificio attraverso database ha contribuito alla scomposizione dell'architettura nelle sue componenti costitutive, rendendo necessaria una tassonomia letterale delle parti costitutive degli edifici

Uno dei primi progetti a creare con successo un database di edifici è stato il Building Description

⁷ Ivan Edward Sutherland (nato nel 1938) è uno scienziato e informatico statunitense, pioniere di internet, vincitore del Premio Turing nel 1988 per l'invenzione del software e Sketchpad, predecessore delle interfacce maggiormente utilizzate nella computer grafica. A lui si deve anche l'ideazione degli occhiali per la realtà virtuale.

System (BDS), il primo software a descrivere i singoli elementi della libreria che possono essere recuperati e aggiunti a un modello (Eastman, 1976).

Questo programma utilizza un'interfaccia utente grafica, viste ortografiche e prospettiche e un database ordinabile che consente all'utente di recuperare le informazioni in modo categorico per attributi, inclusi il tipo di materiale e il fornitore (Eastman, Fisher & Lafue, 1974). Il progetto è stato ideato da Charles Eastman⁸ che si è formato come architetto a Berkeley e ha continuato a lavorare nel campo dell'informatica alla Carnegie Mellon University. Eastman afferma che i disegni per la costruzione sono inefficienti e causano ridondanze di un oggetto rappresentato su più scale. Egli critica i disegni cartacei per la loro tendenza a decadere nel tempo e per la loro limitatezza nel rappresentare adeguatamente l'edificio. Eastman affermò che i sistemi BDS avrebbero ridotto drasticamente i costi di progettazione, attraverso "efficienza di elaborazione e analisi" di oltre il cinquanta per cento. Il progetto di Eastman è stato finanziato dalla DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), agenzia per i progetti di ricerca avanzata. Il BDS è stato un esperimento che avrebbe identificato alcuni dei problemi che avrebbero tenuto impegnati i progettisti per i successivi cinquant'anni, ma pochissimi di loro sono stati in grado di lavorare sul sistema BDS. Nel 1975 Charles Eastman pubblicò un articolo che descriveva un vero e proprio prototipo BDS. Ha discusso idee di progettazione parametrica, rappresentazioni 3D computabili di alta qualità, con un "unico database integrato per analisi visive e quantitative". L'articolo di Eastman descriveva fondamentalmente il BIM come lo conosciamo ora. Il BDS è stato uno dei primi progetti nella storia del BIM a creare con successo questo database di edifici, descrivendo i singoli elementi della libreria che potevano essere recuperati e aggiunti a un modello (Bergin, 2011). Il progetto successivo di Eastman, GLIDE (Graphical Language for Interactive Design) creato nel 1977 alla CMU, mostrava la

⁸ Charles M. Eastman (1940 -2020) è stato un professore e un pioniere nel campo della teorizzazione del Building Information Modelling (BIM) e della modellazione solida parametrica, tanto da essere riconosciuto il "padre del BIM". Dopo la laurea in architettura presso il CED di Berkeley, Charles M. Eastman si è concentrato sullo sviluppo di strumenti per i professionisti del mondo dell'architettura con il System Building Description e Building Product Modelling, successivamente nominato Building Information Modelling. Ha conseguito il dottorato in Architettura presso la Carnegie Mellon University. Nei primi anni '80 ha fondato la Formtek, una start-up dedicata alla modellazione parametrica e successivamente ha assunto l'incarico come ricercato presso University of California, Los Angeles per 8 anni prima di trasferirsi in Georgia dove è stato, fino alla pensione, professore presso il Colleges of Design and Computer Science presso il Georgia Institute of Technology.

maggior parte delle caratteristiche che avrebbero poi descritto la moderna piattaforma BIM (Eastman & Henrion, 1977). Parallelamente, all'inizio degli anni '80, diversi sistemi si svilupparono in Inghilterra. I principali includono GDS, EdCAAD, Cedar, Sonata e Reflex. In particolare, nel 1986 nacque il sistema software RUCAPS (Really Universal Computer-Aided Production System) sviluppato da GMW Computers, il primo programma ad utilizzare il concetto di fasatura temporale dei processi di costruzione.

RUCAPS è stato utilizzato per assistere nella costruzione del Terminal tre dell'aeroporto di Heathrow a Londra. È stato il primo programma CAD nella storia del BIM ad essere utilizzato nella costruzione di prefabbricati. Mentre gli sviluppi avvenivano rapidamente negli Stati Uniti, il blocco sovietico nascondeva due geni della programmazione che avrebbero determinato il mercato BIM come è noto oggi. Leonid Raiz e Gábor Bojár, divennero infatti i rispettivi co-fondatore e fondatore di Revit e ArchiCAD. ArchiCAD sviluppato nel 1982 a Budapest, in Ungheria da Gábor Bojár, un fisico che si ribellò al governo comunista e fondò un'azienda privata. Utilizzando una tecnologia simile al Building Description System, il software Radar CH è stato rilasciato nel 1984 per il sistema operativo Apple Lisa. Questo in seguito divenne ArchiCAD, il che rende ArchiCAD il primo software BIM reso disponibile su un personal computer. A causa di diverse correnti di pensiero, che hanno creato conflitti sulle strategie aziendali all'interno della software house, l'avvio di ArchiCAD su progetti a larga scala ha subito un rallentamento. ArchiCAD ha, infatti, ottenuto notevoli guadagni da parte degli utenti che dal 2007 al 2011 lo hanno utilizzato come strumento per lo sviluppo di progetti residenziali e commerciali in Europa. Ad oggi, Graphisoft afferma che più di 1.000.000 di progetti in tutto il mondo sono stati progettati utilizzando ArchiCAD.

Proprio Leonid Raiz, insieme a Irwin Jungreis, sviluppatori chiave di PTC's / Engineer Pro software per la progettazione meccanica con modellazione parametrica, nel 1997 fondarono la Charles River Software nel Newton in Massachusetts. Grazie ai finanziamenti dei Atlas Venture e North Bridge Venture Partners, Raiz e Jungreis assunsero diversi programmatori e architetti ed iniziarono a sviluppare Revit in C++ sulla piattaforma Microsoft Windows.

Fin dall'inizio, Revit aveva lo scopo di consentire ad architetti e altri professionisti del settore delle costruzioni di progettare e documentare l'edificio creando un modello tridimensionale parametrico che includeva sia la geometria sia la progettazione non geometrica, comprendendo informazioni testuali sulla costruzione. A quel tempo, molti altri pacchetti software, come ArchiCAD e Reflex, consentivano la costruzione

di un modello di edificio virtuale tridimensionale e consentivano all'utente di controllare i singoli componenti tramite parametri. La differenza chiave di Revit consisteva nel fatto che gli utenti creavano componenti parametrici in un "editor di famiglia" grafico piuttosto che in un linguaggio di programmazione, il modello intuiva tutte le relazioni tra componenti, viste e annotazioni in modo che una modifica a qualsiasi elemento si riflettesse automaticamente sulle altre in modo da mantenere un modello sempre coerente. Ad esempio, lo spostamento di un muro aggiornava simultaneamente anche pavimenti, tetti e tutti i componenti connessi, andando automaticamente anche ad aggiornare i valori dimensionali e le note di riferimento, regolando le aree riportate negli abachi e ridisegnando tutte le viste in modo che il modello rimanesse connesso a tutta la documentazione coordinata.

Il concetto di associatività bidirezionale tra componenti, viste e annotazioni era una caratteristica distintiva di Revit. Proprio questa facilità di apportare modifiche in maniera istantanea ha ispirato il nome Revit, una contrazione di "Revise-Instantly".

La società è stata ribattezzata Revit Technology Corporation nel gennaio 2000. Revit versione 1.0 è stata rilasciata il 5 aprile 2000. Il software, poi, ha subito una rapida progressione, con la versione 2.0, 3.0, 3.1, 4.0 e 4.1 rispettivamente rilasciate nell'agosto 2000 ottobre 2000, febbraio 2001 giugno 2001, novembre 2001 e gennaio 2002.

Il software è stato inizialmente immesso sul mercato con sola licenza mensile, senza possibilità di acquisto. La concessione delle licenze era controllata da un processo completamente automatico attraverso l'inserimento di codici di autorizzazione, e questo è un passo innovativo per la storia del software.

Successivamente, nel 2002, il colosso Autodesk acquistò Revit Technology Corporation, con sede nel Massachusetts, per 133 milioni di dollari e elaborò sviluppi e miglioramenti di questo software. Autodesk rilascia diverse versioni di Revit Building dal 2004. Nel 2005 introduce Revit Structure e nel 2006 Revit MEP. Dopo il rilascio del 2006, Revit Building viene rinominato Revit Architecture.

Dal 2013 le diverse discipline sono state riunite in un unico prodotto, chiamato semplicemente Revit.

Revit ha rivoluzionato il mondo del Building Information Modelling creando una piattaforma che utilizzava un ambiente di programmazione visuale per la creazione di famiglie parametriche e consentendo di aggiungere un attributo temporale a un componente per consentire l'associazione di una "quarta dimensione" temporale all'edificio modello

Ciò consente agli appaltatori di generare programmi di costruzione basati sui modelli BIM e simulare il

processo di costruzione. Uno dei primi progetti a utilizzare Revit per la progettazione e la pianificazione della costruzione è stato il progetto Freedom Tower a Manhattan (Lindner, 2005).

Questo progetto è stato finalizzato attraverso una serie di progetti BIM separati ma collegati a modelli che erano legati a programmi atti a fornire una stima delle quantità di materiale e dei costi in tempo reale. I miglioramenti nel coordinamento e nell'efficienza di questo grande cantiere hanno incentivato la diffusione di software integrati utilizzati per visualizzare e interagire simultaneamente modelli prodotti da architetti, ingegneri e appaltatori.

La Lower Manhattan Development Corporation, nel 2002, ha avviato un concorso invitando famosi architetti a presentare progetti per lo sviluppo del Master Plan per la ricostruzione del World Trade Center. Il vincitore del concorso è risultato Daniel Libeskind anche se David Childs di Skidmore, Owings and Merrill (SOM), hanno rivisto gran parte del progetto per far fronte a problemi riguardanti la sicurezza. Childs è stato il responsabile della supervisione dell'intero progetto durante la sua costruzione. Il progetto definitivo per la "Freedom Tower" è stato formalmente presentato il 28 giugno 2005.

Il One World Trade Center, chiamato ufficialmente come Freedom Tower, è il sesto grattacielo più alto del mondo⁹ ed è il principale edificio del New World Trade Center di New York. L'edificio è caratterizzato da un telaio in acciaio, costituito da travi e pilastri collegati da una combinazione di saldature e bullonature accoppiate a pareti in cemento.

L'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale giocano un ruolo fondamentale nella progettazione di questo edificio, la Freedom Tower include infatti tecnologie all'avanguardia per il risparmio energetico, l'utilizzo di materiali da costruzione privi di composti organici volatili (COV) e sistemi di conservazione dell'acqua per il raffreddamento e l'irrigazione degli spazi verdi inseriti in questo edificio. Come anticipato, la società coinvolta nel processo di progettazione e costruzione di questo imponente grattacielo è la Skidmore, Owings and Merrill (SOM)¹⁰. Dalla fine

⁹ L'altezza dell'edificio è di 1776 piedi (corrispondenti a 541 metri). L'edificio è composto di 104 piani di cui 75 utilizzabili. Il numero 1776 non è stata una scelta casuale, ma è il numero corrispondente all'anno della dichiarazione di indipendenza degli Stati Uniti d'America.

¹⁰ La SOM, fondata nel 1936, è una delle principali società americane di architettura, design urbano ed ingegneria. La SOM ha completato più di 10000 progetti di architettura, ingegneria, architettura di interni e pianificazione in più di 50 paesi in tutto il mondo, specializzandosi nella progettazione di grattacieli.

degli anni '80, SOM è stata promotrice dell'utilizzo di tecnologie avanzate, sviluppando anche un proprio sistema software di progettazione, chiamato AES. L'azienda è stata uno dei principali utenti di Revit negli Stati Uniti.

In particolare, utilizzando Revit Building, SOM ha deciso di progettare questo complesso edificio

La sfida principale di questo progetto era integrare con la nuova costruzione il complesso intreccio di tunnel sotterranei metropolitani esistenti.

Il team di SOM ha così avuto la possibilità di sperimentare Revit e ideare le migliori pratiche e metodologie di lavoro.

Più il team utilizzava Revit, maggiore era la sua fiducia in questo sistema di progettazione, ma i manager di SOM, sebbene colpiti da questo strumento, avevano timori in merito al fatto di dover abbinare questa nuova tecnologia a quelle tradizionali. A questo punto Autodesk e SOM conclusero un accordo, in cui Autodesk avrebbe supportato SOM per utilizzare Revit come strumento di progettazione principale del progetto in tutte le fasi di vita dell'opera. SOM ha così verificato un miglior coordinamento e una maggiore garanzia di qualità, rilevando inoltre una riduzione dei tempi di revisione.

Questo progetto ha segnato un momento importante per la storia del Building Information Modelling, Autodesk non solo ha avuto una grande opportunità di testare un software BIM su un progetto così importante, ma ha guidato il cliente sviluppando un prodotto per renderlo adattabile ad un set di dati molto ampio (fig.9)

La maggiore collaborazione tra le discipline, nata a seguito dello sviluppo di queste tecniche di modellazione e dei relativi software, ha avuto un impatto sull'industria delle costruzioni, in particolare si è verificato un allontanamento dai contratti di progettazione-offerta-costruzione a favore di appalti di progetti integrati in cui i diversi progettisti lavorano tipicamente su una serie di modelli BIM reciprocamente accessibili che vengono regolarmente aggiornati. Secondo questo principio le persone interessate al processo lavorano su un file centrale, visualizzabile da tutti ma modificabile solamente nel "workset" di competenze.

Questa modalità di lavoro è stata rilasciata in Revit 6 nel 2004 e consente a grandi team di architetti e ingegneri di lavorare su un modello integrato, con un software collaborativo.

Sin da subito si è notato che l'utilizzo di un'ampia varietà di programmi per architetti e ingegneri può rendere difficile la collaborazione

I formati di file "variabili" perdono di fedeltà quando si spostano tra piattaforme differenti. Questo è successo in particolare sui modelli BIM in quanto sono modelli contenenti informazioni sviluppate in maniera gerarchica e specifica

Al fine di combattere questa inefficienza sin dal 1994, Autodesk aveva deciso di formare un consorzio di settore per fornire consulenza all'azienda sullo sviluppo di una serie di classi C++ in grado di supportare lo sviluppo di applicazioni integrate. Dodici società statunitensi hanno aderito al consorzio, tra cui



Fig.9 - Freedom Tower: a sinistra due immagini estratte dal progetto BIM di Skidmore, Owings and Merrill del 2005, a destra una fotografia dell'edificio

AT&T, HOK Architects, Honeywell, Carrier, Tishman e Butler Manufacturing. Inizialmente denominata Industry Alliance for Interoperability, l'alleanza ha aperto l'adesione a tutte le società potenzialmente interessate nel settembre 1995.

Questa alleanza ha cambiato nome nel 1997, diventando International Alliance for Interoperability (IAI). La nuova alleanza è stata ricostituita come organizzazione senza scopo di lucro, con l'obiettivo di pubblicare standard di comunicazione tra i software.

Nasce così l'IFC, Industry Foundation Class (Lee & Kim, 2011), quale particolare formato di dati che consente l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione di dati o informazioni. Successivo cambio di nome dell'IAI è avvenuto nel 2005 quando la società prende il nome di BuildingSMART.

BuildingSMART è oggi un'alleanza a livello mondiale che guida lo sviluppo di uno standard internazionale di strumenti e formazione per sostenere l'ampio uso del BIM. BuildingSMART Italia, nello specifico, contribuisce alla creazione di standard aperti e internazionali per infrastrutture ed immobili, garantendo che i bisogni dell'industria italiana vengano ascoltati e supportati. BuildingSMART Italia è una community nazionale dei massimi esperti di digitalizzazione, che lavorano per migliorare i metodi di progettazione, costruzione, gestione e manutenzione degli asset costruiti per aumentare la competitività dell'industria italiana nel mondo.

L'impegno di lavorare con formati standard facilmente scambiabili è aumentato dallo sviluppo di software di visualizzazione come Navisworks, progettato esclusivamente per il coordinamento tra diversi formati di file. Navisworks è un software di Autodesk di revisione e gestione dei progetti per professionisti e team AEC.

Navisworks entra in gioco in vista dell'apertura del cantiere, si occupa, infatti, del coordinamento, dell'analisi e della pianificazione dei tempi e dei costi di costruzione, in ambiente BIM. Offre una revisione olistica di modelli e dati integrati in grado di coinvolgere le diverse parti interessate durante la fase di pre-costruzione.

Grazie a Navisworks è possibile ottimizzare le attività e ottenere un migliore controllo, dando maggiori garanzie di conclusione.

Navisworks consente la raccolta dei dati, la simulazione della costruzione e il rilevamento delle interferenze e, ad oggi, è utilizzato dalla maggior parte dei principali appaltatori negli Stati Uniti.

Esistono inoltre programmi di simulazione (come Ecotect, Energy Plus, IES e Green Building Studio) che consentono di importare direttamente il modello BIM e di raccogliere i risultati dalle simulazioni. In alcuni casi sono presenti simulazioni integrate direttamente

nel software di base, questo metodo di visualizzazione per l'iterazione del progetto è stato introdotto in Vasari di Autodesk, un programma beta autonomo simile a Revit Conceptual Modelling Environment in cui è possibile calcolare studi sulla luce solare utilizzando dati meteorologici simili al pacchetto Ecotect.

Autodesk, attraverso la crescita e l'acquisizione di un'ampia varietà di software relativi al BIM ha contribuito in maniera preponderante allo sviluppo di questa nuova concezione del progettare.

Inoltre, a fine novembre 2012, Autodesk ricerca soluzioni per aumentare sempre più la connessione tra utente e piattaforma digitale. Nasce così Formit, un'applicazione che consente di fornire dati concettuali su un modello BIM da un dispositivo mobile.

Formit nasce dall'esigenza di molti architetti di avere possibilità di dialogo costante con i propri dispositivi mobili, in particolare tablet e iPad.

Per tale ragione Autodesk si è interrogata sulla possibilità di realizzare una app di modellazione 3D in cui si potessero disegnare idee ovunque e in ogni momento e se questi modelli di schizzo potessero fluire senza problemi nel flusso di lavoro BI

L'idea di introdurre questa tecnologia è volta anche a generare un ponte di collegamento tra la maggior parte dei progettisti senior che, nel corso della propria carriera, non ha mai toccato con mano software come Revit, sentendosi maggiormente a proprio agio con il proprio blocco per schizzi da disegno. Inoltre, nella pratica professionale, i progettisti sono sempre più in continuo movimento: ufficio cantiere, riunioni con i clienti, e per tali ragioni diventa difficile stare al passo con i tempi e con le tecnologie di modellazione in rapida evoluzione. Il product manager di questa applicazione si chiama Matt Jczyk e ha definito questa applicazione "un modello di 10 minuti".

Nonostante tutti i progressi raggiunti nell'ambito della modellazione BIM, molti professionisti hanno assunto una posizione negativa nei confronti del BIM e dell'utilizzo di modelli parametrici, questo a seguito della considerazione che tali modelli richiedano eccessiva energia nel processo di progettazione, limitando il lavoro all'avere una buona conoscenza del programma da parte dell'utente.

Questo porterebbe ad avere progettisti alle prime armi ma ben conoscitori dei software che divengono incredibilmente prolifici a discapito di professionisti altamente specializzati rimasti però paralizzati dall'inesperienza di lavoro con interfacce del tutto nuove.

Ciò crea una potenziale linea di rottura generazionale che diventa difficile da colmare

I software utilizzati per i processi BIM sono i medesimi applicati per i workflow H-BIM, ma in aggiunta, spesso vengono affiancati da ulteriori applicazioni e plug-in

2.3. Origini e significato di BIM, H-BIM e E-BIM

2.3.1. Origini e significato di BI

È importante definire cosa si intenda per BIM e cosa significhi oggi la sua applicazione nel mondo delle costruzioni. BIM non è un software, non è un rendering, né un modello né una semplice modellazione 3D. Il BIM è infatti un processo che implica la generazione e la gestione di una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un complesso edilizio. Il termine BIM - Building Information Modelling, con precisione, è una espressione coniata dal professor Charles M. Eastman del Georgia Institute of Technology nel 1975 (Eastman et al., 2011).

Il termine BIM racchiude in sé il suo significato: infatti B: "building" in quanto tratta di un edificio, I: "information" in quanto al suo interno contiene archivi digitali con contenuti e non solo di tipo grafico e M: "modelling" in quanto si tratta di modelli digitali per lo scambio di tali informazioni.

Con il termine "modello", inteso come "prototipo", è possibile comprendere l'ambito innovativo e il nuovo approccio progettuale del BIM; il concetto di prototipo virtuale viene formalmente introdotto nel mondo dell'edilizia, il cui utilizzo implica, come inevitabile conseguenza, la realizzazione di rapporti e modalità di lavoro differenti per chi si occupa di costruzioni. Un prototipo virtuale è quindi rappresentato attraverso simulazioni digitali dei componenti reali che sono

prototipo virtuale di sé stessa.

Con i processi e la tecnologia BIM è nata la possibilità di poter consultare un modello di edificio virtuale. Il mondo delle costruzioni si sta avvicinando ad altri settori produttivi, dove la digitalizzazione dei processi è più sviluppata.

Il BIM è definito dagli standard internazionali (ISO Standard. ISO 29481-1:2010(E): Building Information Modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format 2010) come "shared digital representation of physical and functional characteristics of any built object [...] which forms a reliable basis for decisions"/ "rappresentazione digitale condivisa delle caratteristiche fisiche e funzionali di qualsiasi oggetto costruito [...] che costituisce una base affidabile per le decisioni".

Il BIM è una metodologia di gestione delle informazioni relative ad un edificio nel corso di tutto il suo ciclo di vita (Charef, Alaka & Emmitt, 2018).

Proprio per tale ragione si dice che il processo BIM lavora su 8 dimensioni (fig.10)

- 3D in quanto dimensione geometrica;
- 4D perché tiene conto delle variazioni nel tempo;
- 5D gestisce la componente economica dell'opera;
- 6D si occupa di gestire informazioni riguardanti la manutenzione;
- 7D prevede la demolizione e per tale motivo persegue un'edificazione sostenibile in termini di recupero e smaltimento dei materiali con una ovvia ricaduta nel beneficio ambientale
- 8D in quanto tiene conto della sicurezza del dato.

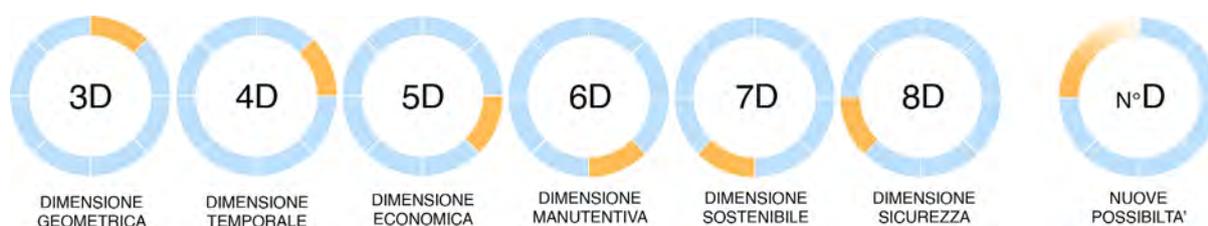


Fig.10 - Le dimensioni del BIM.

in grado di relazionarsi tra loro e di incorporare informazioni extra oltre a semplici dati geometrici.

Ciò consente al team di lavoro di progettazione di verificare e condividere le scelte effettuate istantaneamente.

Per il mondo delle costruzioni questo è un nuovo modo di operare e collaborare. È una modalità di lavoro basata su una metodologia collaborativa in qualsiasi campo.

Infatti, ogni settore produttivo sta elaborando le proprie scelte progettuali utilizzando prototipi virtuali sempre più sofisticati e affinati. Per il settore edile, invece, ad oggi, ogni realizzazione è unica ed è, per così dire, un

2.3.2. Origini e significato di H-BI

Oggi con la necessità di ridurre il consumo del territorio per avere uno sviluppo sostenibile ci si orienta sempre più al recupero ed al riuso del patrimonio edilizio esistente. Da qui si evolve il BIM applicato al costruito e si introduce l'H-BIM il cui acronimo significa Historic o Heritage Building Information Modelling. Il concetto di H-BIM nasce nel 2009 in Irlanda ad opera di un docente del Politecnico di Dublino Maurice Murphy. Murphy si preoccupa di creare un processo che abbia gli stessi vantaggi del BIM ma applicabile ad edifici storici (Murphy, McGovern & Pavia, 2009).

Inoltre per gli edifici esistenti con caratteristiche diverse da quelle di valenza storico -patrimoniaale è stato coniato il termine E-BIM.

A differenza dei termini BIM e H-BIM, esso non è direttamente riconducibile ad una sua definizione puntuale riportata in articoli scientifici

Il termine E-BIM significa Existing Building Information Modelling ed ha preso piede per definire quei processi BIM applicati ad un patrimonio esistente privo di valori culturali da tutelare. L'E-BIM contiene le basi richieste per mantenere e gestire un edificio, inclusi i dati sulla fabbrica e i servizi dell'edificio (fig 1).

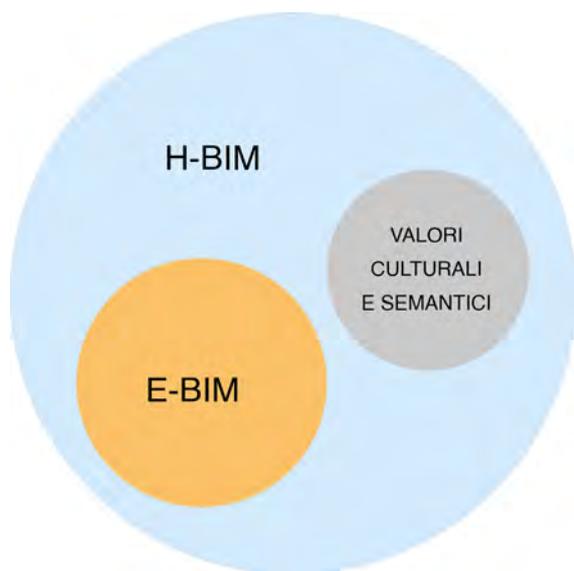


Fig.11 - E-BIM ed H-BIM.

La rigenerazione di questo patrimonio attraverso la modellazione H-BIM comporta la necessità di migliorare vari aspetti del fabbricato in termini di sicurezza statica e sismica, igienica e sociale, nonché gli aspetti relativi ai consumi energetici nel rispetto dell'ambiente e alle successive manutenzioni (fig.12)



Fig.12 - Schema di strutturazione H-BIM.

Il termine Historical Building Information Modelling, abbreviato in H-BIM, è apparso per la prima volta nel 2009 in un articolo scientifico del professore Murphy dal titolo "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture", con questo termine si indica un nuovo modo di modellare gli organismi edilizi esistenti utilizzando un processo BIM e generando dei modelli intelligenti che possono contenere e gestire informazioni.

I modelli, come per il BIM, devono includere tutte le componenti del progetto, comprendendo, oltre le informazioni geometriche ed identificative anche tutte le proprietà fisiche e materiche

Murphy, nel suo articolo definisce l'H-BIM come segue: *"Historic Building Information Modelling (H-BIM) is a novel solution whereby interactive parametric objects representing architectural elements are constructed from historic data, these elements (including detail behind the scan surface) are accurately mapped onto a point cloud or image based survey. The architectural elements are scripted using a geometric descriptive language (GDL). The design and detail for the parametric objects are based on architectural manuscripts ranging from Vitruvius to Palladio to the architectural pattern books of the 18th century. The architecture of the renaissance introduced and documented advanced scientific rules for the production of architectural elements, which support the design of parametric models. The use of historic data introduces the opportunity to develop detail behind the object's surface concerning its methods of construction and material makeup. In the final stage of the H-BIM process, the prototype libraries of parametric objects are mapped onto the point cloud and image survey data using a system of cross software platform management. Full engineering drawings orthographic, sectional and 3D models can then be automatically produced from the Historic Building Information Model."*

/"Historic Building Information Modelling (H-BIM) è una nuova soluzione in base alla quale oggetti parametrici interattivi che rappresentano elementi architettonici sono costruiti a partire da dati storici, questi elementi (compresi i dettagli dietro alla scansione delle superfici) vengono mappati accuratamente su una nuvola di punti o un rilievo basato su immagini. Gli elementi architettonici sono scritti utilizzando un linguaggio descrittivo geometrico (GDL). Il design e il dettaglio degli oggetti parametrici si basano su manoscritti architettonici che vanno da Vitruvio a Palladio fino ai libri di modelli architettonici del XVIII secolo. L'architettura del rinascimento ha introdotto e documentato regole scientifiche avanzate per la produzione di elementi architettonici, che supportano la progettazione di modelli parametrici. L'utilizzo di

dati storici introduce l'opportunità di sviluppare dettagli dietro la superficie dell'oggetto riguardo ai suoi metodi di costruzione e composizione del materiale. Nella fase finale del processo H-BIM, le librerie prototipo di oggetti parametrici vengono mappate sulla nuvola di punti e sui dati di rilevamento dell'immagine utilizzando un sistema di gestione multipiattaforma software. Disegni tecnici completi ortografici, sezionati e modelli 3D possono quindi essere prodotti automaticamente dal modello di informazioni sull'edificio storico"

L'H-BIM è quindi un processo applicato agli edifici esistenti, che essi siano monumentali o che siano semplici abitazioni di qualsiasi altra epoca.

L'H-BIM non vuole definirsi come nuovo metodo di progettazione, ma piuttosto come un metodo di lavoro che declina il processo BIM implementandolo e adeguandolo per l'applicazione al patrimonio esistente. L'H-BIM lavora come un processo di "reverse engineering" sugli edifici esistenti in quanto nella modellazione dell'edificio sono inclusi anche i procedimenti che hanno portato alla costruzione di quel particolare organismo edilizio.

La modellazione H-BIM, parte da un rilievo, di tipo tradizionale o digitale nel quale, utilizzando diversi strumenti di rilevamento, come laser scanner, fotogrammetria digitale o droni, si ottengono nuvole di punti, ossia insiemi di punti referenziati tra loro nello spazio che contengono informazioni di carattere geometrico, di carattere colorimetrico e di texture. Scegliere l'utilizzo di un processo H-BIM per la conservazione degli edifici significa scegliere un processo strategico che permetterà innanzitutto di realizzare un modello che funga da database utile a qualsiasi intervento futuro.

Un modello in grado di gestire molti dati ed informazioni

in modo coordinato tra vari professionisti, con l'obiettivo di ottimizzare le risorse e i costi.

Ciò non implica solo l'adempimento corretto alle richieste normative in materia di salubrità, sicurezza e decoro, ma anche l'attuazione di tutti quei procedimenti e di quelle attenzioni che permettono di mettere ordine ai documenti che consentono di conoscere adeguatamente lo stato di salute dei fabbricati durante tutto il loro ciclo di vita.

Ristrutturazioni, restauri conservativi e interventi di miglioramento sono attività che i progettisti intraprendono il più delle volte investendo molto tempo nel recupero di atti e documenti sparsi, nel rilievo più o meno preciso delle situazioni in essere e nel coordinamento sempre delicato delle figure che intervengono nel processo.

Inoltre, studi condotti dall'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) attribuiscono all'edilizia oltre il 50% dell'impatto ambientale.

In questo contesto e per questi motivi cresce l'utilità dell'applicazione del BIM e dell'H-BIM. Il BIM e l'H-BIM quindi hanno il vantaggio di avere il controllo sui nuovi edifici e su quelli esistenti sull'ottimizzazione di tutti gli aspetti dell'edificio per tutto il suo life cycle. All'interno delle aree di ricerca della modellazione, sia tradizionale sia parametrica, l'utilizzo di informazioni "agganciate" al modello sta diventando sempre più prassi dell'approccio progettuale.

L'utilizzo di dati storici per ricreare il passato, per ripristinarlo o per conservare i manufatti trova applicazioni sempre più diffuse nell'ambito dell'edilizia storica. Possiamo schematizzare i concetti sino qui esposti, nella figura 13

Le sostanziali differenze tra nuovi edifici ed edifici

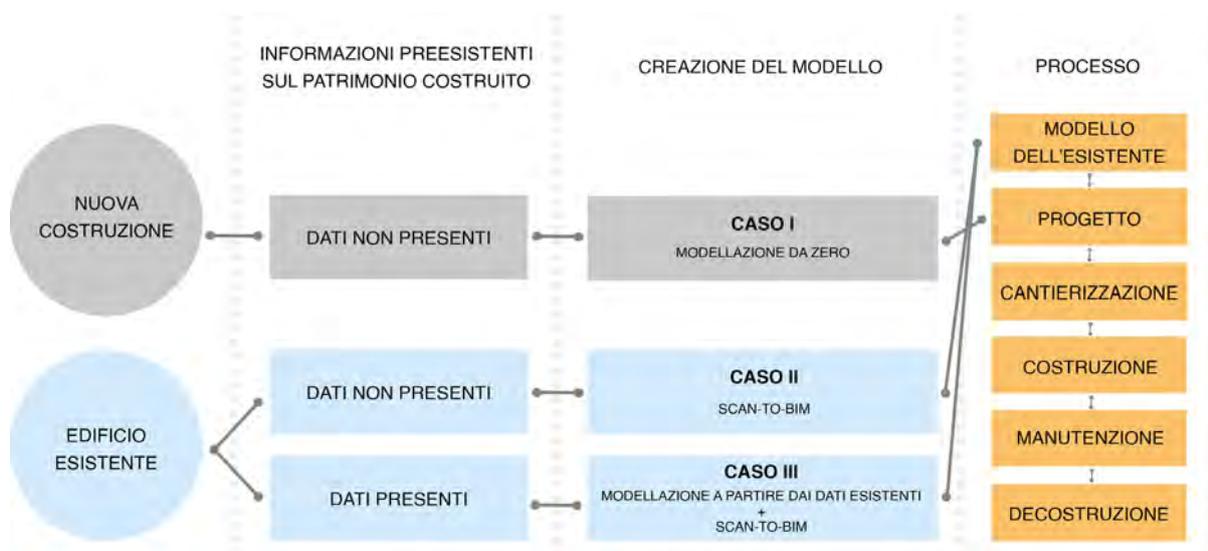


Fig.13 - Gestione del processo per edifici nuovi e edifici esistenti a seconda della disponibilità di dati preesistenti.

esistenti sono che per i nuovi edifici, il BIM viene creato in un processo comprendente più fasi di Lean Construction (LC) (Matti et al., 2016). Il Lean Construction è la gestione del progetto edilizio nella fase di esecuzione dei lavori e comprende numerose attività di pianificazione e controllo quali: la gestione della logistica, la programmazione lavori, la pianificazione delle forniture. Ognuna di queste attività si basa sulla pianificazione e il controllo dei tre pilastri del management: tempi, costi e qualità. La pianificazione e il controllo del tempo in un progetto edilizio risulta quindi essere uno dei fattori di fondamentale importanza per il raggiungimento del risultato desiderato.

Partendo dall'ideazione del concept, alla progettazione, produzione e consegna del progetto (caso I - figura 13). Negli edifici esistenti, invece, a seconda della disponibilità o meno di un modello BIM preesistente, il BIM può essere aggiornato (caso II - figura 13) o creato di nuovo (caso III - figura 13). E' scontato ricordare che in Europa il 90% dell'edilizia costruita non ha documentazione in BIM (Arayici, 2008). Quando ci si trova nel caso di edifici esistenti privi di documentazione è necessario implementare processi di reverse engineering, spesso costosi, quali "Points-to-BIM" o "Scan-to-BIM" atti al recupero di informazioni riguardanti l'edificio (caso III - figura 13) (Klein, Li & Becerik Gerber, 2012). BIM e H-BIM possono essere suddivisi in questioni funzionali, informative, tecniche e organizzative/legali. La differenza tra il processo H-BIM rispetto al BIM convenzionale riguarda fondamentalmente il tipo di informazioni che i modelli digitali raccolgono e come questi dati vengono acquisiti. Se da un lato il BIM aiuta a coordinare le diverse figure del processo edilizio introducendone le competenze nei modelli (distinti in architettonici, strutturali, impiantistici e di manutenzione) così da pianificarne la realizzazione e computarne le quantità per il cantiere, H-BIM si concentra invece sul rilievo, sulla definizione dello stato di conservazione dei luoghi e dei materiali, per meglio pianificarne interventi consapevoli

Il rilievo degli edifici, soprattutto storici, e dei loro elementi costituenti richiede infatti metodi di acquisizione in grado di descrivere ogni singolo dettaglio in maniera efficace senza scegliere arbitrariamente l'informazione da registrare. I prodotti del rilievo, non solamente nella loro visualizzazione geometrica, rappresentano un importante strumento di conoscenza e supporto per le analisi tematiche e le investigazioni diagnostiche sugli edifici, essenziali per il loro programma di mantenimento.

Per l'approccio H-BIM però il modello geometrico costituisce "l'indice dei contenuti", consultabile per raggiungere i dati, ad esempio, del singolo componente dell'impianto, del degrado del sistema

strutturale o dell'impresa che da ultima ha eseguito un intervento, a seconda del livello di dettaglio raggiunto dal database. È chiaro che la conoscenza dell'organismo architettonico dev'essere molto ampia e questo richiede molti sforzi per investigare tutte le possibili fonti d'informazione che un modello H-BIM può ospitare. Anche la definizione di rilievi geometrici mirati è un aspetto delicato. Gli ambienti di authoring BIM, quelli che consentono cioè di lavorare con oggetti "intelligenti" in grado di relazionarsi tra loro, richiedono un alto livello di specializzazione da parte dell'utente, con un approccio da progettista e non da mero esecutore. Pertanto, la creazione di elementi costruttivi a partire da cataloghi di produttori o librerie di progetto studiate ad hoc è impegnativa, ma non tanto quanto la produzione di modelli H-BIM di complessi esistenti, dove le informazioni sono in primis da reperire (mediante indagini documentali, saggi e rilievi), poi da inserire correttamente nei modelli digitali. In questo senso, l'orizzonte della ricerca H-BIM si sta orientando verso la generazione di oggetti "intelligenti" con diversi livelli descrittivi, appoggiandosi a metodi di rilevamento accurati come le scansioni laser terrestri o la fotogrammetria digitale ad alta definizione (Brusaporci et al., 2018)

E' naturale pensare che un cambiamento così radicale nel settore delle costruzioni, già avviato dall'introduzione del BIM in generale e dell'H-BIM in particolare, non possa dipendere solo da nuove normative, innovazioni tecnologiche ed authoring di modelli digitali sempre più complessi, bensì da un'azione concertata tra committenti, pubbliche amministrazioni, istituzioni finanziarie ed immobiliari, in grado di attuare nuove politiche di sviluppo, diversi assetti procedurali e logiche finanziarie lungimiranti. Tuttavia, quando il ciclo di vita di un progetto è rappresentato da flussi informativi correttamente generati da attori diversi, coordinati da strumenti interoperabili, la promessa dell'H-BIM è quella del miglioramento, del risparmio e della qualità, conseguibili in termini di profonda cultura costruttiva, di produttività a livello industriale e di processi decisionali sempre più collaudati. Heritage/ Historic Building Information Modelling (H-BIM) è quindi una tecnologia emergente nell'industria Architettura/ Ingegneria/Costruzione (Architecture / Engineering / Construction, A/E/C). H-BIM è una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un edificio, che possono essere utilizzate come una risorsa di conoscenza condivisa per le informazioni di un fabbricato. Essendo basato sulla semantica e su tecniche orientate agli oggetti, l'approccio della modellazione 3D di H-BIM semplifica l'accesso ai dati dell'edificio, includendo gli oggetti e le loro proprietà usate nelle fasi di intervento.

In aggiunta, la capacità di progettazione parametrica

di H-BIM consente di apportare modifiche alla progettazione in maniera veloce, interattiva ed in tempo reale. Molti ricercatori hanno condotto ricerche nel campo H-BIM.

In particolare, uno studio di ricerca condotto da D. Oreni¹¹ et al. (2014), illustra l'utilità di adattare un modello di contenuti 3D ad un modello di informazioni su edifici storici (Historic Building Information Modelling, H-BIM) per supportare la conservazione e la gestione del patrimonio edilizio proponendo una libreria per l'analisi di volte e solai in travi in legno. Un altro studio di Pauwels¹² et al. (2008) ricerca i vantaggi di un approccio alternativo a BIM, chiamato AIM (Architectural Information Modelling), per applicazioni nella documentazione degli edifici per il patrimonio virtuale, combinato con strumenti di analisi storica.

Per quanto concerne gli aspetti operativi, in questi articoli si evince che sulla base delle caratteristiche dell'oggetto di studio e degli obiettivi, viene realizzato il rilievo dell'edificio tramite campagna laser scanner o fotogrammetria, dal quale, attraverso la semantica dei

componenti, può iniziare il processo di modellazione. Dagli articoli analizzati si evince che il percorso di modellazione H-BIM si sviluppa dalla modellazione delle singole parti, precedentemente segmentate nella nuvola di punti, fino a completare l'oggetto nella sua interezza, nelle varie gerarchie. In particolare, al vertice della gerarchia di modellazione abbiamo le categorie, seguite da famiglie, tipi e le istanze. Cerchiamo di capire meglio come funziona questa gerarchia di Revit.

E' chiaro quindi che, mentre per il singolo elemento di fabbrica è necessario individuare prima la categoria, poi la famiglia, poi il tipo e poi l'istanza, per l'intero edificio la modellazione e i relativi passaggi sono altresì generati dal particolare al generale.

Per esempio, all'interno del software Revit, le categorie sono uno strumento per identificare il tipo generale di elemento, ad esempio, nell'immagine riportata vediamo l'elemento "colonna"; la famiglia è un gruppo di elementi con un insieme di proprietà comuni, denominate parametri, e una rappresentazione grafica correlata, per esempio "colonna a sezione circolare" o "colonna a sezione quadrata".

I diversi elementi appartenenti a una famiglia possono presentare valori diversi per alcuni o tutti i parametri, ma l'insieme di parametri, ad esempio nomi e funzioni, è identico, ad esempio "colonna a sezione circolare con diametro 45 cm". Infine, ogni istanza include un insieme di proprietà specifiche caratterizzanti l'elemento (fig.14)

¹¹ Laureata in Architettura presso il Politecnico di Milano nel 2001, nel 2008 consegue il Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici.

¹² Laureato nel 2008 presso la Ghent University in Belgio, nel 2012 consegue il dottorato di ricerca in Civil Engineering: Architecture. Dal 2012 svolge attività di ricerca presso Institute for Logic, Language & Computation di Amsterdam.

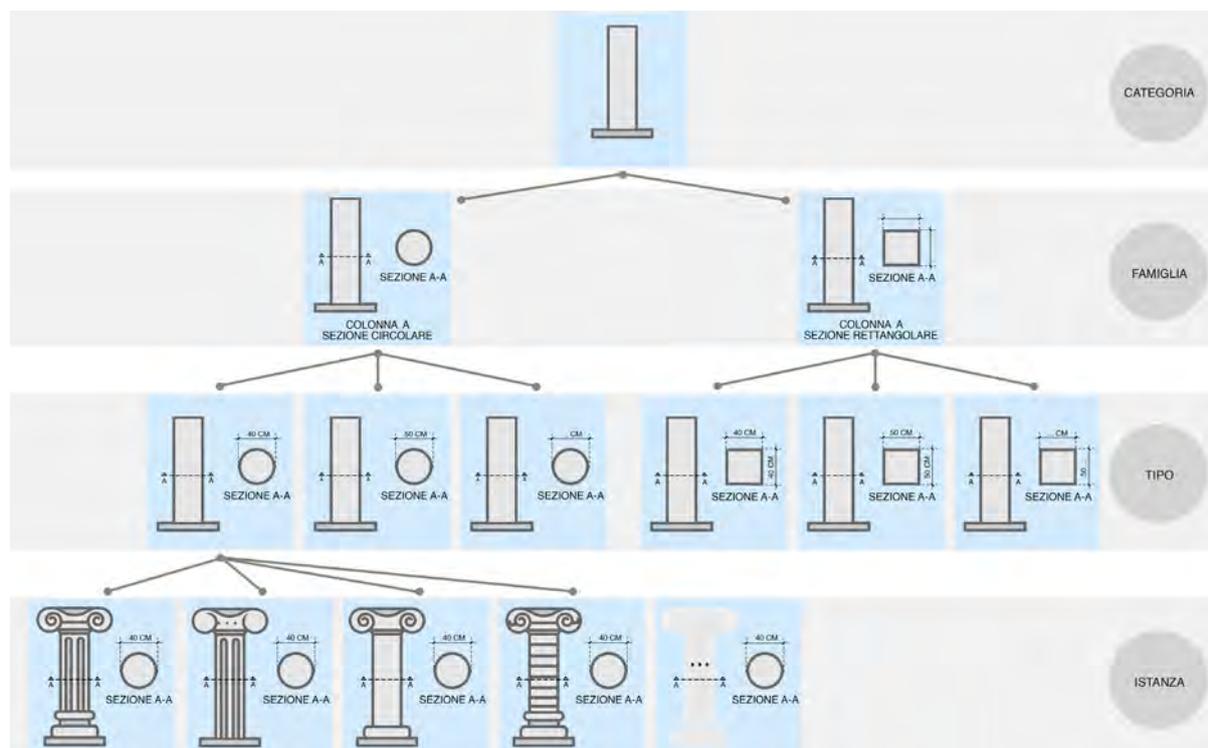


Fig.14 - Gerarchia nella modellazione.

2.4. Stato dell'arte della produzione scientific

Il Building Information Modelling sta guadagnando popolarità in tutto il mondo come sistema di collaborazione e gestione dei dati per i settori AEC. Man mano che il concetto di BIM è maturato, c'è stato un crescente interesse nell'applicazione di questi concetti e tecnologie agli edifici storici

Ovviamente, nonostante il principio base sia quello di un processo integrato e collaborato BIM e H-BIM constano differenze fondamentali: gli edifici storici hanno alle spalle una storia di utilizzo, riutilizzo e alterazioni subite dall'edificio nel tempo. Per tale ragione l'H-BIM, rispetto al BIM, si trova di fronte a un diverso insieme di stakeholder.

Utilizzando casi di studio, pubblicati in riviste scientifiche, è stato possibile raccogliere informazioni su caratteristiche specifiche e nuovi standard connessi all'adozione di questa modellazione applicata al patrimonio esistente.

Sebbene siano da tempo riconosciuti il BIM e l'H-BIM come un'influenza significativa sui settori dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC), le descrizioni e le definizioni di Building Information Modelling e di Historical Building Information Modelling cominciano ad avere sempre più attenzione agli aspetti connessi al ciclo di vita dell'edificio, oltre la sua progettazione e costruzione. Come riferimento, è possibile citare la ISO 29481-1: "Building Information Modelling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition. A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder."/ "Building Information Modelling (BIM) è una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura.

Un BIM è una risorsa di conoscenza condivisa per informazioni su una struttura che costituisce una base affidabile per le decisioni durante il suo ciclo di vita; definito come esistente dalla prima concezione alla demolizione.

Una premessa di base del BIM è la collaborazione di diverse parti interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura per inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni nel BIM per supportare e riflettere i ruoli di quella parte interessata"

Dalla analisi dei casi studio è emerso un dato particolare: mentre i vantaggi dell' H-BIM dovrebbero

esser connessi alla gestione del ciclo di vita, a costi ed errori ridotti e ad una maggiore efficienza nella pianificazione e costruzione con collaborazione nella progettazione e comprensione e gestione delle strutture più efficienti la letteratura pubblicata è invece fortemente sbilanciata verso l'analisi delle fasi di progettazione del rilevamento, senza analizzare con accuratezza quelle che sono effettivamente le fasi operative da attuare a seguito della progettazione.

L'adozione di modelli H-BIM si sta rivelando in molti casi sfuggente, in parte a causa dei problemi connessi all'interoperabilità, in parte per la difficoltà di applicazione di standard dei dati digitali, e di come questi entrino in conflitto con i dati esistenti nei sistemi di gestione delle risorse.

Ulteriore punto debole emerso dalla analisi della letteratura è la difficoltà di individuare le figure specifiche coinvolte nel processo BIM applicato all'esistente e di come esse siano identificabili all'interno del processo secondo le normative ora in vigore. Se l'applicazione del BIM risulta complicata nella declinazione di E-BIM, ancora di più lo è per l'H-BIM, spesso caratterizzata dalla totale assenza di dati digitali nativi.

La natura distinta degli edifici appartenenti al patrimonio culturale solleva una ulteriore questione relativa a quali siano le parti interessate al processo. Oltre ai proprietari degli immobili, pubblici o privati, agli occupanti e ai gestori delle strutture, ci sono altre parti della comunità che potrebbero essere interessate, come visitatori, storici, ricercatori, studenti, organizzazioni di protezione del patrimonio, governo locale e comunità locale. Inoltre, nel caso di intervento, gli operatori che potrebbero essere interessati sono molteplici, architetti, ingegneri ma anche archeologi e restauratori.

L'applicazione dell'H-BIM sembra essere un'opportunità per mobilitare un approccio proattivo alla gestione e conservazione della costruzione e del suo valore comunitario.

Questi modelli possono e devono fornire una serie di informazioni utili per attività quali il monitoraggio, la manutenzione preventiva, la riparazione, il restauro, ma anche, per esempio le attività quali gestione dei visitatori e la relativa pianificazione della sicurezza

Ad oggi, la maggior parte della ricerca recente si è concentrata sulle sfide tecniche connesse alla produzione di modelli 3D accurati, piuttosto che indagare la più ampia applicazione dell'intero ciclo H-BIM. Nel 2014, un team di ricercatori, Volk, Stengel e Schultmann (2014) hanno effettuato una revisione del BIM per gli edifici esistenti

Lo studio ha confermato che la letteratura disponibile tende a coprire solo pochi argomenti.

Nello specifico la loro ricerca riguarda l'analisi di 180 pubblicazioni sull'argomento. I risultati mostrano una spaventosa implementazione del BIM applicato

agli edifici esistenti. La scarsità delle risorse, le sfide riguardanti la sostenibilità e le normative sempre più stringenti in riferimento all'efficienza delle risorse negli edifici porta ad una sempre maggiore necessità di fusione di diversi settori: l'architettura, l'ingegneria, il facility management (FM) fino al settore della "decostruzione", ossia tutte quelle operazioni connesse alla parte finale del ciclo di vita dell'edificio quali demolizione, disattivazione, smontaggio, smantellamento e riciclaggio.

A causa dei lunghi cicli di vita degli edifici, la gestione della manutenzione e la gestione della decostruzione sono diventate fasi preponderanti nel settore edile.

Come illustrato nella figura 15, il BIM e l'H-BIM possono essere suddivisi secondo le diverse problematiche connesse a tali modelli: funzionali, informative, tecniche e organizzative/legali. A seconda degli stakeholder e delle esigenze e requisiti del progetto, un modello BIM o H-BIM viene utilizzato per supportare ed eseguire servizi da esperti. Per tale ragione più tipologie di software possono interagire al fine della costruzione del modello finale, applicazioni di immissione dati che forniscono servizi di importazione, acquisizione dati e monitoraggio, elaborazione dei dati o trasformazione

dei dati acquisiti oppure dati di output dei dati o analisi tecniche, architettoniche, strutturali o energetiche.

Dall'analisi delle 180 pubblicazioni (90 articoli su riviste, 63 atti di convegno e 26 altre pubblicazioni) svolte da Rebekka Volk, Julian Stengel e Frank Schultmann è emerso che:

- oltre 80 delle pubblicazioni riviste sono esplicitamente dedicate al BIM;
- le rimanenti pubblicazioni esaminate sono tuttavia rilevanti:

1. alcune non menzionano il BIM nelle sue parole chiave o abstract, sebbene ne affrontino il tema nella pubblicazione;

2. riguardano modelli di edifici 3D che non sono esplicitamente ricondotti al BIM;

3. trattano argomenti correlati, come il cloud computing o servizi web semantici.

Una evidente evoluzione della pubblicazione di documenti riferiti al BIM emerge dalle figure seguenti (fig.16 e fig.17

La figura seguente, nello specifico, presenta diversi argomenti trattati nelle pubblicazioni associate al tema dell' H-BIM in relazione al loro anno di pubblicazione.

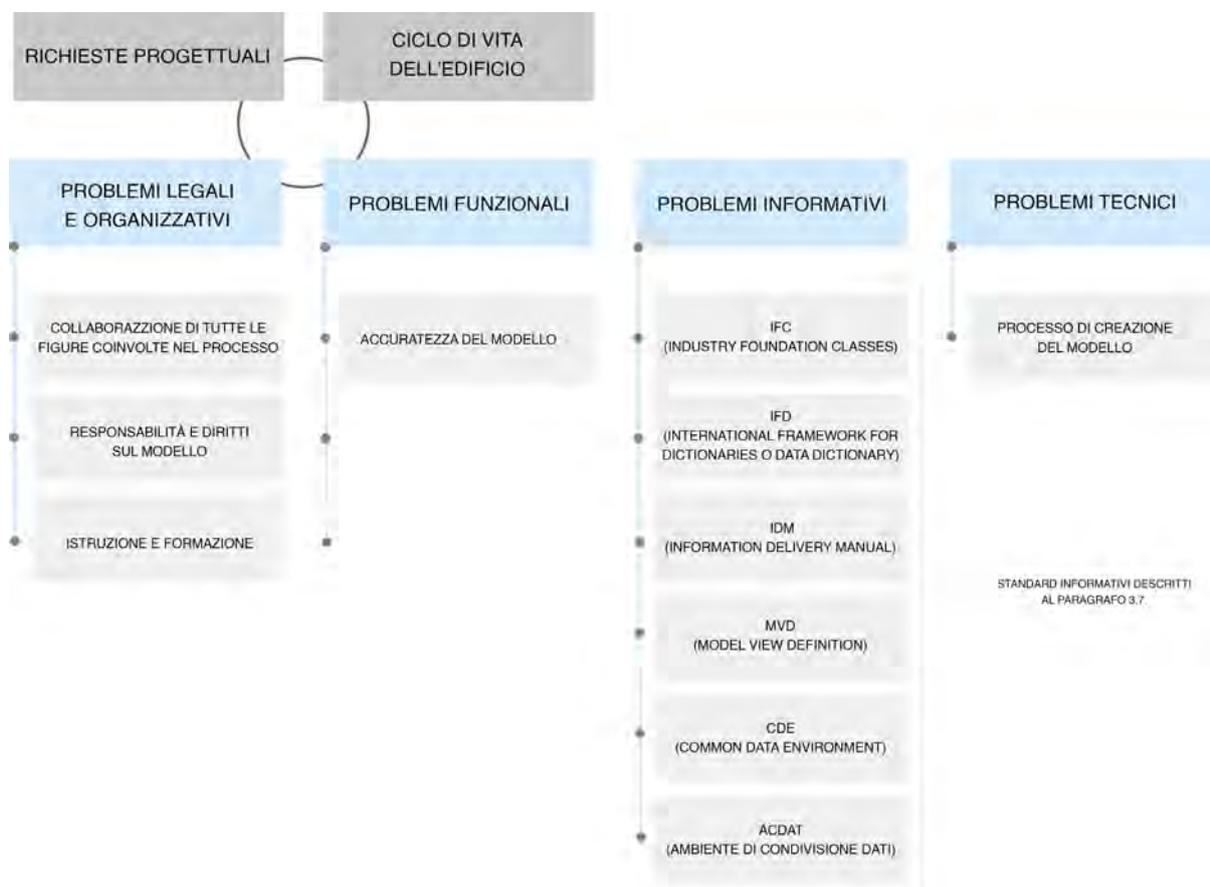


Fig.15 - Schematizzazione dei problemi legati ai processi BIM e H-BIM.

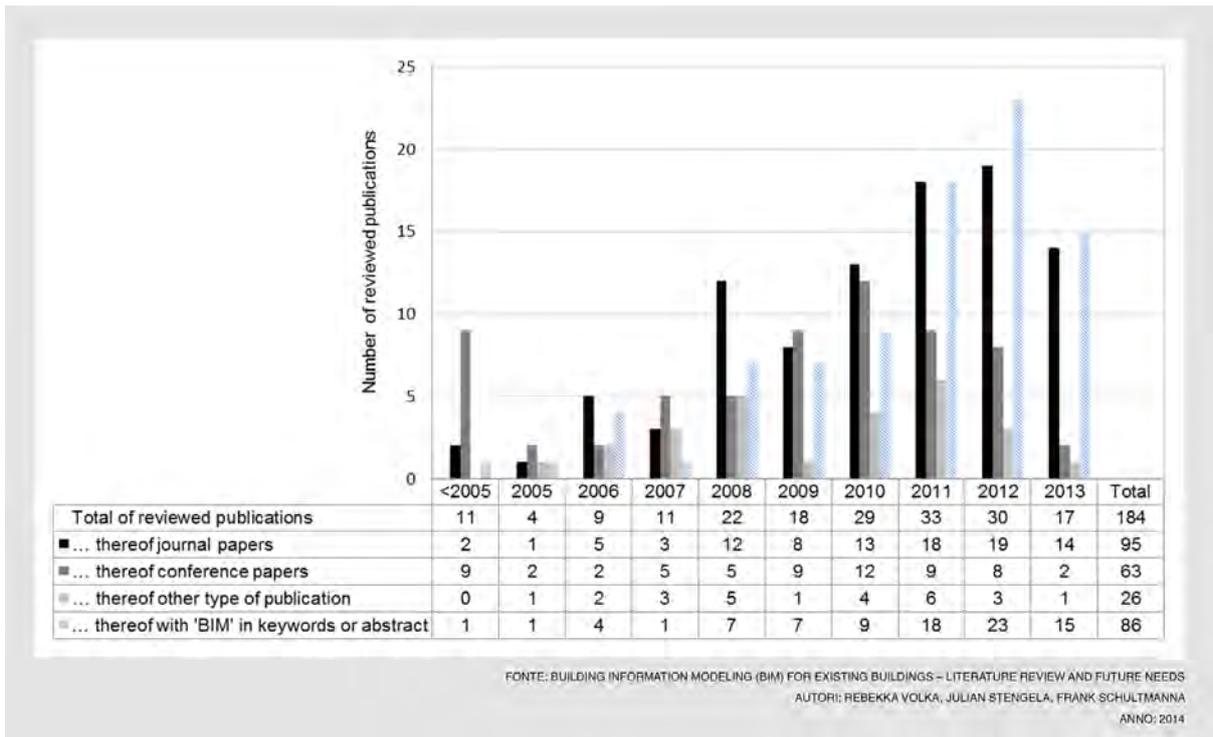


Fig.16 - Frequenza di pubblicazione per anno di pubblicazione.

Da tale schema (fig. 17) è possibile evidenziare diverse tendenze:

- La tendenza delle pubblicazioni in merito al BIM non accenna a diminuire e la gamma di argomenti pubblicati aumenta in modo significativo
- Gli argomenti delle aree di ricerca riguardanti la

gestione dei dati, la documentazione, il controllo e il monitoraggio vengono pubblicate con tendenza all'aumento quasi costante;

- La pianificazione della “decostruzione” nel contesto del BIM è una nuova area di ricerca.

La figura seguente (fig.18) mostra la frequenza della

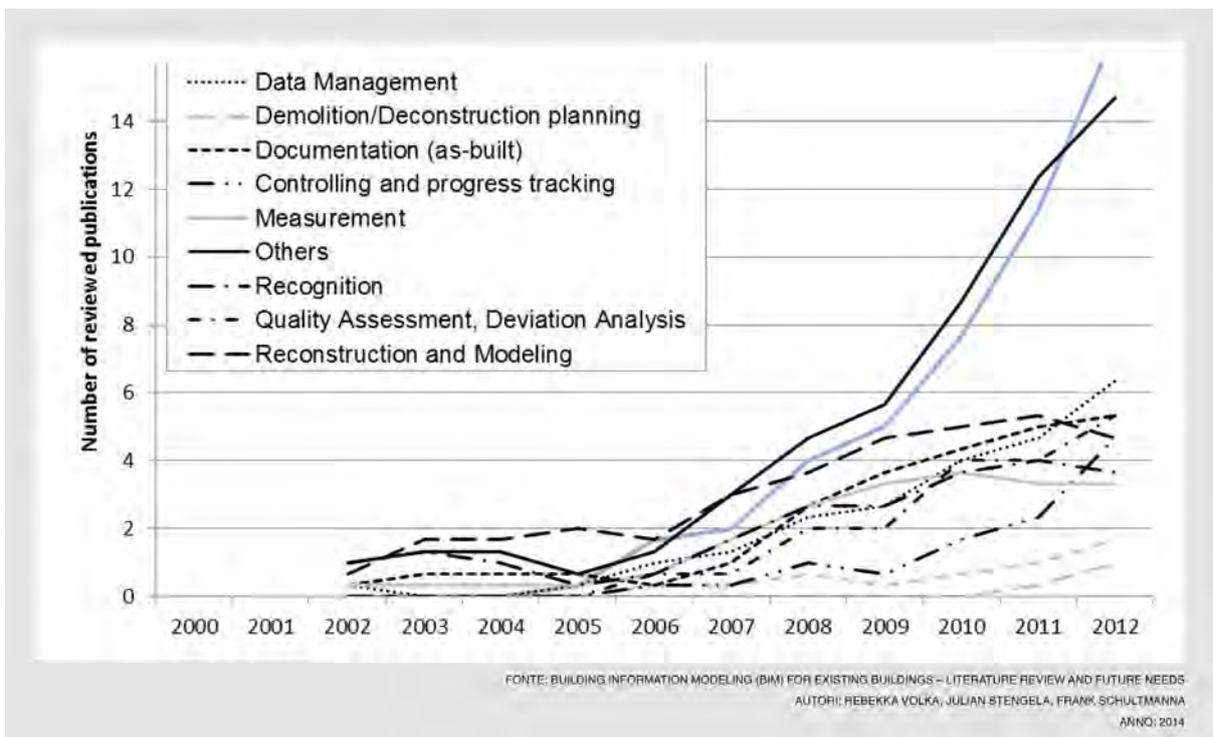


Fig.17 - Numero di pubblicazioni rivolte a tematiche affini al M analizzate per anno.

Scopes		Number of reviewed publications	
Publications focusing on building LC stages of ...	Design (incl. inception and brief)	43	
	Construction (incl. planning, scheduling)	59	
	Maintenance (incl. retrofits, monitoring)	109	
	Deconstruction (incl. planning, execution)	10	
	Others (e.g. prefabrication)	26	
	Total	247	
	Average of LC stages per paper	1.3	
Publications with contributions in...	BIM creation and modeling	40	
	Data management	36	
	Documentation ('as-built')	36	
	Survey/Measurement accuracy	27	
	Quality assessment, deviation analyses	26	
	Object recognition	25	
	Monitoring or progress tracking	18	
	Augmented/Virtual reality	10	
	Demolition/Deconstruction management	3	
	Others	83	
	Total	304	
		Average of topics per paper	1.7
	Publications with spatial focus on...	Building exterior (e.g. facades, roof)	63
Building interior (e.g. rooms)		58	
Building components		43	
Building supporting structure (e.g. walls, slabs)		26	
Infrastructure		14	
Others (e.g. street views, city models)		20	
Total		224	
	Average of spatial foci per paper	1.2	

FONTE: BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) FOR EXISTING BUILDINGS – LITERATURE REVIEW AND FUTURE NEEDS
 AUTORI: REBEKKA VOLKA, JULIAN STENGELA, FRANK SCHULTMANN
 ANNO: 2014

Fig.18 - Frequenza della trattazione delle fasi connesse al processo BIM nelle pubblicazioni analizzate.

trattazione delle fasi connesse al processo BIM. Come si può leggere dalla figura, maggior parte delle pubblicazioni tratta rispettivamente di creazione e modellazione BIM con gli esterni degli edifici esistenti, un numero minore di articoli si occupa degli aspetti di manutenzione e della gestione dei dati e documentazione "as-built", valutazione della qualità e accuratezza a livello di componente edile. Solo pochi approcci di ricerca discutono invece il tema della "decostruzione".

Ulteriore rilevante indagine è quella proposta nel 2020 da Potrč Obrecht et al. (2020) intitolata "BIM and LCA Integration: "A Systematic Literature Review". Nella prima fase della loro revisione sistematica della letteratura (systematic literature review - SLR) (Potrč Obrecht et al., 2020). Lo studio ha visto l'analisi di 271 articoli. L'SLR mostra la valutazione degli anni di pubblicazione e articoli dedicati al BIM e al Life cycle assessment (LCA). L'approccio utilizzato è del tutto simile a quello anticipato da Volk et al. e rileva un graduale andamento di aumento delle pubblicazioni in materia di BIM. Specificatamente, relativamente all'indagine della letteratura in materia di H-BIM, è interessante citare lo studio "A Review of Heritage Building Information Modelling (H-BIM)", pubblicato nel 2020 ad opera di López et al. (2018). La ricerca mostra una revisione della letteratura scientifica e tecnica che ha consentito di identificare e comprendere le tendenze attuali in materia di H-BIM.

Lo studio ha visto una raccolta dei dati della letteratura

scientifica attraverso una ricerca utilizzando parole chiave nelle diverse fonti di contributi, riviste, atti di congressi, regolamenti e libri. Le parole chiave che vengono trattate sono state "BIM", "BIM for existing buildings", "Cultural Heritage Modelling", "H-BIM" "Heritage BIM", "Historic BIM", and "Heritage management and documentation as-built". La ricerca è stata svolta attraverso le piattaforme Scopus, ScienceDirect e Google Scholar. In relazione ai contributi scientifici riscontrati, è stata individuata la frequenza delle parole chiave utilizzate.

Nello specifico sono stati analizzati un totale di 131 contributi pubblicati tra il 2007 e il 2018, di cui 87 corrispondono a articoli su riviste di impatto internazionale, 23 a atti di congressi, 5 riferiti a libri, 2 a regolamenti internazionali e 14 a fonti Internet. La figura 19 mostra come il flusso delle pubblicazioni in materia di H-BIM si è evoluto, intensificandosi negli anni.

A seguito di queste analisi è quindi chiara la tendenza di aumento di pubblicazioni sia in materia di BIM sia in materia di H-BIM. In aggiunta a questa analisi della letteratura si è potuto verificare l'introduzione progressiva anche del termine "Digital twin".

Infatti, a completamento degli studi precedentemente elencati è stata fatta una ulteriore disamina di articoli andati in pubblicazione tra il 2019 e il 2020 e si è verificato come, in associazione della parola chiave "H-BIM" sia stata introdotta in maniera predominante la parola "Digital Twin". Infatti, su un campione di 50

Scopes		Number of reviewed publications
Publications focusing on building LC stages of ...	Design (incl. inception and brief)	43
	Construction (incl. planning, scheduling)	59
	Maintenance (incl. retrofits, monitoring)	109
	Deconstruction (incl. planning, execution)	10
	Others (e.g. prefabrication)	26
	Total	247
	Average of LC stages per paper	1.3
Publications with contributions in...	BIM creation and modeling	40
	Data management	36
	Documentation ('as-built')	36
	Survey/Measurement accuracy	27
	Quality assessment, deviation analyses	26
	Object recognition	25
	Monitoring or progress tracking	18
	Augmented/Virtual reality	10
	Demolition/Deconstruction management	3
	Others	83
	Total	304
	Average of topics per paper	1.7
Publications with spatial focus on...	Building exterior (e.g. facades, roof)	63
	Building interior (e.g. rooms)	58
	Building components	43
	Building supporting structure (e.g. walls, slabs)	26
	Infrastructure	14
	Others (e.g. street views, city models)	20
	Total	224
	Average of spatial foci per paper	1.2

FONTE: BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) FOR EXISTING BUILDINGS – LITERATURE REVIEW AND FUTURE NEEDS
 AUTORI: REBEKKA VOLKA, JULIAN STENGELA, FRANK SCHULTMANNA
 ANNO: 2014

Fig.19 - Gli approcci più utilizzati nelle pubblicazioni analizzate e l'intensificazione del flusso di pubblicazione in materia BIM e H-BIM.

paper pubblicati tra il 2019 e il 2020, ben 17 hanno introdotto il termine "Digital Twin" tra le parole chiave. È chiaro che una analisi sviluppata in questa maniera non risulta del tutto puntuale, ma è stata utile per capire le tendenze attuali di ricerca dal 2000 ad oggi.

2.5. Diffusione di BIM e H-BIM in ambito internazionale

L'avanzamento tecnologico del mondo è in costante aumento e la continua evoluzione delle città intelligenti,

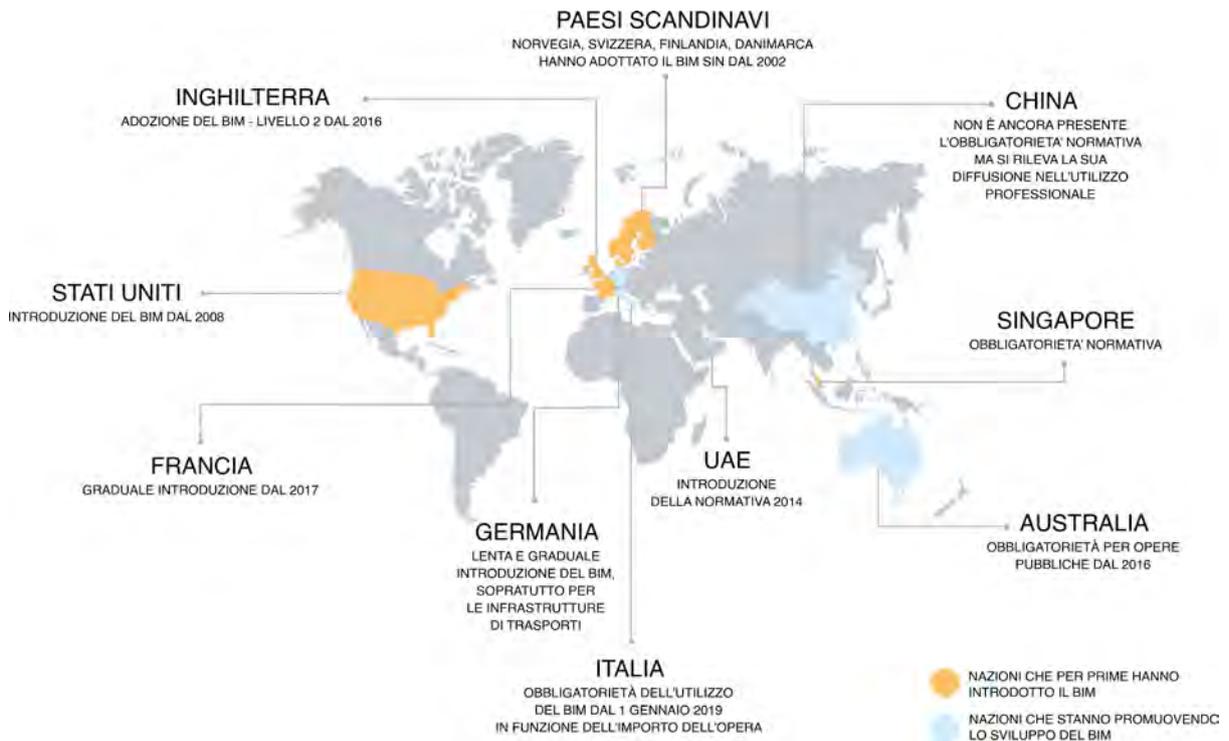


Fig.20 - Sviluppo e adozione del BIM nei paesi del mondo.

le cosiddette smart cities, ha portato a rivolgere sempre maggior attenzione all'adozione del BIM.

L'adozione del BIM infatti può aiutare i paesi a creare solide fondamenta dal lato infrastrutturale e organizzativo.

In questo capitolo verrà presentata una panoramica di come l'adozione del BIM ha preso piede nelle varie parti del mondo, facendo riferimento ai principali fondamenti normativi in tema di BIM e riportando alcuni casi di studio esemplari di processi digitalizzati (fig.20)

Stati Uniti

Il BIM nasce negli Stati Uniti nei primi anni '70, come anticipato nei paragrafi precedenti, una sua prima descrizione viene fornita proprio dall'americano Charles M. Eastman.

Di conseguenza ci aspetteremmo che gli United States rappresentassero il paese più avanzato in merito all'adozione del BIM, ma la forte eterogeneità tra i diversi stati americani ha inevitabilmente portato a grandi difficoltà nell'individuazione di protocolli e standard comuni.

Nonostante la nascita del concetto di BIM risalga agli anni '70, la sua vera prima implementazione si è sviluppata negli anni '90, ed è solo nel 1997, con la prima versione degli IFC (Industry Foundation Classes), standard, che verrà analizzato nei prossimi capitoli, che l'industria americana ha preso piena consapevolezza dell'importanza dell'uso del BIM nelle costruzioni.

Il processo di digitalizzazione delle costruzioni degli Stati Uniti è stato lento e tortuoso, proprio a causa del suo carattere sperimentale.

Gli Stati Uniti si trovano ora in una fase di elaborazione di strategie atte a definire una normativa nazionale valida per tutti i Paesi confederati e per tutti i progetti pubblici.

Senza norme uniformi in tutto il Paese, la diffusione del BIM si basa solamente sul rapporto tra singolo cliente ed appaltatore, secondo modalità declinate diversamente progetto per progetto.

Questa confusione istituzionale è stata inoltre amplificata dal fatto che molti dipartimenti ed agenzie federali hanno creato propri standard pubblicati in specifici forum, come ad esempio il documento The National Building Information Model Standard™ (NBIMS), pubblicato dal National Institute of Building Science in diverse versioni a partire dalla prima pubblicata nel dicembre 2007.

Questa non uniformità del BIM negli Stati Uniti spesso è vista come un vantaggio, in quanto, a differenza di quanto accade in altri Paesi, permetterebbe una risoluzione più rapida di alcuni problemi legati a standard locali. Il pensiero americano si differenzia

da quello inglese, dove i progetti di opere pubbliche provengono da un'unica agenzia e sono perfettamente coordinati e pianificati.

La principale iniziativa attribuibile ad un ente governativo si è avuta nel 2003, quando la General Services Administration (GSA), attraverso il Public Building Services (PBS), ha stabilito il programma per il 3D/4D/BIM pubblicando alcune linee guida per il settore delle costruzioni.

La GSA sta attualmente esplorando l'uso del BIM in tutto il ciclo di vita di un progetto e per i diversi settori ha pubblicato le seguenti linee guida:

- series 1 – 3d/4d BIM overview
- series 2 – spatial program validation
- series 3 – 3d laser scanning
- series 4 – 4d phasing
- series 5 – energy performance and operations
- series 6 – circulation and security validation
- series 7 – building element
- series 8 – facility management

La GSA è stata una dei primi Client/Owner degli Stati Uniti a definire linee guida e manuali operativi sul BIM, oltre che a disporre di un'anagrafe immobiliare, la Central Facility Repository.

La GSA, attraverso il PBS, fornisce e mantiene i luoghi di lavoro per circa 100 agenzie federali costituite da oltre un milione di lavoratori.

La GSA dal 2007 al 2016 ha pubblicato una serie di linee guida in materia di BIM:

- BIM Guide 01 - 3D-4D-BIM Overview;
- BIM Guide 02 - Spatial Program Validation;
- BIM Guide 03 - 3D Laser Scanning;
- BIM Guide 04 - 4D Phasing;
- BIM Guide 05 - Energy Performance;
- BIM Guide 06 - Circulation and Security Validation;
- BIM Guide 07 - Building Elements;
- BIM Guide 08 - Facility Management;
- BIM Guide Terminology.

Per questa attività di divulgazione GSA ha ottenuto una serie di riconoscimenti per la sua iniziativa nella promozione del suo programma sul BIM.

In particolare, degno di menzione è il premio "Honorable Mention" durante il convegno American Institute of Architects - Technology in Architectural Practice (AIA TAP) conference, che ricevette ancor prima di elaborare le linee guida.

Il programma BIM della GSA è stato commentato dalla giuria del premio come segue: *"The first of its kind in the world, this programme earns special mention as a significant event in the development of BIM, challenging design, construction and software providers to improve. It exhibits the advantages of BIM on a variety of projects"/ "Il primo del suo genere al mondo, questo programma merita una menzione speciale come evento significativo nello sviluppo del BIM, stimolando*

la progettazione, la costruzione e il miglioramento dei fornitori di software. Mostra i vantaggi del BIM su una varietà di progetti”.

Per il GSA fu possibile conseguire questo premio in quanto, dal 2003, GSA lanciò nove progetti pilota per studiare l'implementazione del BIM.

I progetti sono:

1. A total of 26 Federal Plaza, New York.
2. Office Building, Houston Texas.
3. US Courthouse, El Paso, Texas.
4. A total of 300 NLA Federal Building, Los Angeles, California.
5. Eisenhower Executive Office Building, Washington, DC.
6. GSA Regional Office Building, Washington, DC.
7. GSA Central Office Building, Washington, DC.
8. Border Station Prototype, US-Canadian Border.
9. US Courthouse, Portland, Oregon.

Le funzioni chiave di questi progetti e dei vari aspetti studiati erano basate sull'implementazione della modellazione attraverso scansioni laser.

È inoltre importante sottolineare come la GSA, sin dal 2008, abbia lavorato anche in termini di collaborazione internazionale. In particolare, è stato firmato un accordo con tre organizzazioni internazionali a supporto della volontà di individuare standard aperti per il BIM.

GSA, infatti, collabora con il Finland's Senate Properties, il Danish Enterprise Construction Authority e la Norway's Directorate of Public Construction and Property. L'obiettivo è quello di promuovere l'interoperabilità per lo scambio di dati digitali realizzati su software di diversi sviluppatori (Wong, Wong & Nadeem, 2011). L'ultimo Report eseguito da McGraw-Hill Construction risale al 2012 per gli Stati Uniti e al 2014 per l'Australia e Nuova Zelanda. Si riporta questo riferimento in quanto è una delle più importanti case editrici statunitensi di libri scientifici. McGraw-Hill Construction collega persone, progetti e prodotti, design e costruzione, connette architetti, ingegneri, appaltatori, subappaltatori, produttori di prodotti per l'edilizia, fornitori, rivenditori e distributori. MHC, nel Nord America è fornitore leader di informazioni sul mondo delle costruzioni. Si riportano a seguire alcuni dati interessanti estratti dal report 2012 intitolato "SmartMarketReport - The business value of bim in north america: multi-year trend analysis and user ratings (2007–2012) (fig.21 e fig.22

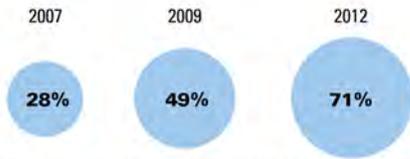
Regno Unito

L'industria edile del Regno Unito è una delle industrie tecnologicamente più avanzate e digitalizzate al mondo. Con il sostegno del governo, il Regno Unito ha adottato strategie BIM in maniera sistematica. Dell'aprile 2016, il governo ha imposto il BIM di livello 2¹³ su tutti i progetti pubblici. Dall'inizio di questa iniziativa i rapporti hanno dimostrato che il 20% del settore l'ha adottato con successo. Dal 2017 il governo del Regno Unito ha reso obbligatorio per i costruttori e gli appaltatori l'implementazione del BIM in tutti i progetti residenziali. La mossa normativa è arrivata come una rappresaglia alla Hackitt Review sulla sicurezza degli edifici nel Regno Unito dopo l'incendio della Grenfell Tower. Rendere il BIM obbligatorio per i grattacieli residenziali è stato il modo in cui il governo ha voluto affermare attenzione riguardo alla salute e alla sicurezza pubblica. Inoltre per avere una chiara situazione di cosa sia il BIM nel Regno Unito oggi, si è preso in analisi il sondaggio annuale "Construction Manager BIM Survey" redatto dal Chartered Institute of Building (CIOB) (il principale centro di gestione della leadership nell'ambiente costruito, ossia il principale ente inglese di accreditamento dei titoli universitari e di corsi di formazione) (fig.23) (Chartered Institute of Building, 2018), e il "BIM Report 2020 - The definitive industry update 2020 - 10th Annual BIM report" redatto da NBS Enterprises (2020) (fig.24) NBS Enterprises è una piattaforma tecnologica leader a livello mondiale che combina i migliori contenuti per la perfetta connettività di chiunque sia coinvolto nella progettazione, fornitura e costruzione dell'ambiente costruito. Questi sondaggi mostrano la fotografia di un settore che non è ancora del tutto allineato con la tecnologia digitale. Un dato interessante da sottolineare è che dei quasi 300 professionisti dell'edilizia intervistati, oltre la metà afferma di non basare la propria progettazione su processi BIM; uno su cinque, tuttavia, lo usa regolarmente. L'impatto del Covid19 e la diffusione di nuovi modelli di lavoro stanno favorendo la diffusione del BIM, sebbene ciò stia implicando maggiori costi in fase iniziale e proprio il budget è stato rilevato come uno dei principali ostacoli, insieme alla carenza di competenze digitali. Il settore dimostratosi maggiormente propenso all'utilizzo del BIM è risultato quello della progettazione architettonica, quasi il 60% degli architetti lo ha

¹³ Il BIM livello 2 è caratterizzato da indicazioni progettuali condivise attraverso un formato di file comune che consenta a qualsiasi organizzazione di essere in grado di combinare dati usati al fine di rendere un modello BIM federato, e di effettuare controlli su di esso. Il Livello 2 del BIM è un sistema gestito con dati allegati, ma creato in modelli basati su discipline separate.

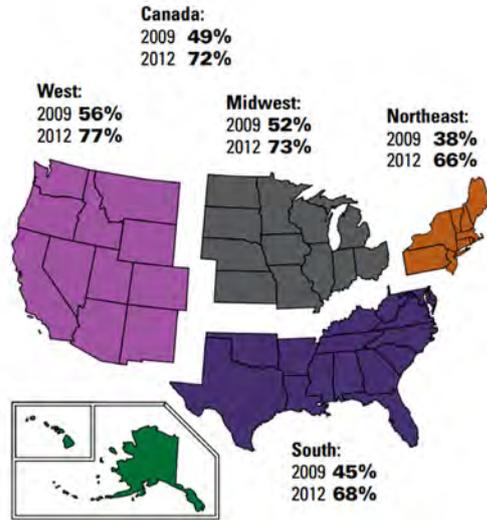
Levels of BIM Adoption in North America

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



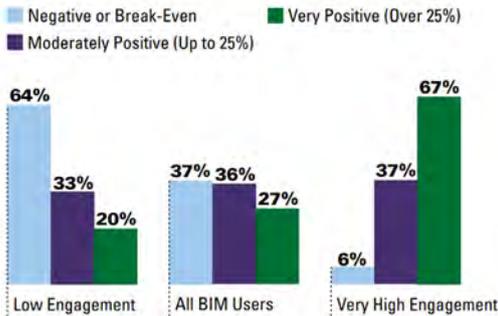
BIM Use in North America

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



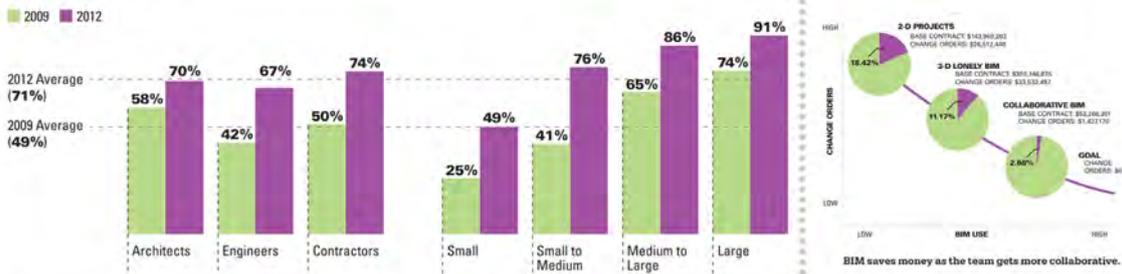
BIM ROI for Users by Level of Engagement

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



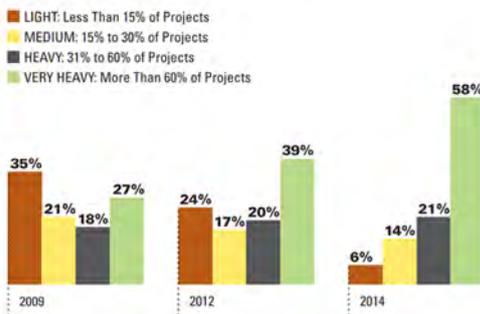
BIM Adoption by Type and Size of Firm (2009 and 2012)

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



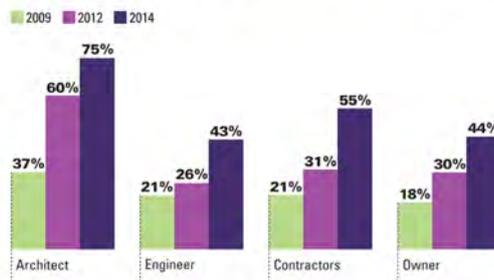
BIM Implementation Levels (2009-2014)

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



Percentage of Players Using BIM on More Than 60% of Their Projects

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



Fonte: THE BUSINESS VALUE OF BIM IN NORTH AMERICA - MULTI-YEAR TREND ANALYSIS AND USER RATINGS (2007-2012)
 Autori: AUTORI VARI DI MCGRAW HILL - CONSTRUCTION
 Anno: 2012

Fig.21 - Dati statistici relativi al livello di adozione del BIM in nord America, il suo livello di implementazione e di gradimento nella sua adozione.

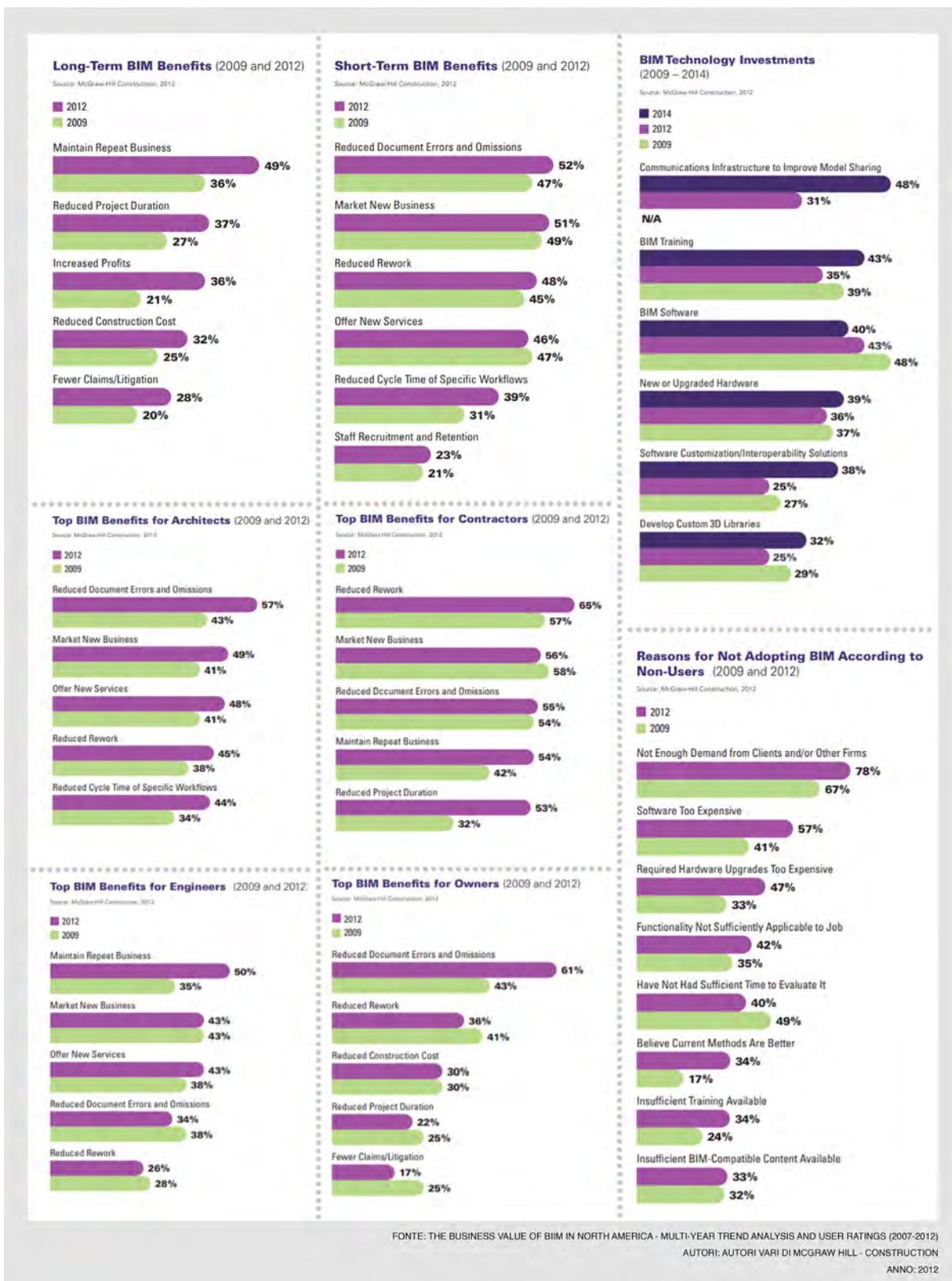


Fig.22 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento ai benefici ottenuti a seguito dell'adozione del BIM in nord America, suddivisi per categoria lavorativa e dati statistici relativi agli investimenti.

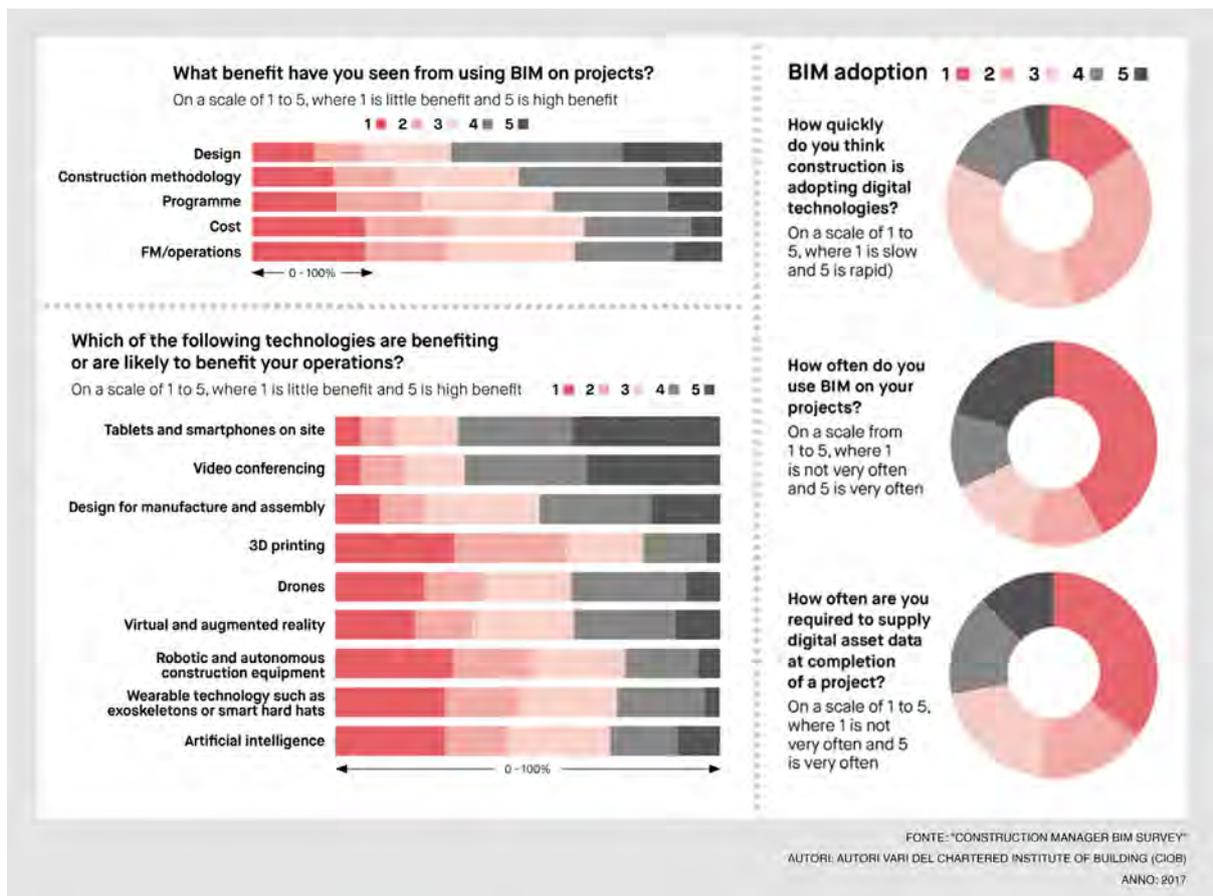


Fig.23 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento ai benefici ottenuti a seguito dell'adozione del BIM, alle tecnologie a supporto dell'utilizzo del BIM e sulla diffusione del suo utilizzo

valutato molto utile nella progettazione. Il BIM è invece considerato moderatamente utile per la fase di costruzione, programmazione e controllo dei costi. Il settore del Facility Management, che storicamente è stato il più lento nell'adottare il BIM ha rilevato che circa un terzo (31%) dei facility manager lo reputa utile o molto utile.

I principali ostacoli organizzativi all'adozione del BIM nel Regno Unito sono stati riassunti come segue:

- 64% imputato alla mancanza di competenze digitali;
- 56% imputato a fondi limitati per investire in nuove tecnologie;
- 52% imputato a clienti disinteressati;
- 45% connesso alla insufficiente evidenza di benefici
- 33% difficoltà di comunicazione con i fornitori

Inoltre, il 62% degli intervistati ha dichiarato che sarebbe disposto al passaggio alla progettazione in BIM solamente con la sicurezza di evidenti benefici soprattutto in termini economici.

Ulteriore dato degno di nota è l'emergere un interesse nei confronti dell'intelligenza artificiale anche nel settore delle costruzioni. Il 18% degli intervistati lo reputa utile, l'11% molto utile e il 27% ha dichiarato di utilizzarla. Anche in questo caso si riportano a seguire alcuni dati interessanti estratti dai report sopra citati.

Francia

La Francia è sta lavorando ad una tabella di marcia per digitalizzare il suo settore edile, sviluppando standard BIM per i lavori di progetti infrastrutturali.

Il 10 dicembre 2014 il Ministre Chargé du Logement ha annunciato il lancio del Piano di transizione digitale per accelerare la diffusione del digitale strumenti nel settore edile, stanziando un budget triennale di 20 milioni di euro. La Francia, grazie a questi fondi, ha costruito oltre 500.000 edifici mediante la tecnologia BIM.

L'iniziativa francese Digital Transition Plan mira al raggiungimento di obiettivi di sostenibilità e riduzione dei costi.

L'applicazione si tradurrà in una crescita costante dell'economia aggiungendo vantaggi in termini di valorizzazione dell'ambiente. Un sondaggio effettuato da buildingSMART nel 2017 ha rilevato, che a distanza di 3 anni dall'inizio del piano il 35% dei professionisti ha dichiarato di utilizzare un sistema di progettazione Bim.

Ulteriore programma francese degno di nota è "Interoperable Information Modelling for Sustainable Infrastructures" (MINnD National Pro), progetto che trova coinvolti 60 partner. Il progetto MINnD ha lo

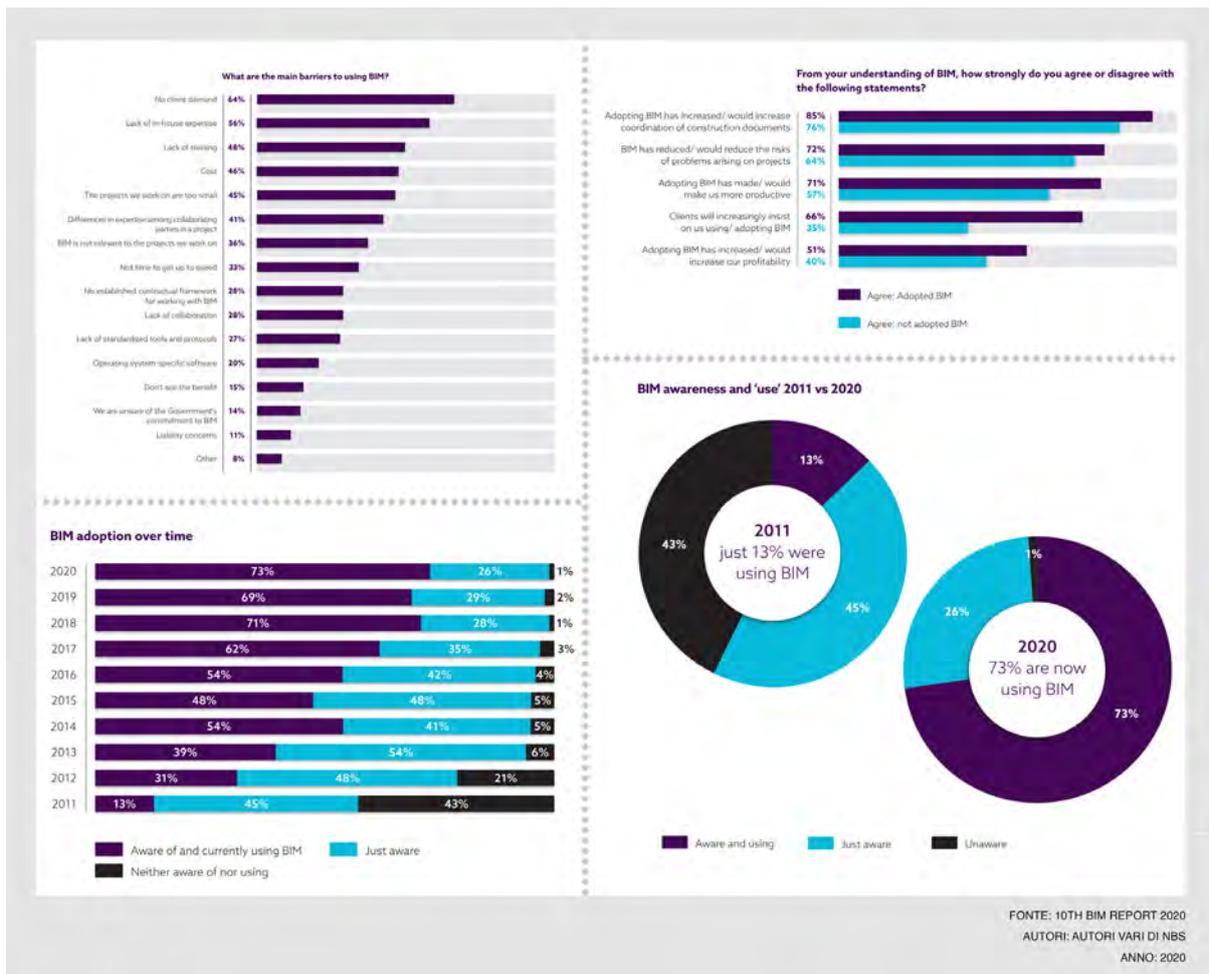


Fig.24 - Dati statistici relativi ai risultati ottenuti in merito ad indagini in riferimento alle barriere riscontrate nell'utilizzo del BIM, sondaggi rivolti al grado di adozione del BIM.

scopo di condividere tutte le informazioni e i progressi in questo campo, sia dai partner commerciali, sia dalle esperienze di business raccontate in pubblicazioni di altri paesi, sia dai programmatori di software, sia dal mondo accademico. Inserito in questo progetto troviamo uno dei più importanti progetti infrastrutturali francesi, ossia il progetto "Grand Paris Express" (fig.25)

Il Grand Paris Express è un progetto di rete composto da quattro linee di metropolitana automatica regionale ad anello attorno a Parigi e di due prolungamenti di due linee di metropolitana esistenti.

Con una lunghezza totale di 200 km, dovrà essere realizzato congiuntamente da Société du Grand Paris (SGP) e Syndicat des transports d'Île-de-France (STIF). Questo colossale progetto è caratterizzato da 68 nuove stazioni.

Diversi nomi di famosi architetti hanno partecipato alla progettazione di queste stazioni, tra i principali Kengo Kuma & Associates, Dominique Perrault, Enric Miralles Benedetta Tagliabue (EMBT), Bordas + Peiro, Agence Duthilleul ed Elizabeth de Portzamparc e BIG e Silvio D'ascia Architecture.

Germania

La trasformazione del settore edile è stata più lenta in Germania a causa di conflitti e problemi di comunicazione tra le autorità tedesche durante il processo decisionale. Il problema di fondo che hanno dovuto affrontare i tedeschi era connesso ad un calo della redditività nell'ultimo decennio e ad una diminuzione del numero di progetti nel settore delle costruzioni. L'attenzione è ora rivolta ad un approccio collaborativo che, con l'ausilio della nuova tecnologia, offrirà implementazioni in tutte le fasi della costruzione. Nel 2016, è stato avviato un progetto pilota BIM inerenti progetti di trasporto, il progetto ha preso il nome di "Roadmap for Digital Design and Construction". Il Ministero dei trasporti ha pubblicato una prima bozza del progetto nel 2015. L'uso obbligatorio dei metodi BIM per tutti i progetti infrastrutturali federali diventa obbligatorio dal 2020. In questo contesto è ora in corso un importante lavoro di standardizzazione e di individuazione delle linee guida. La Germania ha promosso l'innovazione nel settore delle costruzioni attraverso un approccio dal basso verso l'alto. Partendo dalle associazioni e dai gruppi di lavoro locali,



Fig.25 - Progetto Grand Paris Express – immagini divulgate da Società de Gran Paris.

è stata sviluppata una strategia nazionale denominata “Stufenplan Digital Planen und Bauen”. La strategia si basa su progetti pilota utilizzati per testare i vantaggi di un ambiente BIM entro il 2020. Futurium Berlin è uno di questi progetti pilota, un riferimento essenziale per comprendere il livello di diffusione e adozione del BIM in Germania. Il piano “Stufenplan Digital Planen und Bauen”, promosso da un partenariato pubblico-privato, copre un’area di 8.000 mq e ha un budget di 58 milioni di euro: i lavori sono iniziati nel 2017. È stato utilizzato il BIM per la progettazione del tunnel Rastatt che funge da collegamento ferroviario tra Karlsruhe e Basilea. Costituito da due gallerie, una per ogni senso di marcia, avrà una lunghezza totale di 4,7 km, un diametro di 11 metri e un budget di 450 milioni di euro. I lavori sono iniziati nel 2016 e saranno completati nel 2022. Attualmente, in Germania l'utilizzo del BIM per progetti pubblici con investimenti superiori a 5 milioni di euro è ormai una pratica consolidata. Il Paese è pronto a rendere obbligatorio l'uso di tali strumenti digitali per la progettazione e la costruzione di tutti i progetti pubblici.

Spagna

In Spagna, nel 2015 è stato istituito un comitato direttivo ed è stato stabilito un calendario provvisorio con raccomandazioni sull'utilizzo del BIM. L'Associazione spagnola per la standardizzazione e la certificazione AENOR, responsabile dello sviluppo di standard

tecnici e certificazioni, ha istituito nel 2012 il Comitato di standardizzazione AEN / CTN 41 / SC13 per l'organizzazione dei modelli di informazione relativi alla costruzione e all'ingegneria civile. Nei progetti del settore pubblico l'utilizzo obbligatorio del BIM è valido da dicembre 2018 e per progetti infrastrutturali dal 2020.

Finlandia

In Finlandia l'uso del BIM è ormai consolidato, già da tempo è stata superata la fase sperimentale. Già dal 2001 l'azienda governativa Senate Properties, la più grande impresa di proprietà del governo sotto il ministero delle finanze finlandese responsabile del patrimonio pubblico immobiliare, ha iniziato a promuovere i progetti con il BIM. Sin dal 2007 la confederazione delle industrie costruttrici finlandesi aveva già imposto che tutti i pacchetti software di progettazione avessero la certificazione IFC. Si tratta del Paese più all'avanguardia al mondo in materia di BIM. Questo è confermato dal fatto che già nel 2007 il 93% degli studi di architettura, ed il 60% di quelli di ingegneria, utilizzavano il BIM in maniera continuativa (Edirisinghe & London, 2015).

Nel 2016 nasce il programma governativo KIRA-digi. KIRA-digi è in Finlandia il progetto chiave riguardante la digitalizzazione dei servizi pubblici. Il finanziamento totale per il progetto KIRA-digi è di circa 16 milioni di euro a carico dello Stato. L'obiettivo è rendere le

informazioni sull'edilizia pubblica accessibili a tutti, sviluppare sistemi facilmente interoperabili e pratiche armonizzate e avviare una serie di progetti sperimentali per creare nuove innovazioni e affari. Progetto degno di citazione è Tripla (fig.26), progetto di un'ardita costruzione urbana a tre blocchi che conetterà la zona Est e la zona Ovest di Pasila, attualmente separate da un vecchio deposito ferroviario. Il complesso architettonico comprenderà uffici un centro commerciale ed un centro congressi, alloggi, un hotel, uno stadio multiuso e un capolinea dei trasporti pubblici. All'inizio del progetto, il cliente ha sottolineato che tutti i progettisti devono seguire i requisiti BIM comuni di BuildingSMART Finlandia, livello 3¹⁴. Il coordinatore BIM del progetto ha creato un piano di esecuzione BIM dettagliato per l'intero progetto per soddisfare i requisiti Common BIM Requirement (CoBIM)¹⁵ e comunicare come informazioni specifiche dovrebbero essere prodotto e mantenuto nei modelli.

le fasi operative e manutentive della costruzione sono fondamentali all'interno del processo. La legge sugli appalti pubblici è stata il motore principale per l'implementazione del BIM. Dal 2011 obbligatorio per progetti di importo superiore ai 2,7 milioni di euro e per interventi governativi con importo superiore ai 677.000. L'insegnamento del BIM è già da anni integrato nella specializzazione accademica. Importante progetto pubblico danese "Digital Construction", finanziato per 20 milioni di euro, questo progetto fa parte del già ampio progetto del governo chiamato "Will to Grow", già lanciato nel gennaio 2002. Importante e ben riuscito è il progetto del New Bispebjerg Hospital di Copenhagen (fig.27). Il progetto di sviluppo dell'ospedale prevede la costruzione di un totale di circa 108.000 metri quadrati di nuovi edifici. Il progetto è costituito da cinque progetti minori già in corso. Il progetto di costruzione corrisponde ad un budget totale di circa 610 milioni di euro di cui 400 milioni di euro sono finanziati del



Fig.26 - Modello 3D e fase di costruzione del progetto Tripla.

Danimarca

La Danimarca ha introdotto i requisiti BIM nella sua legge sugli appalti pubblici dal 2007. Con oltre un decennio di esperienza, la Danimarca è diventata uno dei leader europei in termini di implementazione del BIM. Nel 2016, il 78% degli studi di progettazione danesi conosceva il BIM.

Oltre il 30% dei modelli sono stati implementati anche nel campo del Facility Management, dimostrando che anche l'implementazione del BIM riguardante

governo danese. Due dei cinque progetti sono già stati completati: un parcheggio per 600 veicoli (periodo di costruzione: 2014-2015) e un laboratorio e un edifici logistico (periodo di costruzione: 2016-2018); tre progetti minori sono in fase di esecuzione: un edifici dell'ospedale generale (periodo di costruzione: 2018-2023), un centro di salute mentale (periodo di costruzione: 2018-2022) e la ristrutturazione degli edifici esistenti dell'Ospedale Bispebjerg (iniziata nel 2016).

¹⁴ Il Livello 3 del BIM rappresenta la piena e completa collaborazione tra tutte le discipline, in cui si utilizza un unico modello progettuale condiviso in repository centralizzato, che dovrà essere conforme con lo standard IFC. Con il Livello BIM 3 entrano in gioco anche le informazioni relative al ciclo di vita dell'edificio

¹⁵ I CoBIM sono stati definiti in risposta alla forte richiesta da parte dei clienti e proprietari di edifici di stabilire uno standard BIM comune per la costruzione di edifici in Finlandia. Dalla sua creazione nel 2013, coBIM è ospitato, monitorato e coordinato da BuildingSMART Finland.



Fig.27 - Modello 3D del New Bispebjerg Hospital di Copenhagen.

Svezia

La Svezia lavora su un modello simile a quello finlandese. Lo Swedish Standards Institute (SIS) ha pubblicato una serie di guide con l'obiettivo di promuovere il BIM nel paese dal 1991, mentre a partire dal 2014 la BIM Alliance Sweden ha riunito i principali stakeholder pubblici e privati, per trovare maggiori risorse e supportare la costruzione innovazione.

Il livello di adozione del BIM in Svezia è molto elevato nonostante la mancanza di complete linee guida da parte del governo. Di particolare rilevanza è l'implementazione del BIM per le organizzazioni pubbliche, infatti le organizzazioni statali come l'amministrazione svedese dei trasporti ha reso obbligatorio l'uso del BIM dal 2015. Importanti progettazioni BIM sono quelle del Nuovo complesso ospedaliero Karolinska Solna (NKS), stanziato con un importo pari a 3000 milioni di euro. L'ospedale è stato inaugurato ufficialmente nel maggio 2018 ed è

nato con l'obiettivo di soddisfare i più elevati standard qualitativi, progettuali e di sostenibilità.

Il progetto è stato realizzato da due studi di architettura svedesi, White e Tengbom.

Il progetto è nato nell'ambito di un contratto di Partenariato Pubblico Privato tra lo Stockholm County Council e la società Swedish Hospital Partners di proprietà di Skanska (multinazionale del settore delle costruzioni con sede in Svezia) e Innisfree. Un progetto ambizioso su cui hanno lavorato centinaia di persone: 140 architetti degli studi White e Tengbom, 250 figure tecniche e circa 150 persone dell'ufficio progettazione di Skanska.

Il BIM ha reso possibile un'interazione trasparente tra tutte le figure coinvolte (fig.28

Inoltre, l'accordo ha previsto un controllo della manutenzione in BIM fino al 2040. Il modello BIM è stato quindi pensato fin dall'inizio per essere un prezioso strumento al servizio del facility management.



Fig.28 - Modello 3D e fase di costruzione del complesso ospedaliero Karolinska Solna.

Norvegia

Anche la Norvegia, come gli altri stati scandinavi emerge per livello di maturità del BIM. La Norwegian Homebuilders Association¹⁶ insieme alla direzione norvegese per l'edilizia pubblica e la proprietà (Statsbygg) hanno promosso attivamente l'uso del BIM insieme. Grazie a queste associazioni, dal 2010 tutti i progetti utilizzano i formati di file IFC e BIM per l'intero ciclo di vita delle opere. Dal 2014 se ne è resa l'obbligatorietà per tutte le opere. Un'organizzazione leader denominata SINTEF sta inoltre conducendo ricerche in materia di BIM come parte del programma nazionale di ricerca e sviluppo incentrato su strumenti sostenibili per migliorare la costruzione e la gestione degli edifici. Inoltre, in Norvegia è presente l'istruzione della materia BIM sin dagli istituti superiori. Un esempio importante di applicazione del workflow BIM è il Tunnel sottomarino Archimede, lungo 26 km (fig.29)

Islanda

Nel 2008 l'Islanda ha intrapreso una campagna per l'individuazione di standard aperti, incominciato nel medesimo anno l'introduzione del BIM nel settore

pubblico (Statement of intention to support BIM with open standards). Inoltre, il consiglio di committenti pubblici "BIM Iceland" si occupa dell'aggiornamento delle linee guida sul processo BIM.

Le università non sono ancora sincronizzate con le esigenze di mercato. Come progetto rilevante è possibile citare la National University Hospital, opera di oltre 65000 mq, dove la metodologia BIM è stata inclusa come requisito fondamentale della progettazione.

Irlanda

Alcuni settori pubblici, come quello dei trasporti hanno adottato approcci BIM come parte integrante dei processi.

Le scuole di istruzione superiore hanno realizzato programmi specifici dedicati. L'Irlanda si avvale del National BIM Council (NBC Irland), che è un ente nazionale per supportare il progresso del digitale nel settore delle costruzioni. NBC promuove misure chiave per realizzare la strategia nazionale "Construction 2020" del governo.

Un importante progetto elaborato in BIM è IL NHC-



Fig.29 - Modelli 3D Tunnel sottomarino Archimede.



Fig.30 - Modelli 3D del NHC-New Children's Hospital.

¹⁶ Norwegian Homebuilders Association è l'organizzazione commerciale delle società di produzione residenziale in Norvegia. L'associazione conta circa 800 aziende associate che rappresentano oltre la metà dell'edilizia residenziale nel paese. L'Associazione è la voce principale delle politiche abitative in Norvegia. Le sue attività sono particolarmente orientate verso questioni di politica industriale e sviluppo nell'edilizia residenziale.

New Children's Hospital (fig.30), sviluppata tramite un BIM di livello 2.

La panoramica illustrata ha visto come protagonista il termine BIM questo perché nella fase di analisi dello stato dell'arte internazionale si voleva ottenere la conoscenza del livello di maturità e di sviluppo su

tale campo a partire dal principio della sua diffusione. Siccome nella normativa dei vari paesi le accezioni H-BIM o E-BIM non vengono trattati separatamente ma incluse nel termine BIM, una ricerca specifica sull'H-BIM non risulterebbe esaustiva sull'effettivo livello di maturità dei vari stati. Analizzando nello specifico i vari articoli vi è da sottolineare che il concetto di H-BIM nasce e viene sviluppato effettivamente in una nazione come l'Irlanda caratterizzato da un livello di sviluppo del BIM avanzato rispetto altre nazioni.

Nonostante sia chiaro quindi che lo sviluppo dell'H-BIM vada di pari passo a quello del BIM è anche importante sottolineare che, ad oggi, le nazioni con più alta attenzione nei riguardi dei processi H-BIM

sono quelle che posseggono un patrimonio edilizio storico importante ed eterogeneo quali la Spagna e l'Italia. Inoltre, è importante sottolineare che gli articoli scientifici e le pubblicazioni su casi studio H-BIM sono molte volte presentate da autori spagnoli o italiani. E' pur vero che molti studi promossi da Università di altri paesi hanno comunque visto la loro applicazione a casi studio di edifici e monumenti appartenenti al patrimonio spagnolo e italiano.

A conferma dell'interesse italiano verso l'H-BIM si riporta nella figura seguente un estratto dello studio "Heritage Building Information Modelling (H-BIM): A review of published case studies" di Ewart e Zuecco (2019) (fig.31)

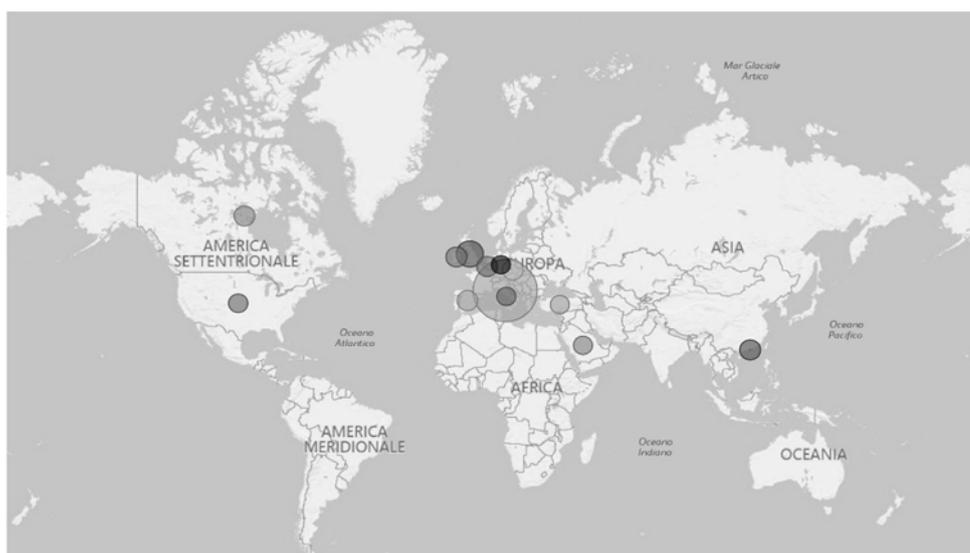
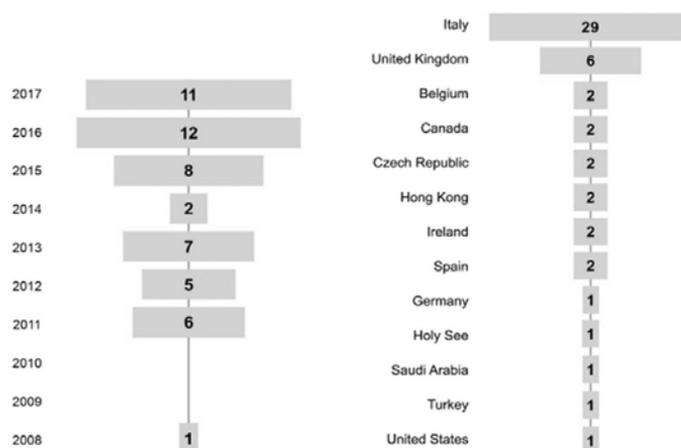


Figure 2: Case study locations by country (circle size = no. of case studies)



Figures 1a and 1b: Number of case studies per year and per country.

Fonte: HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELLING (HBIM): A REVIEW OF PUBLISHED CASE STUDIES: PROCEEDINGS OF THE 35TH CIB W78 2018 CONFERENCE: IT IN DESIGN, CONSTRUCTION, AND MANAGEMENT
 AUTORI: IAN J. EWART E VALENTINA ZUECCO
 ANNO: 2019

Fig.31 - Numero di casi studio H-BIM per anno e per nazione.

2.6. Casi di studio

A seguito della panoramica del livello di maturità a scala mondiale, per quanto riguarda il caso italiano si farà riferimento più strettamente al BIM applicato al patrimonio storico.

Le seguenti figure mostrano che, la maggior parte dei casi studio H-BIM siano maggiormente localizzati in Europa, e specificatamente in Italia

Ovviamente, non ci si deve stupire del fatto che l'Italia spicchi in questa statistica.

I beni culturali e il patrimonio architettonico che l'Italia ha avuto la fortuna di ereditare in secoli di storia fanno parte della memoria storica che i ricercatori non sono disposti a perdere, costituendo essi risorse uniche e non rimpiazzabili.

Fino ad oggi l'UNESCO ha riconosciuto un totale di 1121 siti come patrimonio di valore culturale inestimabile: 869 siti culturali, 213 naturali e 39 misti presenti in 167 Paesi del mondo. In Italia, infatti, si trovano ben 55 siti UNESCO, record mondiale al pari alla Cina, il cui territorio è 30 volte più esteso di quello italiano e 61 luoghi tutelati dal FAI.

Architetture che raccolgono secoli di storia, cultura e tradizioni, e il cui valore va ben oltre la loro bellezza.

Viste le motivazioni sopra citate per quanto riguarda l'Italia si vogliono riportare alcuni casi studio esempio di applicazione H-BIM sul costruito italiano, dei numerosi casi analizzati a seguito verranno riportati i più rilevanti e di recente realizzazione.

Nonostante l'analisi sia stata su un numero maggiore di casi studio, è stato scelto di citare i seguiti a seguito delle loro caratteristiche eterogenee. L'eterogeneità è connessa a diversi fattori: differente anno di costruzione dell'edificio storico, uno risalente all'anno 1000, un al 1642 e 1920; differente tipologia e scopo dell'intervento, da interventi meno impegnativi, sia a livello architettonico sia strutturale ad interventi più massicci; differenti tecniche di rilievo dei manufatti e software utilizzati per la modellazione.

- Il **primo** riguarda il progetto di restauro conservativo di Palazzo d'Harcourt a Torino.

L'edificio storico Casa Velò, edificato nel 1642, vide, nel corso della sua storia, differenti modificazioni e destinazioni d'uso.

L'ultimo progetto prevede la sua riconversione in un edificio residenziale. Per riqualificare questo edifici di pregio, rispettandone la valenza storica, è stata adottata la metodologia H- BIM.

La scelta di adottare tale metodologia è stata effettuata da Primula Costruzioni, proprietaria del palazzo e committente della riqualificazione

L'impresa ha al suo interno uno studio di progettazione

integrato, lo Studio Pigreco.

Il progetto architettonico ha previsto la ricostruzione completa di una parte dell'edificio esistente, trasformandone le volumetrie. Il progetto architettonico è stato seguito dallo studio 421 che ha curato la progettazione dalla fase di studio preliminare fin al progetto definitivo, occupandosi dei permessi per costruire e supportando Primula Costruzioni nel progetto esecutivo.

Sull'edificio è stata inizialmente eseguita l'operazione di Scan-to-BIM, Primula Costruzioni ha commissionato a BrainsDigital la realizzazione di un modello "ad alta fedeltà", che contenesse tutti i dati necessari a indirizzare il progetto di restauro e conservazione. Brains Digital è uno studio torinese specializzato in rilievo, modellazione BIM, analisi e distribuzione delle informazioni, applicazione dei processi BIM in tutte le fasi del ciclo di vita di un'opera.

BrainsDigital ha realizzato il modello digitale, a partire dalla nuvola di punti ha eseguito la modellazione con l'obiettivo di costituire una base informativa completa ed estremamente accurata a supporto non solo delle fasi di verifica di fattibilità e progettazione, ma dell'intero cantiere e delle attività dei fornitori.

Il contenuto dei modelli è stato studiato con Primula Costruzioni per ottenere dati gestibili durante la progettazione degli interventi e per fornire dati parametrici ai fornitori incaricati alla realizzazione di elementi fuori standard.

Primula costruzione ha dichiarato che in questa prima fase è stata fondamentale la gestione dell'accuratezza per verificare l'effettiva fattibilità delle opere previste

In particolare, in questo progetto di rinnovamento, ha richiesto particolare attenzione la modellazione delle volte, create con componenti adattivi parametrici viste le complesse geometrie architettoniche.

Ulteriore impegno è stato dedicato alla modellazione degli infissi, modellati con un alto livello sia di LOG (livello di sviluppo grafico) sia di LOI (livello di sviluppo informativo).

Il modello è stato realizzato in modo che geometrie e contenuto informativo degli elementi potessero essere utilizzati nell'intero ciclo di vita dell'opera, durante la costruzione e nelle successive fasi di manutenzione.

Purtroppo, a causa della pandemia Covid-19 il cantiere di Casa Velò si è dovuto fermare, ma la realizzazione del modello in un workflow H-BIM ha consentito inoltre una generazione di virtualizzazione degli spazi nella loro conformazione finale, che ha dato la possibilità al costruttore di fornire anticipatamente al cliente il modello virtuale di alcune scelte finali, realizzando così un prodotto digitale su misura.

Attraverso l'utilizzo di Autodesk A360, il team ha potuto lavorare da remoto su dati condivisi, ottenendo risultati del tutto soddisfacenti (fig.32)

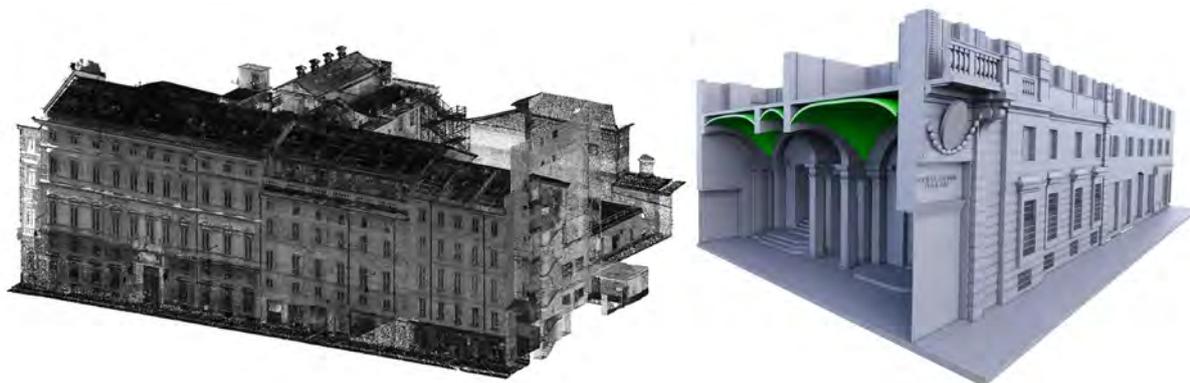


Fig.32 - Rilievo laser scanner e modello 3D Palazzo d'Harcourt a Torino.

- Il **secondo** progetto riguarda il progetto di riqualificazione dell'ex laboratori della Certosa a Collegno.

Gli ex laboratori della Certosa di Collegno sono edifici costruiti in stile liberty italiano nel 1915-20. Gli interventi previsti per questo complesso riguardano la messa in sicurezza ed il restauro dell'opera, con l'obiettivo di destinare una parte del complesso ad ospitare un corso di laurea.

Il progetto strutturale è stato affidato allo studio di ingegneria Violetto.

La ristrutturazione di questo complesso fa parte di un progetto più complesso che riguarda la riqualificazione di tutta l'area.

Il recupero realizzato da un team di imprese tra cui lo studio torinese Violetto ingegneria prevede il restauro dei locali precedentemente adibiti a laboratori che il comune di Collegno ha deciso di ristrutturare in collaborazione con l'Università di Torino per destinarli all'attività didattica. Il progetto definitivo-esecutivo strutturale, ad opera dell'ingegnere Pierluigi Violetto è stato guidato dall'obiettivo di mantenere la massima conservazione sia dei volumi complessivi sia degli schemi statici originari.

La struttura è caratterizzata da una copertura a shed con spinta assorbita da tiranti in acciaio vincolati alle murature perimetrali.

I rilievi del fabbricato sono stati prima eseguiti con tecniche tradizionali e successivamente integrati con tecniche Scan-to-BIM, quindi con rilievi eseguiti con strumenti laser-scanner.

Una delle sfide poste in questo progetto è stata quella del coordinamento di tutti i professionisti coinvolti nel progetto. Il progetto si è caratterizzato fin da subito da una forte multidisciplinarietà e per questo è stata particolarmente utile l'utilizzo della metodologia H-BIM (fig.33 e fig.34)

A differenza del caso precedente la modellazione strutturale BIM è stata sviluppata con il software Allplan Building, la carpenteria in acciaio con Tekla Structures, mentre il progetto architettonico è stato sviluppato con ARCHICAD, poi importate in Allplan Building per ottenere elaborati strutturali integrati e completi.

Il modello integrato finale, delle componenti architettoniche, strutturali e impiantistiche meccaniche, è stato prodotto sulla base della piattaforma di condivisione (CDE: Common Data Environment) Bimplus, prodotto OpenBIM della Nemetschek, i cui diritti di accesso sono estesi al committente.

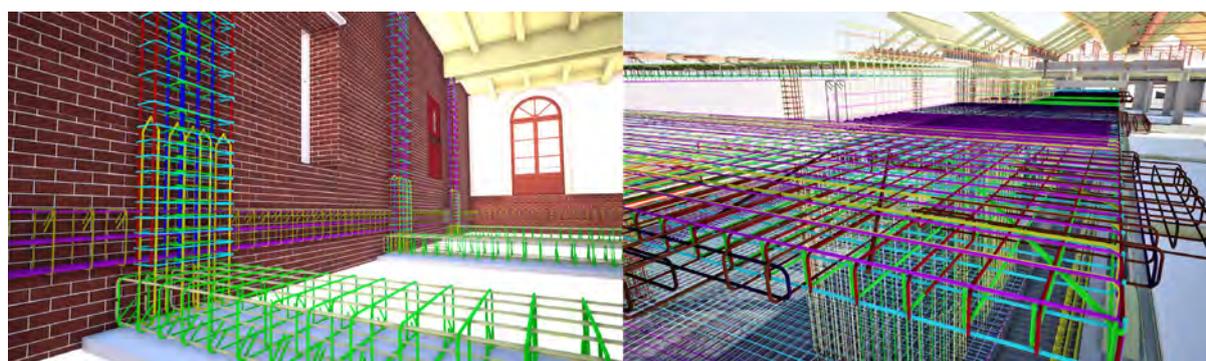


Fig.33 - Modello H-BIM strutturale dell'ex laboratori della Certosa.



Fig.34 - Modello H-BIM architettonico dell'ex laboratori della Certosa.

- Il **terzo** progetto riguarda la ristrutturazione e riqualificazione energetica Castello Beccaria Litta

Il Castello Beccaria Litta è una costruzione fortificata risalente circa all'anno 1000. Nel corso dei secoli il castello ha visto insediare e alternate diverse destinazioni d'uso, tra cui quella scolastica e vengono avviati via via nel tempo interventi di ristrutturazione tra loro poco coordinati, che in parte compromettono il prezioso manufatto storico. Nel 2019 l'amministrazione di Gambolò decide di dare nuova vita al castello proponendo un intervento di riqualificazione complessiva.

Il progetto di rifunionalizzazione di un edificio storico di così grande pregio ha reso necessario un importante lavoro di coordinamento interdisciplinare. Tale coordinamento è stato semplificato grazie all'utilizzo dell'approccio H-BIM fin dalle prime attività di rilievo. A differenza dei casi precedenti ad accompagnare il rilievo tramite laser-scanner vi è stato l'utilizzo del rilievo fotogrammetrico con drone. È stato inoltre importante eseguire campagne diagnostiche strutturali, prove di carico sui solai e indagini con il georadar che hanno consentito di raggiungere una conoscenza approfondita dell'edificio

Le fasi di progettazione della fattibilità, del progetto definitivo ed esecutivo sono state caratterizzate da un crescente livello di LOI e LOD. Successivamente alla fase di rilievo, il gruppo di progettazione SACEE ha deciso di eseguire la modellazione architettonica con il software Archicad (fig.35)

Sull'intero edificio è stata svolta l'analisi energetica sia statica che dinamica con diverse strategie e software: Energy Plus, Grasshopper e i suoi plug-in e Termolog. Il modello dei rinforzi strutturali in copertura necessari per ospitare gli impianti, sono stati sviluppati con Tekla Structures. Il progetto impiantistico è stato invece interamente realizzato con DDS CAD. Gli impianti di illuminazione sono stati studiati con un ulteriore software BIM: DiaLux EVO, che comunica perfettamente con gli altri software.

Sono stati riportati solamente tre dei numerosi esempi analizzati e presenti nel panorama attuale di progettazione.

Dallo studio di questi progetti è stato possibile individuare un "modus operandi" comune nonostante l'eterogeneità delle strutture su cui sono stati e attualmente si stanno effettuando i lavori di recupero, restauro o ampliamento degli edifici. In particolare, è evidente come tutti i casi abbiano previsto un processo

Scan-to-BIM per il rilievo dello stato di fatto della struttura, da una fase di progettazione coordinata e interconnessa e da un utilizzo di differenti software

complementari, differenti e variegati. Nei successivi capitoli verrà eseguita una analisi più approfondita delle sequenze caratterizzanti un processo H-BIM.



Fig.35 - Modello H-BIM architettonico del progetto di riqualificazione di una porzione del Castello Beccaria Litta.

CAPITOLO 3

3. NORMATIVA VIGENTE

Al fine di sfruttare appieno le potenzialità c'è la necessità che la sua conoscenza sia divulgata il più possibile ed è ovvio che l'impulso al suo utilizzo vada di pari passo con l'obbligo normativo della sua applicazione.

I processi BIM e H-BIM stanno progressivamente e sistematicamente prendendo piede, come abbiamo già visto, anche in Italia con notevoli sviluppi e di conseguenza anche la normativa tecnica e la legislazione è stata più volte ripresa, modificata e aggiornata, in particolar modo negli ultimi quattro anni. Come abbiamo già visto, i più lungimiranti paesi della Comunità Europea hanno già da tempo sviluppato e introdotto policy sulla digitalizzazione del settore progettuale edile e anche l'Italia si sta muovendo in questa direzione.

Inoltre, quando si tratta di fabbricati con rilevanza storica, le richieste di Sovrintendenze ed organi di salvaguardia del patrimonio rendono ancor di più necessaria un chiaro e puntuale quadro di regole.

Se la tradizione costruttiva in Italia è comunque pronta ad affrontare il tema, il variegato quadro normativo a volte stenta a seguire le reali esigenze dei progettisti, mentre gli strumenti della digitalizzazione, che molto promettono, scontano ancora diverse criticità dovute in massima parte alla loro origine in contesti edilizi e culturali molto diversi da quelli nazionali.

In tal senso, con specifico riferimento agli edifici storici,

ma non solo, la comunità scientifica internazionale, come abbiamo già visto, si occupa da alcuni anni di Historic Building Information Modelling (H-BIM), proponendo metodi, approcci e programmi informatici ritagliati sulle necessità di quanto già edificato

Già a partire dal 2000, la normativa nazionale prima e quelle regionali e comunali poi, avevano introdotto l'obbligatorietà della redazione di un documento specifico negli interventi sugli edifici esistenti: il fascicolo del fabbricato. Si tratta di uno strumento immaginato per il monitoraggio dello stato di conservazione del patrimonio edilizio, volto ad individuare tutte quelle situazioni di rischio per programmare nel tempo interventi di recupero, ristrutturazione, miglioramento ed adeguamento. La conservazione del fascicolo, così come originariamente deliberato, era in capo ad amministratori di condominio e proprietari. Il fascicolo del fabbricato doveva contenere una quantità ed una qualità di elaborati estremamente completa come planimetrie e grafici indicativi delle peculiarità dell'immobile, la documentazione delle caratteristiche del sottosuolo, la tipologia delle strutture di fondazione e di elevazione, la segnalazione di eventuali fenomeni di dissesto come crepe e fessurazioni, la rispondenza tecnica alla normative degli impianti (soprattutto antincendio) ed un giudizio sintetico circa il livello di degrado dell'immobile.

Anche se l'obbligatorietà della redazione del fascicolo è stata abrogata dal punto di vista normativo già anni or sono, ciò non toglie che mettesse in evidenza la necessità di concepire uno strumento che potesse "raccontare" la storia dell'edificio

Pur con le difficoltà e gli irrigidimenti tipici della macchina burocratica, che ne ha poi decretato la cessazione, la redazione del fascicolo del fabbricato è stato uno degli esempi di raccolta informativa catalogata, spesso in forma digitale, delle conoscenze multidisciplinari che gravitano attorno ad un organismo edilizio consolidato. In seguito, la contingenza economica del Paese ha costretto il mercato delle costruzioni ad intraprendere nuove strategie di sviluppo per contrastare quanto possibile uno scenario di crisi forse non ancora completamente esaurito.

L'ottimizzazione della filiera, la riduzione degli sprechi, il controllo dei consumi energetici e delle prestazioni degli edifici sono solamente alcuni dei fattori economici in gioco nei nuovi scenari di progettazione che si studiano per far fronte all'emergenza del mondo delle costruzioni.

Dedicare molta più attenzione al progetto, potendo fare affidamento su archivi informativi completi, diventa quindi un vantaggio per i progettisti che si trovano davanti ad uno scenario in massima parte costituito da edilizia sulla quale intervenire, e non progetti ex-novo. I dati previsionali emersi già nel XXIX Rapporto Congiunturale e previsionale del CRESME presentato il 3 dicembre 2020 hanno confermato quest'ultima affermazione, evidenziando come il mercato dell'edilizia abbia intrapreso una ripresa stimata intorno all'1,1%, dopo dieci anni di discesa, ma con andamenti previsti differenziati: il mercato delle costruzioni rivolto al recupero si è affermato in positivo con una stima iniziale del 3,5%, mentre le nuove costruzioni hanno segnato un calo del 3,4%.

Con queste premesse, già l'approccio ai metodi e ai processi del Heritage/Historic Building Information Modelling appare come una scelta non solo lungimirante ma opportuna per quelle realtà imprenditoriali che ambiscono a qualificarsi come strutture organizzate di progettazione integrata, pronte a confrontarsi con un mercato sempre più aggressivo. Se poi si considera il patrimonio esistente, ottenere i benefici del BIM nella sua variante orientata a gestire il costruito diventa un obiettivo strategico.

È quasi superfluo ricordare che le potenzialità emerse dall'utilizzo delle nuove tecnologie, con particolare riferimento agli strumenti H-BIM, permettono di raccogliere in maniera coerente e coordinata tutta la documentazione relativa a un fabbricato, agevolando la consultazione dei dati e la valutazione analitica delle performance, risultati non banali quando si fa riferimento a edifici il cui patrimonio informativo può

essere rilevante.

Tutte le informazioni che erano contenute nel fascicolo del fabbricato, infatti, trovano nel processo H-BIM, la possibilità di collezionare informazioni appartenenti ai settori disciplinari più disparati. Da alcuni anni quindi l'ambiente scientifico ha iniziato a parlare di H-BIM, proprio a sottolineare il rapporto stretto che esiste tra il processo, lo strumento e il costruito.

3.1. L'apparato normativo

Prima di presentare la panoramica degli strumenti normativi italiani, verrà fatto un richiamo alle norme sovranazionali in base al soggetto che le ha elaborate:

- Le norme internazionali sono elaborate e pubblicate dall'ISO (International Organization for Standardization). Esse possono essere adottate a livello nazionale da ogni stato membro in modo volontario. In Italia riconosciute con l'acronimo UNI ISO.

- Le norme europee sono elaborate dal CEN (European Committee for Standardization). Ogni stato membro è obbligato a recepirle e ritirare le norme in vigore, tipicamente nazionali, ad esse in contrasto. In Italia riconosciute con l'acronimo UNI EN.

- Le norme nazionali, relative ad ogni singolo paese, sono elaborate dal proprio ente nazionale riconosciuto. Esse hanno valore sul territorio nazionale del singolo paese e sono scritte nella lingua madre.

Grazie ad accordi di riconoscimento tra ISO e CEN, è possibile attivare il Vienna Agreement¹⁷ che permette di fare una pubblicazione congiunta di una norma sia a livello europeo sia a livello internazionale. In questo caso la sigla per l'Italia sarebbe UNI EN ISO (fig.36)

Le norme internazionali, europee e nazionali possono essere suddivise in:

- norme tecniche (UNI; BS; DIN);
- specifiche tecniche (CEN/TS o ISO/TS)
- rapporti tecnici (ISO/TR o UNI/TR);

siano essi di origine nazionali o adozione di analoghi documenti normativi di emanazione europea (CEN) o internazionale (ISO).

¹⁷ L'accordo di cooperazione tecnica tra ISO e CEN (Vienna Agreement) è un accordo di cooperazione tecnica tra l'ISO e il Comitato europeo di normalizzazione (CEN). Approvato formalmente il 27 giugno 1991 a Vienna dal consiglio di amministrazione del CEN in seguito alla sua approvazione da parte del comitato esecutivo dell'ISO nella riunione del 16 e 17 maggio 1991 a Ginevra, ha sostituito l'accordo sullo scambio di informazioni tecniche tra l'ISO e il CEN "accordo di Lisbona" concluso nel 1989. L'accordo di Vienna "codificato" è stato approvato dal Consiglio ISO e dal consiglio di amministrazione del CEN nel 2001.

Inoltre, anche se non classificabili come norme tecniche, esistono le prescrizioni tecniche generali o Public Available Specification (es. ISO-PAS o UNI/PdR).

Le norme si indicano attraverso l'ente di normazione che l'ha emessa (e che la recepisce o l'adotta), il numero, la parte (preceduta da "-") se prevista, l'anno di emissione (preceduto da ":"), il titolo della norma, composto da una parte principale ed eventualmente da un sottotitolo della parte in esteso.

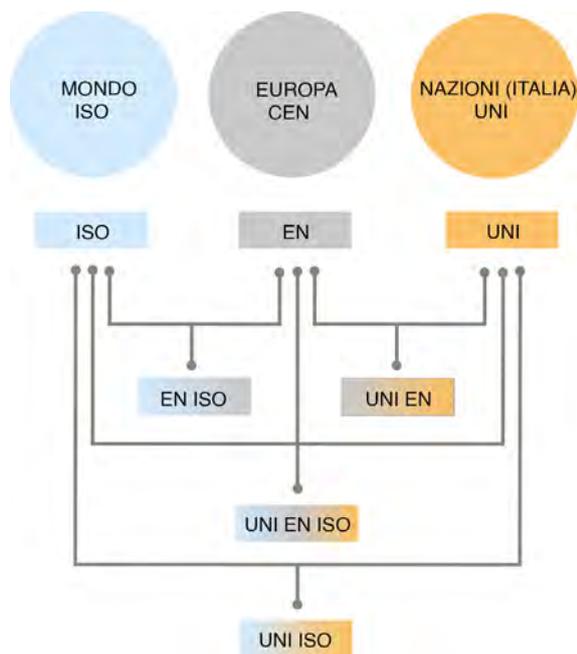


Fig.36 - Schema applicativo degli Standard nel mondo.

3.2. La normativa internazionale

Recentemente sono stati pubblicati una serie di standard internazionali per consentire al processo BIM e H-BIM di prosperare e divulgarsi secondo una serie di standard codificati

Sono state pubblicate, ad oggi, tre parti della ISO 19650.

Jons Sjogren, presidente del sottocomitato tecnico ISO che ha sviluppato i suddetti standard, ha affermato che essi consentiranno un uso più diffuso del BIM e H-BIM. Sjogren ha dichiarato: *"ISO 19650 was developed on the basis of the tried-and-tested British standard BS 1192 and publicly available specification PAS 1192-2, which have already been shown to help users save up to 22 % in construction costs"/* *"La ISO 19650 è stata sviluppata sulla base del collaudato standard britannico BS 1192 e della specifica disponibile al pubblico PAS 1192-2, che hanno già dimostrato di aiutare gli utenti*

a risparmiare fino al 22% sui costi di costruzione", ed ha aggiunto: "Taking this to an international level not only means more effective collaboration on global projects, but allows designers and contractors working on all kinds of building works to have clearer and more efficient information management"/ *"Portare questo a livello internazionale non solo significa una collaborazione più efficace su progetti globali, ma consente a progettisti e appaltatori che lavorano su tutti i tipi di opere edili di avere una gestione delle informazioni più chiara ed efficiente*

Le parti della norma ISO 19650 sono la parte 1, parte 2 e parte 3 e sono state sviluppate dal comitato tecnico ISO / TC 59, Buildings and civil engineering works, sottocomitato SC 13, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM).

NORME

- ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles
- ISO 19650-2:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets
- ISO 19650-3:2020 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets

A seguito verranno riportati i contenuti delle norme sopra citate.

[ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling \(BIM\) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles](#)
(Data di pubblicazione: dicembre 2018)

Questo documento delinea i concetti e i principi per la gestione delle informazioni in una fase di maturità digitale che prende il nome di "Building Information Modelling (BIM)".

Questo documento fornisce raccomandazioni in riferimento al framework per la gestione delle informazioni, inclusi lo scambio, la registrazione, il controllo e l'organizzazione per tutti i documenti e attori coinvolti in questo processo.

Questa norma è applicabile all'intero ciclo di vita di qualsiasi bene costruito, inclusi la pianificazione strategica, la progettazione iniziale, l'ingegneria, lo sviluppo, la documentazione e la costruzione, il funzionamento quotidiano, la manutenzione, la ristrutturazione, la riparazione e la fine del ciclo di vita. Questo documento normativo può essere adattato ad asset o progetti di qualsiasi scala e complessità, in modo da non ostacolare la flessibilità e la versatilità che caratterizzano l'ampia gamma di potenziali strategie di approvvigionamento e in modo da affrontare i costi di implementazione.

ISO 19650-2:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets (Data di pubblicazione: dicembre 2018)

Questo documento specifica i requisiti per la gestione delle informazioni, sotto forma di processo di gestione, nell'ambito della fase di consegna degli asset e degli scambi di informazioni al suo interno utilizzando il Building Information Modelling.

Questo documento può essere applicato a tutti i tipi di risorse e da tutti i tipi e dimensioni di organizzazioni, indipendentemente dalla strategia di approvvigionamento scelta.

ISO 19650-3:2020 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets (Data di pubblicazione: luglio 2018)

Questo documento ha lo scopo di fornire le indicazioni utili ai diversi soggetti coinvolti nel processo BIM di stabilire i propri requisiti, in particolare per fornire indirizzi in merito all'ambiente di collaborazione appropriato per soddisfare gli obiettivi commerciali. Le parti coinvolte possono produrre informazioni in modo efficace ed efficiente. All'interno del panorama mondiale, l'Europa possiede ad oggi la massima concentrazione di politiche e di strategie governative inerenti il BIM e la digitalizzazione. La strada per l'implementazione del BIM in Europa sta facendo infatti buoni progressi. Aziende, mondo accademico, professionisti e istituzioni governative stanno mostrando grande interesse in questa direzione.

In Europa diversi obiettivi, mandati e strategie nazionali stanno nascendo verso la digitalizzazione nel settore delle costruzioni.

L'Europa comprende che la collaborazione tra diversi stati e la standardizzazione di pratiche comuni sono la chiave del successo.

Nell'immagine 37 potete trovare una panoramica delle politiche e del livello di maturità dei requisiti BIM secondo un aggiornamento e rielaborazione apportate al documento ICP Global BIM Study realizzato da McAuley, Hore e West (2017) del Technological University Dublin e Roger West del Trinity College Dublin, Ireland.

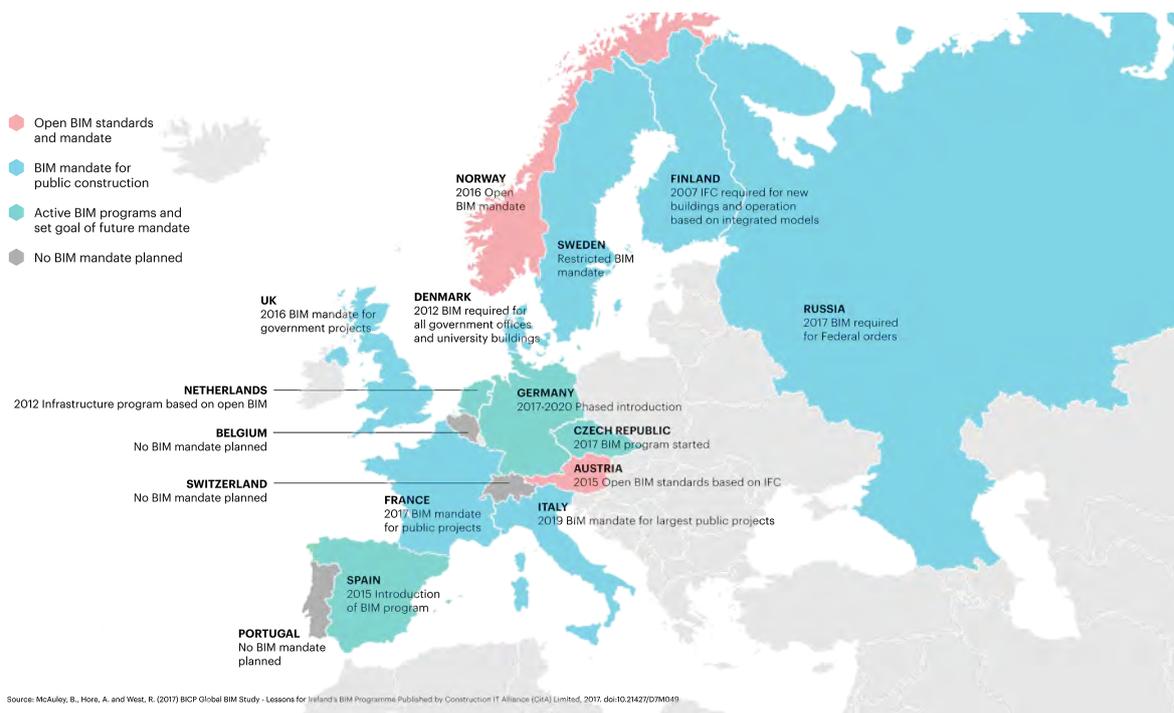


Fig.37 - Diffusione della normativa in materia di BIM in Europa

Le esperienze di standardizzazione internazionali sono molte, le più significative sono risultate influenti per il progredire dello sviluppo della materia e vengono di seguito elencate:

- PAS 1192 parti 1-2-3-4-5 (Gran Bretagna);
- COBIM- Common Bim Requirements- 2012 (Finlandia);
- Statsbygg BIM Manual 1.2.1 (Norvegia);
- AIA Document E201-2013 Project Digital Data Protocol Form e AIA Document E203-2013;
- DIN SPEC 91400 "Building Information Modelling (BIM) - Classification according to STLB-Bau (Germania);
- Building Information Modelling and Digital Data Exhibit (USA).

È possibile far riferimento poi a BIM Guides Internazionali di utilizzo consolidato quali:

- Singapore BIM guide – Version 2.0;
- New York BIM Guidelines -2012;
- The VA BIM guide (USA Department of Veterans Affairs)

3.3 La normativa nazionale

Il panorama normativo sul BIM /H-BIM evolve e progredisce rapidamente, in Italia nel corso degli ultimi quattro anni sono state evidenti le spinte del governo per l'adozione del BIM/H-BIM nel settore delle opere pubbliche.

Un processo di riforma sistemico che interessa tutta la filiera del settore, dai progettisti alle imprese, dalle stazioni appaltanti agli enti di formazione sino alle università.

Il panorama normativo in materia di BIM/H-BIM è caratterizzato da un sistema normativo cogente e un sistema normativo volontario.

3.3.1. Apparato normativo cogente

Direttiva 2014/24/UE del parlamento europeo e del consiglio del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici (abroga la direttiva 2004/18/CE)

Nel 2014 l'Unione Europea ha rilasciato la direttiva europea 2014/24/EU (European Union Public Procurement Directive) con cui richiedeva a tutti gli stati membri l'adozione della metodologia BIM negli appalti pubblici a partire dal 2016.

In particolare, si riporta l'Art. 22, comma 4 dove citava: "Per gli appalti pubblici di lavori e i concorsi di progettazione, gli Stati membri possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, quali gli strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi.

In tali casi, le amministrazioni aggiudicatrici offrono modalità alternative di accesso, come previsto al paragrafo 5, fino al momento in cui tali strumenti divengono generalmente disponibili ai sensi del paragrafo 1, primo comma, secondo periodo."

Decreto Legislativo 18 Aprile 2016 n. 50 denominato Codice degli Appalti Pubblici

In linea con la direttiva Europea sopra citata, l'Italia ha messo in vigore il Decreto Legislativo 18 Aprile 2016 n. 50 denominato Codice degli Appalti Pubblici. All'articolo 23 c.13 tale decreto sancisce che le stazioni appaltanti possono richiedere l'applicazione del BIM per le nuove opere, per le opere di recupero, riqualificazione e varianti, in particolare per lavori complessi.

L'ultimo aggiornamento di questa norma è la legge 11 settembre 2020, n. 120, denominata Legge semplificazione

Si riportano a seguito alcuni articoli o stralci di articoli ritenuti utili alla comprensione della trattazione.

TITOLO III pianificazione programmazione e progettazione - Art. 23 (Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi). Si riporta nelle pagine seguenti lo stralcio della normativa.

NORME



• Direttiva 2014/24/UE del parlamento europeo e del consiglio del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici (abroga la direttiva 2004/18/CE)

• Decreto Legislativo 18 Aprile 2016 n. 50 denominato Codice degli Appalti Pubblici

• Decreto 1 dicembre 2017 n. 560 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) – DECRETO BIM

• DM 49/2018 | Linee guida direzione e direttore dei Lavori, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 7 marzo 2018, n. 49 (Entrata in vigore del provvedimento: 30/05/2018)



7. Il programma biennale degli acquisti di beni e servizi e il programma triennale dei lavori pubblici, nonché i relativi aggiornamenti annuali sono pubblicati sul profilo del committente, sul sito informatico del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti e dell'Osservatorio di cui all'articolo 213, anche tramite i sistemi informatizzati delle regioni e delle provincie autonome di cui all'articolo 29, comma 4.

8. Con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze, da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, previo parere del CIPE, d'intesa con la Conferenza unificata sono definiti:

- a) le modalità di aggiornamento dei programmi e dei relativi elenchi annuali;
- b) i criteri per la definizione degli ordini di priorità, per l'eventuale suddivisione in lotti funzionali, nonché per il riconoscimento delle condizioni che consentano di modificare la programmazione e di realizzare un intervento o procedere a un acquisto non previsto nell'elenco annuale;
- c) i criteri e le modalità per favorire il completamento delle opere incompiute;
- d) i criteri per l'inclusione dei lavori nel programma e il livello di progettazione minimo richiesto per tipologia e classe di importo;
- e) gli schemi tipo e le informazioni minime che essi devono contenere, individuate anche in coerenza con gli standard degli obblighi informativi e di pubblicità relativi ai contratti;
- f) le modalità di raccordo con la pianificazione dell'attività dei soggetti aggregatori e delle centrali di committenza ai quali le stazioni appaltanti delegano la procedura di affidamento.

8-bis. La disciplina del presente articolo non si applica alla pianificazione delle attività dei soggetti aggregatori e delle centrali di committenza.

9. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui al comma 8, si applica l'articolo 216, comma 3.

Art. 22

(Trasparenza nella partecipazione di portatori di interessi e dibattito pubblico)

1. Le amministrazioni aggiudicatrici e gli enti aggiudicatori pubblicano, nel proprio profilo del committente, i progetti di fattibilità relativi alle grandi opere infrastrutturali e di architettura di rilevanza sociale, aventi impatto sull'ambiente, sulle città e sull'assetto del territorio, nonché gli esiti della consultazione pubblica, comprensivi dei resoconti degli incontri e dei dibattiti con i portatori di interesse. I contributi e i resoconti sono pubblicati, con pari evidenza, unitamente ai documenti predisposti dall'amministrazione e relativi agli stessi lavori.

2. Con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, adottato entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente codice, su proposta del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, sentito il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministro per i beni e

le attività culturali, previo parere delle Commissioni parlamentari competenti, in relazione ai nuovi interventi avviati dopo la data di entrata in vigore del medesimo decreto, sono fissati i criteri per l'individuazione delle opere di cui al comma 1, distinte per tipologia e soglie dimensionali, per le quali è obbligatorio il ricorso alla procedura di dibattito pubblico, e sono altresì definiti le modalità di svolgimento e il termine di conclusione della medesima procedura. Con il medesimo decreto sono altresì stabilite le modalità di monitoraggio sull'applicazione dell'istituto del dibattito pubblico. A tal fine è istituita, senza oneri a carico della finanza pubblica, una commissione presso il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, con il compito di raccogliere e pubblicare informazioni sui dibattiti pubblici in corso di svolgimento o conclusi e di proporre raccomandazioni per lo svolgimento del dibattito pubblico sulla base dell'esperienza maturata. Per la partecipazione alle attività della commissione non sono dovuti compensi, gettoni, emolumenti, indennità o rimborsi di spese comunque denominati.

3. L'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore proponente l'opera soggetta a dibattito pubblico indice e cura lo svolgimento della procedura esclusivamente sulla base delle modalità individuate dal decreto di cui al comma 2.

4. Gli esiti del dibattito pubblico e le osservazioni raccolte sono valutate in sede di predisposizione del progetto definitivo e sono discusse in sede di conferenza di servizi relativa all'opera sottoposta al dibattito pubblico.

Art. 23

(Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi)

1. La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo ed è intesa ad assicurare:

- a) il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- b) la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- c) la conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza;
- d) un limitato consumo del suolo;
- e) il rispetto dei vincoli idrogeologici, sismici e forestali nonché degli altri vincoli esistenti;
- f) il risparmio e l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera, nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;
- g) la compatibilità con le presistenze archeologiche;
- h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e



- strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;
- i) la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;
- ii) accessibilità e adattabilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

2. Per la progettazione di lavori di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, paesaggistico, agronomico e forestale, storico-artistico, conservativo, nonché tecnologico, le stazioni appaltanti ricorrono alle professionalità interne, purché in possesso di idonea competenza nelle materie oggetto del progetto o utilizzano la procedura del concorso di progettazione o del concorso di idee di cui agli articoli 152, 153, 154, 155 e 156. Per le altre tipologie di lavori, si applica quanto previsto dall'articolo 24.

3. Con il regolamento di cui all'articolo 216, comma 27-octies, sono definiti i contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali. Con il regolamento di cui al primo periodo è, altresì, determinato il contenuto minimo del quadro esigenziale che devono predisporre le stazioni appaltanti. Fino alla data di entrata in vigore di detto regolamento, si applica l'articolo 216, comma 4.

3-bis. Con ulteriore decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sentita la Conferenza Unificata, è disciplinata una progettazione semplificata degli interventi di manutenzione ordinaria fino a un importo di 2.500.000 euro. Tale decreto individua le modalità e i criteri di semplificazione in relazione agli interventi previsti.

4. La stazione appaltante, in rapporto alla specifica tipologia e alla dimensione dell'intervento, indica le caratteristiche, i requisiti e gli elaborati progettuali necessari per la definizione di ogni fase della progettazione. È consentita, altresì, l'omissione di uno o di entrambi i primi due livelli di progettazione, purché il livello successivo contenga tutti gli elementi previsti per il livello omissivo, salvaguardando la qualità della progettazione.

5. Il progetto di fattibilità tecnica ed economica individua, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire. Per i lavori pubblici di importo pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 anche ai fini della programmazione di cui all'articolo 21, comma 3, nonché per l'espletamento delle procedure di dibattito pubblico di cui all'articolo 22 e per i concorsi di progettazione e di idee di cui all'articolo 152, il progetto di fattibilità è preceduto dal documento di fattibilità delle alternative progettuali di cui all'articolo 3, comma 1, lettera g) (quater), nel rispetto dei contenuti di cui al regolamento previsto dal comma 3 del presente articolo. Resta ferma la facoltà della stazione appaltante di richiedere la redazione del documento di fattibilità delle alternative progettuali anche per lavori pubblici di importo inferiore alla soglia di cui all'articolo 35. Nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, il progettista sviluppa, nel rispetto del quadro esigenziale, tutte le indagini e gli studi necessari per la definizione degli aspetti di cui al comma 1, nonché gli elabo-

borati grafici per l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare e le relative stime economiche, secondo le modalità previste nel regolamento di cui al comma 3, ivi compresa la scelta in merito alla possibile suddivisione in lotti funzionali. Il progetto di fattibilità tecnica ed economica deve consentire, ove necessario, l'avvio della procedura espropriativa.

5-bis. Per le opere proposte in variante urbanistica ai sensi dell'articolo 19 del decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327, il progetto di fattibilità tecnica ed economica sostituisce il progetto preliminare di cui al comma 2 del citato articolo 19 ed è redatto ai sensi del comma 5.

6. Il progetto di fattibilità è redatto sulla base dell'avvenuto svolgimento di indagini geologiche, idrogeologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche, sismiche, storiche, paesaggistiche ed urbanistiche, di verifiche relative alla possibilità del riuso del patrimonio immobiliare esistente e della rigenerazione delle aree dismesse, di verifiche preventive dell'interesse archeologico, di studi di fattibilità ambientale e paesaggistica e evidenzia, con apposito adeguato elaborato cartografico, le aree impegnate, le relative eventuali fasce di rispetto e le occorrenti misure di salvaguardia; deve, altresì, ricomprendere le valutazioni ovvero le eventuali diagnosi energetiche dell'opera in progetto, con riferimento al contenimento dei consumi energetici e alle eventuali misure per la produzione e il recupero di energia anche con riferimento all'impatto sul piano economico-finanziario dell'opera; indica, inoltre, le caratteristiche prestazionali, le specifiche funzionali, di compensazioni e di mitigazione dell'impatto ambientale, nonché i limiti di spesa calcolati secondo le modalità indicate dal decreto di cui al comma 3, dell'infrastruttura da realizzare ad un livello tale da consentire, già in sede di approvazione del progetto medesimo, salvo circostanze imprevedibili, l'individuazione della localizzazione o del tracciato dell'infrastruttura nonché delle opere compensative o di mitigazione dell'impatto ambientale e sociale necessarie.

7. Il progetto definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante e, ove presente, dal progetto di fattibilità; il progetto definitivo contiene, altresì, tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni, nonché la quantificazione definitiva del limite di spesa per la realizzazione e del relativo cronoprogramma, attraverso l'utilizzo, ove esistenti, dei prezzi predisposti dalle regioni e dalle province autonome territorialmente competenti, di concerto con le articolazioni territoriali del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, secondo quanto previsto al comma 16.

8. Il progetto esecutivo, redatto in conformità al progetto definitivo, determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo, e deve essere sviluppato ad un livello di definizione tale che ogni elemento sia identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo. Il progetto esecutivo deve essere, altresì, correda-



to da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita.

9. In relazione alle caratteristiche e all'importanza dell'opera, il responsabile unico del procedimento, secondo quanto previsto dall'articolo 26, stabilisce criteri, contenuti e momenti di verifica tecnica dei vari livelli di progettazione.

10. L'accesso ad aree interessate ad indagini e ricerche necessarie all'attività di progettazione è soggetto all'autorizzazione di cui all'articolo 15 del decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327. La medesima autorizzazione si estende alle ricerche archeologiche, alla bonifica di ordigni bellici e alla bonifica dei siti inquinati. Le ricerche archeologiche sono compiute sotto la vigilanza delle competenti soprintendenze.

11. Gli oneri inerenti alla progettazione, ivi compresi quelli relativi al dibattito pubblico, alla direzione dei lavori, alla vigilanza, ai collaudi, agli studi e alle ricerche connessi, alla redazione dei piani di sicurezza e di coordinamento, quando previsti ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, alle prestazioni professionali e specialistiche, necessari per la redazione di un progetto esecutivo completo in ogni dettaglio, possono essere fatti gravare sulle disponibilità finanziarie della stazione appaltante cui accede la progettazione medesima. Ai fini dell'individuazione dell'importo stimato, il conteggio deve ricomprendere tutti i servizi, ivi compresa la direzione dei lavori, in caso di affidamento allo stesso progettista esterno.

11 -bis. Tra le spese tecniche da prevedere nel quadro economico di ciascun intervento sono comprese le spese di carattere strumentale sostenute dalle amministrazioni aggiudicatrici in relazione all'intervento.

11 -ter. Le spese strumentali, incluse quelle per sopralluoghi, riguardanti le attività finalizzate alla stesura del piano generale degli interventi del sistema accentrato delle manutenzioni di cui all'articolo 12 del decreto-legge 6 luglio 2011, n. 98, convertito, con modificazioni, dalla legge 15 luglio 2011, n. 111, sono a carico delle risorse iscritte sui pertinenti capitoli dello stato di previsione del Ministero dell'economia e delle finanze trasferite all'Agenzia del demanio.

12. Le progettazioni definitiva ed esecutiva sono, preferibilmente, svolte dal medesimo soggetto, onde garantire omogeneità e coerenza al procedimento. In caso di motivate ragioni di affidamento disgiunto, il nuovo progettista deve accettare l'attività progettuale svolta in precedenza. In caso di affidamento esterno della progettazione, che ricomprenda, entrambi i livelli di progettazione, l'avvio della progettazione esecutiva è condizionato alla determinazione delle stazioni appaltanti sulla progettazione definitiva. In sede di verifica della coerenza tra le varie fasi della progettazione, si applica quanto previsto dall'articolo 26, comma 3.

13. Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme inte-

roperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all'articolo 38.

14. La progettazione di servizi e forniture è articolata, di regola, in un unico livello ed è predisposta dalle stazioni appaltanti, di regola, mediante propri dipendenti in servizio. In caso di concorso di progettazione relativa agli appalti, la stazione appaltante può prevedere che la progettazione sia suddivisa in uno o più livelli di approfondimento di cui la stessa stazione appaltante individua requisiti e caratteristiche.

15. Per quanto attiene agli appalti di servizi, il progetto deve contenere: la relazione tecnico - illustrativa del contesto in cui è inserito il servizio; le indicazioni e disposizioni per la stesura dei documenti inerenti alla sicurezza di cui all'articolo 26, comma 3, del decreto legislativo n. 81 del 2008; il calcolo degli importi per l'acquisizione dei servizi, con indicazione degli oneri della sicurezza non soggetti a ribasso; il prospetto economico degli oneri complessivi necessari per l'acquisizione dei servizi; il capitolato speciale descrittivo e prestazionale, comprendente le specifiche tecniche, l'indicazione dei requisiti minimi che le offerte devono comunque garantire e degli aspetti che possono essere oggetto di variante migliorativa e conseguentemente, i criteri premiali da applicare alla valutazione delle offerte in sede di gara, l'indicazione di altre circostanze che potrebbero determinare la modifica delle condizioni negoziali durante il periodo di validità, fermo restando il divieto di modifica sostanziale. Per i servizi di gestione dei patrimoni immobiliari, ivi inclusi quelli di gestione della manutenzione e della sostenibilità energetica, i progetti devono riferirsi anche a quanto previsto dalle pertinenti norme tecniche.

16. Per i contratti relativi a lavori, servizi e forniture, il costo del lavoro è determinato annualmente, in apposite tabelle, dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali sulla base dei valori economici definiti dalla contrattazione collettiva nazionale tra le organizzazioni sindacali e le organizzazioni dei datori di lavoro comparativamente più rappresentativi, delle norme in materia previdenziale ed assistenziale, dei diversi settori merceologici e delle differenti aree territoriali. In mancanza di contratto collettivo applicabile, il costo del lavoro è determinato in relazione al contratto collettivo del settore merceologico più vicino a quello preso in considerazione. Per i contratti relativi a



lavori il costo dei prodotti, delle attrezzature e delle lavorazioni è determinato sulla base dei prezzi regionali aggiornati annualmente. Tali prezzi cessano di avere validità il 31 dicembre di ogni anno e possono essere transitoriamente utilizzati fino al 30 giugno dell'anno successivo, per i progetti a base di gara la cui approvazione sia intervenuta entro tale data. In caso di inadempienza da parte delle Regioni, i prezzi sono aggiornati, entro i successivi trenta giorni, dalle competenti articolazioni territoriali del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti sentite le Regioni interessate.

Fino all'adozione delle tabelle di cui al presente comma, si applica l'articolo 216, comma 4.

Nei contratti di lavori e servizi la stazione appaltante, al fine di determinare l'importo posto a base di gara, individua nei documenti posti a base di gara i costi della manodopera sulla base di quanto previsto nel presente comma. I costi della sicurezza sono scorporati dal costo dell'importo assoggettato al ribasso.

Art. 24

(Progettazione interna e esterna alle amministrazioni aggiudicatrici in materia di lavori pubblici)

1. Le prestazioni relative alla progettazione di fattibilità tecnica ed economica, definitiva ed esecutiva di lavori, al collaudo, al coordinamento della sicurezza della progettazione, nonché alla direzione dei lavori e agli incarichi di supporto tecnico-amministrativo alle attività del responsabile del procedimento e del dirigente competente alla programmazione dei lavori pubblici sono espletate:

- a) dagli uffici tecnici delle stazioni appaltanti;
- b) dagli uffici consortili di progettazione e di direzione dei lavori che i comuni, i rispettivi consorzi e unioni, le comunità montane, le aziende sanitarie locali, i consorzi, gli enti di industrializzazione e gli enti di bonifica possono costituire;
- c) dagli organismi di altre pubbliche amministrazioni di cui le singole stazioni appaltanti possono avvalersi per legge;
- d) dai soggetti di cui all'articolo 46.

2. Con il regolamento di cui all'articolo 216, comma 27-octies, sono definiti i requisiti che devono possedere i soggetti di cui all'articolo 46, comma 1. Fino alla data di entrata in vigore del regolamento di cui all'articolo 216, comma 27-octies, si applica la disposizione transitoria ivi prevista.

3. I progetti redatti dai soggetti di cui al comma 1, lettere a), b) e c), sono firmati da dipendenti delle amministrazioni abilitati all'esercizio della professione. I pubblici dipendenti che abbiano un rapporto di lavoro a tempo parziale non possono espletare, nell'ambito territoriale dell'ufficio di appartenenza, incarichi professionali per conto di pubbliche amministrazioni di cui all'articolo 1, comma 2, del decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165, e successive modificazioni, se non conseguenti ai rapporti d'impiego.

4. Sono a carico delle stazioni appaltanti le polizze assicurative per la copertura dei rischi di natura professionale a favore dei dipendenti incaricati della progettazione. Nel caso di affidamento della progettazione a soggetti esterni, le polizze sono a carico dei soggetti stessi.

5. Indipendentemente dalla natura giuridica del soggetto affidatario l'incarico è espletato da professionisti iscritti negli appositi albi previsti dai vigenti ordinamenti professionali, personalmente responsabili e nominativamente indicati già in sede di presentazione dell'offerta, con la specificazione delle rispettive qualificazioni professionali. È, inoltre, indicata, sempre nell'offerta, la persona fisica incaricata dell'integrazione tra le varie prestazioni specialistiche. Il regolamento di cui al comma 2 individua anche i criteri per garantire la presenza di giovani professionisti, in forma singola o associata, nei gruppi concorrenti ai bandi relativi a incarichi di progettazione, concorsi di progettazione e di idee, di cui le stazioni appaltanti tengono conto ai fini dell'aggiudicazione. All'atto dell'affidamento dell'incarico, i soggetti incaricati devono dimostrare di non trovarsi nelle condizioni di cui all'articolo 80 nonché il possesso dei requisiti e delle capacità di cui all'articolo 83, comma 1.

6. Ove un servizio complesso sia costituito dalla somma di diversi servizi, di cui alcuni riservati ad iscritti ad albi di ordini e collegi, il bando di gara o l'invito richiede esplicitamente che sia indicato il responsabile di quella parte del servizio. Tale soggetto deve possedere i requisiti previsti nel caso in cui il servizio sia messo in gara separatamente.

7. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 59, comma 1, quarto periodo, gli affidatari di incarichi di progettazione per progetti posti a base di gara non possono essere affidatari degli appalti, nonché degli eventuali subappalti o cottimi, per i quali abbiano svolto la suddetta attività di progettazione. Ai medesimi appalti, subappalti e cottimi non può partecipare un soggetto controllato, controllante o collegato all'affidatario di incarichi di progettazione. Le situazioni di controllo e di collegamento si determinano con riferimento a quanto previsto dall'articolo 2359 del codice civile. I divieti di cui al presente comma sono estesi ai dipendenti dell'affidatario dell'incarico di progettazione, ai suoi collaboratori nello svolgimento dell'incarico e ai loro dipendenti, nonché agli affidatari di attività di supporto alla progettazione e ai loro dipendenti. Tali divieti non si applicano laddove i soggetti ivi indicati dimostrino che l'esperienza acquisita nell'espletamento degli incarichi di progettazione non è tale da determinare un vantaggio che possa falsare la concorrenza con gli altri operatori.

8. Il Ministro della giustizia, di concerto con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, approva, con proprio decreto, da emanare entro e non oltre sessanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente codice, le tabelle dei corrispettivi commisurati al livello qualitativo delle prestazioni e delle attività di cui al presente articolo e all'articolo 31, comma 8. I predetti corrispettivi sono utilizzati dalle stazioni appaltanti, quale criterio o base di riferimento ai fini dell'individuazione dell'importo da porre a base di gara dell'affidamento. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui al presente comma, si applica l'articolo 216, comma 6.

Decreto 1 dicembre 2017 n. 560 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) – DECRETO BIM

Il 1° dicembre 2017 il Ministro Graziano del Rio ha firmato il cosiddetto “decreto BIM”. Il decreto entra in vigore decorsi quindici giorni dalla data di pubblicazione sul sito del Ministero, quindi è entrato in vigore il 27 gennaio 2018.

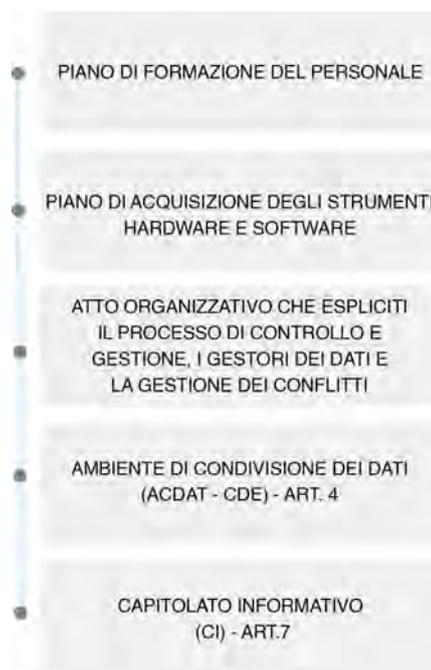
Tale decreto è in attuazione dell’articolo 23, comma 13, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, “Codice dei contratti pubblici.

Il decreto BIM sancisce l’obbligatorietà dell’utilizzo di questo metodo, basato sull’applicazione di strumenti elettronici specifici per l’edilizia e le infrastrutture nelle stazioni appaltanti, al fine di ottimizzare le attività di progettazione in funzione di un miglioramento della qualità dei progetti.

In questo testo, il BIM viene definito come il metodo di gestione e di regolamentazione per gli appalti pubblici ed è diventato obbligatorio dal 1° Gennaio 2019.

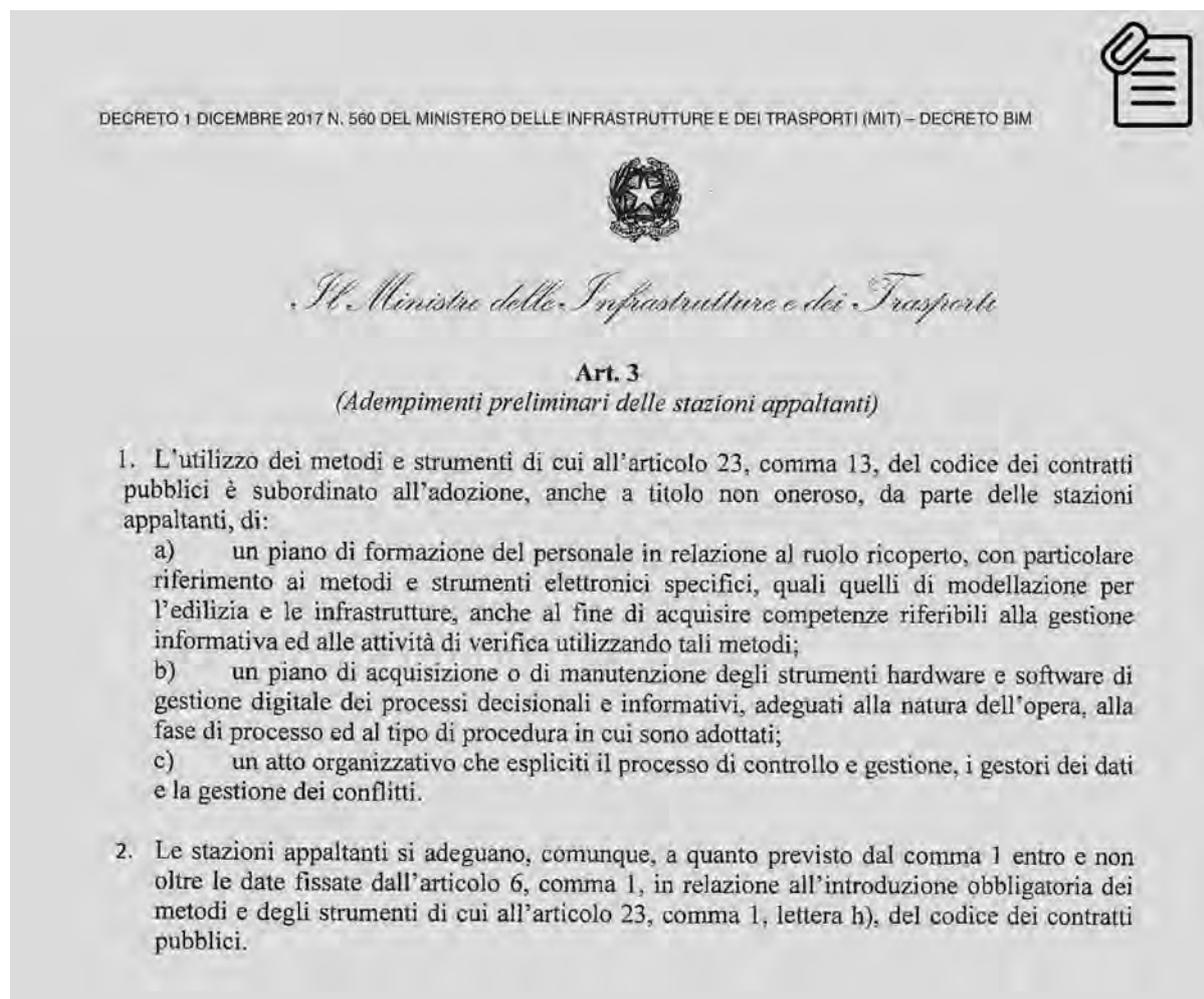
A seguito verranno riportati le parti di maggior rilevanza di questo decreto.

Riassumibile nello schema della seguente figura (fig.38)



Art. 3 -Adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti

Fig.38 - Schema riassuntivo art.3 - DECRETO BIM.



Art. 4 - Interoperabilità

DECRETO 1 DICEMBRE 2017 N. 560 DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (MIT) – DECRETO BIM



Il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti

Art. 4
(Interoperabilità)

1. Le stazioni appaltanti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari. I dati sono connessi a modelli multidimensionali orientati a oggetti secondo le modalità indicate nei requisiti informativi di cui all'articolo 7 e devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore durante il processo di progettazione, costruzione e gestione dell'intervento secondo formati digitali aperti e non proprietari, normati, fatto salvo quanto previsto all'articolo 68 del codice dei contratti pubblici, a livello nazionale o internazionale e controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti. Le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, sono fruibili senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche.
2. I flussi informativi che riguardano la stazione appaltante e il relativo procedimento si svolgono all'interno di un ambiente di condivisione dei dati, dove avviene la gestione digitale dei processi informativi, esplicitata attraverso un processo di correlazione e di ottimizzazione tra i flussi informativi digitalizzati e i processi decisionali che riguardano il singolo procedimento.

Art. 6 - Tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture

DECRETO 1 DICEMBRE 2017 N. 560 DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (MIT) – DECRETO BIM



Il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti

Art. 6
(Tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture)

1. Le stazioni appaltanti richiedono, in via obbligatoria, l'uso dei metodi e degli strumenti elettronici di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici secondo la seguente tempistica:
 - a) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2019;
 - b) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2020;
 - c) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2021;
 - d) per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici, a decorrere dal 1° gennaio 2022;
 - e) per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2023;
 - f) per le opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025.



DECRETO 1 DICEMBRE 2017 N. 560 DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (MIT) – DECRETO BIM



Il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti

Art. 7
(Capitolato)

1. Ai fini dell'introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici, il capitolato, allegato alla documentazione di gara per l'espletamento di servizi di progettazione o per l'esecuzione di lavori o della gestione delle opere, deve contenere :
 - a) i requisiti informativi strategici generali e specifici, compresi i livelli di definizione dei contenuti informativi, tenuto conto della natura dell'opera, della fase di processo e del tipo di appalto;
 - b) tutti gli elementi utili alla individuazione dei requisiti di produzione, di gestione e di trasmissione ed archiviazione dei contenuti informativi, in stretta connessione con gli obiettivi decisionali e con quelli gestionali. In particolare, deve includere il modello informativo relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti.
2. Il capitolato è comunicato anche ai subappaltatori e ai subfornitori cui è fatto obbligo di concorrere con l'aggiudicatario, con riferimento alle diverse fasi del processo di realizzazione o gestione dell'opera, nella proposizione delle modalità operative di produzione, di gestione e di trasmissione dei contenuti informativi attraverso il piano di gestione informativa.
3. La documentazione di gara è resa disponibile tra le parti, su supporto informatico per mezzo di formati digitali coerenti con la natura del contenuto e con quanto previsto dai requisiti informativi del capitolato di cui al comma 1.
4. In via transitoria, fino all'introduzione obbligatoria dei metodi e degli strumenti di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici, secondo quanto previsto dall'articolo 6, la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dalla loro esplicitazione su supporto cartaceo in stretta coerenza, per quanto possibile, con il modello informativo elettronico per quanto concerne i contenuti geometrico dimensionali e alfa numerici. La documentazione di gara può, altresì, essere resa disponibile anche su supporto informatico, fermo restando che a tutti gli effetti è considerata valida la documentazione cartacea, integrata, ove necessario, dalla documentazione digitale.
5. A decorrere dall'introduzione obbligatoria ai sensi dell'articolo 6, la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dal modello elettronico, nella misura in cui ciò sia praticabile tecnologicamente. I contenuti informativi devono, comunque, essere relazionati al modello elettronico all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati.

Questo decreto rappresenta senza dubbio il maggior riferimento normativo in ambito BIM, dato che rappresenta l'introduzione dell'obbligatorietà del Building Information Modelling nell'ambito degli appalti pubblici. A questo provvedimento si affianca un'intensa attività di normazione che svolge una altrettanto importante funzione nella definizione delle linee guida da seguire nell'adozione di tale metodologia.

[DM 49/2018 | Linee guida direzione e direttore dei Lavori, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 7 marzo 2018, n. 49 \(Entrata in vigore del provvedimento: 30/05/2018\)](#)

Di particolare rilevanza è l'art. 15 del TITOLO III - IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEI CONTRATTI RELATIVI A SERVIZI O FORNITURE, riportato a seguire.



Art. 15 – Strumenti elettronici di contabilità e contabilità semplificata | DM 49/2018

1. La contabilità dei lavori è effettuata mediante l'utilizzo di strumenti elettronici specifici, che usano piattaforme, anche telematiche, interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie, nel rispetto della disciplina contenuta nel presente regolamento e nel decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82. Tali strumenti elettronici devono essere in grado di garantire l'autenticità, la sicurezza dei dati inseriti e la provenienza degli stessi dai soggetti competenti. Qualora la direzione dei lavori sia affidata a professionisti esterni, i programmi informatizzati devono essere preventivamente accettati dal RUP, che ne verifica l'idoneità e la conformità alle prescrizioni contenute nel presente regolamento. Nel caso di mancato utilizzo di programmi di contabilità computerizzata, che deve essere congruamente motivato dalla stazione appaltante e comunicato all'Autorità, e comunque per il periodo strettamente necessario per l'adeguamento della stazione appaltante, le annotazioni delle lavorazioni e delle somministrazioni sono trascritte dai libretti delle misure in apposito registro le cui pagine devono essere preventivamente numerate e firmate dal RUP e dall'esecutore.

2. Nel caso di utilizzo di programmi di contabilità computerizzata, la compilazione dei libretti delle misure può essere effettuata anche attraverso la registrazione delle misure rilevate direttamente in cantiere dal personale incaricato, in apposito brogliaccio ed in contraddittorio con l'esecutore. Nei casi in cui è consentita l'utilizzazione di programmi per la contabilità computerizzata, preventivamente accettati dal responsabile del procedimento, la compilazione dei libretti delle misure può essere effettuata sulla base dei dati rilevati nel brogliaccio, anche se non espressamente richiamato.

3. Per i lavori di importo inferiore a 40.000 euro è consentita la tenuta di una contabilità semplificata, previa verifica da parte del direttore dei lavori della corrispondenza del lavoro svolto con quanto fatturato, tenendo conto dei lavori effettivamente eseguiti. Il certificato di regolare esecuzione può essere sostituito con l'apposizione del visto del direttore dei lavori sulle fatture di spesa.

3.3.2. Apparato normativo volontario



NORME

- Normativa UNI 11337

- UNI 11337-1:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

- UNI/TS 11337-3:2015 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

- UNI 11337-4:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

- UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

- UNI/TR 11337-6:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

- UNI 11337-7:2018 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

- **NORMATIVA UNI/PdR** (Ente nazionale italiano di unificazione/Prassi di riferimento)

- UNI/PdR 78:2020 - Requisiti per la valutazione di conformità alla UNI 11337-7:2018 "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" (Data entrata in vigore: 02 marzo 2020)

- **NORMATIVA UNI EN ISO**

- UNI EN ISO 19650-1:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi

- UNI EN ISO 19650-2:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili.

- UNI EN ISO 23386:2020 - Building information modelling e altri processi digitali utilizzati nelle costruzioni - Metodologia per descrivere, creare e mantenere proprietà nei dizionari di dati interconnessi.

- UNI EN ISO 19650-5:2020 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 5: Approccio orientato alla sicurezza per la gestione informativa.

- UNI EN ISO 23387:2020 - Building information modelling (BIM) - Modelli di dati per oggetti da costruzione utilizzati nel ciclo di vita dei beni edilizi - Concetti e principi.

Normativa UNI 11337

La Normativa UNI 11337 rappresenta un importante riferimento per tutta la filiera di progetto. Questo documento è articolato in dieci parti, di cui, ad oggi, 2020, sono state pubblicate le parti 1, 3, 4, 5, 6, 7.

- Parte 1 | Modelli, elaborati ed oggetti: Concetti di "dato", "informazione" e "contenuto informativo",

modalità di trasmissione e rappresentazione attraverso elaborati e modelli, il significato di oggetti digitali e strutture informative di prodotti e processi.

- Parte 2 | Denominazione e classificazione Sistema di classificazione e denominazione di opere, oggetti ed attività.

- Parte 3 | Schede informative LOI e LOG:

Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica dei prodotti da costruire: definizione delle caratteristiche, degli attributi caratterizzanti e suddivisione tra LOG e LOI.

- Parte 4 | LOD e oggetti: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.

- Parte 5 | Gestione modelli ed elaborati: Ruoli, requisiti e flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati.

- Parte 6 |Capitolato informativo: Indicazioni procedurali per la redazione del Capitolato Informativo, struttura generale e caratteristiche.

- Parte 7 | Qualificazione figure: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa: BIM Manager, CDE Manager, BIM Coordinator, BIM Specialist.

- Parte 8 | PM/BIM-M*: Processi di integrazione tra attività e figure informative e attività e figur tradizionali del settore costruzioni.

- Parte 9 | Fascicolo del costruito: Gestione informativa in fase di esercizio: Due Diligence, Piattaforma collaborativa e Fascicolo del fabbricato.

- Parte 10 | Verifica amministrativa: Linee guida per la gestione informativa digitale delle pratiche amministrative.

A seguire verranno analizzate più nello specifico le parti già pubblicate e a seguire un commento sulle parti ancora in fase di pubblicazione.

UNI 11337-1:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

(Data di entrata in vigore: 26 gennaio 2017)

La norma UNI 11337-1:2017 interessa gli aspetti generali della gestione digitale del processo informativo nel settore delle costruzioni, quali:

- la struttura dei veicoli informativi;
- la struttura informativa del processo;
- la struttura informativa del prodotto.

La presente norma è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, ed a qualsiasi tipologia di processo: di ideazione, produzione od esercizio. Siano essi rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

La normativa UNI 11337-1 in particolare afferisce a

- modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi;
- evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti;
- flussi informativi nei processi digitalizzati (fig. 39

UNI/TS 11337-3:2015 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (Data entrata in vigore: 23 aprile 2015)

La UNI/TS 11337-3:2015 è una specifica tecnica, a carattere di guida ed indirizzo, con lo scopo di indicare un modello operativo strutturato per raccogliere e archiviare i dati e le informazioni tecniche dei prodotti da costruzione. In particolare, per un qualsiasi prodotto da costruzione è prevista:

- la descrizione qualitativa (caratteristiche tipologiche, tecnologiche, prestazionali e commerciali) non definibile attraverso un criterio misurabile e codificabile
- la descrizione quantitativa (caratteristiche tipologiche, tecnologiche, prestazionali e commerciali) definibile attraverso un criterio di misurazione. Il modello è utilizzabile dalle varie categorie di operatori congiuntamente al modello di guida alla corretta posa in opera, installazione, manutenzione, trasporto, movimentazione e dismissione.

UNI 11337-4:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

(Data entrata in vigore: 26 gennaio 2017)

La UNI 11337-4 interessa gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo informativo nel settore delle costruzioni, a supporto del processo decisionale, con lo scopo di:

- specificare gli obiettivi di ciascuna delle fasi di un processo (numerata da 0 a 7) introdotte nella UNI 11337-1. Il modello, gli oggetti e gli elaborati informativi hanno carattere strumentale al raggiungimento di tali obiettivi;
- definire una scala comune di livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi ai modelli;
- definire una scala comune di stati di lavorazione e di approvazione del contenuto informativo.

La presente norma è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore (sia esso un edificio, una infrastruttura, un intervento territoriale - ad esempio un bacino, una scogliera, ecc.) e a qualsiasi tipologia di processo (di ideazione, di produzione o di esercizio), per interventi di nuova costruzione e di conservazione, demolizione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

Con essa si introduce inoltre una "lettura italiana" dei famosi LOD acronimo di Level of Development, ovvero in italiano, "Livello di sviluppo degli oggetti digitali" (fig.40 e fig.41

I modelli, gli oggetti e gli elaborati divengono così strumenti per il raggiungimento degli obiettivi delle

fasi. La norma UNI 11337-4 definisce lo stato di lavorazione e di approvazione del contenuto informativo. Relativamente allo stato di lavorazione vengono definiti 4 livelli

- L0-in fase di elaborazione/aggiornamento;
- L1-in fase di condivisione;
- L2-in fase di pubblicazione;

- L3-in fase di archiviazione;
- L3. V- archiviato ma ancora valido;
- L3. S- archiviato ma superato.

Per lo sviluppo:

- A0-da approvare;
- A1-approvato;
- A2- approvato con commento;

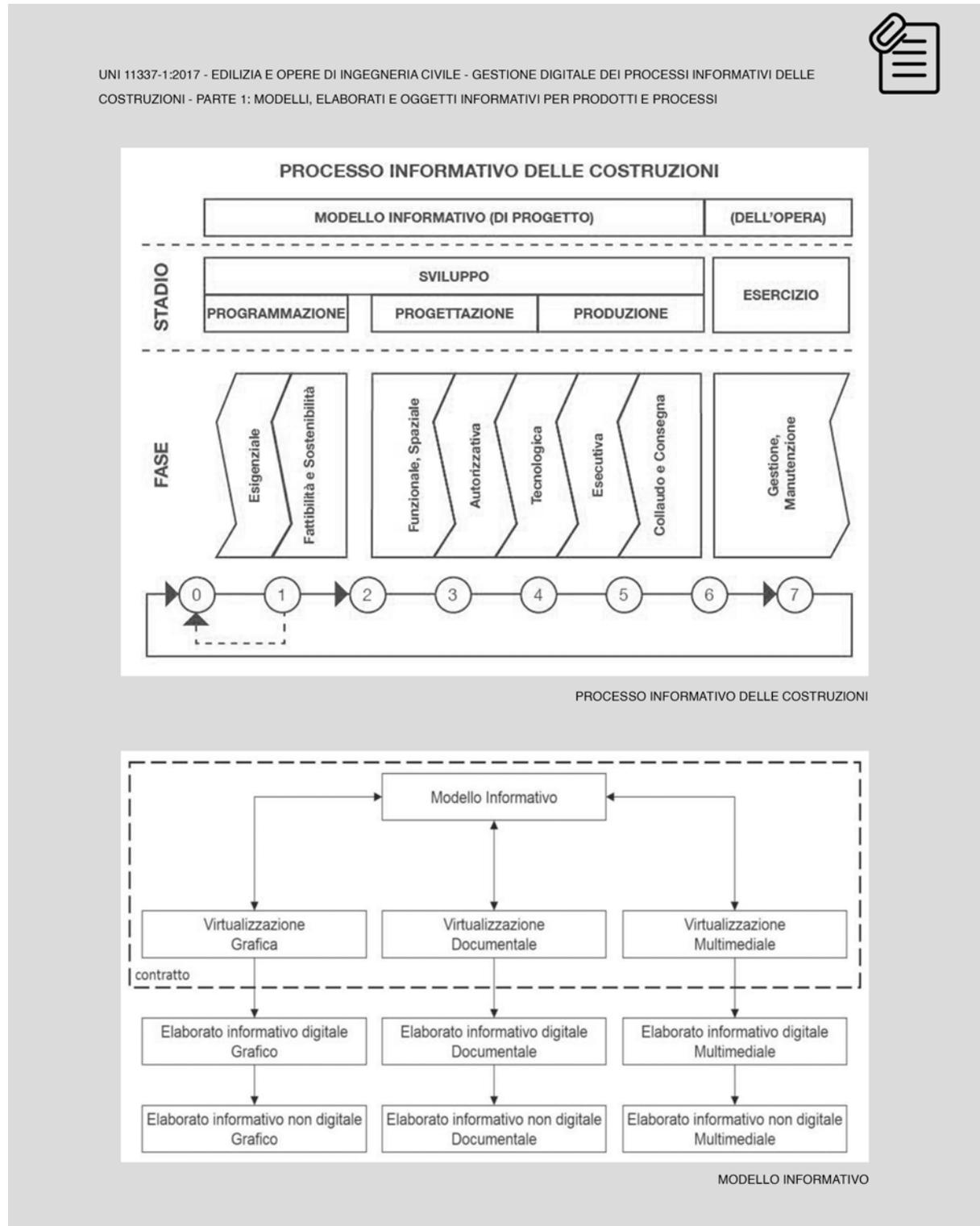


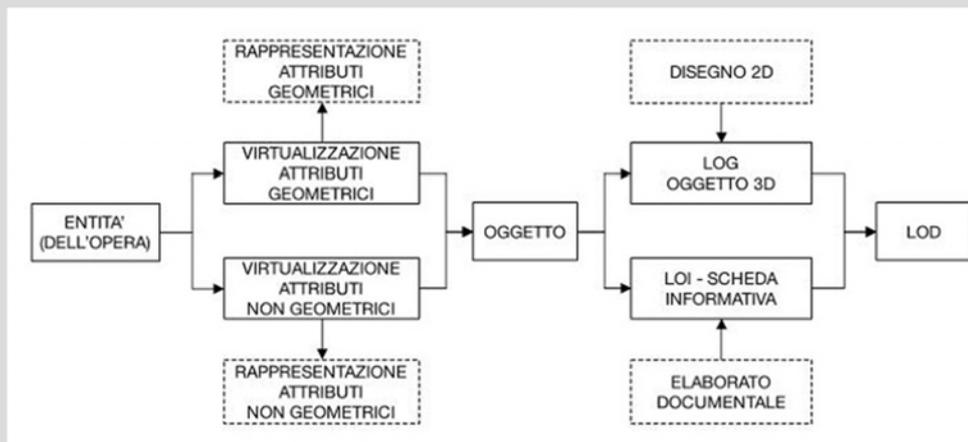
Fig.39 - Processo informativo delle costruzioni e modello informativo secondo la normativa UNI 11337-1.



LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un simbolo 2D.</p> <p>Oggetto Grafica 2D (linee e campiture 2D)</p> <p>Caratteristiche Posizionamento di massima</p>	<p>Geometria Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudovericale con forma, spessore e posizione approssimata....</p> <p>Oggetto Solido 3D</p> <p>Caratteristiche Semplici geometrie d'ingombro</p>	<p>Geometria Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudovericale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica....</p> <p>Oggetto Solido 3D strutturato</p> <p>Caratteristiche Sono comprese le richieste già definite ai LOD precedenti. Definizione del sistema architettonico <ul style="list-style-type: none"> Spessore Lunghezza Larghezza Volume Definizione materiali Definizione stratigrafie principali </p>	<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie....</p> <p>Oggetto Solido 3D complesso</p> <p>Caratteristiche Sono comprese le richieste già definite ai LOD precedenti. Dettaglio dei componenti per gruppi e senza riferimenti a singoli prodotti <ul style="list-style-type: none"> Definizione stratigrafie dettagliate Spessori componenti Struttura Isolamento Camera d'aria Sottofondo supporto Finitura Dettagli costruttivi </p>	<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le finiture....</p> <p>Oggetto Solido 3D complesso</p> <p>Caratteristiche Sono comprese le richieste già definite ai LOD precedenti. Dettaglio dei componenti con singolo prodotto. Informazioni di montaggio <ul style="list-style-type: none"> Materiale di supporto Schede tecniche singoli prodotti Tipo finitura interna Superficie finitura interna Tipo finitura esterna Superficie finitura esterna Composizione Materiale/Componente Presenza certificazioni Capacità strutturale Trasmissione vapore Valore R Valore U Valore assorbimento Trasmissione acustica </p>	<p>Geometria Oggetto parete</p> <p>Oggetto Solido parete completa</p> <p>Caratteristiche Sono comprese le richieste già definite ai LOD precedenti. Sistema parete finito <ul style="list-style-type: none"> Manuale di manutenzione Data di ultima manutenzione </p>	<p>Geometria Oggetto parete</p> <p>Oggetto Solido parete</p> <p>Caratteristiche Sono comprese le richieste già definite ai LOD precedenti. <ul style="list-style-type: none"> Data di ultima manutenzione </p>
<p>Geometria Elemento strutturale orizzontale rappresentato mediante un simbolo 2D.</p> <p>Oggetto Simboli grafici 2D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Posizionamento di massima </p>	<p>Geometria Elemento strutturale orizzontale rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato.</p> <p>Oggetto Solido 3D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Materiali ipotizzabili Incidenza di armatura standard </p>	<p>Geometria Elemento strutturale orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica.</p> <p>Oggetto Solido 3D complesso</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Materiali da calcolo Incidenza di armatura calcolata </p>	<p>Geometria Elemento strutturale orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le armature in posizione corretta.</p> <p>Oggetto Solidi 3D complessi</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Armature 3D Dettagli costruttivi </p>	<p>Geometria Elemento strutturale orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le armature in posizione corretta, i dati specifici del fornitore dei materiali e delle armature e la gestione dei getti.</p> <p>Oggetto Solidi 3D complessi</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Gestione dei getti Liste di piegatura ferri Eventuale produzione prefabbricata gabbie di armatura </p>	<p>Geometria Come LOD E (rilievo di quanto eseguito)</p> <p>Oggetto Solidi 3D complessi</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Certificati di collaudo Piano di manutenzione </p>	<p>Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da)</p> <p>Oggetto Solidi 3D complessi</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Data di manutenzione/sostituzione Soggetto manutentore Tipologia di intervento </p>
<p>Geometria Tracciato planimetrico base (2D).</p> <p>Oggetto Asse 2D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Lunghezza rettilifi Raggi curve circolari </p>	<p>Geometria Tracciato planimetrico comprensivo di curve di transizione. Tracciato altimetrico comprensivo di raccordi verticali.</p> <p>Oggetto Asse 2D nel piano orizzontale Asse 2D nel piano verticale</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Parametri circolari Livellette Raccordi verticali Categoria stradale </p>	<p>Geometria Tracciato pianoaltimetrico completo.</p> <p>Oggetto Asse 3D</p> <p>Caratteristiche</p>	<p>Geometria Modello stradale a superfici, costruito sull'asse 3D.</p> <p>Oggetto Asse 3D Superfici 3D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Sezione trasversale da categoria stradale Rotazione dei cigli Allargamenti in curva </p>	<p>Geometria Modello stradale completo a superfici, costruito sull'asse 3D.</p> <p>Oggetto Asse 3D Superfici 3D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Sezioni tipo Pendenza scarpe Smaltimento acque di piattaforma Volumi di materiale (movimenti terra, pavimentazioni, ecc.) </p>	<p>Geometria Come LOD E (rilievo di quanto eseguito).</p> <p>Oggetto Asse 3D Superfici 3D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Certificazioni di prodotto Certificati di omologazione Informazioni su terre e rocce da scavo Esiti prove in situ Esiti prove di laboratorio </p>	<p>Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su tracciati esistenti: Come LOD C o D (a partire da).</p> <p>Oggetto Asse 3D Superfici 3D</p> <p>Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> Data di ultima manutenzione Soggetto manutentore Tipologia di intervento Esiti rilievi </p>

ESEMPI DI SCHEDE LOD

Fig.40 - Esempi di schede Lod secondo la normativa UNI 11337-4:2017.



SCHEMA DI STRUTTURAZIONE DEI LOD ITALIANI

Fig.41 - Schema di strutturazione dei Lod italiani secondo la normativa UNI 11337-4:2017.

• A3- non approvato.

UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

(Data entrata in vigore: 26 gennaio 2017)

La norma UNI 11337-5 definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati (fig.42)

La normativa è dedicata alla definizione dei ruoli e dei requisiti del processo di digitalizzazione introducendo in Italia una nuova terminologia che mira al parallelismo terminologico con le PAS inglesi: operatore avanzato della gestione e della modellazione Informativa, coordinatore dei flussi Informativi di commessa, gestore dei processi digitalizzati e gestore dell'ambiente di condivisione dei dati. Viene definit il capitolato informativo (CI), l'offerta per la gestione informativa (oGI), il piano per la gestione informativa (pGI), l'analisi delle incoerenze e delle interferenze geometriche, l'ambiente di condivisione dati e l'archivio e condivisione di documenti.

UNI/TR 11337-6:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

(Data entrata in vigore: 02 marzo 2017)

La UNI11337-6 definisce il capitolato informativo, documento già introdotto nella norma Uni11337-5, ovvero il documento contrattuale tra committente e l'affidatari

Il rapporto tecnico fornisce una linea guida per la stesura del capitolato informativo come presentato nella UNI 11337-5.

Esso fornisce indicazioni procedurali e uno schema generale dei contenuti del capitolato informativo.

Il documento può essere applicato a capitolati informativi destinati a qualsiasi tipologia di prodotto risultante di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, di nuova costruzione o conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

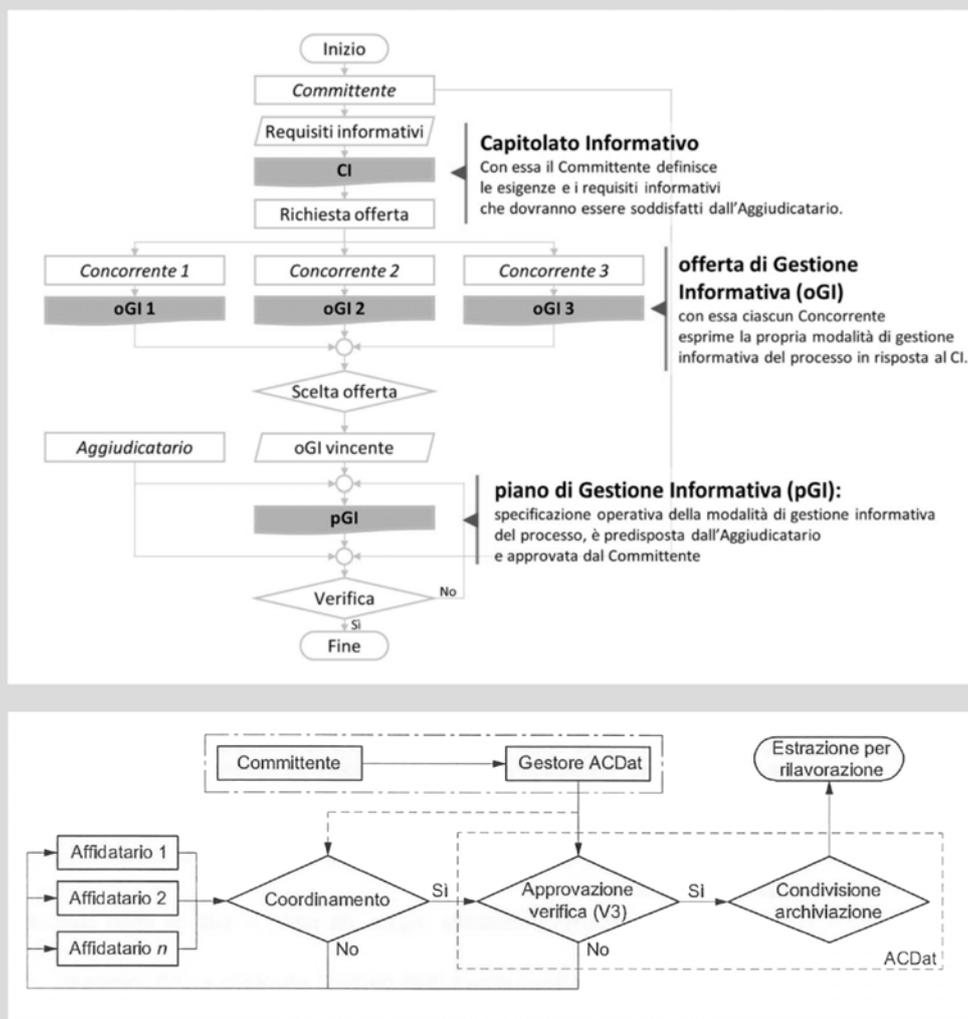
La struttura del capitolato informativo è organizzata in 4 parti:

- Premesse;
- Riferimenti normativi;
- Sezione tecnica;
- Sezione gestionale.

UNI 11337-7:2018 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

(Data entrata in vigore: 13 dicembre 2018)

La UNI 11337-7 va a regolamentare le professioni del BIM, fino ad oggi non regolamentate. Essa appare



PROCESSO INFORMATIVO DELLE COSTRUZIONI

Fig.42 - Esempi di schede Lod secondo la normativa UNI 11337-5:2017.

in concomitanza con l'avvio degli obblighi legislativi previsti, per i contratti pubblici, dal DM 560/2017 e, più in generale, in coincidenza con l'incremento della diffusione della digitalizzazione nel settore. Questa norma disciplina le professionalità non regolamentate relative alla gestione delle informazioni in conformità alla Legge 4/2013. La norma stabilisce i requisiti relativi all'attività professionale delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa. Tali requisiti sono identificati con la suddivisione tra compiti e attività specifiche svolte dalla figura professionale in termini di conoscenza, abilità e competenza secondo il quadro europeo delle qualifiche

(EQF). I requisiti sono indicati sia per consentire la valutazione dei risultati dell'apprendimento formale e informale, sia ai fini di valutazione di conformità delle competenze. La norma ha l'ambizione di influire sulla maturità digitale degli operatori, apportando indicazioni e chiarimenti utili per evitare fraintendimenti e, in prospettiva, per agevolare l'attribuzione di responsabilità in sede giurisdizionale. La norma propone quattro nuovi profili professionali: BIM Specialist, BIM Coordinator e BIM Manager (già in parte conosciute) e l'inedita figura del CDE Manager. La dizione italiana suona rispettivamente come Operatore Avanzato della Gestione e della Modellazione

Informativa, Coordinatore dei Flussi Informativi di Commessa, Gestore dei Processi Digitalizzati, Gestore dell'Ambiente di Condivisione dei Dati.

Dopo una minuziosa declaratoria delle funzioni da espletare, la norma elenca analiticamente un nutrito ammontare di elementi, dettagliati, che riguardano l'abilità, la competenza e la conoscenza. La descrizione puntuale di queste figure è rimandata al paragrafo 3.5. (figura 38). Le norme UNI 11337 – parte 2, parte 8, parte 9 e parte 10 sono ancora in fase di definizione

È lecito presumere che la parte 2 dovrà definire il sistema di classificazione e denominazione di opere, oggetti ed attività e per tale ragione assumerà ruolo di fondamentale importanza soprattutto per gli appalti pubblici che necessitano di un linguaggio coerente e standardizzato di definizione

La parte 8 riguarderà i processi di integrazione tra attività e figure informative e attività e figure tradizionali del settore costruzioni, si presume che la stesura di tale norma si svolgerà attraverso una formula innovativa di discussione, realizzata attraverso tavole rotonde aperte alla discussione, includendo non solo i soci UNI, ma anche gli operatori direttamente impegnati sul campo.

La parte 9 invece avrà come protagonista la gestione informativa in fase di esercizio: la "Due Diligence", le piattaforme collaborative e il fascicolo del fabbricato. Tratterà la normazione del rilievo digitali per gli edifici esistenti, la regolamentazione di costruzione delle "piattaforme di collaborazione" aziendali ma, soprattutto, l'introduzione del "fascicolo del costruito" digitale, un documento atto alla definizione delle infrastrutture e dell'ambiente antropomorfo.

La parte 10 normerà le linee guida per la gestione informativa digitale delle pratiche amministrative; verrà quindi affrontato il tema che nel Building Smart International (BSI) prende il nome di E-permit BIM.

NORMATIVA UNI/PdR (Ente nazionale italiano di unificazione/Prassi di riferimento)

UNI/PdR 78:2020 - Requisiti per la valutazione di conformità alla UNI 11337-7:2018 "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa"

(Data entrata in vigore: 02 marzo 2020)

La prassi di riferimento fornisce i requisiti specifici per la valutazione di conformità di parte terza rivolta esclusivamente alle figure professionali previste dalla UNI 11337-7:2018.

NORMATIVA UNI EN ISO

UNI EN ISO 19650-1:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi

(Data entrata in vigore: 14 marzo 2019, recepisce la EN ISO 19650-1:2018, Adotta la ISO 19650-1:2018)

La norma descrive i concetti e i principi per la gestione delle informazioni in uno stadio di maturità denominato Building Information Modelling (BIM) secondo la serie ISO 19650. La norma mette a disposizione raccomandazioni inerenti a un quadro concettuale per la gestione delle informazioni, che includa, lo scambio, la registrazione, l'aggiornamento e l'organizzazione per tutti gli attori. La norma è applicabile all'intero ciclo di vita di un cespite immobile, compresa la pianificazione strategica, la progettazione iniziale, l'ingegnerizzazione, lo sviluppo, la predisposizione della documentazione per gli affidamenti e la costruzione, il funzionamento operativo quotidiano, la manutenzione, la ristrutturazione, la riparazione e la fine del ciclo di vita. La norma può essere adattata a cespiti immobili o a commesse di qualsiasi dimensione e complessità, al fine di non ostacolare la flessibilità e la versatilità che connota l'ampio spettro di potenziali strategie di aggiudicazione e di affidamenti degli incarichi senza pregiudicare il costo di implementazione della norma. La presente norma internazionale si applica congiuntamente alla serie UNI 11337, che si pone come norma complementare (fig.43)

UNI EN ISO 19650-2:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili.

(Data entrata in vigore: 14 marzo 2019, recepisce la EN ISO 19650-2:2018, adotta la ISO 19650-2:2018)

La norma specifica i requisiti per la gestione delle informazioni, sotto forma di un processo gestionale, nel contesto della fase di consegna dei cespiti immobili e dello scambio di informazioni, quando si utilizza il Building Information Modelling (BIM). La norma può essere applicata a tutti i tipi di cespiti immobili e da tutti i tipi e dimensioni di organizzazione, indipendentemente dalla strategia di appalto scelta.

La presente norma internazionale si applica congiuntamente alla serie UNI 11337, che si pone come norma complementare (fig.44)

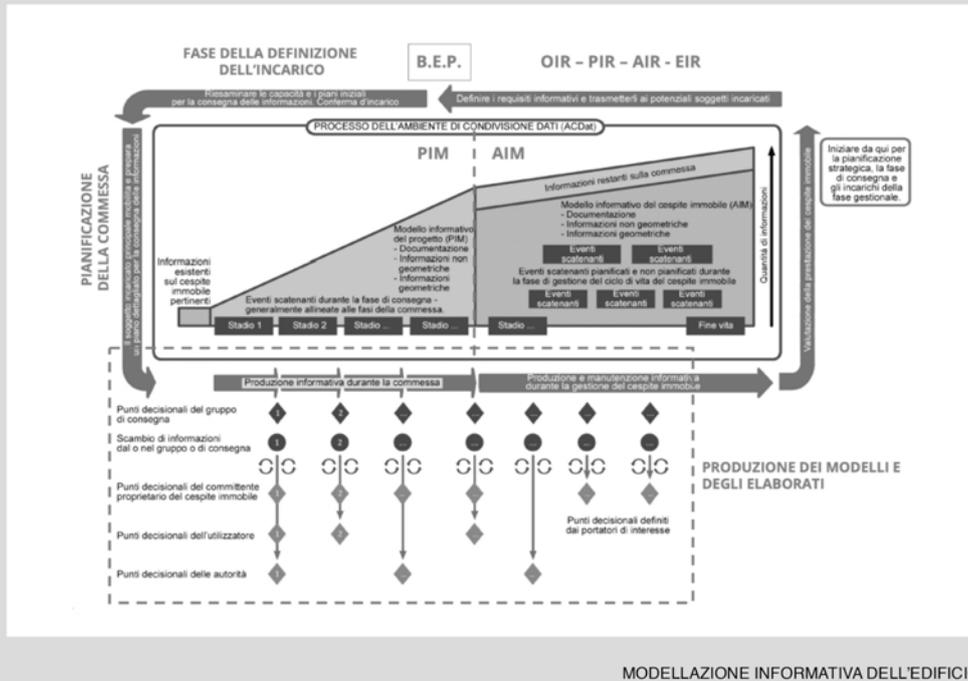


Fig.43 - Modellazione informativa dell'edificio secondo la normativa UNI 11337-5:2017.

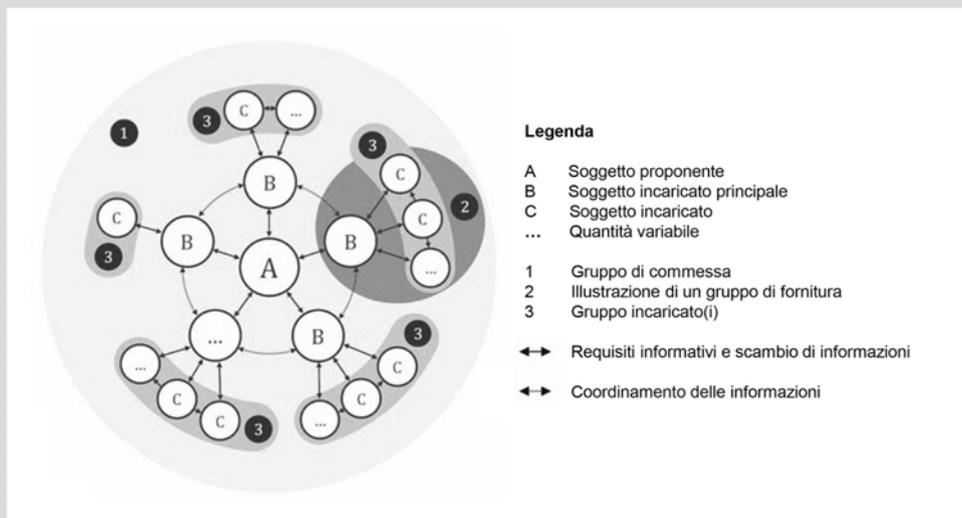


Fig.44 - Interfacce tra soggetti e gruppi ai fini della gestione delle informazioni secondo la UNI EN ISO 19650-2:2019.

UNI EN ISO 23386:2020 - Building information modelling e altri processi digitali utilizzati nelle costruzioni - Metodologia per descrivere, creare e mantenere proprietà nei dizionari di dati interconnessi (Data entrata in vigore: 04 giugno 2020, recepisce la EN ISO 23386:2020, adotta la ISO 23386:2020)

La norma stabilisce le regole per la definizione delle proprietà utilizzate nella costruzione e una metodologia per la loro creazione e manutenzione, per una condivisione digitale sicura e senza soluzione di continuità tra le parti interessate a seguito di un processo BIM.

UNI EN ISO 19650-5:2020 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 5: Approccio orientato alla sicurezza per la gestione informativa.

(Data entrata in vigore: 01 ottobre 2020, recepisce la EN ISO 19650-5:2020, adotta la ISO 19650-5:2020)

La norma specifica i principi e i requisiti per la gestione sicura delle informazioni allo stadio di maturità descritto come BIM secondo la serie ISO 19650, e come previsto dalla ISO 19650-1, nonché la gestione orientata alla sicurezza delle informazioni sensibili ottenute, create, elaborate e archiviate come parte di, o in relazione a, qualsiasi altra iniziativa, progetto, risorsa, prodotto o servizio.

La norma affronta i passaggi necessari per creare e coltivare una mentalità e una cultura della sicurezza appropriate e proporzionate tra le organizzazioni con accesso a informazioni sensibili, inclusa la necessità di monitorare e verificare la conformità

L'approccio delineato è applicabile a tutto il ciclo di vita di un'iniziativa, progetto, risorsa, prodotto o servizio, pianificato o esistente, in cui le informazioni sensibili sono ottenute, create, elaborate e/o archiviate. La norma è destinata a qualsiasi organizzazione coinvolta nell'uso della gestione delle informazioni e delle tecnologie durante creazione, progettazione, costruzione, produzione, funzionamento, gestione, modifica, miglioramento, demolizione e/o riciclaggio di cespiti immobili o prodotti, nonché fornitura di servizi, all'interno dell'ambiente costruito.

Sarà anche di interesse e rilevanza per quelle organizzazioni che desiderano proteggere le loro informazioni commerciali, informazioni personali e proprietà intellettuale.

UNI EN ISO 23387:2020 - Building information modelling (BIM) - Modelli di dati per oggetti da costruzione utilizzati nel ciclo di vita dei beni edilizi - Concetti e principi.

(Data entrata in vigore: 08 ottobre 2020, recepisce la EN ISO 23387:2020, adotta la ISO 23387:2020)

La norma stabilisce i principi e la struttura dei modelli di dati per oggetti da costruzione. La norma è stata sviluppata per supportare i processi digitali utilizzando formati leggibili dalla macchina attraverso una struttura dati di riferimento per scambiare informazioni su qualsiasi tipo di oggetto da costruzione, ad esempio prodotto, sistema, assemblaggio, spazio, edificio ecc., utilizzati per le fasi di lavoro.

La norma fornisce le specifiche di un modello di tassonomia che definisce i concetti dalla ISO 12006-3, e le specifiche EXPRESS con estensioni delle notazioni EXPRESS-G. Inoltre, la norma fornisce le regole per la connessione tra i modelli di dati e le classi IFC nei dizionari dati basati sulla ISO 12006-3.

E', inoltre, importante sottolineare che le parti già pubblicate della UNI 11337 sono state tradotte in inglese e distribuite ai vari tavoli internazionali, dove l'Italia è tornata a sedere ed essere protagonista. Dopo i primi passi mossi da americani e inglesi nell'ambito del settore BIM, gli italiani stanno fornendo ora un grande contributo, attraverso un approccio ai problemi molto pratico. In particolare, il contributo italiano è rivolto ad alcuni problemi non risolti su ogni livello: usi ed obiettivi del modello, LOD per il restauro e le attrezzature, LOD per il ciclo di vita, denominazione per attributi, verifica amministrativa, protocollo digitale, piattaforma di collaborazione, manuale di gestione informativa e modelli di rilievo.

Tutti temi affrontati appunto nella norma italiana UNI11337. Inoltre, oggi, l'Italia presiede il tavolo del CEN, seguito dalla delegata italiana UNI Marzia Bolpagni¹⁸. Si prospetta quindi che le attuali norme UNI11337 forniranno una base concreta per la stesura delle nuove ISO, così come le PAS inglesi sono state le basi per la stesura delle attuali ISO 19650.

A conclusione della presentazione della panoramica normativa italiana si vuole fare una riflessione sull'ultima bozza del Regolamento in materia BIM, bozza del 16 luglio 2020.

¹⁸ Marzia Bolpagni si è laureata in Ingegneria Edile presso l'Università degli Studi di Brescia e fin dai suoi studi si occupata di Building Information Modelling unendo attività di ricerca a quelle professionali lavorando in Italia, Finlandia, America e Inghilterra. Nel 2017, l'Associazione degli Ingegneri Italiani le ha assegnato il Woman Ingenious Award per il suo lavoro sul BIM a livello internazionale.

Il testo analizzato è ancora provvisorio ma può comunicarci quali sono le possibili nuove direzioni verso cui la normativa italiana si muoverà.

La nuova bozza del Regolamento non prende in considerazione però le modifiche recentemente apportate al D.Lgs. 50/2016 (Codice dei Contratti Pubblici) ossia le modifiche del cosiddetto Decreto Semplificazioni - Legge 11 settembre 2020, n. 120 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76, recante "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitali" Decreto Semplificazioni)

L'analisi della bozza del 16 luglio 2020, è comunque necessaria per comprendere la strada che il Legislatore ha scelto di intraprendere dopo il Decreto 560/2017 per individuare gli elementi di novità.

I principali atti in cui si troveranno le norme riguardanti i metodi e gli strumenti elettronici specifici di modellazione saranno i seguenti:

- Codice dei Contratti Pubblici;
- DM di cui al citato articolo 23, c. 13, del Codice dei Contratti (ossia il DM 560/2017 per le parti non abrogate)
- nuovo Regolamento di Esecuzione, Attuazione e Integrazione del Codice dei Contratti Pubblici.

Nello specifico, l'art. 313 della bozza di Regolamento, alla lettera d), abroga il DM 560/2017, "tranne che per gli articoli 6 e 8".

L'intenzione del Legislatore appare quindi quella di conservare solamente due aspetti del vecchio DM:

- l'aspetto relativo ai tempi di introduzione obbligatoria del BIM (art. 6);
- il ruolo della Commissione di Monitoraggio e i relativi compiti di monitoraggio degli esiti e delle difficoltà incontrate dalle stazioni appaltanti, nonché di individuazione di misure preventive e correttive per il loro superamento.

All'interno della nuova bozza il legislatore utilizza la dizione "metodi e strumenti elettronici specifici" a sostituzione del termine BIM.

Come anticipato, l'obbligatorietà dell'utilizzo del BIM negli appalti pubblici risulta confermata.

L'art. 82, c. 1, stabilisce che le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici fanno ricorso ai metodi e strumenti elettronici specifici "nel rispetto delle tempistiche fissate dal decreto di cui all'articolo 23, c. 13, del codice".

Il citato "decreto di cui all'articolo 23, c. 13, del codice" è il DM 560/2017: come si è visto, viene confermato proprio con l'articolo 6 (non abrogato), che stabilisce l'introduzione del BIM negli appalti pubblici in modo progressivo, a partire dal 1.1.2019 sino al 1.1.2025.

Particolare attenzione viene rivolta agli adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti. Gli adempimenti sono le attività che le stazioni appaltanti devono porre

in essere per poter adottare nei propri appalti l'utilizzo della metodologia Building Information Modelling.

Gli adempimenti fissati dall'articolo 3 del DM 560/2017 sono i seguenti:

1. il piano di formazione del personale;
2. il piano di acquisizione e manutenzione degli strumenti hardware e software;
3. l'atto organizzativo.

Quindi l'utilizzo del BIM è subordinato all'adozione dei tre adempimenti indicati, che vengono espressi come e vere proprie "condizioni" preliminari.

Nella nuova bozza del Regolamento, all'art. 82, c. 2 non è altrettanto "perentorio" sul punto, ossia non stato rimosso il concetto di "subordinazione" ma dal suo tenore letterale emerge come i tre adempimenti debbano comunque contemporaneamente sussistere affinché le stazioni appaltanti possano legittimamente utilizzare i metodi e gli strumenti specifici

I primi due adempimenti sopra citati sono sostanzialmente rimasti inalterati nella bozza di Regolamento (art. 82, c. 2), subisce invece alcune implementazioni la disposizione relativa all'atto organizzativo.

Nel DM 560/2017 l'atto organizzativo aveva il compito ristretto di esplicitare il processo di controllo e gestione, i gestori dei dati e la gestione dei conflitti, nella bozza di Regolamento viene ulteriormente precisato che il processo di controllo e gestione deve riguardare le singole fasi della procedura.

Nella nuova bozza l'atto organizzativo è composto da documenti che dettagliano i requisiti informativi della stazione appaltante o dell'amministrazione concedente, ciò sembrerebbe rafforzare la consapevolezza e la maturità digitali richieste alla stazione appaltante nella gestione di metodi e strumenti, tanto che è già l'atto organizzativo, ancora prima del capitolato informativo di gara, a definire i "requisiti informativi" della pubblica amministrazione.

Conseguenza diretta di questa nuova direzione comporta che il capitolato informativo di gara dovrà indicare i requisiti informativi in coerenza con l'atto organizzativo (art. 82, c. 4). Altra importante tematica ripresa è quella connessa all'interoperabilità.

L'art. 82, c. 3 della bozza del Regolamento riprende i contenuti dell'art. 4 del DM 560/2017, mantenendo il concetto di interoperabilità come caratteristica delle piattaforme utilizzate dai metodi e strumenti elettronici al fine di non condizionare la modellazione e la gestione informativa al ricorso a predeterminati formati proprietari evitando l'utilizzo esclusivo di software e applicazioni tecnologiche commerciali specifiche. È necessario chiarire la differenza tra "piattaforma interoperabile" e "ambiente di condivisione dei dati" (ACDat), precisando che all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati si svolgono i flussi informativi

che riguardano la stazione appaltante e il relativo procedimento.

Una piattaforma interoperabile descrive la capacità di diversi programmi di scambiare dati tramite un insieme comune di formati di scambio, permette di leggere e scrivere gli stessi formati di file e di utilizzare gli stessi protocolli.

La definizione di ambiente di condivisione dei dati della bozza del nuovo Regolamento, ripresa dalla definizione dell'art. 1, lett. (a), del DM 560/2017, lo definisce come "un ambiente digitale di raccolta organizzata e di condivisione di dati relativi ad un'opera, gestiti attraverso specifici flussi di lavoro e strutturati in informazioni relative a modelli informativi ed elaborati digitali prevalentemente riconducibili ad essi, corredato da flussi di lavoro a supporto delle decisioni, basato su un'infrastruttura informatica la cui condivisione è regolata da precisi sistemi di sicurezza per l'accesso, di tracciabilità e successione storica delle variazioni apportate ai contenuti informativi, di conservazione nel tempo e relativa accessibilità del patrimonio informativo contenuto, di definizione delle responsabilità nell'elaborazione dei contenuti informativi e di tutela della proprietà intellettuale".

Altra tematica trattata riguarda il capitolato informativo, l'offerta e piano di gestione informativa

È utile ricordare che le norme UNI 11337 fanno una distinzione tra:

- **capitolato informativo (CI)**, che riporta i requisiti informativi specificati dal committente
- **offerta per la gestione informativa**, che è la risposta dei possibili affidatari al capitolato informativo;
- **piano per la gestione informativa**, che è l'integrazione tra il capitolato informativo e l'offerta dell'aggiudicatario, destinato a regolare il rapporto contrattuale.

Il DM 560/2017 all'art. 2 e 7, diversamente dalla suddetta UNI, fornisce solamente la definizione di gestione informativa (art.2) e di capitolato informativo (art.7), non definendo quindi cosa sia l'offerta per la gestione informativa.

La bozza del nuovo regolamento conferma il ruolo del capitolato informativo ed i suoi contenuti con l'allegato alla documentazione di gara, che esplicita i requisiti informativi strategici generali e specifica gli elementi di produzione, gestione, trasmissione e archiviazione dei contenuti informativi. Vengono introdotte però alcune novità:

1. il capitolato informativo deve essere in coerenza con l'atto organizzativo;
2. nel contenuto del capitolato informativo vengono inseriti gli elementi giuridici e contrattuali, introducendo quindi il Legal BIM.

I principali contenuti giuridici e contrattuali da disciplinare nel **capitolato informativo** sono:

- i riferimenti normativi - si tratta di norme vincolanti che dovranno essere rispettate nell'esecuzione dell'appalto e che quindi costituiranno un obbligo contrattuale. È per esempio scorretto inserire norme incoerenti rispetto alle prestazioni richieste o norme abrogate.

- le infrastrutture messe a disposizione dal committente o richieste all'affidatari - nell'ottica del Legal BIM è importante sottolineare come i committenti privati e le amministrazioni pubbliche possano imporre un proprio ambiente di condivisione dei dati o, in alternativa, di delegare alle controparti la messa a disposizione e la gestione dell'ACDat e le conseguenti politiche connesse a autorizzazioni, accessi ai modelli e gestione della conservazione al termine dell'appalto. Nonostante in Italia non vi sia una espressa disciplina della tematica in questione, appare preferibile per i committenti privati e le stazioni appaltanti pubbliche dotarsi di ambienti di condivisione propri.

- i dati messi a disposizione inizialmente dal committente - la Committenza pubblica deve includere al Capitolato un modello informativo relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti, al fine di garantire all'appaltatore tutti i necessari elementi d'ingresso. Detta previsione nasce dall'esigenza di incentivare le amministrazioni pubbliche a mettere in atto un reale processo di digitalizzazione dell'anagrafica del proprio patrimonio immobiliare. Sotto il profilo giuridico, questo comporterà una specifica responsabilità in capo alle stesse amministrazioni in ordine ai contenuti del modello informativo in questione, in quanto le eventuali carenze non potranno essere imputate al contraente.

- i formati da utilizzare - Il committente sarà tenuto a indicare i requisiti informativi strategici generali e specifici, in particolare in riferimento ai formati di file di cui l'appaltatore dovrà dotarsi. Dovranno essere garantiti i requisiti di interoperabilità, nel richiedere che i dati siano connessi a modelli multidimensionali orientati a oggetti e che gli stessi siano richiamabili in qualunque fase e da ogni attore secondo formati digitali aperti e non proprietari. La pubblica amministrazione con il Capitolato Informativo dovrà quindi attenersi al rispetto delle previsioni normative circa i formati digitali aperti e non proprietari.

- i ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi - al processo BIM sono associate nuove figure professionali del tutto inedite. In particolare, la norma UNI 11337-7 specifica le figure del CDE Manager (Common Data Environment Manager), del BIM Manager, del BIM Coordinator e del BIM Specialist e i loro ruoli e funzioni. Queste figure professionali, a seconda delle dimensioni delle opere interessate,

possono esser anche ricoperte da un unico soggetto. Con il Capitolato Informativo (CI) la committenza richiederà al concorrente di specificare nella propria offerta per la Gestione Informativa (oGI) ogni elemento utile a identificare i riferimenti delle figure interessate al processo di gestione digitale dei processi informativi, dettagliandone ruolo, nome e cognome, titolo e esperienza maturata in ambito BIM. Emerge quindi la grande importanza in merito alla regolamentazione contrattuale delle singole figure professionali in termini di: requisiti di competenza, esperienza e conoscenza richiesti; possibilità o meno, di sostituire i singoli professionisti indicati; corretta allocazione delle responsabilità e delle attività in capo a ciascuna figura. Ruoli e competenze delle differenti figure professionali coinvolte verranno presentate nel paragrafo 3.5.

- la tutela della privacy e della sicurezza del contenuto informativo - sempre nell'ambito del cosiddetto Legal BIM emerge la necessità di disciplinare in modo organico la tutela della privacy, l'esigenza di garantire la disponibilità, l'integrità e la riservatezza del contenuto informativo digitale, soprattutto in ambito BIM, dove il lavoro è sviluppato in un ambiente di condivisione e collaborazione.

Attualmente la maggior parte dei Capitolati Informativi sul punto contengono esclusivamente un elenco delle norme la cui disciplina dovrà essere rispettata dall'operatore economico, senza dettagliare specificatamente le operazioni per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo in relazione all'ACDat utilizzato.

Con il CI viene quindi spesso demandato al solo concorrente/offerdente di specificare nella propria oGI gli elementi utili a descrivere come intende soddisfare i requisiti minimi descritti dallo stesso CI. Ad oggi è evidente l'importanza che va prestata alle politiche di riservatezza, ovvero sia alla possibilità, o meno, di divulgare i dati contenuti nel modello e/o nell'ambiente di condivisione dati.

Nello specifico nel CI devono esser stabiliti gli ambiti di applicazione in merito al rispetto delle regole di riservatezza, ai limiti sostanziali, quindi su cosa applicare le regole, ai limiti temporali, quindi le scadenze di rispetto di tali regole e i limiti soggettivi, quindi la diversa applicazione della regola in base al ruolo rivestito all'interno del processo.

- le proprietà specifiche del modello - il Capitolato Informativo deve contenere inoltre la regolamentazione giuridica connesse alle proprietà del modello in conformità con il contratto. La tendenza riscontrata sino ad oggi è quella di fornire la proprietà del modello alla committenza che ne acquisisce ogni diritto di utilizzazione, fatto salvo il rispetto delle regole in materia di diritto d'autore.

Ulteriore differenza constatata tra il DM 560/2017 e la

bozza di Regolamento riguarda il modello informativo relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti, infatti, il DM prevede che il Capitolato "deve" includere il citato modello informativo, mentre il Regolamento (all' art. 82, c. 4) prevede che il Capitolato "può" includere il modello informativo relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti, rendendo pertanto detto contenuto meramente facoltativo per la stazione appaltante.

Per quanto riguarda l'**offerta di gestione informativa** nella bozza di Regolamento (all'art. 2, lett. y), il legislatore introduce la definizione di "offerta di gestione informativa" che, come già anticipato, non è presente nel DM 560/2017. Viene quindi adottata, anche negli appalti pubblici, la tripartizione classica "capitolato-offerta-piano", in cui l'offerta è definita come risposta ai requisiti informativi del capitolato. Nell'offerta di gestione informativa viene descritta la filiera delle imprese che andranno a partecipare ai flussi informativi e l'impostazione collaborativa che dovrà seguire.

L'offerta di gestione informativa mira quindi a fornire una struttura dei flussi informativi nella catena di fornitura dell'appaltatore, definendo le interazioni con i processi informativi e decisionali di quest'ultimo all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati; inoltre deve esser presentata la configurazione organizzativa e strumentale degli operatori definendone le responsabilità.

L'articolo 82, c. 6 della nuova bozza del Regolamento dichiara che in fase di sottoscrizione del contratto l'aggiudicatario, sulla base dell'offerta di gestione informativa, elabora il piano di gestione informativa, da sottoporre alla stazione appaltante che lo approverà e che potrà essere aggiornato nel corso dell'esecuzione del contratto.

Analizziamo infine il **piano di gestione informativa**.

Con riferimento all'articolo sopra citato, il piano è elaborato in fase di sottoscrizione del contratto, si intende quindi che esso vada definito prima che il contratto venga stipulato.

Il piano di gestione informativa è soggetto alla approvazione della stazione appaltante definendone così una natura progettuale del documento che viene approvato, come fosse appunto una parte di progetto. Caratteristica importante di questo documento è la sua natura dinamica, esso può esser aggiornato nel corso dell'esecuzione del contratto.

Proprio per tale caratteristica "dinamica" questo documento si rivela particolarmente complicato dal punto di vista contrattuale.

In particolare, è importante definire: gli ambiti oggetto di aggiornamento e dei limiti di modificabilità, anche in

rapporto all'offerta presentata in fase di gara; modalità di aggiornamento che dovrebbe concludersi con una nuova approvazione della stazione appaltante; eventuali aggiunte di costi connessi all'aggiornamento o comunque le sue conseguenze economiche.

Altra tematica affrontata nella bozza del nuovo regolamento è il controllo dei tempi.

L'art. 110 di tale bozza richiede che venga utilizzato un modello di controllo e gestione del processo di realizzazione dell'intervento attraverso l'utilizzo di Work Breakdown Structure (WBS), anche definita scomposizione strutturata del progetto.

La Work Breakdown Structure è stata adottata per la prima volta negli Stati Uniti e, in particolare, dalla NASA negli anni '60 per gestire il programma Apollo, allo scopo di controllare più efficacemente il progetto.

La definizione che ne dà il Project Management Institute nella terza edizione della "Guida al Project Management Body of Knowledge" è la seguente: "La Work Breakdown Structure (WBS) o struttura di scomposizione del lavoro è la scomposizione gerarchica orientata verso i deliverable del lavoro che deve essere eseguito dal gruppo di Progetto per realizzare gli obiettivi del Progetto e creare i deliverable richiesti. Organizza e definisce l'ambito complessivo del Progetto. Ogni livello discendente rappresenta una definizione sempre più dettagliata del lavoro del progetto.

La WBS viene scomposta in Work Package. L'orientamento verso i deliverable fa in modo che siano inclusi sia i deliverable interni che quelli esterni." La WBS è quindi uno strumento utilizzato per la scomposizione analitica di un progetto in parti elementari con l'obiettivo di organizzare il lavoro in elementi più facilmente gestibili e rendere meno complessa la comprensione del progetto in modo che tutti i soggetti coinvolti nel processo e tutti gli stakeholders riescano a comprendere con precisione le fasi del processo.

Il progetto viene scomposto gerarchicamente in componenti (obiettivi minori, attività e compiti specifici) con un grado di dettaglio sempre maggiore, seguendo un approccio top-down, s'innescando così un meccanismo di progressiva articolazione in elementi sempre più piccoli, chiamati Work Breakdown Elements (WBE).

Ulteriore evoluzione, degna di nota è il cambio di nomenclatura dal DM 560/2017 alla bozza del Regolamento del 16.7.2020: si è passati dal definire che gli elaborati progettuali e i documenti dovessero essere messi a disposizione su "supporto informatico" al dire che essi dovevano costituire "modelli informativi". La bozza del regolamento si ispira infatti alla UNI EN ISO 19650 che specifica che per "modello informativo" debba intendersi l'insieme di contenitori di informazione strutturata, semi-strutturata e non strutturata.

3.4. Analisi degli standard e protocolli attuali

I connotati dei modelli H-BIM nascono dalle caratteristiche del patrimonio architettonico e dal livello di sviluppo (LOD) desiderato in funzione degli scopi della modellazione.

Pertanto, il framework include diversi tipi di modelli, ciascuno caratterizzato da un diverso livello di sviluppo (basato sulle definizioni dell'American Institute of Architects (AIA) per il progetto di nuovi edifici ma utilizzato anche per il patrimonio esistente).

Un modello digitale BIM/H-BIM deve contenere aspetti diversi, originati da tutti i membri del team di progetto. Lo sviluppo può passare così dall'operatore, ai consulenti, al contraente e ai fornitori.

È quindi importante che l'operatore principale definisca il livello di sviluppo del progetto e di dettaglio necessario.

Nonostante la fama della PAS, come struttura generale del processo digitale, è la struttura dei LOD statunitensi il riferimento più usato oggi nel mondo.

Entrambe i sistemi (UK e USA) sono stati, e sono ancora, liberamente disponibili sul web e ciò ha notevolmente contribuito alla loro diffusione ed impiego. Spesso senza gli opportuni filtri rispetto a quelle realtà, culturali, di mercato, legislative e normative.

Nel concreto la PAS tratta solo dei LOD sui modelli, usando la scala delle fasi di progetto inglesi, e risulta più utile in senso concettuale, nella separazione tra LOD-detail, geometrie, e LOI-Information, non geometrie, che per l'uso specifico e pratico

3.4.1. Sistema dei LOD inglese

La specifica PAS 1192-2, dell'ente di normazione britannico BSI (British Standard Institution), per la gestione delle informazioni dei progetti di costruzione che utilizzano la modellazione delle informazioni sugli edifici, definisce due componenti al "livello di definizione"

- Livelli di dettaglio del modello (Levels of model detail) (LOD), che si riferisce al contenuto grafico dei modelli;
- Livelli di informazioni sul modello (Levels of model information) (LOI), che si riferiscono al contenuto non grafico dei modelli

In effetti, i due livelli sono strettamente allineati in quanto è normale che i contenuti grafici e non grafici si sviluppino uno accanto all'altro. La scala dei LOD UK e LOI UK è organizzata secondo una numerazione che va da 2 a 5/6, ancora parzialmente legata alle fasi di sviluppo del progetto. La scala generale per i LOD UK è così articolata:

- 2 - Concept stage
- 3 - Developed design
- 4 - Technical design
- 5 - Construction.

La scala generale per i LOI UK è così articolata:

- 2 - Concept stage
- 3 - Developed design
- 4 - Technical design
- 5 - Construction
- 6 - Operation and maintenance.

I livelli di dettaglio del modello e le informazioni sul modello sono generalmente definiti per le fasi chiave del progetto, in cui si verificano “scambi di dati” (scambio di informazioni), consentendo all’operatore di verificare che le informazioni sul progetto siano coerenti con le loro esigenze e consentano loro di decidere se passare alla fase successiva. Allo stato attuale, non esiste una definizione standardizzata per i livelli dei dettagli del modello e per le informazioni sul modello. Questo perché si pensa che questi siano parametri variabili a seconda della natura del progetto. Tuttavia, alcune indicazioni molto ampie sono fornite in PAS 1192-2:

Brief: se esiste un modello grafico, è probabile che sia stato sviluppato da un modello di informazioni sulle risorse esistente. Altre informazioni potrebbero riguardare edifici e strutture esistenti (potrebbero esserci anche schemi di requisiti).

Concept: il disegno grafico può mostrare diagrammi di massa e simboli 2D per rappresentare elementi generici.

Definitio : gli oggetti sono basati su rappresentazioni generiche e le specifiche e gli attributi consentono la selezione dei prodotti.

Design: gli oggetti sono rappresentati in 3D con le specifiche allegate insieme alle informazioni sull’allocazione dello spazio per operazioni, accesso, manutenzione, installazione e sostituzione.

Built and commission: gli oggetti generici vengono sostituiti con oggetti del produttore, con informazioni essenziali ricollegate agli oggetti sostitutivi e informazioni sul produttore aggiunte.

Handover e close-out: il modello rappresenta il progetto come costruito e tutte le informazioni necessarie sono incluse nella documentazione di consegna, compresa la documentazione di manutenzione e funzionamento, i record di messa in servizio, i requisiti di salute e sicurezza e così via.

Operation and in-use: le prestazioni sono verificate in base ai requisiti di informazione del datore di lavoro e al brief del progetto e se sono necessarie modifiche, il modello viene aggiornato. Le informazioni sulla manutenzione, le date di sostituzione e così via

possono essere aggiunte.

Il toolkit BIM NBS, sviluppato a seguito di una competizione governativa, può essere utilizzato per aiutare a definire i requisiti di informazione per i progetti allineati a specifiche fasi del progetto

3.4.2. Sistema dei LOD americano

Anche l’American Institute of Architects (AIA) ha pubblicato un framework LOD. Qui LOD fa riferimento al “Livello di sviluppo” richiesto per il contenuto dell’elemento del modello.

Il termine “livello di sviluppo” è usato piuttosto che “livello di dettaglio” in riconoscimento del fatto che un elemento visivamente molto dettagliato potrebbe in effetti essere generico e nonostante le apparenze potrebbe essere a un basso livello di sviluppo del design. L’AIA suggerisce che il framework LOD riconosca che diversi elementi del progetto si svilupperanno a ritmi diversi e che il BIM consente ai partecipanti al progetto di comunicare efficientemente l’un l’altro su quale sia il livello di sviluppo del modello.

Il framework LOD definisce i seguenti requisiti del contenuto dell’elemento del modello:

LOD 100: L’Elemento può essere rappresentato graficamente nel modello con un simbolo o altra rappresentazione generica, ma non soddisfa i requisiti per LOD 200.

LOD 200: l’elemento è rappresentato graficamente all’interno del modello come un sistema o un oggetto con quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento approssimativi.

Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all’elemento del modello.

LOD 300: l’elemento viene rappresentato graficamente all’interno del modello come un sistema, un oggetto o un insieme specifico in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all’elemento del modello.

LOD 400: l’elemento è rappresentato graficamente all’interno del modello come un sistema, un oggetto o un insieme specifico in termini di dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento con dettagli, fabbricazione, assemblaggio e informazioni di installazione. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all’elemento del modello.

LOD 500: l’elemento è una rappresentazione verificata sul campo in termini di dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento. Le informazioni non grafiche possono anche essere allegate agli elementi del modello.

3.4.3. Sistema dei LOD italiano

Successivamente a quelli britannici e a quelli statunitensi si è affrontata la definizione dei LOD italiani (UNI 11337). La norma italiana prevede si possa utilizzare una qualsiasi delle scale di LOD esistenti, senza esclusioni o priorità, in funzione delle specifiche esigenze dell'appalto e purché se ne definiscano a priori i riferimenti specifici, le logiche, gli obiettivi e la struttura ai fini della massima trasparenza per i soggetti interessati.

Nel caso può anche essere utilizzato il riferimento ai LOD italiani così come definiti nella norma stessa (per gli appalti pubblici, in particolare, la norma UNI introduce un possibile utilizzo dei LOD compatibile con il Codice Appalti all'Allegato I alla parte 4) (fig.45 e fig.46)

Il risultato conclusivo pubblicato nel 2017 del lavoro condiviso sul tavolo UNI è così come segue sintetizzabile:

1. si è cercato di mantenere gli acronimi internazionali più consolidati LOD: "Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali"; LOI: "Livello di sviluppo degli Oggetti - attributi Informativi";
2. per non perseguire con la confusione tra Development/Definition/Detail, rispetto agli attributi geometrici si è scelta la strada dei LOG: "Livello di sviluppo degli Oggetti - attributi Geometrici";

3. si è scelta la strada statunitense del concetto di LOD come livello di "sviluppo": attributi qualitativi e quantitativi incrementali, come binomio di numerosità degli attributi ma anche solidità del dato;
4. si è definita una scala generale di LOD con successiva esemplificazione dei sistemi costruttivi più significativi

Scala generale:

- LOD A oggetto simbolico;
- LOD B oggetto generico;
- LOD C oggetto definito
- LOD D oggetto dettagliato;
- LOD E oggetto specifico
- LOD F oggetto eseguito;
- LOD G oggetto aggiornato.



Fig.46 - Schema di strutturazione dei LOD italiani.

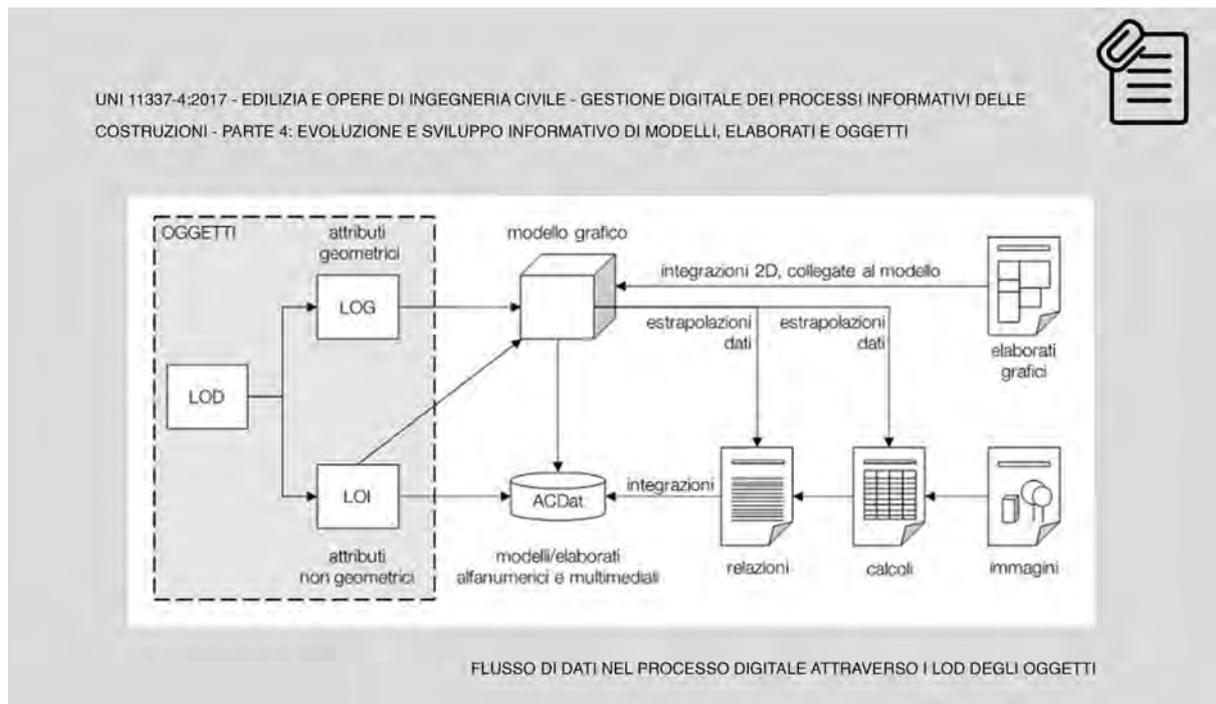


Fig.45 - Flusso nel processo digitale attraverso i Lod degli oggetti secondo la UNI EN ISO 11337-4:2017.

3.5. Definizione e competenze delle figure specialistiche

La definizione di quali siano le figure professionali coinvolte in un processo BIM la troviamo nelle UNI/PdR 78:2020 Requisiti per la valutazione di conformità alla UNI 11337-7:2018 "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" (Data entrata in vigore: 02 marzo 2020). Il documento è stato elaborato con l'obiettivo di fornire indicazioni applicative sulle figure professionali del BIM e sulle modalità di valutazione e certificazione di tali figure, che secondo la norma UNI 11337 parte 7 sono le seguenti:

- gestore dell'ambiente di condivisione dei dati (CDE Manager);
- gestore dei processi digitalizzati (BIM Manager);
- coordinatore dei flussi informativi (BIM Coordinator);
- operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa (BIM Specialist).

La norma UNI 11337-7 definisce i requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa (fig.47).

CDE Manager - è il gestore dell'ambiente di condivisione dati, che garantisce la correttezza e tempestività del flusso di informazioni tra le parti coinvolte. Applica tecniche di analisi e protezione dei dati, e favorisce l'interoperabilità dei modelli informativi e dei dati di commessa.

Gestisce l'ambiente in cui avviene lo scambio di informazioni tra i diversi attori partecipanti a un progetto (CDE). Controlla il processo interoperabile delle informazioni, la correttezza e tempestività del flusso operativo. Relaziona i contenuti dei modelli con altri dati presenti in piattaforma e applica le tecniche di protezione dei dati.

BIM Manager - è il gestore dei processi digitalizzati al livello dell'organizzazione, e ha la supervisione generale delle commesse aziendali. Definisce e assicura le regole per l'implementazione dei processi dell'organizzazione per la gestione dei flussi informativi e l'utilizzo del CDE per ogni singola commessa. Redige il capitolato Informativo, l'offerta di gestione informativa, e ogni aspetto contrattuale relativo alla gestione della commessa.

Gestisce e aggiorna periodicamente le linee guida di organizzazione sulla gestione informativa per tutte le discipline, coordinando le attività delle altre figure operative. Garantisce il coordinamento del progetto, gestendo i ruoli e le fasi previste, e individua le

interferenze riassegnando all'interno del team di progetto la loro correzione. Elabora il capitolato informativo per il committente e il BIM Execution Plan (piano per la gestione Informativa) a uso interno dell'azienda. Verifica l'applicazione operativa rispetto degli standard stabiliti con i BIM Coordinator e cura la modifica dei contenuti informativi.

BIM Coordinator - è il coordinatore dei flussi informativi e del team di BIM Specialist dell'azienda, che opera in qualità di garante della efficienza e della efficacia dei processi digitalizzati con riferimento alla specifica commessa. Ha una competenza multidisciplinare e supporta il BIM Manager nella redazione del capitolato informativo o offerta di gestione informativa. Coordina i BIM Specialist coinvolti nel progetto per garantire l'applicazione degli standard e dei processi tramite l'utilizzo di software necessari per il coordinamento delle attività di redazione, controllo e gestione del progetto BIM/H-BIM. Si occupa anche delle problematiche di condivisione e aggregazione dei contenuti informativi. Riporta al BIM Manager ogni dettaglio dello sviluppo del progetto favorendo il processo informativo.

BIM Specialist - è l'operatore della modellazione informativa, competente in una delle diverse discipline, che opera all'interno delle singole commesse in grado di utilizzare la documentazione tecnica e i software dedicati per la modellazione degli oggetti e la produzione degli elaborati.

Si occupa dell'utilizzo del software per la realizzazione di un progetto in BIM/H-BIM e dello sviluppo del modello 3D. Elabora ed eventualmente modifica in corso d'opera i modelli grafici e gli oggetti a essi correlati e le loro librerie, esegue l'estrazione dei dati. Svolge anche l'analisi tecnica utilizzando la documentazione aziendale per la produzione di elaborati e modelli (standard e procedure). La figura del BIM Specialist è declinata nelle seguenti discipline:

1. Architettura: disciplina relativa alla progettazione, realizzazione e gestione di opere edili in campo residenziale, culturale ed amministrativo, sportivo e dello spettacolo, produttivo e commerciale e di pianificazione territoriale.
2. Strutture: disciplina relativa alla progettazione e costruzione di strutture di edifici civili, industriali o destinate ad opere infrastrutturali.
3. Impianti: disciplina relativa alla progettazione e installazione di impianti meccanici, elettrici e idraulici (denominata MEP).
4. Infrastrutture: disciplina relativa alla progettazione, realizzazione e gestione di opere infrastrutturali quali, ad esempio, strade, ferrovie, opere di sbarramento fluviale, reti tecnologiche, opere portuali e tutte quelle opere che hanno una forte interconnessione con il territorio nel quale sono inserite.

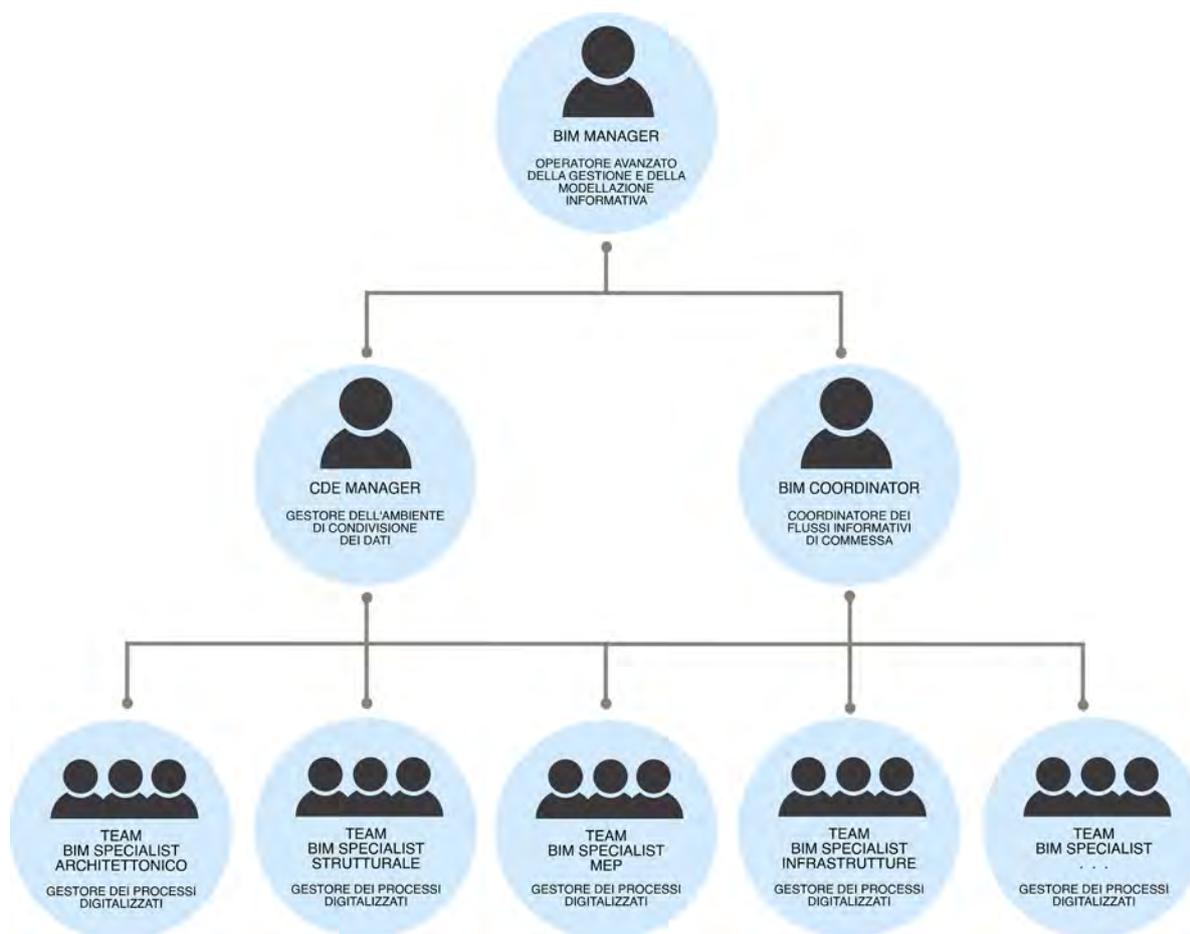


Fig.47 - Figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.

3.6. Certificazione ed enti certificato

Anche per quanto concerne la certificazione del titolo facciamo riferimento alle UNI/PdR 78:2020 Requisiti per la valutazione di conformità alla UNI 11337-7:2018 "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa". Essendo la UNI/PdR 78:2020 un documento tecnico, affianca a livello applicativo, quanto già definito dalla norma. Tra i diversi aspetti illustrati fornisce indicazioni sulla struttura dell'organizzazione che consente la valutazione di conformità, i requisiti della commissione esaminatrice o del "grandparent" (ovvero definisce la figura dell'esaminatore qualificato). Per esempio, il grandparent deve dimostrare esperienza in ambito BIM attraverso la partecipazione a progetti multidisciplinari o allo sviluppo e gestione della metodologia attraverso attività di consulenza.

Il documento, inoltre, fornisce in modo puntuale i requisiti di accesso che deve possedere il candidato per l'ammissione all'esame di certificazione per ognuna delle categorie di figure professionali del BIM,

indicazioni sulle modalità d'esame e sulla conseguente valutazione, sulla durata della certificazione, sulla sorveglianza annuale (ossia il mantenimento è subordinato all'esito positivo della sorveglianza effettuata dall'organismo di certificazione) e sul rinnovo della certificazione. Inoltre, la PdR 78:2020 sostituisce e integra la circolare informativa 08/2019 di Accredia¹⁹, sviluppata per fornire indicazioni per l'accreditamento agli organismi di certificazione ai fini del rilascio di certificazioni di profili professionali relativi alle figure citate nella norma UNI 11337-7:2018.

A seguito verrà riportato il contenuto del Prot. DC2019SSV117 del 15-03-2019 con oggetto: Dipartimento DC - Circolare Informativa N° 08/2019 Disposizioni in materia di certificazione e accreditamento per la conformità alla norma UNI

¹⁹ Accredia è l'Ente Unico nazionale di accreditamento designato dal governo italiano, in applicazione del Regolamento europeo 765/2008, ad attestare la competenza, l'indipendenza e l'imparzialità degli organismi di certificazione, ispezione e verifica, e dei laboratori di prova e taratura. Accredia è un'associazione riconosciuta che opera senza scopo di lucro, sotto la vigilanza del Ministero dello Sviluppo Economico.

11337-7:2018 "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" pubblicato

da Accredia.

Regole di certificazione

- Norma di accreditamento - UNI CEI EN ISO/IEC 17024;

- Norma di certificazione - UNI 11337-7:2018.



DIPARTIMENTO DC - CIRCOLARE INFORMATIVA N° 08/2019 - DISPOSIZIONI IN MATERIA DI CERTIFICAZIONE E ACCREDITAMENTO PER LA CONFORMITÀ ALLA NORMA UNI 11337-7:2018 "EDILIZIA E OPERE DI INGEGNERIA CIVILE - GESTIONE DIGITALE DEI PROCESSI INFORMATIVI DELLE COSTRUZIONI - PARTE 7: REQUISITI DI CONOSCENZA, ABILITÀ E COMPETENZA DELLE FIGURE PROFESSIONALI COINVOLTE NELLA GESTIONE E NELLA MODELLAZIONE INFORMATIVA"

<p>Criteria di competenza dei commissari d'esame</p>	<p>La Commissione d'esame dovrà possedere, nel suo insieme, i seguenti requisiti di competenza:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. conoscenza della norma di accreditamento ISO/IEC 17024, della norma di certificazione UNI 11337-7:2018, delle procedure dell'OdC inclusi i criteri per la gestione delle sessioni d'esame di certificazione, che devono essere coerenti con i requisiti dalla ISO/IEC 17024; 2. capacità di cogliere aspetti legati alle Conoscenze, Abilità e Competenze relative ai compiti indicati nei prospetti specifici dei vari profili di cui alla norma UNI 11337-7:2018. 3. Competenza, maturata a seguito di esperienze lavorative complessive di almeno 10 anni, in materie attinenti ai servizi di ingegneria e architettura. 4. Competenza, maturata a seguito di esperienze lavorative di almeno 5 anni, in ambiti di progettazione. 5. il possesso della certificazione, sotto accreditamento, del profilo di BIM Specialist della norma UNI 11337-7. <p>Grandparent Per i primi tre anni di operatività, in sostituzione del membro della Commissione d'esame in possesso di una certificazione sotto accreditamento nello stesso profilo oggetto di valutazione (punto 5 di cui sopra), l'OdC può servirsi di un Grandparent che possieda almeno uno dei requisiti indicati nei punti seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) aver operato con funzioni di Responsabile in ambiti quali "progettazione" o "verifica della progettazione" per un periodo non inferiore a 6 anni, di cui almeno 3 anni in ambito BIM; b) aver operato con funzioni di Responsabile in ambiti quali "progettazione" o "verifica della progettazione" per un periodo non inferiore ad anni 3 ed aver acquisito altre esperienze professionali nel campo per un periodo di almeno 3 anni (in qualità di docente universitario, o come auditor tecnico/ispettore nei sistemi di gestione e in attività ispettive). Gli anni di esperienza complessiva devono comunque essere almeno 6 di cui almeno 3 anni in ambito BIM; c) aver ricoperto ruoli e funzioni significative in Istituzioni pubbliche o di tipo privato operanti in ambito appalti lavori pubblici e/o servizi di ingegneria/architettura per un periodo non inferiore a 6 anni, o aver partecipato con funzioni rilevanti a importanti programmi e progetti in campo ingegneristico, ad attività scientifica, normativa, pubblicistica tecnica e simili, per un periodo non inferiore a 6 anni di cui almeno 3 anni in ambito BIM; d) oppure rientrare tra i requisiti del seguente schema: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Requisiti Esaminatore CDE MANAGER</th> <th style="text-align: center;">Requisiti Esaminatore BIM MANAGER</th> <th style="text-align: center;">Requisiti Esaminatore BIM COORDINATOR</th> <th style="text-align: center;">Requisiti Esaminatore BIM SPECIALIST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: small;">Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di ambienti di condivisione dei dati</td> <td style="font-size: small;">Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di commesse e coordinamento di gruppi di persone, anche esterne alla propria organizzazione</td> <td style="font-size: small;">Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con conoscenza documentata del software dedicato ed evidenze di gestione e coordinamento di commesse</td> <td style="font-size: small;">Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con l'utilizzo del software dedicato</td> </tr> </tbody> </table>	Requisiti Esaminatore CDE MANAGER	Requisiti Esaminatore BIM MANAGER	Requisiti Esaminatore BIM COORDINATOR	Requisiti Esaminatore BIM SPECIALIST	Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di ambienti di condivisione dei dati	Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di commesse e coordinamento di gruppi di persone, anche esterne alla propria organizzazione	Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con conoscenza documentata del software dedicato ed evidenze di gestione e coordinamento di commesse	Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con l'utilizzo del software dedicato
Requisiti Esaminatore CDE MANAGER	Requisiti Esaminatore BIM MANAGER	Requisiti Esaminatore BIM COORDINATOR	Requisiti Esaminatore BIM SPECIALIST						
Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di ambienti di condivisione dei dati	Almeno 5 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con evidenze di gestione di commesse e coordinamento di gruppi di persone, anche esterne alla propria organizzazione	Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con conoscenza documentata del software dedicato ed evidenze di gestione e coordinamento di commesse	Almeno 3 anni di esperienza lavorativa nell'ambito del BIM con l'utilizzo del software dedicato						



	Si specifica che dimostrare esperienza in ambito BIM s'intende aver partecipato a e/o essere firmatario di progetti multidisciplinari, sviluppati con tecnologia BIM, almeno fino alla fase di progettazione definitiva, ecc..																								
<p> Criteri di competenza del <i>decision maker</i> </p>	<p>L'OdC deve dotarsi di criteri di qualifica del Decision Maker, che può essere membro della struttura interna dell'OdC, per assicurarsi che possieda adeguate competenze.</p> <p>I criteri dovranno considerare i seguenti elementi minimi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • conoscenza dei processi di delibera dell'OdC; • conoscenza generale della Norma UNI 11337-7:2018. 																								
<p> Durata della certificazione </p>	5 anni con sorveglianze annuali.																								
<p> Requisiti di accesso agli esami di certificazione </p>	<p>Per essere ammesso all'esame di certificazione il candidato deve documentare i seguenti requisiti minimi:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">REQUISITI MINIMI</th> <th style="text-align: center;">CDE MANAGER</th> <th style="text-align: center;">BIM MANAGER</th> <th style="text-align: center;">BIM COORDINATOR</th> <th style="text-align: center;">BIM SPECIALIST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Grado di istruzione</td> <td colspan="4">Laurea magistrale o quinquennale di laurea specialistica conseguita secondo gli ordinamenti didattici vigenti al momento, ed iscrizione ai relativi albi professionali</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Esperienza di lavoro generica in area tecnica</td> <td style="text-align: center;">Almeno 3 anni</td> <td style="text-align: center;">Almeno 5 anni</td> <td style="text-align: center;">Almeno 3 anni</td> <td style="text-align: center;">Almeno 6 mesi¹</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Esperienza di lavoro² specifica con il metodo BIM adeguato al profilo professionale richiesto</td> <td style="text-align: center;">Almeno 1 anno</td> <td style="text-align: center;">Almeno 1 anno</td> <td style="text-align: center;">Almeno 1 anno</td> <td style="text-align: center;">Almeno 3 mesi specifici nella singola disciplina</td> </tr> </tbody> </table> <p>Note:</p> <p>¹ L'attività di esperienza può essere intesa anche come attività di tirocinio o stage</p> <p>² L'esperienza specifica può essere sostituita da un Master postuniversitario (o equivalente) composto da almeno 200 ore di formazione o da almeno 6 mesi di stage presso aziende, supportato da una dichiarazione dell'azienda stessa che confermi il periodo indicato e descriva il ruolo e l'attività svolta dal candidato.</p> <p>Sono accettati tutti i titoli, corsi e diplomi riconosciuti ed equipollenti a quelli italiani, ai sensi delle vigenti disposizioni di legge.</p> <p>Per tutti i profili sopra indicati il candidato dovrà dare evidenza di aver sviluppato almeno un progetto in BIM.</p>					REQUISITI MINIMI	CDE MANAGER	BIM MANAGER	BIM COORDINATOR	BIM SPECIALIST	Grado di istruzione	Laurea magistrale o quinquennale di laurea specialistica conseguita secondo gli ordinamenti didattici vigenti al momento, ed iscrizione ai relativi albi professionali				Esperienza di lavoro generica in area tecnica	Almeno 3 anni	Almeno 5 anni	Almeno 3 anni	Almeno 6 mesi ¹	Esperienza di lavoro² specifica con il metodo BIM adeguato al profilo professionale richiesto	Almeno 1 anno	Almeno 1 anno	Almeno 1 anno	Almeno 3 mesi specifici nella singola disciplina
REQUISITI MINIMI	CDE MANAGER	BIM MANAGER	BIM COORDINATOR	BIM SPECIALIST																					
Grado di istruzione	Laurea magistrale o quinquennale di laurea specialistica conseguita secondo gli ordinamenti didattici vigenti al momento, ed iscrizione ai relativi albi professionali																								
Esperienza di lavoro generica in area tecnica	Almeno 3 anni	Almeno 5 anni	Almeno 3 anni	Almeno 6 mesi ¹																					
Esperienza di lavoro² specifica con il metodo BIM adeguato al profilo professionale richiesto	Almeno 1 anno	Almeno 1 anno	Almeno 1 anno	Almeno 3 mesi specifici nella singola disciplina																					
<p> Modalità d'esame per la certificazione (esame scritto e </p>	<p>Svolgimento degli esami</p> <p>L'esame è costituito dalle seguenti prove:</p> <p>1) Prova scritta: test con domande chiuse a risposta multipla.</p>																								



orale)	<p>Le domande della prova scritta sono scelte dalla commissione esaminatrice da un elenco di domande gestite dall'Organismo di certificazione. La prova è composta da un totale di 30 domande relative alla specifica figura professionale e, per il BIM Specialist, anche alla singola disciplina (Architettura, Strutture, Impianti, Infrastrutture). Ogni domanda presenta tre possibili risposte di cui una sola è corretta, mentre le restanti sono sbagliate o incomplete. Il tempo massimo a disposizione per lo svolgimento della prova è di 60 minuti.</p> <p>2) Prova pratica: caso studio differenziato per ogni figura professionale:</p> <ul style="list-style-type: none">• BIM Specialist: l'esame richiede la conoscenza approfondita di uno specifico software di modellazione attinente con la disciplina scelta, indicato dal candidato nella richiesta di certificazione. Il candidato deve risolvere un caso studio relativo alla disciplina, con utilizzo del software di riferimento.• BIM Coordinator: l'esame richiede la conoscenza di almeno un software di model checking, indicato dal candidato nella richiesta di certificazione. Il candidato deve risolvere un caso studio con l'utilizzo del software di riferimento.• BIM Manager: l'esame prevede un caso studio di gestione di una commessa BIM in relazione agli aspetti normativi, tecnici e procedurali• CDE Manager: l'esame prevede un caso studio relativo alla gestione di un ambiente di condivisione dei dati. <p>Il Centro di esame fornisce l'hardware ed il software adeguati allo svolgimento della prova. Nel caso l'esame venga svolto presso un'azienda cliente, la prova pratica sul software può essere svolta con l'attrezzatura dell'azienda stessa, purché l'adeguatezza sia preliminarmente verificata e garantita dalla Commissione di esame.</p> <p>Il tempo massimo a disposizione per lo svolgimento della prova è di 2 ore.</p> <p>3) Prova orale: discussione individuale con la commissione esaminatrice della durata compresa tra 15 e 30 minuti, durante la quale viene discusso anche l'esito della prova scritta e pratica.</p> <p><u>Conoscenze, abilità e competenze</u> Gli esami sono finalizzati a verificare le conoscenze teoriche e pratiche richieste per ogni figura professionale. Relativamente al BIM SPECIALIST, le prove di esame sono strutturate per singola disciplina.</p> <p><u>Valutazione dell'esame</u> La valutazione dell'esame viene effettuata assegnando un punteggio, come descritto in dettaglio nella tabella successiva e nel rispetto dei seguenti criteri:</p> <p>Prova scritta: viene assegnato 1 punto per ogni risposta corretta (zero punti per le risposte errate e o non compilate). Il punteggio massimo ottenibile dalla prova è 30/30. Il punteggio minimo per superare la prova dovrà essere di almeno 18/30 ($\geq 60\%$).</p> <p>Prova pratica: viene assegnato un punteggio compreso tra 0 e 60 in funzione della correttezza e completezza del lavoro svolto. Il punteggio minimo per superare la prova dovrà essere di almeno 36/60 ($\geq 60\%$). Per il BIM Specialist, se richieste più discipline, è prevista una prova per ogni disciplina</p> <p>Prova orale: il candidato discute con l'esaminatore l'attività svolta nelle prove scritte e risponde alle domande dell'esaminatore. Il punteggio massimo ottenibile dalla prova è 10/10. Il punteggio minimo per superare la prova dovrà</p>
--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



essere di almeno 6/10 ($\geq 60\%$).

ESAME PER OGNI FIGURA PROFESSIONALE e DISCIPLINA (Figure: Specialist, Coordinator, Manager, CDE Manager. Discipline: Architettura, Strutture, Impianti, Infrastrutture)			
Tipo di esame	durata max	punteggio minimo per il superamento di ogni singola prova	punteggio minimo per il superamento dell'esame
Prova scritta	60 minuti	18/30 ($\geq 60\%$)	60/100 ($\geq 60\%$)
Prova pratica	120 minuti	36/60 ($\geq 60\%$)	
Prova orale	30 minuti	6/10 ($\geq 60\%$)	

Nella tabella seguente è riportato un riepilogo dell'esame

L'esame si considera superato se la valutazione finale è superiore o uguale al 60% del punteggio massimo.

Nel caso il candidato venga respinto può ripetere l'esame, le singole prove di esame con esito positivo mantengono la validità per un periodo massimo di 12 mesi.

Certificazione per più profili

Considerati i tempi delle prove e il fatto che i profili richiedono un esame sostanzialmente diverso fra loro con utilizzo di software diversi, risulta improbabile che un candidato possa svolgere più profili nello stesso giorno.

Laddove se ne verificassero le condizioni, il candidato che - in possesso dei necessari prerequisiti - richieda la certificazione per più profili nella medesima sessione deve sostenere l'esame completo per il più alto dei profili per cui fa richiesta, secondo la seguente classificazione (dal profilo più alto al più basso):

- CDE Manager
- BIM Manager
- BIM Coordinator
- BIM Specialist

Nota: la classificazione riportata non vuole suggerire una gerarchia nella importanza dei profili o nella complessità dei compiti, ma è tesa a fornire una indicazione operativa all'OdC.

All'esame completo vanno aggiunte:

- 10 domande a risposta multipla per ogni profilo oltre al primo;
- Un esame scritto su 1 "caso di studio" per ogni profilo oltre al primo;
- Minimo 15 minuti di esame orale per ogni profilo oltre al primo.

Il candidato che, già certificato per almeno un profilo, richieda la certificazione per altri profili (esclusi il BIM Manager e CDE Manager), in una sessione successiva, dovrà sostenere:

- 20 domande a risposta multipla per ogni profilo oltre al primo;
- Un esame scritto su 1 "caso di studio" per ogni profilo oltre al primo;
- Esame orale della durata minima di 20 minuti per ogni ulteriore profilo.

Il candidato che, già certificato per almeno un profilo, richieda la certificazione per il BIM Manager o CDE Manager, in una sessione successiva, dovrà



	<p>sostenere:</p> <ul style="list-style-type: none">• 30 domande a risposta multipla per ogni profilo oltre al primo;• Un esame scritto su 2 "casi di studio";• Esame orale della durata minima di 30 minuti. <p>L'OdC deve dotarsi di istruzioni, griglie o procedure per garantire che gli esami integrativi coprano le conoscenze e le abilità specifiche di ogni profilo e per assicurare l'uniformità nella valutazione.</p>
Sorveglianza annuale (esame documentale)	<p>L'Organismo di Certificazione deve effettuare, durante il ciclo di certificazione, verifiche annuali per mantenere e confermare la validità delle certificazioni emesse.</p> <p>La verifica documentale può essere effettuata in assenza del candidato e riguarderà i seguenti documenti:</p> <ul style="list-style-type: none">• Autocertificazione che dichiara ai sensi degli art. 46 e 76 del DPR 445/2000:<ul style="list-style-type: none">- di aver svolto o gestito attività con il metodo BIM per almeno 30 giorni, anche non consecutivi;- di aver gestito correttamente eventuali reclami ricevuti da parte di clienti sul corretto svolgimento dell'incarico;- la presenza di contenziosi legali in corso relativi all'attività certificata;• Copia dell'attestato di frequenza (o altra evidenza documentale) ad un corso di aggiornamento professionale, coerente con la figura professionale certificata, pari ad almeno 6 ore per il BIM Specialist e BIM Coordinator e 12 ore per il BIM Manager e CDE Manager;• Pagamento regolare delle quote annuali dovute all'Organismo di certificazione, se previste; <p>Nel caso in cui siano presenti reclami o contenzioni legali spetta all'OdC valutarne la relativa gestione.</p> <p>L'attività di sorveglianza può avere come esito il mantenimento, la sospensione o la revoca della certificazione a fronte della valutazione dell'OdC in merito alla completezza, congruità della documentazione presentata nonché gestione di eventuali reclami e/o contenziosi legali.</p>
Rinnovo (esame documentale e prova orale)	<p>L'Organismo di Certificazione, al termine del ciclo di certificazione, deve condurre delle verifiche per rinnovare la validità delle certificazioni emesse. Oltre a raccogliere le evidenze già previste per l'attività di sorveglianza, l'organismo deve assicurarsi che siano mantenute le competenze previste dalla norma UNI 11337-7:2018.</p> <p>In sede di rinnovo deve essere prevista una prova orale, strutturata come l'esame di certificazione (rimangono invariati anche i criteri per il superamento dell'esame).</p> <p>Nel caso in cui il candidato non superasse questa prima prova, può ripeterla in una sessione d'esami successiva (se la certificazione non è già scaduta), svolgendo una prova scritta composta da domande a risposta multipla e una prova orale, strutturata come l'esame di certificazione (rimangono invariati anche in questo caso i criteri per il superamento dell'esame).</p> <p>In caso di esito negativo anche di questa seconda prova, è necessario effettuare un esame completo di prima certificazione (prova scritta, prova pratica e prova orale).</p>



Trasferimento del certificato	<p>Il trasferimento del certificato rilasciato da un OdC accreditato ad un altro OdC accreditato per lo schema, può essere effettuato in qualsiasi momento, presentando all'OdC subentrante una richiesta, allegando il certificato in corso di validità.</p> <p>Ai fini del trasferimento, il CAB subentrante deve verificare, tramite evidenze, l'assenza/chiusura di eventuali pendenze tecniche a carico della persona certificata, compresa la gestione di eventuali reclami e/o ricorsi.</p> <p>A seguito di esito positivo della verifica di cui sopra, l'OdC subentrante emetterà il nuovo certificato riportando la data di "emissione corrente" mantenendo invariate la data di rilascio e di scadenza.</p>
Centro d'Esame	<p>Affidarsi ad un centro d'esame esterno al proprio Organismo, eventualmente situato presso i locali di un'associazione o di un ordine professionale, costituisce una possibile minaccia al principio dell'Imparzialità (si vada anche quanto previsto dal RG-01-02), che l'Organismo deve gestire adeguatamente (analisi dei rischi).</p> <p>In particolare, si richiede che le date d'esame vengano comunicate con adeguato anticipo all'Organismo, perché questo possa pianificare delle verifiche anche non annunciate o verifiche in incognito (mystery).</p> <p>Gli audit (compresi quelli non annunciati e in incognito) presso il Centro d'esame devono essere previsti contrattualmente negli accordi tra il centro d'Esame e l'Organismo. Spetta all'Organismo determinarne, in base al rischio identificato, la frequenza e la modalità.</p> <p>L'Organismo deve avere inoltre a disposizione (e rese disponibili all'Ente di Accreditemento su richiesta) le statistiche degli esiti degli esami erogati nei vari centri d'esame, perché possano essere valutati eventuali scostamenti.</p> <p>La qualifica dei Commissari d'Esame deve essere gestita dall'organismo. Per gli esami in remoto / on line si rimanda a quanto previsto dal Regolamento ACCREDIA RG-01-02.</p>
Migrazione	<p>Gli OdC che abbiano rilasciato certificazioni (fuori accreditamento ACCREDIA prima o dopo la pubblicazione della norma UNI 11337-7:2018), secondo schemi proprietari, devono effettuare un'analisi comparativa per ciascun profilo certificato rispetto a quello corrispondente UNI che evidenzia l'eventuale scostamento fra i requisiti di accesso, le conoscenze, competenze e abilità richieste, le modalità di svolgimento e i contenuti degli esami.</p> <p>Tale analisi deve essere sottoposta alla valutazione di ACCREDIA, assieme alla documentazione prevista per l'accreditamento, per definire eventuali percorsi differenziati e semplificati per la certificazione secondo la norma UNI delle persone in possesso di certificazioni pregresse.</p>
Valutazione dei risultati dell'apprendimento	<p>Il punto 6 della norma UNI 11337-7:2018 richiama una combinazione di più metodi di valutazione, ampiamente trattati e riportati nei box precedenti.</p>

I professionisti che sceglieranno di certificarsi valorizzeranno le proprie competenze e capacità, migliorando la propria reputazione e acquisendo maggiore competitività su un mercato, sempre più innovativo, alla ricerca di figure qualificat

Le società di ingegneria o di architettura e le stazioni appaltanti potranno rivolgersi a professionisti certificati da organismi dei quali Accredia, appunto, per la verifica delle competenze. A conclusione di paragrafo si vuole analizzare il processo di accreditamento degli

Organismi di Certificazione interessate al rilascio degli attestati. La domanda di accreditamento può essere presentata agli organismi di accreditamento, quali, ad esempio, Accredia. L'accREDITamento viene concesso agli operatori di valutazione della conformità che a conclusione di un percorso di verifica regolare e approfondito risultino in possesso dei requisiti previsti dalle norme armonizzate, dai documenti e dai regolamenti applicabili allo specifico schema e settore di attività. Per accreditarsi, occorre presentare

la domanda di accreditamento generale e quella specifica per l'attività di valutazione della conformità che si intende svolgere sotto accreditamento. Nel caso in cui l'Organo di Certificazione (OdC) possieda già accreditamenti rilasciati da altri Enti di Accreditamento, dovrà essere effettuata una valutazione caso per caso, in base agli accordi EA²⁰/IAF²¹/MLA²² applicabili ed a quanto eventualmente disposto dalle Autorità competenti in materia. Attualmente i due organismi certificati al rilascio dei titoli sono due

²⁰ EA (European co-operation for Accreditation) è l'associazione degli enti nazionali di accreditamento europei ufficialmente riconosciuti dai governi nazionali per valutare e verificare le organizzazioni che erogano servizi di certificazione verifica, ispezione, test e calibrazione.

²¹ IAF (International Accreditation Forum) è l'associazione mondiale degli Enti di Accreditamento e degli Enti che si occupano della valutazione della conformità in diversi settori, compreso quello dei sistemi di gestione.

²² MLA (Accordi di Mutuo Riconoscimento). La partecipazione agli Accordi MLA garantisce pertanto la competenza ed il rigore procedurale dell'Ente firmatario, nonché l'uniformità del suo modo di operare rispetto a quello degli altri Enti firmatari.

- CEPAS S.r.l. - CEPAS è un Istituto di Certificazione delle Competenze e della Formazione, costituito nel 1994 per rispondere all'esigenza del mercato di valorizzare le attività professionali. CEPAS è "Full Member" di IPC (International Personnel Certification Association).

- ICMQ S.p.A. - ICMQ Istituto di certificazione e marchio qualità per prodotti e servizi per le costruzioni è un'associazione senza fini di lucro alla quale aderiscono numerose associazioni di categoria di tutta la filiera delle costruzioni. La mission iniziale di diffondere la cultura della qualità nell'ambito della produzione industriale si è estesa, col tempo, ai servizi per le costruzioni e l'edilizia in genere, tenendo inevitabilmente conto delle tendenze e delle evoluzioni sia normative che di mercato che si dirigono verso una miglior qualità della vita, la tutela dell'ambiente e il minor consumo di risorse. L'Istituto fu fondato nel 1988 da alcune associazioni di categoria inizialmente con lo scopo di promuovere e controllare l'osservanza delle norme e delle prescrizioni, nonché il rispetto delle regole e dei corretti comportamenti nella produzione industriale di manufatti, componenti e strutture in calcestruzzo.

DIPARTIMENTO DC - CIRCOLARE INFORMATIVA N° 08/2019 - DISPOSIZIONI IN MATERIA DI CERTIFICAZIONE E ACCREDITAMENTO PER LA CONFORMITÀ ALLA NORMA UNI 11337-7:2018 "EDILIZIA E OPERE DI INGEGNERIA CIVILE - GESTIONE DIGITALE DEI PROCESSI INFORMATIVI DELLE COSTRUZIONI - PARTE 7: REQUISITI DI CONOSCENZA, ABILITÀ E COMPETENZA DELLE FIGURE PROFESSIONALI COINVOLTE NELLA GESTIONE E NELLA MODELLAZIONE INFORMATIVA"



A	OdC già accreditato per lo schema ISO/IEC 17024	<p>Esame documentale di 1 giornata (da svolgersi possibilmente presso l'OdC).</p> <p>Osservazione di 1 sessione d'esame (la sessione d'esame può essere relativa anche a più profili previsti dalla norma UNI).</p> <p>L'accREDITAMENTO per ogni singola figura prevista dalla norma UNI può essere concesso anche senza osservazione diretta di quella specifica figura, in quel caso ACCREDIA potrà effettuare una verifica documentale del relativo materiale d'esame.</p> <p>L'accREDITAMENTO flessibile per i profili della norma UNI 11337 non è applicabile.</p>
B	OdC non ancora accreditato ISO/IEC 17024, ma accreditato per altri schemi di accREDITAMENTO	Oltre a quanto riportato al punto A, occorre svolgere una verifica ispettiva presso la sede dell'OdC di 2 giornate.
C	OdC non ancora accreditato in nessuno schema	Oltre a quanto riportato al punto A, occorre svolgere una verifica ispettiva presso la sede dell'OdC di 4 giornate.

3.7. Flussi di lavoro e formati di scambio dati

Il concetto di interoperabilità è sicuramente uno dei concetti alle basi della metodologia di un processo BIM e H-BIM. In ambito informatico, l'interoperabilità è definibile come la capacità di un sistema di scambiare dati, informazioni, documentazioni con altri sistemi o programmi, permettendo un dialogo tra software e applicativi avendo come conseguenza una elevata adattabilità e riduzione al minimo degli errori. Trasposta nell'ambito del BIM/H-BIM, l'interoperabilità consiste nella possibilità di scambiare i dati, contenuti, documentazioni nel modello di partenza tra diverse piattaforme software e applicativi destinati alle diverse funzionalità coinvolte nelle diverse fasi, sia durante la progettazione, sia durante la fase di realizzazione dell'opera sia nell'arco del suo ciclo di vita, dalla manutenzione alla decostruzione. Il punto di forza dell'approccio BIM/H-BIM sta proprio nella sua trasversalità, fornendo la possibilità di accessibilità a tutti i soggetti coinvolti nel processo.

Un linguaggio proprietario, nel dialogo con terzi rappresenta una barriera alla trasparenza e trasmissione delle informazioni verso software e sistemi informativi che utilizzino linguaggi differenti. Le case software, fino all'avvento del BIM, hanno affrontato questo problema mantenendo il proprio linguaggio e adottando sistemi di trasferimento aperti verso l'esterno. Nel mondo delle costruzioni questi problemi erano stati superati attraverso l'utilizzo di sistemi CAD ed in particolare grazie alla prassi corrente di utilizzo e diffusione sul mercato di un formato proprietario divenuto esso stesso standard, nello specifico parliamo del formato .dwg Autodesk di Autodesk. Il formato .dwg proprietario è diventato quindi il più diffuso e per tale ragione i software concorrenti si sono dovuti adeguare di conseguenza. È evidente che questa condizione abbia generato un significativo vantaggio competitivo alla casa software proprietaria di quel linguaggio, a svantaggio delle restanti case. Oggi, con l'avvento del BIM/H-BIM la chiave all'interoperabilità e accessibilità è nata grazie alla creazione dell'IFC – acronimo di Industry Foundation Classes. Questo formato di scambio dati denominato IFC è stato sviluppato da BuildingSmart International. L'attività svolta da BuildingSMART si focalizza in particolare su tre standard: data model (IFC), data dictionary (IFD) e processes (IDM).

3.7.1. IFC (Industry Foundation Classes)

IFC è l'acronimo derivato dall'espressione Industry Foundation Classes, che è un formato di interscambio

di informazioni. Esso è un modello strutturato di dati, un sistema di classificazione e descrizione riferito non solo alle componenti fisiche del manufatto quali muri, porte, solai o i loro attributi, ma anche a concetti connessi quali quantità, costi, sequenze temporali delle lavorazioni.

Gli IFC definiscono un unico modello di dati object oriented del manufatto. È un formato di dati aperto, pubblico e indipendente da qualsiasi produttore software e, pertanto, è possibile scambiare informazioni del manufatto semplicemente scambiando file in formato ".ifc" tra i vari applicativi. Tale formato è stato recepito dalle ISO (International Organization for Standardization – Ente normativo internazionale con sede a Ginevra) nella norma ISO 16739.

In particolare, lo schema IFC codifica in modo logico

- l'identità e la semantica (nome, identificatore univoco leggibile meccanicamente, tipo di oggetto o funzione);
- le caratteristiche o gli attributi (come materiale, colore e proprietà termiche);
- le relazioni (inclusi luoghi, connessioni e proprietà), tra oggetti (come colonne o lastre); concetti astratti (performance, costing); processi (installazione, operazioni) e persone (proprietari, designer, appaltatori, fornitori, ecc.).

IFC è in grado di definire i componenti fisici di edifici prodotti prefabbricati, sistemi meccanici/elettrici, nonché i modelli più astratti per l'analisi strutturale, per l'analisi energetica, per la suddivisione dei costi, per la programmazione dei lavori e molto altro ancora.

I principali ambienti su modello BIM/H-BIM che possono lavorare con modelli di interscambio .ifc sono:

- Revit di Autodesk;
- All Plan;
- Microstation Bentley;
- Archicad;
- Digital Project;
- Tekla Structures.

3.7.2. IFD (International Framework for Dictionaries o Data Dictionary)

Lo standard **IFD** (International Framework for Dictionaries o Data Dictionary) è essenzialmente un dizionario internazionale volto a definire univocamente termini e relativi significati di entità, prodotti e processi del mondo delle costruzioni.

Se, infatti, lo standard IFC descrive gli oggetti (entità e processi) come essi sono collegati e come devono essere scambiati e archiviati i dati, IFD fornisce il dizionario con le definizioni di tali oggetti e delle relative proprietà per rendere possibile una comune comprensione indispensabile affinché il flusso di informazioni avvenga senza difficoltà

Tale standard IFD deriva da standard internazionali aperti sviluppati da ISO, in particolare la ISO 12006-3.

3.7.3. IDM (Information Delivery Manual)

Lo standard **IDM** (Information Delivery Manual) è lo standard relativo alla metodologia per la definizione dei processi.

La necessità di tale ulteriore standard consegue all'esigenza di ottimizzare la qualità della comunicazione tra i diversi partecipanti al processo edilizio.

Il coinvolgimento di numerose e differenti professionalità nella realizzazione di una costruzione, dalle fasi di progettazione e realizzazione fino a quelle di gestione, implica una grossa mole di informazioni scambiate, talora non tutte necessarie in una certa fase del processo o, per contro, non completamente sufficienti in altre.

Per lavorare in modo efficiente è necessario che tutti i partecipanti al processo conoscano i diversi tipi di informazioni e quando essi debbano essere forniti. BuildingSMART ha sviluppato IDM per definire i processi e i relativi flussi di informazioni durante l'intero ciclo di vita di una costruzione, oggi standard internazionale ISO 29481-1, che delinea quando deve avvenire lo scambio di informazioni e cosa è necessario scambiare.

Naturalmente questo standard può essere utilizzato per documentare processi nuovi o esistenti, descrivendo le informazioni che dovranno essere scambiate tra le parti, anch'esse univocamente definite.

Gli output dello standard IDM ("manuali per lo scambio di informazioni") potranno costituire la base per definire dettagliatamente le specifiche necessarie allo sviluppo di procedure software: infatti al fine di rendere operativo "un manuale per lo scambio di informazioni", esso deve essere supportato dal software.

E questo evidentemente perché il suo scopo principale è quello di assicurare che dati rilevanti siano comunicati in maniera tale da poter essere correttamente interpretati dal software di destinazione.

Nasce così il concetto di "vista del modello" MVD - Model View Definition) collegata allo specifico "manuale per lo scambio di informazioni" (IDM).

3.7.4. MVD (Model View Definition)

Una "definizione di una vista del modello" (**MVD**) definisce un sottoinsieme dello schema IFC che è necessario implementare nei software per soddisfare i requisiti di scambio dati di un definito processo o attività, descritto nel relativo "manuale per lo scambio di informazioni" (IDM).

Un MVD è un sottoinsieme dello schema IFC che definisce uno scambio di dati per un uso o flusso di lavoro specifico.

Documentare un MVD consente di ripetere lo scambio su vari progetti e piattaforme software, fornendo coerenza e prevedibilità.

Per supportare l'interoperabilità BIM/H-BIM tra le diverse applicazioni software lo schema IFC è progettato per adattarsi a diverse configurazioni e livelli di dettaglio. Poiché IFC è uno schema indipendente dal fornitore software, gli MVD sono incentrati sui dati anziché sulle applicazioni.

Ciò significa che sono i requisiti del flusso di lavoro e di scambio di informazioni con l'utente finale che determinano l'estensione e la forma della vista del modello, e non dipendono da specifiche capacità o limiti dei software disponibili sul mercato. Tuttavia, le specifiche di un MVD dovrebbero influenzare la capacità o esigenze dei software.

3.7.5. CDE (Common Data Environment) o ACDat (Ambiente di Condivisione Dati)

È importante ora definire anche cosa sia il Common Data Environment (**CDE**) o Ambiente di Condivisione Dati (**ACDat**) nella norma UNI 11337-5.

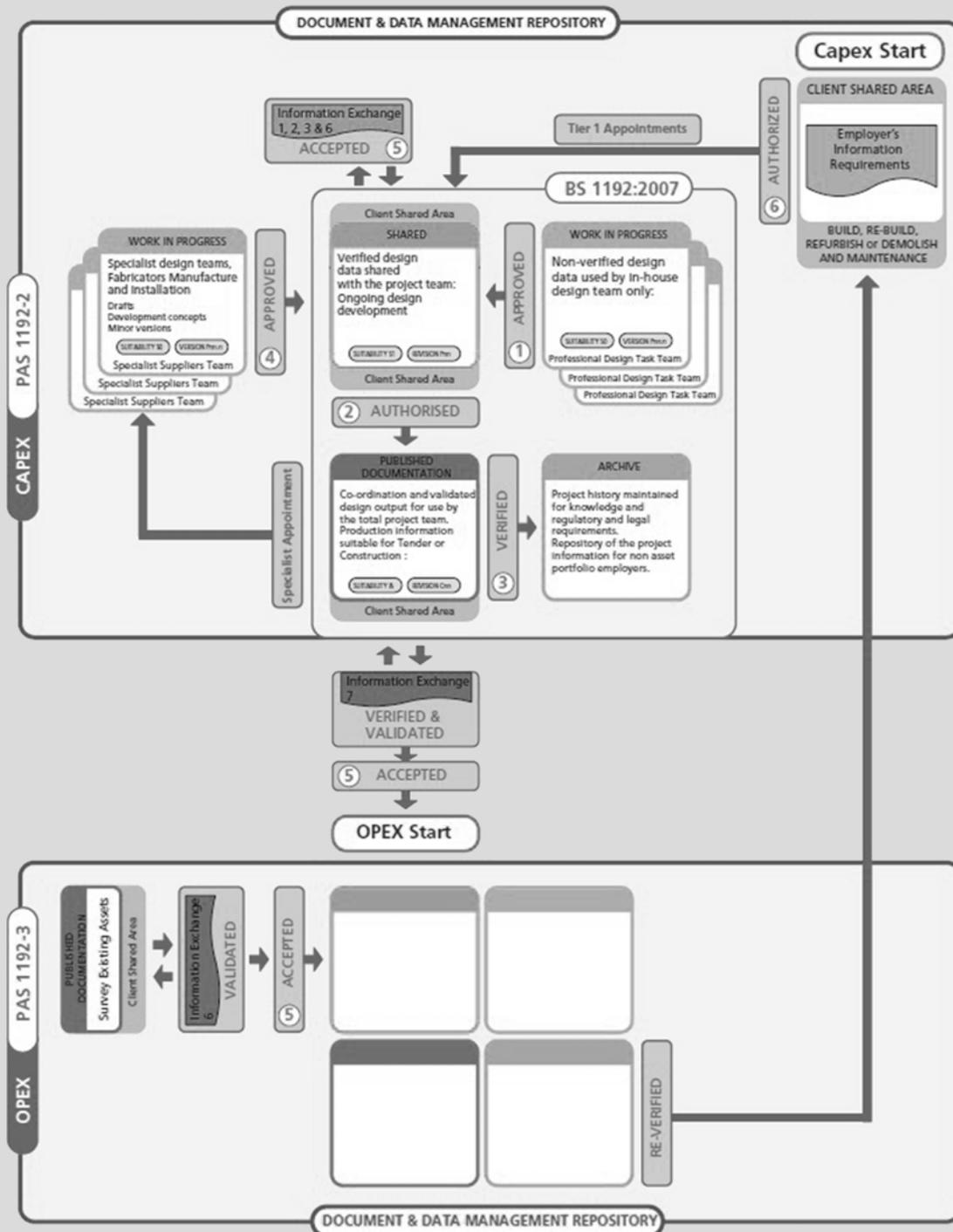
Il CDE è esplicitamente citato nel recente Decreto BIM italiano come piattaforma deputata all'archiviazione, condivisione e gestione dei dati di progetto, e rappresenta uno degli elementi centrali del processo di digitalizzazione del settore delle costruzioni.

Nella normativa inglese il CDE è articolato in quattro aree: Work in Progress, Shared, Published Documentation e Archive, all'interno delle quali si articolano e strutturano i processi di condivisione, verifica, revisione delle informazioni e validazione delle stesse tra i partecipanti al progetto.

Le caratteristiche del CDE vengono riprese e ridefinite nella norma italiana UNI 11337-5, che definisce l'ACDat quale contenitore di tutte le informazioni relative all'opera. Nella norma troviamo inoltre un elenco dettagliato di caratteristiche in termini di accessibilità e limiti connessi alle diverse figure coinvolte nel processo. Vengono inoltre date indicazioni in merito alla tracciabilità dei flussi informativi relativi al progetto, al supporto delle diverse tipologie, ai formati di dati e alla relativa elaborazione, recupero di specifiche informazioni tramite archiviazione e aggiornamento dei dati e anche specifiche di sicurezza e riservatezza dei dati. Nelle due schede seguenti viene riportato il flusso informativo e la piattaforma CDE nella PAS 1192-2, PAS 1192-3 (fig.48 e fig.49) e la successiva rielaborazione della piattaforma ACDat nella UNI 11337-5 (fig.50).

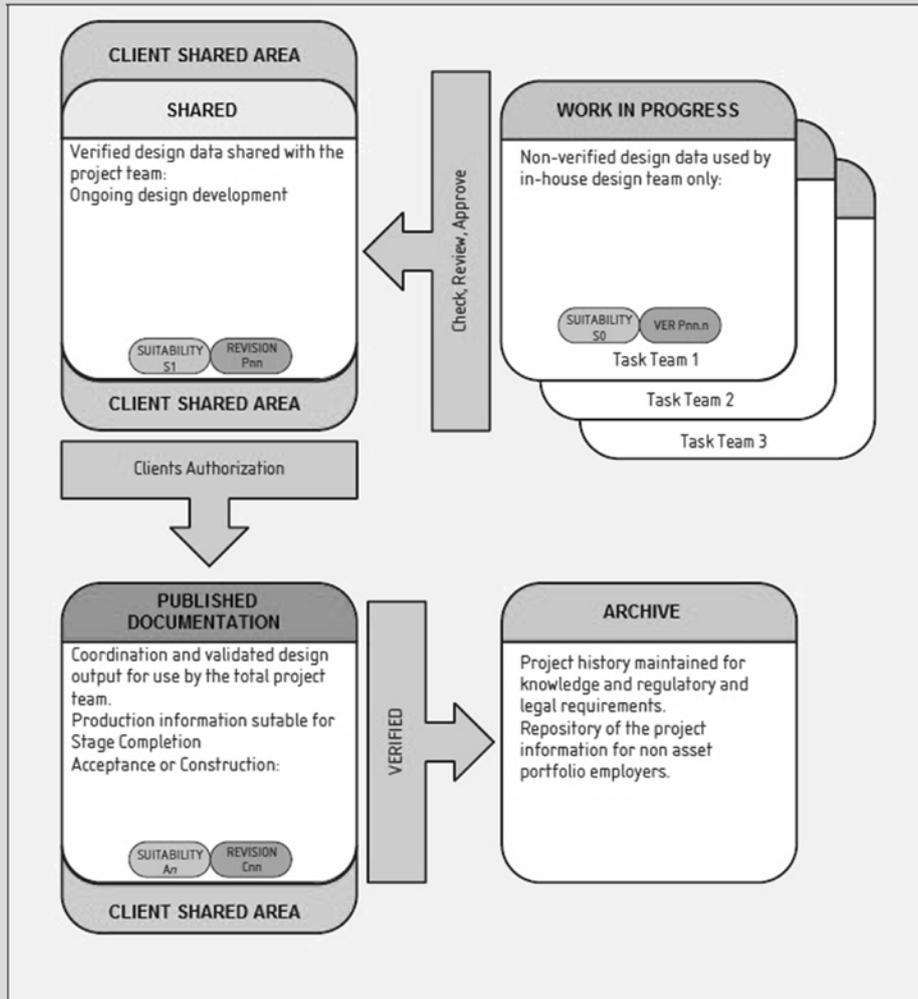


Extending the common data environment (CDE)



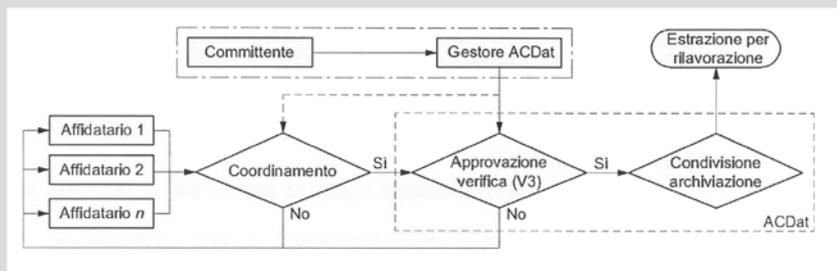
COMMON DATA ENVIRONMENT

Fig.48 - Common data environment secondo le PAS 1192 – 2 e PAS 1192 - 3.



STRUTTURAZIONE ESSENZIALE DEL COMMON DATA ENVIRONMENT

Fig.49 - Strutturazione essenziale del common data environment secondo norma PAS 1192 - 2.



PROCESSO INFORMATIVO DELLE COSTRUZIONI

Fig.50 - Processo informativo delle costruzioni secondo la UNI 11337-5:2017.

Nel Capitolato informativo la stazione appaltante deve precisare i propri requisiti per la gestione informativa dell'intera commessa e dell'ACDat (fig.51), e dovranno essere soddisfatti i seguenti aspetti:

- accessibilità, secondo prestabilite regole, da parte di tutti gli attori coinvolti nel processo;
- tracciabilità e successione storica delle revisioni apportate ai dati contenuti;
- supporto di una vasta gamma di tipologie e di formati e di loro elaborazioni;
- alti flussi di interrogazione e facilità di accesso, ricovero ed estrapolazione di dati (protocolli aperti di scambio dati);
- conservazione e aggiornamento nel tempo;
- garanzia di riservatezza e sicurezza.

La gestione della struttura informatica ACDat deve rimanere in capo alla committenza o direttamente o per il tramite di un proprio incaricato esterno.

Nel Capitolato informativo la stazione appaltante dovrà precisare le modalità del flusso delle informazioni da e verso l'ACDat, ma anche all'interno dello stesso, durante tutti gli stadi e le fasi del processo realizzativo della commessa.

Le UNI non specificano esplicitamente l'organizzazione dell'ACDat pertanto nella pratica si è mutuata la sua strutturazione riportata nella normativa anglossassone, pensando ad ambiente suddiviso nelle seguenti quattro aree:

- Area in lavorazione (ne potrebbero esistere diverse in base alle diverse professionalità);
- Area in condivisione;
- Area in pubblicazione;
- Area in archiviazione.

Nel Capitolato informativo dovranno essere esplicitati anche i criteri di accesso a tali aree.

- Area "in lavorazione" - Ambiente non accessibile a terzi rispetto allo specifico team di lavoro, ma con la possibilità di acquisizione di informazioni da fonti esterne (ACDat esterni, altre aree del ACDat, ecc);
- Area "in condivisione" - Area aperta allo scambio dati, alla visibilità e alla operatività, regolamentata in maniera differenziata verso terzi accreditati
- Area "in pubblicazione" - Area aperta allo scambio dati e alla visibilità, verso terzi accreditati;
- Area "in archiviazione" - Ambiente non accessibile a terzi.

Alla luce di queste informazioni emerge quanto l'utilizzo di formati aperti sia fondamentale per la garanzia della trasparenza e della continuità di conservazione e leggibilità dei dati nel tempo.

È fondamentale avere piena coscienza dell'utilizzo di questi formati e ambienti di condivisione al fine di poterne seguire una loro evoluzione a seconda delle mutabili necessità di mercato.

3.8. Il tema della privacy e della cybersecurity

Privacy, sicurezza dell'informazione e riservatezza del suo utilizzo sono tematiche fondamentali nel settore dell'edilizia. L'avvento della digitalizzazione è conseguentemente accompagnato da una più facile divulgazione dei contenuti e ad una naturale attitudine alla replicabilità e trasmissibilità di dati sensibili.

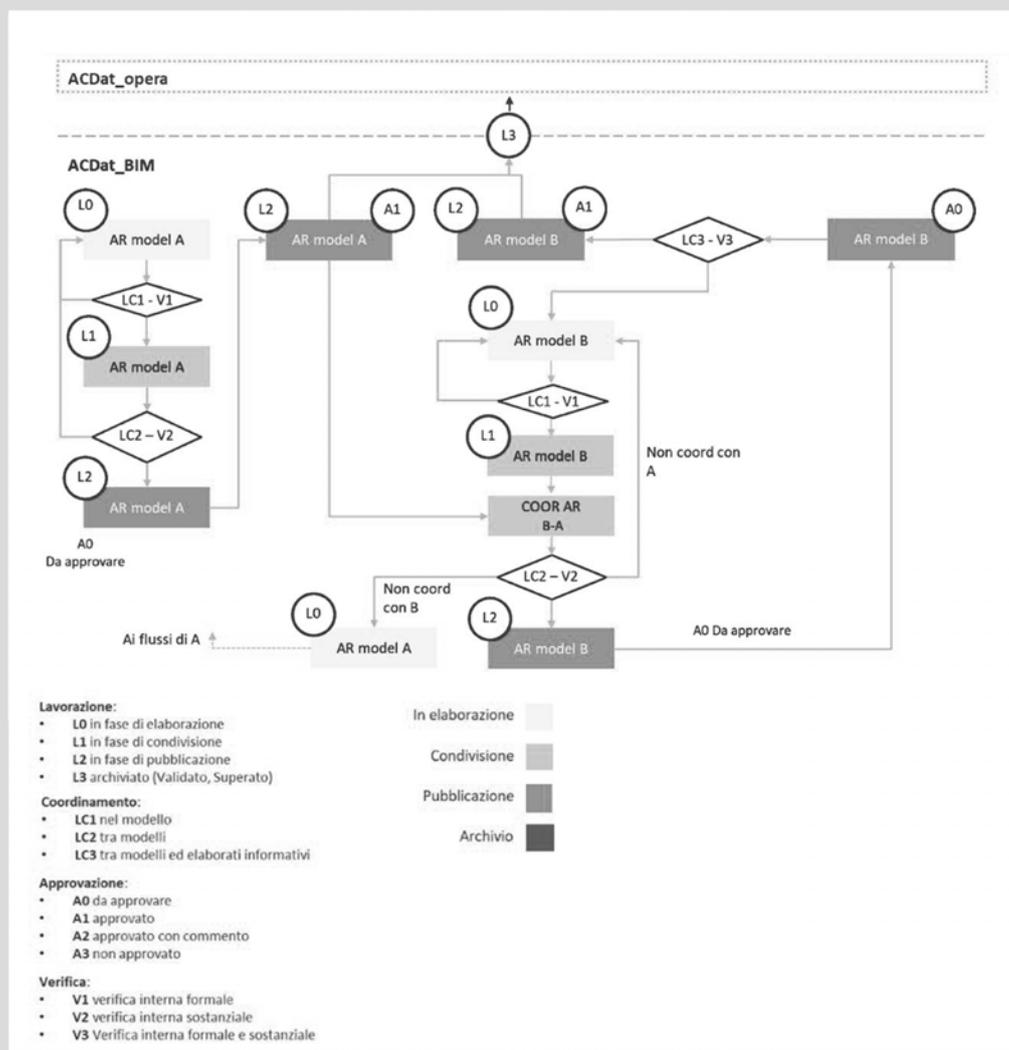
I vantaggi derivanti da processi progettuali caratterizzati da condivisioni su piattaforme cloud sono evidenti, ma è anche evidente come garantire la riservatezza dei dati sia diventato più difficile rispetto a quando si operava con archivi di tipo tradizionale.

In questo paragrafo verranno fatte alcune considerazioni in merito ad aspetti tecnici e le implicazioni operative della sicurezza nella gestione delle informazioni in un processo BIM/H-BIM.

La sicurezza informatica o cybersecurity va oltre alla tecnologia: quando si parla di sicurezza informatica bisogna pensare alle persone, ai processi, a questioni di governance e alle loro interrelazioni.

Questi elementi non propriamente tecnologici sono altrettanto importanti nella valutazione della sicurezza informatica e nella creazione di appropriate soluzioni tecniche. Poiché il BIM/H-BIM implica un'interazione complessa tra governance, persone, processi e tecnologia è importante che tutto il personale coinvolto in un progetto BIM/H-BIM comprenda le implicazioni sulla sicurezza informatica. Una definizione di sicurezza informatica concordata a livello internazionale è: "the collection of tools, policies, security concepts, security safeguards, guidelines, risk management approaches, actions, training, best practices, assurance and technologies that can be used to protect the cyber environment and organisation and users' assets" / "la raccolta di strumenti, criteri, concetti di sicurezza, salvaguardie di sicurezza, linee guida, gestione del rischio approcci, azioni, formazione, migliori pratiche, garanzie e tecnologie che possono essere utilizzate per proteggere il cyber ambiente, organizzazione e risorse degli utenti".

Quando ci riferiamo a "cyber environment" o "cyber ambiente" intendiamo le reti interconnesse di sistemi elettronici, informatici con e senza fili. L'uso diffuso di Internet e della posta elettronica hanno rivoluzionato il modo in cui lavorano le organizzazioni. Con il BIM/H-BIM ci sarà una sempre maggior esposizione delle informazioni, è quindi necessario capire come proteggere le sue informazioni e operazioni nel cyberspazio. Applicando adeguate misure di sicurezza informatica, le organizzazioni cercano di garantire il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza della propria organizzazione e dei propri stakeholder contro i rischi per la sicurezza.



FLUSSO DI RISOLUZIONE (ACDAT O CDE)

Gli obiettivi generali di sicurezza comprendono:

- Riservatezza, compreso il controllo e l'autorizzazione di accesso a informazioni o dati;
- Integrità, che include il funzionamento affidabile di sistemi elettronici e informatici e dei loro software con garanzia e autenticità dei dati o delle informazioni
- Immediata disponibilità di dati, informazioni, sistemi e processi necessari per la sicurezza, protezione e affidabilità progettazione, consegna e funzionamento dell'edificio

Molte aziende e studi professionali cercano di

affrontare queste situazioni di attacco informatico con metodi tradizionali, quali ad esempio l'installazione di antivirus e antimalware, il backup delle informazioni da proteggere, la limitazione degli accessi a queste informazioni.

Quelli appena citati, sono tutti metodi validi per una progettazione "non integrata" e "non interconnessa". Visto che quando si parla di BIM/H-BIM progettazione integrata e interconnessa stanno alle basi del lavoro è necessario individuare nuove strategie.

Ad oggi non sono state ancora pubblicate normative

italiane precisamente rivolte al tema della sicurezza informatica in materia di BIM/H-BIM ma è comunque possibile presentare una panoramica del tema, affrontando alcuni riferimenti normativi AS e ISO.

La norma PAS 1192-5 è stata fortemente voluta dal Centre for the Protection of National Infrastructure (CPNI)²³. Nello specifico la PAS 1192-5: 2015 è una specifica per edifici orientati alla sicurezza della modellazione delle informazioni (BIM), ambienti costruiti in digitale e asset intelligenti di gestione. Descrive in dettaglio l'approccio per applicare appropriate misure per la gestione dei rischi per la sicurezza che interessano le costruzioni.

La norma PAS 1192-5: 2015 specifica i processi destinati ad assistere le organizzazioni nell'identificare ed implementare le misure più appropriate per ridurre i rischi derivanti da perdita o diffusione di dati sensibili. Passo fondamentale di questa norma è l'introduzione di una nuova figura professionale, quella del Built Asset Security Manager, ossia il responsabile dell'adozione delle norme di sicurezza per le informazioni durante tutto il ciclo di vita della costruzione.

La persona che ricopre il ruolo di Built Asset Security Manager (BAS Manager) dovrebbe avere completo controllo sulle operazioni inerenti la sicurezza, ossia comprendere tutta la gamma di potenziali problemi di sicurezza relativi alle attività, relativi ai beni, relativi al personale; dovrebbe essere in grado di identificare la gamma di potenziali minacce per tutto il tempo di vita dell'opera.

Egli deve essere in grado di formulare, raccogliere e valutare potenziali misure per controllare e ridurre al minimo i rischi. Il BAS Manager deve essere in grado di redigere la stesura e l'eventuale revisione del Built Asset Security Management Plan (BASMP) che nel rispetto delle specifiche tecniche di analisi di intervento (riassunte in un altro documento, il Built Asset Security Strategy), porterà alla stesura del Built Asset Security Information Requirements (BASIR), vero e proprio manuale operativo personalizzato per l'intervento specifico e che sarà incluso nel BIM Execution Plan

Ad oggi è anche possibile salvaguardarsi dalle minacce legate alla sicurezza delle informazioni attraverso l'implementazione di un sistema di gestione secondo quello che è lo standard presentato nella norma UNI CEI EN ISO/IEC 27000:2020 che fornisce una visione

di alto livello dei Sistemi di Gestione per la Sicurezza delle Informazioni (SGSI) o Information Security Management System (ISMS).

La UNI CEI EN ISO/IEC 27000:2020, dal titolo Tecnologie informatiche - Tecniche di sicurezza - Sistemi di gestione per la sicurezza delle informazioni - Panoramica e vocabolario è entrata in vigore: 12 giugno 2020, recepisce la EN ISO/IEC 27000:2020 e adotta la ISO/IEC 27000:2018.

La norma fornisce i termini e le definizioni normalmente usati nella famiglia di norme relative ai SGSI. La norma è applicabile a organizzazioni di tutte le tipologie e dimensioni (per esempio aziende commerciali, agenzie governative, organizzazioni senza fini di lucro)

I termini e le definizioni fornite in questo documento - coprono i termini e le definizioni normalmente usate nella famiglia di norme relative agli SGSI; - non coprono tutti i termini e le definizioni applicati nella famiglia di norme relative agli SGSI; - non limitano la famiglia di norme relative agli SGSI nel definire nuovi termini da usare

Lo standard ISO/IEC 27000 inoltre fornisce una visione di alto livello dei SGSI/ISMS, dimostrandone la sua applicabilità a tutti i tipi di realtà organizzative di qualunque dimensione che possono essere soggette ad attacchi informatici o perdite accidentali. Nello standard vengono inoltre definiti i termini e le definizioni di tutte le norme della stessa famiglia, al fine di introdurre al meglio le successive ISO/IEC 27001 e ISO/IEC 27002. Nello specifico la ISO 27001 definisce i requisiti per impostare e gestire un sistema di gestione della sicurezza delle informazioni.

Al paragrafo 2 e 3 della suddetta norma ISO rispettivamente vengono fatti richiami alle norme ISO/IEC 27000 e alla ISO 31000 "Risk Management" e alla definizione di quelle che sono le probabilità che un evento dannoso, attribuibile al sistema informativo, e come possa essere più o meno impattante per l'organizzazione.

Tornando alla ISO 27001 nell'allegato A (Annex A - Reference control objectives and controls) sono indicate una serie di buone regole da seguire per effettuare una corretta valutazione del rischio. Nello specifico nell'allegato A vengono indicate aree di controllo e contromisure.

Ogni area di controllo e contromisura è strutturata in modo da fornire delle indicazioni facilmente perseguibili e applicabili, in modo da costruire il proprio sistema a misura dell'organizzazione.

L'applicazione di un SGSI/ISMS garantisce la riservatezza delle informazioni, l'integrità delle informazioni, la disponibilità delle informazioni, ossia l'accessibilità e la fruizione delle informazioni sarà garantita a chi autorizzato. L'applicazione degli SGSI inoltre comporta la soddisfazione del cliente,

²³ CPNI è l'autorità governativa del Regno Unito che fornisce consulenza sulla sicurezza e protezione ad aziende e organizzazioni in tutta l'Inghilterra. È un ente che mira a ridurre la vulnerabilità delle infrastrutture nazionali al terrorismo e ad altre minacce. CPNI è stata costituita il 1° febbraio 2007 dalla fusione degli organismi National Infrastructure Security Coordination Centre (NISCC) e The National Security Advice Centre (NSAC).

garantendone la sua privacy.

L'utilizzo di SGSI comporterà anche una riduzione al minimo dei rischi e dei danni che comportano non solo la perdita di informazioni, ma anche responsabilità legali e contrattuali nei confronti del cliente e anche una eventuale riduzione dei costi di ripristino successivi ad un incidente di sicurezza.

Le fasi di implementazione di un SGSI sono quelle applicabili ad una struttura organizzativa classica, riassumibile nelle seguenti fasi: 1. impostazione del progetto, con la definizione delle priorità, dei tempi, dei ruoli e delle responsabilità; 2. definizione della politica e del contesto; 3. analisi dell'organizzazione; 4. valutazione del rischio; 5. implementazione.

Regole di buona pratica valide sia per processi BIM, sia per processi H-BIM possono essere:

- Organizzare delle informazioni e responsabilizzare il personale sull'utilizzo dei dispositivi informatici attraverso un piano di formazione e addestramento sulla sicurezza informatica;
- Classificare le informazioni secondo la loro importanza assegnando un adeguato livello di protezione;
- Creare diversi livelli di accesso alle informazioni;
- Eseguire backup frequenti per evitare perdite dei dati;
- Mantenere il controllo su software e hardware

garantendo l'aggiornamento e la manutenzione.

Inoltre, per i processi H-BIM è necessario tener conto della sicurezza dei dati relativi all'accesso agli atti e documenti per consultazione o estrazione della copia depositati presso gli archivi storici. È chiara la forte necessità di introdurre, parallelamente alle piattaforme di modellazione, sistemi atti a garantire adeguati livelli di protezione delle informazioni. È quindi necessario acquisire la consapevolezza che all'aumentare di informazioni, documentazioni e personale coinvolto in un processo saranno anche maggiori i rischi connessi alla protezione dei dati. Il tema della protezione dei dati, della privacy e della cybersecurity diventano quindi materia imprescindibile connessa ai processi di Building Information Modelling e di Heritage/Historic Building Information Modelling. Seppure l'Italia sia ancora in una prima fase iniziale di introduzione di BIM e H-BIM è necessario sin da ora porsi interrogativi su queste materie così vaste. Come già è stato fatto da altri stati anche l'Italia ha bisogno di norme atte a promuovere la consapevolezza di questi temi e di norme atte a regolamentare questi aspetti oggi così importanti. Le procedure, in parte ancora da definire in parte già contenute nelle predette norme vengono trattate nel capitolo seguente.

CAPITOLO 4

4. GESTIONE DEI DATI PER IL PROCESSO

La metodologia H-BIM mira ad indagare il processo edilizio attraverso la memorizzazione delle informazioni spaziali e dei metadati, ma fornisce anche i mezzi per la documentazione dei cambiamenti che le strutture subiscono nel tempo.

L'ambito di applicazione è molto ampio, varia dall'utilizzo come archivio di documentazione digitale, ad essere uno strumento progettuale e di pianificazione della conservazione, sino a diventare strumento di simulazione di costruzione, ristrutturazione e manutenzione.

I modelli H-BIM pertanto rappresentano una vera e propria banca dati, consultabile e implementabile dai diversi attori coinvolti nel processo.

In questo modo è possibile acquisire informazioni e dati da rendere accessibili e modificabili all'interno dei modelli.

In linea generale, quando parliamo di costruzioni esistenti il primo passo da eseguire è il rilievo dell'edificio, che nella quasi totalità dei casi viene realizzato con l'ausilio di strumenti digitali quali laser scanner o macchine fotografiche combinate a software di fotomodellazione, siano esse fotocamere classiche o integrate in un drone.

La combinazione delle diverse tecniche, che possono essere sviluppate singolarmente o combinate in tecniche ibride, permette oggi l'esplorazione del mondo macroscopico e di quello microscopico. Con le

nuvole di punti ottenute con queste strumentazioni è possibile ottenere informazioni di carattere geometrico e colorimetrico, riuscendo così ad avere un modello che definisce lo stato di fatto della struttura da utilizzare come base progettuale o manutentiva dell'opera.

In questo modo si è in grado di controllare costantemente l'aggiornamento di tutte le informazioni che riguardano la struttura e operare in base alle esigenze.

4.1. Quadro conoscitivo

I progetti di intervento sul patrimonio costruito sono definibili come processi continui o discontinui di conoscenze e decisioni che riguardano un bene edilizio lungo tutto il suo intero ciclo di vita e si organizzano in modalità diverse a seconda della prevalenza degli obiettivi e degli interventi idonei a costruirli.

L'implementazione delle strategie di intervento programmate sul patrimonio richiede una fase preliminare di definizione delle conoscenze e degli obiettivi da raggiungere.

L'attività di analisi, monitoraggio, diagnosi delle condizioni del patrimonio edilizio, quindi, riveste una notevole importanza all'interno del processo.

I risultati delle suddette indagini consentono, in primo luogo l'individuazione della tipologia di intervento da eseguire, ovviamente accompagnate alle richieste

della committenza. Sull'edificato costruito, storico o meno, non possono essere ignorate o sottovalutate le valenze di carattere culturale che vanno analizzate e documentate.

La decisione sulle reali possibilità di intervento sugli edifici è da porre in relazione al valore o all'insieme dei valori predominanti in essi riconosciuti o riconoscibili.

Sul patrimonio edificato sarà quindi necessario svolgere tutta una serie di attività analitiche e diagnostiche assolutamente necessarie ad acquisire il grado di conoscenze sufficiente per orientare il progetto

Le analisi e le diagnosi saranno chiaramente declinate in funzione delle caratteristiche e delle condizioni del caso in esame.

Costituiscono attività preliminari la raccolta di informazioni inerenti l'edificio, la loro ordinata catalogazione, eventuali indagini diagnostiche strumentali finalizzate alla conoscenza, interpretazione e valutazione dello stato di conservazione, delle condizioni di funzionamento e delle prestazioni relative all'edificio o di sue parti e il rilievo geometrico

Come riferimento vengono riportate le definizioni di attività informative, attività prediagnostiche, attività di rilievo e attività diagnostiche della UNI 11150-3:2005.

Le attività di progetto e di intervento sul costruito, in relazione agli obiettivi che si propongono, sono

a. Interventi di manutenzione ordinaria - Gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti

b. Interventi di manutenzione straordinaria - Le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino la volumetria complessiva degli edifici e non comportino mutamenti urbanisticamente rilevanti delle destinazioni d'uso implicanti incremento del carico urbanistico. Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono ricompresi anche quelli consistenti nel frazionamento o accorpamento delle unità immobiliari con esecuzione di opere anche se comportanti la variazione delle superfici delle singole unità immobiliari nonché del carico urbanistico purché non sia modificata la volumetria complessiva degli edifici e si mantenga l'originaria destinazione d'uso.

Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono comprese anche le modifiche ai prospetti degli edifici legittimamente realizzati necessarie per mantenere o acquisire l'agibilità dell'edificio ovvero per l'accesso allo stesso, che non



UNI 11150-3:2005 QUALIFICAZIONE E CONTROLLO DEL PROGETTO EDILIZIO PER GLI INTERVENTI SUL COSTRUITO.
PARTE 3: ATTIVITÀ ANALITICHE AI FINI DEGLI INTERVENTI SUL COSTRUITO

Attività informative	Raccolta, selezione critica e organizzazione finalizzata di informazioni e documenti relativi al bene edilizio e al suo contesto.
Attività prediagnostiche	Insieme delle attività finalizzate a raccogliere indicazioni preliminari sulle condizioni tecniche di un bene edilizio o delle sue parti, mediante prime valutazioni delle prestazioni in essere e delle condizioni di degrado (con osservazioni prevalentemente visive). Tali valutazioni consentono di orientare il tipo di intervento e/o le decisioni in merito alla destinazione d'uso ed inoltre di organizzare le successive attività diagnostiche.
Attività di rilievo	Operazioni finalizzate alla conoscenza dei dati dimensionali e delle configurazioni geometriche, alla descrizione dei materiali e delle tecniche costruttive dei beni edilizi.
Attività diagnostiche	Insieme delle attività finalizzate alla conoscenza, all'interpretazione e alla valutazione delle condizioni di degrado e/o patologia, delle condizioni di funzionamento e delle prestazioni in essere del bene edilizio e delle sue parti al fine di orientare il progetto. Esse si avvalgono di osservazioni a carattere strumentale e possono comprendere il prelievo di campioni e il loro esame in laboratorio.

DEFINIZIONI DI ATTIVITÀ INFORMATIVE, ATTIVITÀ PREDIAGNOSTICHE, ATTIVITÀ DI RILIEVO E ATTIVITÀ DIAGNOSTICHE

classificate nel DPR 380/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. A seguito verranno riportati i principali interventi, classificati secondo la normativa aggiornata al 2020. All'art. 3 troviamo le definizioni degli interventi edilizi:

pregiudichino il decoro architettonico dell'edificio purché l'intervento risulti conforme alla vigente disciplina urbanistica ed edilizia e non abbia ad oggetto immobili sottoposti a tutela ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42;

c. Interventi di restauro e di risanamento conservativo - Gli interventi edilizi rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano anche il mutamento delle destinazioni d'uso purché con tali elementi compatibili, nonché conformi a quelle previste dallo strumento urbanistico generale e dai relativi piani attuativi. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio;

d. Interventi di ristrutturazione edilizia - Gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti. Nell'ambito degli interventi di ristrutturazione edilizia sono ricompresi altresì gli interventi di demolizione e ricostruzione di edifici esistenti con diversa sagoma, prospetti, sedime e caratteristiche planivolumetriche e tipologiche, con le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica, per l'applicazione della normativa sull'accessibilità, per l'installazione di impianti tecnologici e per l'efficientamento energetico. L'intervento può prevedere altresì, nei soli casi espressamente previsti dalla legislazione vigente o dagli strumenti urbanistici comunali, incrementi di volumetria anche per promuovere interventi di rigenerazione urbana. Costituiscono inoltre ristrutturazione edilizia gli interventi volti al ripristino di edifici, o parti di essi, eventualmente crollati o demoliti, attraverso la loro ricostruzione, purché sia possibile accertarne la preesistente consistenza. Rimane fermo che, con riferimento agli immobili sottoposti a tutela ai sensi del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, nonché, fatte salve le previsioni legislative e degli strumenti urbanistici, a quelli ubicati nelle zone omogenee A di cui al decreto del Ministro per i lavori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444, o in zone a queste assimilabili in base alla normativa regionale e ai piani urbanistici comunali, nei centri e nuclei storici consolidati e negli ulteriori ambiti di particolare pregio storico e architettonico, gli interventi di demolizione e ricostruzione e gli interventi di ripristino di edifici crollati o demoliti costituiscono interventi di ristrutturazione edilizia soltanto ove siano mantenuti sagoma, prospetti, sedime e caratteristiche planivolumetriche e tipologiche dell'edificio preesistente

e non siano previsti incrementi di volumetria;

e. Interventi di nuova costruzione - Quelli di trasformazione edilizia e urbanistica del territorio non rientranti nelle categorie definite alle lettere precedenti. Sono comunque da considerarsi tali: e.1) la costruzione di manufatti edilizi fuori terra o interrati, ovvero l'ampliamento di quelli esistenti all'esterno della sagoma esistente, fermo restando, per gli interventi pertinenziali, quanto previsto alla lettera e.6); e.2) gli interventi di urbanizzazione primaria e secondaria realizzati da soggetti diversi dal comune; e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo ineditato; e.4) l'installazione di torri e tralicci per impianti radio-ricetrasmittenti e di ripetitori per i servizi di telecomunicazione; e.5) l'installazione di manufatti leggeri, anche prefabbricati, e di strutture di qualsiasi genere, quali roulotte, camper, case mobili, imbarcazioni, che siano utilizzati come abitazioni, ambienti di lavoro, oppure come depositi, magazzini e simili, ad eccezione di quelli che siano diretti a soddisfare esigenze meramente temporanee o delle tende e delle unità abitative mobili con meccanismi di rotazione in funzione, e loro pertinenze e accessori, che siano collocate, anche in via continuativa, in strutture ricettive all'aperto per la sosta e il soggiorno dei turisti previamente autorizzate sotto il profilo urbanistico, edilizio e, ove previsto, paesaggistico, che non posseggano alcun collegamento di natura permanente al terreno e presentino le caratteristiche dimensionali e tecnico-costruttive previste dalle normative regionali di settore ove esistenti; e.6) gli interventi pertinenziali che le norme tecniche degli strumenti urbanistici, in relazione alla zonizzazione e al pregio ambientale e paesaggistico delle aree, qualificano come interventi di nuova costruzione, ovvero che comportino la realizzazione di un volume superiore al 20% del volume dell'edificio principale; e.7) la realizzazione di depositi di merci o di materiali, la realizzazione di impianti per attività produttive all'aperto ove comportino l'esecuzione di lavori cui consegua la trasformazione permanente del suolo ineditato; f) gli "interventi di ristrutturazione urbanistica", quelli rivolti a sostituire l'esistente tessuto urbanistico-edilizio con altro diverso, mediante un insieme sistematico di interventi edilizi, anche con la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati e della rete stradale. 2. Le definizioni di cui al comma 1 prevalgono sulle disposizioni degli strumenti urbanistici generali e dei regolamenti edilizi. Resta ferma la definizione di restauro prevista dall'articolo 34 del decreto legislativo 29 ottobre 1999, n. 490. Ovviamente nel caso di nuove costruzioni si fa riferimento al workflow BIM, ma per completezza di informazioni rispetto all'art. 3 del DPR 380/2001 si è riportata anche la definizione di nuova costruzione

4.2. Acquisizione dei dati per la generazione della nuvola di punti

4.2.1. Fotomodellazione per la generazione del modello H-BIM

La tecnica di fotomodellazione costituisce una soluzione utile e rapida che permette di ricostruire le scene reali a partire da fotografie e da alcune misure base per la messa in scala, essa fornisce solide fondamenta del sistema rappresentativo, cogliendone l'essenza e mostrandone i significati

Applicata all'architettura, essa costituisce una soluzione efficace per documentare lo stato degli edifici esistenti, fornendo agli specialisti elementi necessari per il loro studio o elaborare dei supporti per la diffusione e la valorizzazione destinati al grande pubblico.

In particolare, i più recenti software consentono di restituire immagini tridimensionali partendo da fotografi scattate con camere digitali commerciali finché telefoni cellulari, ottenendo risultati paragonabili a quelli ottenuti mediante l'uso di apparecchiature più costose e sofisticate come quelle di telerilevamento con sensori attivi o i laser scanner.

La fotografia, fin dalla sua invenzione è stata considerata un supporto privilegiato per interpretare la forma, le proporzioni ed altri elementi che compongono l'oggetto architettonico.

Nel tempo, e con l'avvento del computer, sono emerse tecniche sempre più sofisticate per l'utilizzo della fotografia definibile "documentaria" al fine di ottenere rappresentazioni dell'oggetto, sia bidimensionali sia tridimensionali in scala.

La tecnica di fotomodellazione applicata all'architettura permette di acquisire informazioni con precisione, velocità e realismo, fino ad oggi impensabili con l'impiego di tecniche di rilievo tradizionali.

Con le nuove tecniche di fotomodellazione è possibile ottenere modelli aderenti alla realtà, in particolare nella rappresentazione dei dettagli e delle tessiture delle superfici; questo permette di ottenere informazioni più complete della forma restituendo i caratteri che compongono il costruito e che ci consentono attraverso il disegno, di comprendere meglio l'architettura, almeno del suo aspetto esteriore.

La fotomodellazione indaga la conformazione morfologica e geometrica solamente in riferimento all'esterno dell'edificio, senza fornire informazioni aggiuntive sulle stratigrafie delle strutture

Essendo la fotogrammetria l'insieme di tutti i procedimenti analitici, grafici, ottici e digitali mediante i quali è possibile ricostruire un modello dell'oggetto stesso o determinate sue proiezioni, è importante individuare il workflow .

Distillando il processo della fotomodellazione si possono individuare tre fasi attraverso le quali viene restituito il modello: acquisizione della geometria attraverso l'identificazione delle sue coordinate spaziali, la ricostruzione tridimensionale e la restituzione dei colori e delle tessiture delle superfici

Tutte queste fasi sono fortemente influenzate dalla strategia di presa fotografica della campagna di rilievo e dalla qualità delle fotografie

Le tecniche di ripresa fotografica sono differenti per l'acquisizione esaustiva dei caratteri morfologici degli edifici o degli elementi che lo compongono

Aspetti molto importanti per la scelta della fotocamera per la fotomodellazione sono il controllo della ripresa, l'obiettivo, l'esposizione che dipende dall'apertura e dalla velocità di otturazione, il bilanciamento dei bianchi in funzione del tipo d'illuminazione della scena e la sensibilità legata al sensore, nitidezza della foto, la messa a fuoco, la velocità di otturazione, contrasto, illuminazione degli edifici e il formato dei files di acquisizione delle immagini.

La cosa più importante, per ottenere un modello H-BIM di alta qualità mediante la tecnica della fotomodellazione, è fare un buon set fotografico fin da subito, tenendo presente diversi fattori che possono influire negativamente o positivamente sulla buona riuscita dei calcoli successivi.

Questi fattori sono: la posizione, l'angolazione dell'asse focale rispetto alla superficie che si sta catturando, la quantità e la qualità delle fotografie, le condizioni di illuminazione, le caratteristiche superficiali dell'oggetto Per acquisire una serie di fotografie utili ed esaustive per la fotomodellazione è necessario ricorrere a varie tecniche di rilievo fotografico

Queste dipendono da vari fattori quali la scala scelta per la creazione del modello H-BIM, il suo contesto, la sua complessità geometrica, ed in particolare da tutte le occlusioni, fisse o mobili che si incontrano da ogni punto di vista.

Particolare importanza assume il termine "scala" del modello H-BIM. Quando parliamo di "scala" in riferimento ad un modello H-BIM, non dobbiamo più fare riferimento alle canoniche scale di rappresentazione (1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, e via dicendo) ma dobbiamo fare riferimento ai già citati LOD (Level of Development - livello di sviluppo).

Come precedentemente anticipato i LOD, si suddividono in Lod (level of detail - livello di dettaglio) e Loi (level of information - livello di informazione). Quando si pianifica la campagna di fotomodellazione sarà necessario fare riferimento al Lod, quindi al livello di dettaglio geometrico con cui intendo rappresentare l'oggetto. Riferimenti specifici in materia di Loi è possibile trovarli nella UNI337-4 (cfr. paragrafo 3.3 La normativa nazionale).

Ovviamente gli usi del modello relazionati agli obiettivi che dipendono dalla fase in cui si sta operando caratterizzano i livelli di sviluppo che gli oggetti devono raggiungere. Nella figura seguente (UNI11337-4) (fig.52) viene schematizzato il processo degli usi e degli obiettivi del modello. Il processo è descrivibile secondo una successione precisa: identificazione della fase in cui è al dato momento il processo; conseguente definizione di usi e gli obiettivi del modello; definizione degli oggetti che vanno a comporre il modello nello specifico in funzione degli obiettivi e degli usi previsti; definizione dei LOD. È quindi necessario eseguire una traduzione tra “fase del progetto” e “LOD” corrispondente.

È quindi chiara l'esigenza di definire con precisione lo “stato di lavorazione” in cui ci stiamo muovendo all'interno del processo in modo da individuare il LOD di riferimento da applicare. In merito a questo la norma UNI11337-4 introduce concetti importanti: lo stato di lavorazione e lo stato di approvazione dei modelli e degli elaborati, per consentire un consapevole utilizzo

informativo, pur se considerato completo per alcune discipline, non lo è per tutte e quindi potenzialmente ancora oggetto di evoluzioni e modifiche

- L2 – in fase di pubblicazione. Il contenuto informativo è definitivo e, pur se suscettibile ancora di revisioni, nessuno degli attori dovrebbe avere necessità/interesse ad apportare nuove modifiche
- L3 – in fase di archiviazione. Può distinguersi ulteriormente:
 - L3.V – archiviato ma ancora “valido”
 - L3.S – archiviato ma “superato”

Anche per lo stato di approvazione, esito dell'analogo processo conclusivo di ciascuna fase, sono definiti 4 livelli:

- A0 - da approvare. In tal caso il contenuto informativo non ha ancora affrontato il processo di approvazione.
- A1 - approvato. Il contenuto informativo ha subito il processo di approvazione con esito positivo.
- A2 - approvato con commento. Pur avendo superato il processo di approvazione sono state

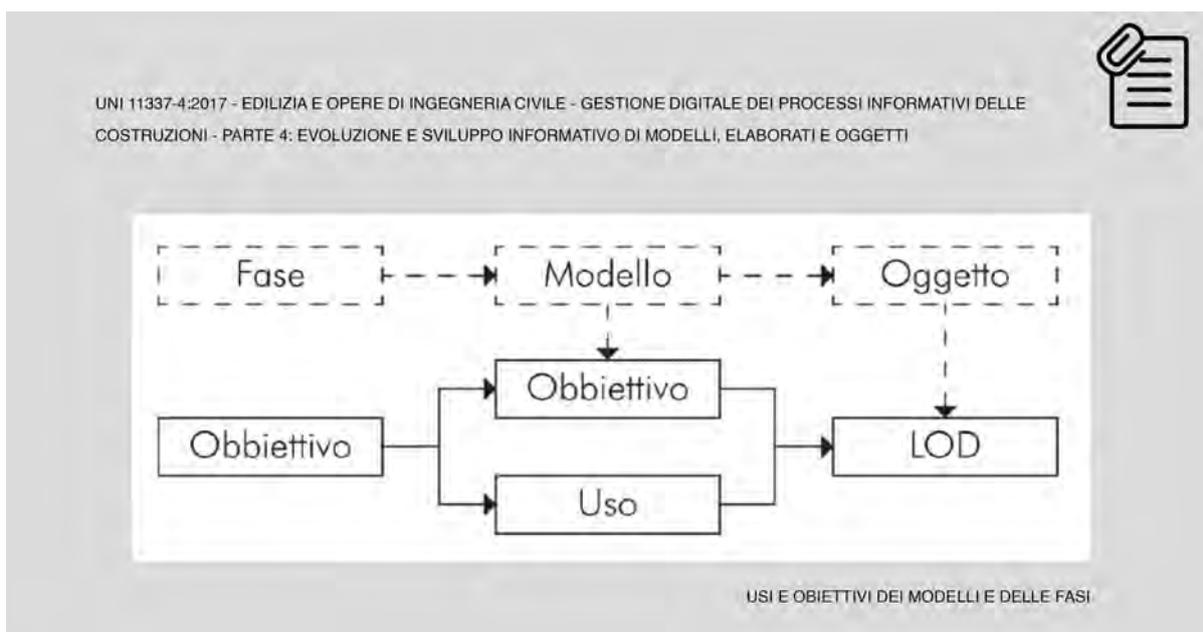


Fig.52 - Usi e obiettivi dei modelli e delle fasi secondo la UNI 11337-4:2017.

dei dati e delle informazioni scambiate tra gli attori del processo. Lo stato di lavorazione definisce il grado di progressione operativo, lo stato di approvazione il grado di affidabilità formale del contenuto informativo. Relativamente allo stato di lavorazione, vengono definiti quattro livelli

- L0 – in fase di elaborazione/aggiornamento. Il contenuto informativo si trova ancora in fase di “lavorazione” da parte del team di sviluppo specifico quindi non è ancora disponibile agli altri operatori.
- L1 – in fase di condivisione. Il contenuto

riscontrate inadeguatezze tali da richiedere obbligatoriamente interventi puntuali per l'utilizzabilità ai fini previsti

- A3 - Non approvato. Il processo di approvazione ha avuto esito negativo, richiedendo una rilavorazione profonda del contenuto informativo.

Ovviamente la definizione del LOD sarà imprescindibilmente connessa all'iter di progettazione. Facendo particolare riferimento all'iter di progettazione delle opere pubbliche non è possibile non considerare il fatto che la progettazione sia sottoposta al rispetto

dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) e al workflow di lavoro che vede nella progettazione un preciso iter operativo costituito da fasi successive: progetto di fattibilità, progetto definitivo, progetto esecutivo

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo, volti a individuare le migliori soluzioni progettuali ambientali lungo l'intero ciclo di vita dell'opera. I CAM sono definiti nell'ambito di quanto stabilito dal Piano per la sostenibilità ambientale dei consumi del settore della pubblica amministrazione e sono adottati con Decreto del Ministro dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del mare. Nello specifico in Italia, l'efficacia dei CAM è stata assicurata grazie all'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del già noto D.lgs. 50/2016 "Codice degli appalti", che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione dei CAM da parte di tutte le stazioni appaltanti.

Per quanto riguarda invece i livelli di progettazione vengono definiti con precisione all'art. 23 (Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi) del D.lgs 50/2016 (riportato nelle pagine da 61 a 64).

Il processo edilizio che definisce un'opera, ancora di più quando parliamo di opera pubblica, è distinto da una serie di successive di fasi caratterizzate da verifiche ed approfondimenti tecnici progressivi, di cui la progettazione rappresenta il momento iniziale dell'iter.

Dopo la fase progettuale si passa all'affidamento dell'appalto, all'apertura del cantiere, all'avvio all'esecuzione dei lavori prevista nel cronoprogramma, alla conclusione dei lavori, prevista consegna di certificato di collaudo, fino alla messa in funzione dell'intervento (fig.53)

La progettazione, ossia la fase in cui vengono individuate le caratteristiche ed il contenuto dell'opera, in materia di lavori pubblici si articola, come anticipato, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici e di dettaglio:

1. progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare);
2. progetto definitivo
3. progetto esecutivo.

Per entrare nel dettaglio e capire nello specifico di quali

elaborati grafici compongono ogni tipologia di progetto e di conseguenza individuare il LOD adeguato occorre fare riferimento al DPR 207/2010 (Regolamento Appalti del vecchio codice del 2006), in quanto, ad oggi, il tanto atteso decreto attuativo del Nuovo Codice Appalti, ad opera del MIT, non è ancora arrivato e ancora non è chiaro se farà esplicito riferimento ai LOD.

In attesa del nuovo Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti continuano ad applicarsi le disposizioni di cui alla parte II, titolo II, capo I, nonché gli allegati o le parti di allegati ivi richiamate, del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 ("Regolamento Appalti"). I tre livelli (progetto di fattibilità – ex preliminare, progetto definitivo e progetto esecutivo) rappresentano gli step verso la definizione di un progetto via via più ricco di informazioni e dettagli (fig.54)

Al termine del paragrafo verranno riportate le definizioni dei tre livelli di progettazione secondo il DPR 207/2010. A questo punto definiti i Lod (cfr. paragrafo 3.4 Analisi degli standard e protocolli attuali) e ricordate le definizioni di progetto di fattibilità, definitivo, esecutivo possiamo fare le seguenti considerazioni.

Nonostante non ci sia ancora un riferimento normativo chiaro si può pensare che nel futuro quadro normativo la corrispondenza tra livello progettuale e Lod sia la seguente (Fig.55).

Noto questo, è conseguente immaginare che maggiore sia il livello di precisione della nostra nuvola di punti più facile sarà costruire elementi con dettaglio tale da accompagnare il progetto fino alla fase di AS BUILT, coincidente con il livello di LOD 500.

Ci sono diversi parametri utili alla definizione della qualità della nuvola di punti prodotta da laser scanner, tra i principali: la portata, ossia la massima distanza che lo scanner è in grado di misurare, la velocità, ossia il numero di punti acquisiti in ogni secondo; l'accuratezza, cioè il grado di conformità di una quantità misurata rispetto al valore reale e la precisione, corrispondente alla capacità dello strumento di restituire lo stesso valore in successive misurazioni.

Essendo la fotomodellazione un metodo per ricostruire in tre dimensioni l'elemento fotografato, la ripresa fotografica deve tenere conto dell'insieme delle pose in modo tale da misurarne e arricchirne la geometria ricostruita. Questo comporta di effettuare una scelta



Fig.53 - Processo edilizio.



Fig.54 - Le fasi della progettazione.

opportuna in fase di calibrazione e orientamento della fotocamera.

Per ogni punto da rilevare è necessario che vi sia almeno la presa fotografica da due posizioni differenti ed eseguita preferibilmente con la stessa macchina e la stessa distanza focale.

È anche bene che l'oggetto da rilevare sia presente nella sua interezza su ogni foto ed inquadrato per occupare la massima porzione del frame; in questo modo si avrà una maggiore precisione nell'elaborazione dei dati. Questo vincolo obbliga normalmente a privilegiare dei punti di vista orientati in maniera obliqua rispetto ai

piani dominanti dell'edificio

Ciò permette anche di recuperare informazioni identificando punti omologhi su diversi livelli di profondità. Il caso ideale è quello quindi di acquisire le immagini girando attorno all'asse verticale che passa per il baricentro dell'oggetto.

Ovviamente per un edificio non è sempre possibile eseguire le fotografie in questo modo per varie occlusioni ed impedimenti come la presenza di ostacoli fissi o mobili e la difficoltà di arretramento mantenere la distanza di presa ed inquadrare l'intero fabbricato.

Inoltre, sarebbero necessarie prese dall'alto in modo tale da descrivere compiutamente anche la copertura del fabbricato.

Ciò è pressoché impossibile senza l'ausilio di un drone dotato di fotocamera.

La complessità morfologica dell'oggetto complica ulteriormente la fase di ripresa in quanto per cogliere tutti i punti di dello stesso è necessario articolare la ripresa su più piani fra cui alcuni dominanti.

La definizione di questi piani aiuta alla determinazione del numero di scatti fotografici da eseguire oltre che al loro orientamento e posizione.

Ogni piano dominante deve disporre di almeno una coppia di fotografie oblique rispetto ad esso. Altresì per cogliere la texture di una superficie è opportuno che l'asse di collimazione fotografica sia il più perpendicolare alla superficie da mappare

Vi è da dire che rispetto al tipo di oggetto da restituire e alle finalità di rappresentazione da raggiungere possono esse utilizzate tecniche diverse combinate e/o integrate.

Attualmente i software in commercio, utili alla fotomodellazione, sono ARC3D, iWitnessPRO, LiMapper, MicMac, MeshLab, Meshroom, Multi-View Environment, Regard3D, Zephyr. Tra questi spicca Metashape di Agisoft. Agisoft Metashape è un software che opera tramite il riconoscimento automatico di punti

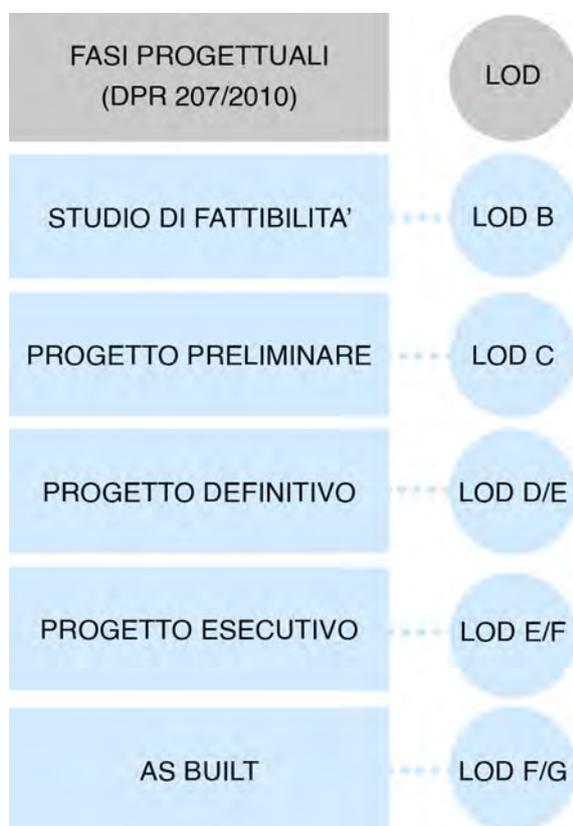


Fig.55 - Fasi progettuali vs. Lod.

omologhi caratteristici nelle varie fotografie riconosciuti tramite algoritmi informatici di visione artificiale. Con algoritmi di costruzione prospettica inversa, photos alignment, allinea le fotografie le une con le altre producendo dapprima una nuvola di punti (sparse cloud, nuvola sparsa), una volta allineato l'intero set e distribuito l'errore produce una nuvola di punti più fitta

dense cloud building (nuvola densa) tramite le formule classiche di stereofotogrammetria. Interpolando i punti della nuvola densa produce una superficie tridimensionale (mesh building), sulla quale proietta le fotografie miscelandole una con l'altra generando così la texture completa (texture building) (fig.56)



Fig.56 - Fasi della fotomodellazione.



Il progetto preliminare (che con nuovo codice degli appalti prende il nome di progetto di fattibilità tecnica ed economica) oltre agli elaborati tradizionali, accorpa in sé il progetto di fattibilità, tutti gli studi e ricerche geologiche, idrogeologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche, sismiche, storiche, paesaggistiche ed urbanistiche necessarie ai fini di una progettazione critica attenta e consapevole. Il progetto di fattibilità tecnica ed economica individua, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire. Il progettista nel progetto di fattibilità tecnica ed economica sviluppa tutte le indagini e gli studi necessari per la definizione degli aspetti fondamentali, nonché gli elaborati grafici per l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare e le relative stime economiche, secondo le modalità previste nel regolamento, ivi compresa la scelta in merito alla possibile suddivisione in lotti funzionali.

Il progetto preliminare stabilisce i profili e le caratteristiche maggiormente determinanti per la realizzazione degli elaborati dei successivi livelli di progettazione, in funzione delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento.

L'art. 17 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010), definisce nello specifico la lista dei documenti minimi, elaborati grafici e descrittivi che compongono il progetto di fattibilità tecnico ed economica. Salvo diverse comunicazioni del responsabile del procedimento (RUP) i documenti previsti per il progetto preliminare sono:

- relazione illustrativa;
- relazione tecnica;
- studio di prefattibilità ambientale;
- studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari – quali quelle storiche archeologiche ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche e sulle interferenze e relative relazioni ed elaborati grafici;
- planimetria generale e elaborati grafici;
- prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza.

Quello che nello specifico interessa, per eseguire un parallelo con i lod – level of detail, è proprio l'aspetto connesso agli elaborati grafici, che devono essere redatti in scala opportuna e debitamente quotati, sono costituiti salva diversa motivata determinazione del responsabile del procedimento e sono indicati all'art. 21 come segue:

1. Gli elaborati grafici, redatti in scala opportuna e debitamente quotati, con le necessarie differenziazioni in relazione alla dimensione, alla categoria e alla tipologia dell'intervento, e tenendo conto della necessità di includere le misure e gli interventi di compensazione ambientale e degli eventuali interventi di ripristino, riqualificazione e miglioramento ambientale e paesaggistico, con la stima dei relativi costi, sono costituiti salva diversa motivata determinazione del responsabile del procedimento in conformità di quanto disposto dall'articolo 93, comma 2, del codice:
 - a) per opere e lavori puntuali:
 - 1) dallo stralcio degli strumenti di pianificazione territoriale e di tutela ambientale e paesaggistica, nonché degli strumenti urbanistici generali ed attuativi vigenti, sui quali sono indicate la localizzazione dell'intervento da realizzare e le eventuali altre localizzazioni esaminate;
 - 2) dalle planimetrie con le indicazioni delle curve di livello in scala non inferiore a 1:2.000, sulle quali sono riportati separatamente le opere ed i lavori da realizzare e le altre eventuali ipotesi progettuali esaminate;
 - 3) dagli elaborati relativi alle indagini e studi preliminari, in scala adeguata alle dimensioni dell'opera in progettazione:
 - carta e sezioni geologiche;
 - sezioni e profili geotecnici;
 - carta archeologica;
 - planimetria delle interferenze;
 - planimetrie catastali;
 - planimetria ubicativa dei siti di cava e di deposito.
 - 4) dagli schemi grafici e sezioni schematiche nel numero, nell'articolazione e nelle scale necessarie a permettere l'individuazione di massima di tutte le caratteristiche spaziali, tipologiche, funzionali e tecnologiche delle opere e dei lavori da realizzare, integrati da tabelle relative ai parametri da rispettare;
 - b) per opere e lavori a rete:
 - 1) dalla corografia generale di inquadramento dell'opera in scala non inferiore a 1:100.000;
 - 2) dalla corografia contenente l'indicazione dell'andamento planimetrico dei tracciati esaminati con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, in scala non inferiore a 1:25.000;
 - 3) dallo stralcio degli strumenti di pianificazione territoriale e di tutela ambientale e paesaggistica, nonché degli strumenti urbanistici generali ed attuativi vigenti, sui quali sono indicati i tracciati esaminati;
 - 4) dalle planimetrie con le indicazioni delle curve di livello, in scala non inferiore a 1:10.000, sulle quali sono riportati separatamente i tracciati esaminati;
 - 5) dalle planimetrie su foto mosaico, in scala non inferiore a 1:10.000, sulle quali sono riportati separatamente i tracciati esaminati;
 - 6) dai profili longitudinali altimetrici dei tracciati esaminati in scala non inferiore a 1:10.000/1000;
 - 7) dagli elaborati relativi alle indagini e studi preliminari, ed in particolare:
 - carta e sezioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche in scala non inferiore a 1:10.000/1000;
 - planimetria idraulica in scala non inferiore a 1:10.000;
 - sezioni geotecniche con indicazione delle unità stratigrafiche omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, delle principali grandezze fisiche e proprietà indice, nonché del regime delle pressioni interstiziali nel volume significativamente interessato dall'opera in scala non inferiore a 1:5.000/500;
 - carta archeologica in scala non inferiore a 1:25.000;
 - planimetria delle interferenze in scala non inferiore a 1:10.000;
 - corografia in scala non inferiore a 1:25.000 con l'ubicazione dei siti di cava e di deposito;
 - planimetria dei siti di cava e di deposito in scala non inferiore a 1:10.000;
 - sistemazione tipo aree di deposito.
 - 8) dalle planimetrie con le indicazioni delle curve di livello, in scala non inferiore a 1:5.000, per il tracciato selezionato; la scala non dovrà essere inferiore a 1:2.000 per le tratte in area urbana. La planimetria dovrà contenere una rappresentazione del corpo stradale, ferroviario o idraulico e degli sviluppi di tutti gli assi di progetto, calcolati in base alle caratteristiche geometriche assunte. Dovranno essere rappresentate le caratteristiche geometriche del tracciato e le opere d'arte principali;
 - 9) dalle planimetrie su foto mosaico, in scala non inferiore a 1:5.000, del tracciato selezionato;
 - 10) dai profili longitudinali altimetrici delle opere e dei lavori da realizzare in scala non inferiore a 1:5.000/500, contenenti l'indicazione di tutte le opere d'arte previste, le intersezioni con reti di trasporto, di servizi e/o idrologiche, le caratteristiche geometriche del tracciato; per le tratte in area urbana la scala non dovrà essere inferiore a 1:2000/200;
 - 11) da sezioni tipo idriche, stradali, ferroviarie e simili in scala non inferiore ad 1:200 nonché uguali sezioni per le eventuali altre ipotesi progettuali esaminate;
 - 12) da sezioni trasversali correnti, in numero adeguato per una corretta valutazione preliminare delle quantità da utilizzare nella quantificazione dei costi dell'opera;
 - 13) da elaborati che consentano, mediante piante, prospetti e sezioni in scala adeguata, la definizione di tutti i manufatti speciali che l'intervento richiede;
 - 14) da elaborati che riassumono i criteri di sicurezza previsti per l'esercizio dell'infrastruttura;
 - 15) da elaborati tipologici che consentano, mediante piante, prospetti e sezioni in scala adeguata, la definizione di tutte le opere correnti e minori che l'intervento richiede;
 - 16) da elaborati che consentano, mediante schemi, piante e sezioni in scala adeguata, la definizione delle componenti impiantistiche presenti nel progetto.

I valori minimi delle scale contenuti nel presente comma possono essere variati su indicazione del responsabile del procedimento.
2. Nel caso in cui il progetto preliminare venga posto a base di appalto di cui all'articolo 53, comma 2, lettera c), del codice, gli elaborati da porre a base di gara comprendono tutte le informazioni necessarie per consentire ai concorrenti di formulare le offerte, ed in particolare:
 - a. i rilievi piano altimetrici delle aree e lo stato di consistenza delle opere da ristrutturare;
 - b. gli elaborati grafici a corredo delle relazioni geologica, idrologica e geotecnica delle aree, di cui all'articolo 17, comma 3, lettera a);
 - c. gli elaborati grafici a corredo del piano di sicurezza e di coordinamento.
3. Sia per le opere ed i lavori puntuali che per le opere ed i lavori a rete, il progetto preliminare può specificare gli elaborati e le relative scale da adottare in sede di progetto definitivo ed esecutivo, secondo quanto previsto nei successivi articoli. Le planimetrie e gli elaborati grafici riportano le indicazioni preliminari relative al soddisfacimento delle esigenze di cui all'articolo 128, comma 7, del codice.

PROGETTO DI FATTIBILITA' (EX PROGETTO PRELIMINARE)



Il progetto definitivo individua i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante e previste dal progetto di fattibilità. Il progetto definitivo deve contenere la quantificazione definitiva del quadro economico per la realizzazione e del relativo cronoprogramma, attraverso l'utilizzo delle tabelle o prezzari predisposti dal ministero, dalle regioni o dalle province.

Il progetto definitivo, redatto sulla base delle indicazioni del progetto preliminare approvato e di quanto emerso in sede di eventuale conferenza di servizi, contiene tutti gli elementi necessari ai fini dei necessari titoli abilitativi, dell'accertamento di conformità urbanistica o di altro atto equivalente; inoltre sviluppa gli elaborati grafici e descrittivi nonché i calcoli ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo.

L'art. 28 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010), definisce la lista dei documenti minimi, elaborati grafici e descrittivi che compongono il progetto definitivo, salvo altre disposizioni previste dal RUP:

- relazione generale;
- relazioni tecniche e relazioni specialistiche;
- rilievi planialtimetrici e studio dettagliato di inserimento urbanistico;
- elaborati grafici;
- studio di impatto ambientale ove previsto dalle vigenti normative ovvero studio di fattibilità ambientale;
- calcoli delle strutture e degli impianti;
- disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici;
- censimento e progetto di risoluzione delle interferenze;
- piano particolare di esproprio;
- elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi;
- computo metrico estimativo;
- aggiornamento del documento contenente le prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza;
- quadro economico con l'indicazione dei costi della sicurezza;
- schema di contratto
- capitolato speciale d'appalto
- piano di sicurezza e di coordinamento

All'art. 28 vengono definiti gli elaborati grafici del progetto definitivo:

1. Gli elaborati grafici descrivono le principali caratteristiche dell'intervento da realizzare. Essi sono redatti nelle opportune scale in relazione al tipo di opera o di lavoro, puntuale o a rete, da realizzare, ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo.
2. Per gli edifici, i grafici sono costituiti, salva diversa motivata indicazione del progetto preliminare e salva diversa determinazione del responsabile del procedimento, da:
 - a) stralcio dello strumento urbanistico generale o attuativo con l'esatta indicazione dell'area interessata all'intervento;
 - b) planimetria d'insieme in scala non inferiore a 1:500, con le indicazioni delle curve di livello dell'area interessata all'intervento, con equidistanza non superiore a cinquanta centimetri, delle strade, della posizione, sagome e distacchi delle eventuali costruzioni confinanti e delle eventuali alberature esistenti con la specificazione delle varie essenze;
 - c) planimetria in scala non inferiore a 1:500 con l'ubicazione delle indagini geologiche; planimetria in scala non inferiore a 1:200, in relazione alla dimensione dell'intervento, con indicazione delle indagini geotecniche e sezioni, nella stessa scala, che riportano il modello geotecnico del sottosuolo;
 - d) planimetria in scala non inferiore a 1:200, in relazione alla dimensione dell'intervento, corredata da due o più sezioni atte ad illustrare tutti i profili significativi dell'intervento, anche in relazione al terreno, alle strade ed agli edifici circostanti, prima e dopo la realizzazione, nella quale risultino precisati la superficie coperta di tutti i corpi di fabbrica. Tutte le quote altimetriche relative sia al piano di campagna originario sia alla sistemazione del terreno dopo la realizzazione dell'intervento, sono riferite ad un caposaldo fisso. La planimetria riporta la sistemazione degli spazi esterni indicando le recinzioni, le essenze arboree da porre a dimora e le eventuali superfici da destinare a parcheggio; è altresì integrata da una tabella riassuntiva di tutti gli elementi geometrici del progetto: superficie dell'area, volume dell'edificio, superficie coperta totale e dei singoli piani e ogni altro utile elemento;
 - e) le piante dei vari livelli, nella scala prescritta dai regolamenti edilizi o da normative specifiche e comunque non inferiore a 1:100 con l'indicazione delle destinazioni d'uso, delle quote planimetriche e altimetriche e delle strutture portanti. Le quote altimetriche sono riferite al caposaldo di cui alla lettera d) ed in tutte le piante sono indicate le linee di sezione di cui alla lettera f);
 - f) un numero adeguato di sezioni, trasversali e longitudinali nella scala prescritta da regolamenti edilizi o da normative specifiche e comunque non inferiore a 1:100, con la misura delle altezze nette dei singoli piani, dello spessore dei solai e della altezza totale dell'edificio. In tali sezioni è altresì indicato l'andamento del terreno prima e dopo la realizzazione dell'intervento, lungo le sezioni stesse, fino al confine ed alle eventuali strade limitrofe. Tutte le quote altimetriche sono riferite allo stesso caposaldo di cui alla lettera d);
 - g) tutti i prospetti, a semplice contorno, nella scala prescritta da normative specifiche e comunque non inferiore a 1:100 completi di riferimento alle altezze e ai distacchi degli edifici circostanti, alle quote del terreno e alle sue eventuali modifiche. Se l'edificio è adiacente ad altri fabbricati, i disegni dei prospetti comprendono anche quelli schematici delle facciate adiacenti;
 - h) elaborati grafici nella diversa scala prescritta da normative specifiche e comunque non inferiore a 1:100 atti ad illustrare il progetto strutturale nei suoi aspetti fondamentali, in particolare per quanto riguarda le fondazioni;
 - i) schemi funzionali e dimensionamento di massima dei singoli impianti, sia interni che esterni;
 - l) planimetrie e sezioni in scala non inferiore a 1:100, in cui sono riportati i tracciati principali delle reti impiantistiche esterne e la localizzazione delle centrali dei diversi apparati, con l'indicazione del rispetto delle vigenti norme in materia di sicurezza, in modo da poterne determinare il relativo costo.
3. Le prescrizioni di cui al comma 2 valgono anche per gli altri lavori ed opere puntuali per quanto possibile e con gli opportuni adattamenti.
4. Per interventi su opere esistenti, gli elaborati indicano, con idonea rappresentazione grafica, le parti conservate, quelle da demolire e quelle nuove.
5. Per i lavori e le opere a rete gli elaborati grafici sono costituiti, salva diversa indicazione del progetto preliminare e salva diversa motivata determinazione del responsabile del procedimento, da:

elaborati generali – studi e indagini:

 - a) stralcio dello strumento urbanistico generale o attuativo con l'esatta indicazione dei tracciati dell'intervento. Se sono necessari più stralci è redatto anche un quadro d'insieme in scala non inferiore a 1:25.000;
 - b) corografia di inquadramento 1:25.000;
 - c) corografia generale in scala non inferiore a 1:10.000;
 - d) planimetria ubicazione indagini geologiche in scala non inferiore a 1:5.000. Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche e sezioni geotecniche nelle stesse scale indicate nelle successive lettere da o) a r);
 - e) carta geologica in scala non inferiore a 1:5.000;
 - f) carta geomorfologica in scala non inferiore a 1:5.000;
 - g) carta idrogeologica in scala non inferiore a 1:5.000;
 - h) profilo geologico in scala non inferiore a 1:5.000/500;
 - i) profilo geotecnico in scala non inferiore a 1:5.000/500;
 - l) corografia dei bacini in scala non inferiore a 1:25.000;
 - m) planimetrie stato attuale in scala non inferiore a 1:5.000;
 - n) planimetrie di insieme in scala non inferiore a 1:5.000;
 - o) planimetrie stradali, ferroviarie e idrauliche con le indicazioni delle curve di livello, in scala non inferiore a 1:2.000 (1:1000 per le tratte in area urbana). La planimetria dovrà contenere una rappresentazione del corpo stradale, ferroviario o idraulico. Il corpo stradale dovrà essere rappresentato in ogni sua parte (scarpate, opere di sostegno, fossi di guardia, opere idrauliche, reti di recinzione, fasce di rispetto), allo scopo di determinare esattamente l'ingombro dell'infrastruttura. Dovranno inoltre essere rappresentate le caratteristiche geometriche del tracciato e le opere d'arte;
 - p) profili longitudinali altimetrici delle opere e dei lavori da realizzare in scala non inferiore 1:200 per le altezze e 1:2.000 per le lunghezze, contenenti l'indicazione di tutte le opere d'arte previste, le intersezioni con reti di trasporto, di servizi e idrologiche, le caratteristiche geometriche del tracciato; per le tratte in area urbana la scala non dovrà essere inferiore a 1:100 per le altezze e 1:1000 per le lunghezze;
 - q) sezioni tipo stradali, ferroviarie, idriche e simili in scala non inferiore ad 1:100;
 - r) sezioni trasversali correnti, in numero e scala adeguati comunque non inferiori a 1:200 per una corretta valutazione delle quantità e dei costi.
6. Per ogni opera e lavoro, indipendentemente dalle tipologie e categorie, gli elaborati grafici del progetto definitivo comprendono le opere ed i lavori necessari per il rispetto delle esigenze di cui all'articolo 15, commi 9 e 11.
7. I valori minimi delle scale contenuti nel presente articolo possono essere variati su indicazione del responsabile del procedimento.



DPR 207/2010

Il progetto esecutivo a sua volta redatto in conformità con il progetto definitivo e rappresenta l'ingegnerizzazione del processo, esso determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare. Determina il relativo costo previsto, il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo, e deve definire in maniera totalmente definita la forma, la tipologia, la qualità e la dimensione. Il progetto esecutivo deve essere, altresì, essere accompagnato con il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita. L'art. 33 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010), definisce la lista dei documenti minimi, elaborati grafici e descrittivi, che compongono il progetto esecutivo, salvo diverse comunicazioni del responsabile del procedimento (RUP), essi sono:

- relazione generale;
- relazioni specialistiche;
- elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale;
- calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti;
- piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- piano di sicurezza e di coordinamento e quadro di Incidenza della manodopera;
- computo metrico estimativo e quadro economico;
- cronoprogramma;
- elenco dei prezzi unitari;
- schema di contratto e capitolato speciale di appalto;
- piano particolare di esproprio.

All'art. 36 definisce gli elaborati grafici del progetto esecutivo:

1. Gli elaborati grafici esecutivi, eseguiti con i procedimenti più idonei, sono costituiti, salva diversa motivata determinazione del responsabile del procedimento:

- a) dagli elaborati che sviluppano nelle scale ammesse o prescritte, tutti gli elaborati grafici del progetto definitivo;
- b) dagli elaborati che risultino necessari all'esecuzione delle opere o dei lavori sulla base degli esiti, degli studi e di indagini eseguite in sede di progettazione esecutiva;
- c) dagli elaborati di tutti i particolari costruttivi;
- d) dagli elaborati atti ad illustrare le modalità esecutive di dettaglio;
- e) dagli elaborati di tutte le lavorazioni che risultano necessarie per il rispetto delle prescrizioni disposte dagli organismi competenti in sede di approvazione dei progetti preliminari, definitivi o di approvazione di specifici aspetti dei progetti;
- f) dagli elaborati di tutti i lavori da eseguire per soddisfare le esigenze di cui all'articolo 15, comma 9;
- g) dagli elaborati atti a definire le caratteristiche dimensionali, prestazionali e di assemblaggio dei componenti prefabbricati;
- h) dagli elaborati che definiscono le fasi costruttive assunte per le strutture.

2. Gli elaborati sono redatti in modo tale da consentire all'esecutore una sicura interpretazione ed esecuzione dei lavori in ogni loro elemento.

PROGETTO ESECUTIVO

4.2.2. Caso studio - Colonia Agip

L'edificio che è stato scelto per illustrare il processo con tecniche di fotomodellazione, è la Colonia Agip progettata da Giuseppe Vaccaro, che si trova sulla spiaggia di Cesenatico (fig.57)



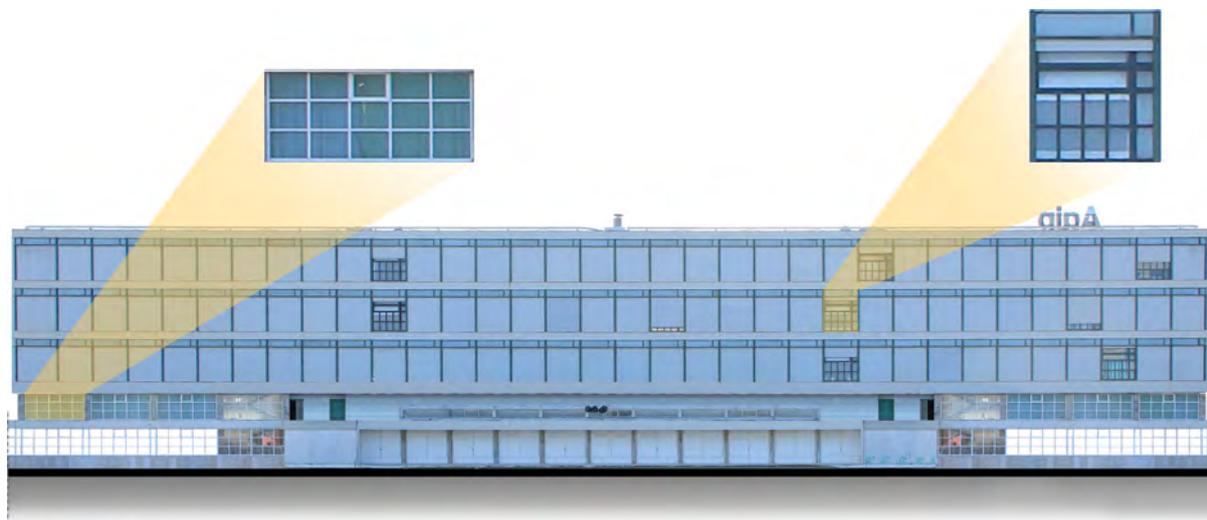
All'interno dei progetti di Giuseppe Vaccaro, la colonia marinara di Cesenatico testimonia lo stile dell'architetto della seconda metà degli anni '30 e il passaggio alla fase matura della sua attività progettuale²⁴. Il confronto tra il rilievo fotogrammetrico e la documentazione storico-iconografica ha permesso di individuare le trasformazioni dell'edificio nel tempo, e questo è stato un momento essenziale nel processo di acquisizione della conoscenza per la realizzazione del modello H-BIM. L'elaborazione dei dati è stata eseguita, come descritto precedentemente, attraverso il software Agisoft Metashape (fig.58). Il rilievo indiretto è stato fondamentale per la misurazione e modellazione delle due facciate principali. La fotocamera Canon Refle Eos 600D camera è stata collocata in 206 stazioni

²⁴ Negli anni '30, Vaccaro, al termine del suo periodo eclettico, si dedicò alla progettazione di un'opera architettonica in un contesto completamente diverso dalle sue precedenti esperienze. Opera su commissione privata costruita sul litorale di Cesenatico su un lotto di 270 x 80 metri.

utilizzando la stessa lunghezza focale, in modo da fotografare tutti i punti della facciata e riempire, per quanto possibile, i coni d'ombra, viste le molteplici difficoltà dovute alla presenza di vegetazione e traffico. Inoltre, particolare attenzione è stata rivolta al rilievo degli infissi che sono stati esaminati e confrontati con

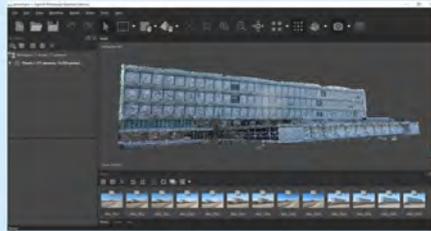
la documentazione storica per riconoscere somiglianze e differenze con quelle originali. Il rilievo ha permesso di mettere in relazione l'esterno dell'edificio con il suo interno, attraverso la caratterizzazione dei citati infissi, che sono l'elemento che meglio concorre alla rappresentazione della forma architettonica dell'edificio (fig.59)

La prima lettura sugli esiti del sondaggio è stata eseguita gestendo la nuvola di punti al fine di ottenere informazioni di analisi critica che potessero essere sovrapposte ai dati raccolti, per raggiungere un risultato di rilievo integrato e accurato. Infine lo studio si è concluso con la modellazione delle singole parti costituite dal serramento. Questo caso studio è stato citato per evidenziare come, grazie alle tecniche fotogrammetriche sia possibile integrare nel successivo modello H-BIM anche informazioni geometriche relative a elementi di dettaglio. Stante la modularità e tipologia di diversi elementi costitutivi del fabbricato si evidenzia che la restituzione grafica è risultata più agevole attraverso la creazione di famiglie nidificate in Revit, in particolare per i serramenti.





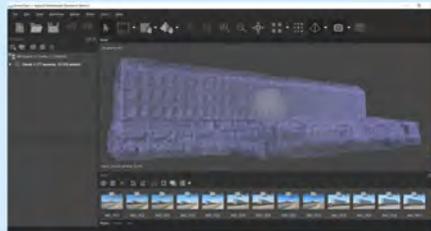
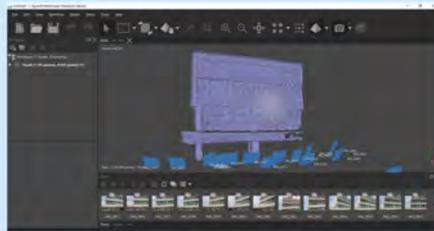
ALIGN PHOTOS



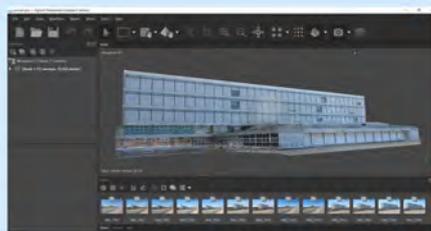
BUILD DENSE CLOUD



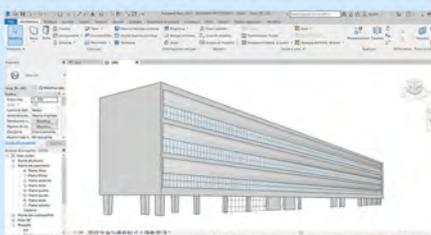
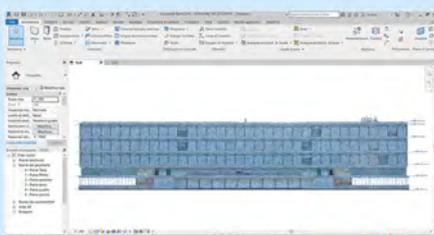
BUILD MESH SHADED



BUILD MESH SOLID



BUILD TEXTURE



MODELLAZIONE
ARCHITETTONICA
IN AMBIENTE BIM
(REVIT)

4.2.3. Rilievo con drone

Il drone, tecnicamente chiamato SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto), è un ulteriore strumento che può assistere la fase di rilievo e generazione della nuvola di punti all'interno di un processo H-BIM.

Nello specifico il drone potrebbe rientrare come sottocategoria del rilievo fotogrammetrico, in quanto il principio alla base del rilievo è il medesimo di quello alla base della fotogrammetria se non che, in questo caso, è possibile arrivare ad altezze di ripresa che, per quanto riguarda il rilievo della facciata, era possibile raggiungere solo con ponteggi e macchinari per l'elevazione, con conseguente aumento dei tempi e dei costi.

Per quanto riguarda le riprese panoramiche dall'alto l'utilizzo del drone è insostituibile. Anche in questo caso, come per i laser scanner, esistono tantissime tipologie di droni in commercio, tra i principali prodotti per la fotogrammetria troviamo DJI, Yuneec, Walkera, Potensic Drone, Parrot.

Ed anche in questo caso, all'interno del processo H-BIM per quanto riguarda il livello di dettaglio necessario da raggiungere vigono le medesime considerazioni presentate per la generazione della nuvola di punti realizzata con tecniche di fotomodellazione e, come vedremo successivamente, con laser scanner. A differenza delle tecniche di fotomodellazione e laser scanner, per cui non è prevista nessuna normativa cogente, al fine di fornire un quadro conoscitivo completo su tutte le fasi che interessano il processo H-BIM, è importante sottolineare che nel caso di rilievo con drone sia necessario il rispetto di tutta una serie di normative. I riferimenti normativi in materia di mezzi aerei a pilotaggio remoto, aggiornati al 2020, sono i seguenti:

LG 2020/001-NAV - Ed. 1 del 30 settembre 2020 - Linee Guida per Operazioni UAS con UA di massa operativa al decollo inferiore ai 25 kg - Scenari VLOS e BVLOS

Nota Informativa NI-2020-022 del 17 giugno 2020 – Regolamento “Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto” Piloti di APR – Operazioni EVLOS/BVLOS:

- Circolare LIC-15° del 14 aprile 2020- Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto - Centri di Addestramento e Attestati Pilota;

- Regolamento di esecuzione (UE) 2019/947 della Commissione del 24 maggio 2019;

- Regolamento delegato (UE) 2019/945 della Commissione del 12 marzo 2019;

- Regolamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 4 luglio 2018

- Nota Informativa NI-2017-007 del 17 maggio 2017 - Implementazione degli scenari standard per

le operazioni specializzate critiche di aeromobili a pilotaggio remoto;

- LG 2017/001-NAV - Ed. 1 del 16 gennaio 2017
- Metodologia di valutazione del rischio in operazioni RPAS per autorizzazioni e permessi di volo non geografici - Guida applicativa

- Nota Informativa 2016-009 del 14 novembre 2016 - “Regolamento Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto” Piloti APR - Procedure di transizione;

- LG 2016/004 - Ed. n.1 del 13 ottobre 2016 - Certificazione di progetto

- Nota Informativa 2016-007: Regolamento “Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto” attestati di pilota APR;

- LG 2016/003-NAV - Ed. n.1 del 1° giugno 2016, Aeromobili a pilotaggio remoto con caratteristiche di inoffensività

- Circolare ICAO n. 328;

- Codice della Navigazione;

- Regolamento “Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto”;

- Regolamento Tecnico ENAC;

- Regolamento ENAC “Regole dell’Aria Italia”;

- Regolamento ENAC “Servizi di Traffic Aereo”;

- Regolamento ENAC “Organizzazione sanitaria e certificazioni mediche d’idoneità per il conseguimento delle licenze e degli attestati aeronautici”;

- Circolare ENAC “ATM-09” “Aeromobili a pilotaggio remoto – Criteri di utilizzo dello spazio aereo”.

Inoltre, è bene sottolineare che in questo caso l’operatore deve esser abilitato e che solo ENAC può rilasciare le apposite licenze dopo adeguata e comprovata formazione. Chi pilota un APR ha, dal punto di vista normativo, le stesse caratteristiche e responsabilità di chi pilota un aeromobile da bordo.

4.2.4. Caso studio - Geisel library

Occasione di sperimentare queste tecniche, finalizzate alla creazione di un modello H-BIM, sull'intero processo di modellazione architettonica è nata dalla collaborazione con il Qualcomm Institute²⁵ della UCSD Jacobs School of Engineering all'interno della

²⁵ La missione del Qualcomm Institute (QI) presso UC San Diego è quella di sviluppare innovazioni tecnologiche e istituzionali, utilizzando laboratori e spazi di ricerca unici per ospitare collaborazioni multidisciplinari. Qualcomm Institute collabora con partner locali, nazionali e internazionali per portare capacità specifiche e nel mix di ricerca. La visione strategica del Qualcomm Institute è quella di porre particolare attenzione all'esplorazione delle tecnologie connesse alle comunicazioni wireless, alle infrastrutture cibernetiche, nonché delle nanotecnologie e dei sistemi microelettromeccanici utili a risolvere i problemi connessi al mondo dell'ingegneria e dell'architettura.

University of California, Campus di San Diego negli Stati Uniti. Il caso di studio individuato per questa esperienza nell'università americana ha trattato l'edificio più rappresentativo all'interno del Campus della University of California: la Geisel Library UCSD²⁶ (fig.60, fig.61 e fig.6

La biblioteca Geisel Library fu progettata alla fine degli anni '60 da William Pereira, un architetto americano di

²⁶ È chiamato in onore di Audrey e Theodor Seuss Geisel. Theodor Seuss Geisel (2 Marzo 1904 - 24 Settembre 1991) è stato autore di libri per bambini, fumettista politico, illustratore, poeta, animatore, sceneggiatore e regista. È noto per il suo lavoro di scrittura e illustrazione di oltre 60 libri con il nome di penna Doctor Seuss. L'edificio Geisel Library è una struttura in cemento armato di otto piani situata al centro del campus universitario, con altezza di 110 piedi quindi circa 34 metri e nel punto più largo di larghezza di 248 piedi quindi circa 76 metri. La struttura dell'edificio incorpora un telaio di cemento gettato in opera su un modulo quadrato per tutti i piani. La finitura complessiva è in cemento a vista grezzo con pareti-finestra in alluminio anodizzato, contenenti 38.000 piedi quadrati (ossia circa 3520 metri quadrati) di vetro piatto. L'edificio contiene 17.000 iarde cubiche di cemento (circa 13000 metri cubi). Per sopportare il carico di questo edificio a sbalzo, ci sono quattro massicci pilastri curvi. I pilastri curvi si inclinano verso l'alto di 45 gradi rispetto al sesto livello e sono letteralmente legate alla loro controparte in tutto l'edificio sia al quinto che al sesto livello con 300 aste in acciaio post-tensionato ad alta resistenza da 1/4 di pollice di diametro (pari a 6,35 mm di diametro).

Chicago noto per i suoi progetti futuristici. La campagna di rilievo è stata effettuata con fotogrammetria con drone.

La finalità è stata quella di fornire, un modello fotogrammetrico, ovvero un modello tridimensionale misurabile, in scala, dell'oggetto rilevato, che riporta tutte le caratteristiche geometriche, cromatiche e materiche.

In particolare, per il rilievo della Geisel Library si è utilizzato il drone DJI Phantom 4 RTK con la versione firmware 02.01.0012, rilasciata il 22-05-2019, l'ultima disponibile sul mercato al momento del sondaggio (fig.63)

Il piano di volo parallelo alla superficie del terreno è stato pianificato per 25 m di AGL²⁷ per ottenere un GSD²⁸ di 0,68 cm/px all'altezza di decollo. Il gimbal è stato puntato verso il basso di 60 gradi dall'orizzonte per fornire viste oblique e la sovrapposizione sia anteriore sia laterale impostata all'80%.

²⁷ AGL (Height Above Ground Level) è l'altezza misurata rispetto alla sottostante superficie del terreno

²⁸ GSD (Ground Sample Distance) è la distanza del campione del suolo è la distanza tra i punti centrali di ciascun campione prelevato dal suolo. Dato che si tratta di foto digitali, ogni campione è un pixel. Il GSD è quindi la dimensione di ciascun pixel sul terreno.



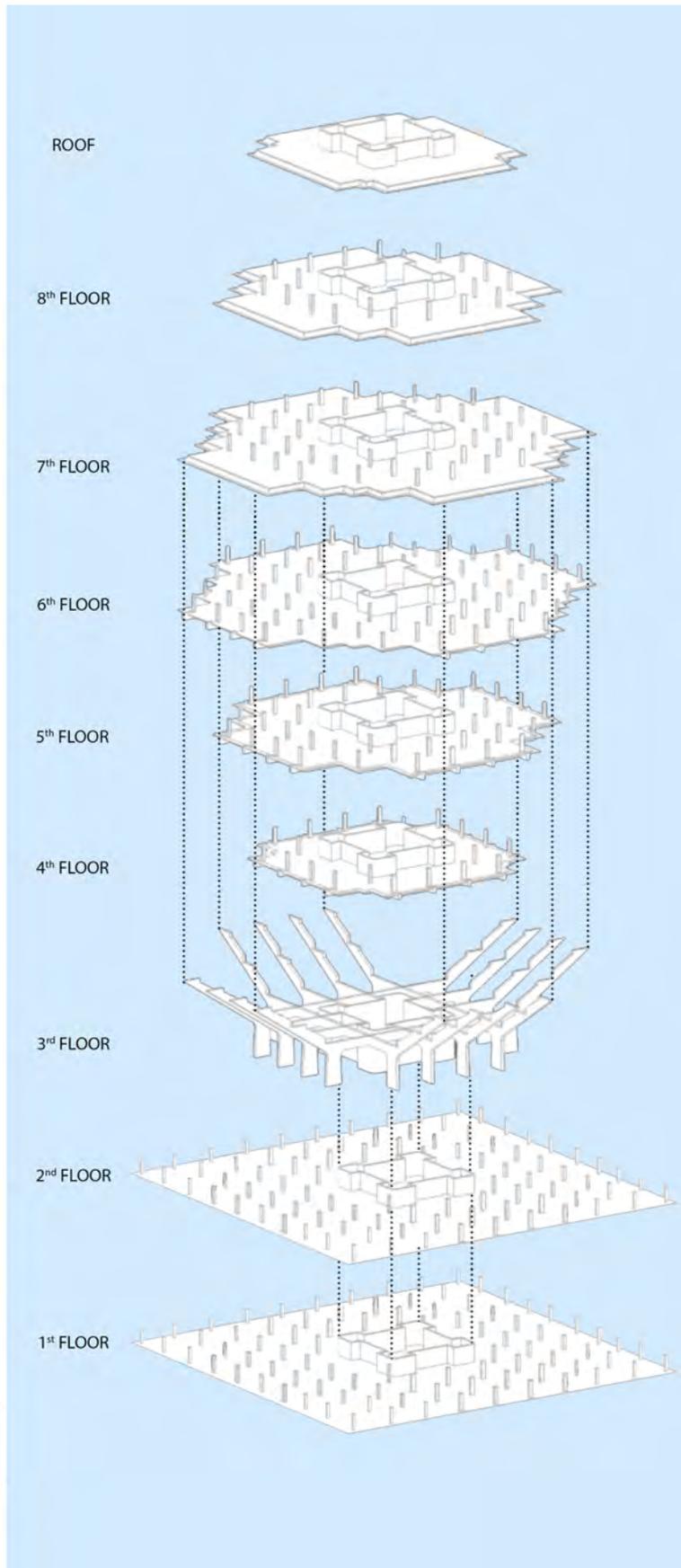
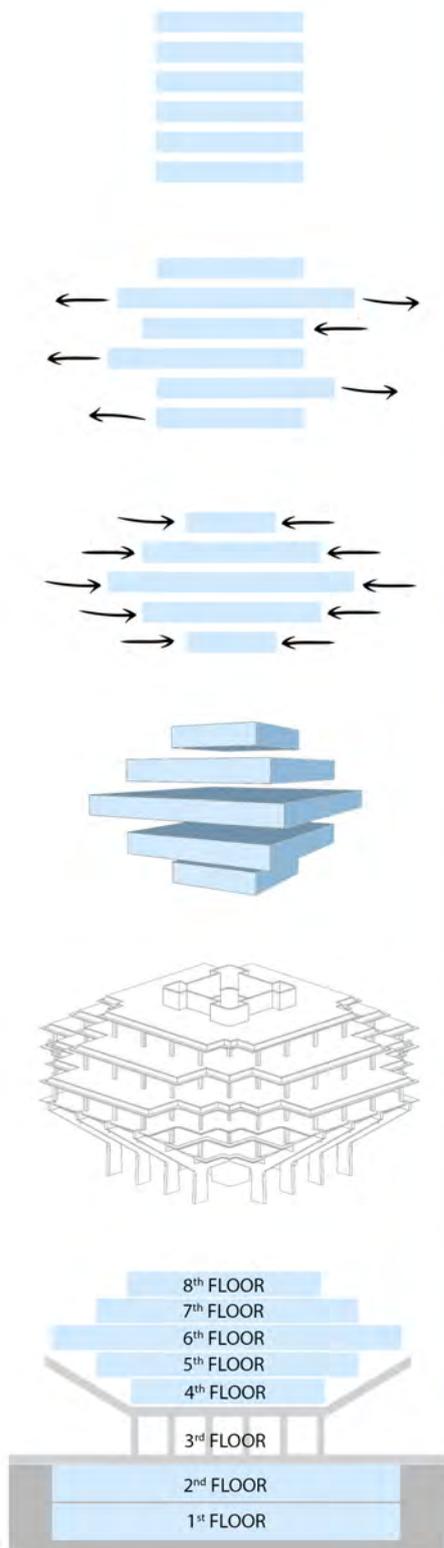


Fig.61 - Concept e schematizzazione della Geisel Library.

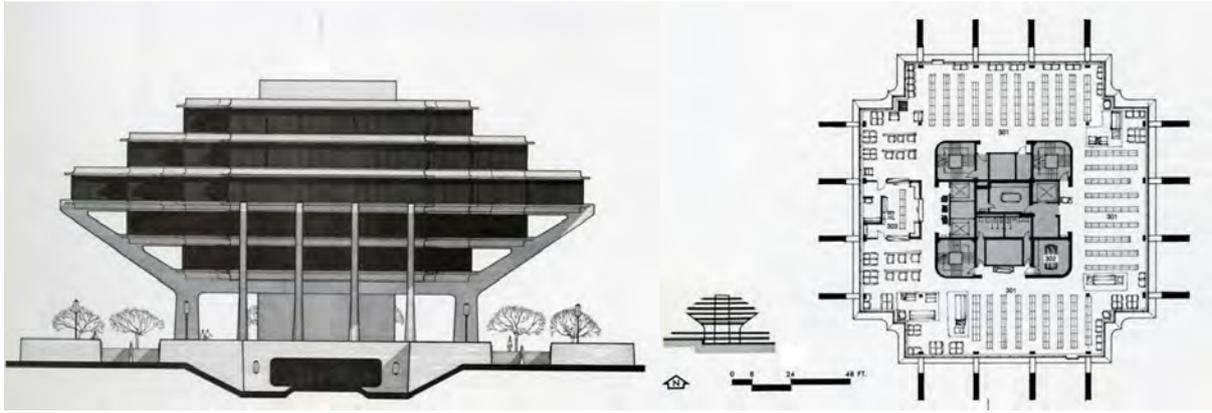


Fig.62 - Prospetto e pianta piano terzo della Geisel Library.



Fig.63 - Drone DJI Phantom 4 RTK.

Poiché non è possibile pianificare un modello di volo parallelo alle facciate verticali o definire i percorsi di volo 3D in GS Pro, si è optato per il volo manuale di un percorso in orbita attorno alla biblioteca Geisel, mantenendolo centrato il corpo della fotocamera.

Più specificamente, il volo effettuato ha previsto archi semicircolari approssimativamente a 8 differenti altitudini con specifici angoli del gimbal per effettuare la migliore copertura fotografica

Di seguito riportate le inclinazioni del gimbal a seconda dell'altitudine del drone, ripetuto sulle quattro facciate dell'edificio (fig.64). È stata eseguita l'elaborazione delle immagini acquisite attraverso il software Metashape (fig.65)

È stata eseguita l'elaborazione delle immagini acquisite attraverso il software Metashape e successivamente si è passati alla generazione della mesh con un software in via di sviluppo al Qualcomm Institute, il software VisCore.

VisCore è un nuovo software di imaging nato per la creazione di mesh di maggiore qualità e come software di visualizzazione 3D.

Il software VisCore, testato per il rilevamento delle

barriere marine nel mar Pacifico²⁹ ha mostrato potenzialità anche sul patrimonio costruito.

Infatti, proprio per le sue proprietà di alta definizione è stato anche testato sul patrimonio storico e artistico italiano: battistero di San Giovanni, Palazzo Medici Riccardi e Palazzo Vecchio a Firenze. In particolare si evidenzia la potenziale del software nella restituzione degli interni in tutti i dettagli e particolari.

²⁹ La prima applicazione di VisCore è stata testata per il rilevamento di barriere marine nel mare Pacifico, nell'Atollo Palmyra, in particolare per rilevare lo sbiancamento dei coralli. I ricercatori hanno utilizzato un set di dati, acquisiti in differenti momenti per la durata di 8 anni, scattando migliaia di immagini della stessa area della barriera corallina. Queste immagini sono state processate con un software per creare mosaici fotografici 3D dell'ecosistema. I ricercatori hanno combinato questa tecnologia di imaging con un nuovo software di visualizzazione, VisCore appunto, che consente agli utenti di riesaminare le migliaia di fotografie che compongono i mosaici. Il team della Cultural Heritage Engineering Initiative della University of San Diego ha inizialmente sviluppato VisCore per consentire nuove forme di esplorazione e analisi dei big data, consentendo agli specialisti e al pubblico di poter esplorare questo patrimonio.



Fig.64 - Inclinazioni del gimbal a seconda dell'altitudine del drone, piano di volo sulle facciate e sulla copertura.

In conclusione, la biblioteca Geisel ha rappresentato un oggetto di studio molto stimolante per la sua particolare morfologia. Integrando la procedura SfM a quella UAV per il rilievo esterno e l'utilizzo di planimetrie note per interni, è stato possibile realizzare il modello H-BIM complessivo. Il suddetto caso studio ha dimostrato le potenzialità del processo H-BIM applicato anche a strutture caratterizzate da geometrie complesse, in quanto a partire dalla nuvola di punti è stato possibile modellare le parti più complesse nel software Rhinoceros per poi elaborarle all'interno del software parametrico Revit. Chiaramente la limitazione principale connessa a questo caso specifico è relativa all'alto numero di posizioni di presa necessari a acquisire immagini del medesimo punto della struttura da differenti angolazioni, con conseguente aumento

del tempo di rilievo. Anche se nel caso in esame non si è riscontrato questo problema, in generale potrebbero inoltre presentarsi problemi connessi alle occlusioni e all'impossibilità di gestire un rilievo completo a causa di impedimenti fisici

4.2.5. Laser scanner per la generazione del modello H-BIM

Anche i laser scanner sono strumenti atti al rilevamento di modelli tridimensionali di oggetti a scale e risoluzioni differenti utili alla creazione dei modelli H-BIM. Così come la fotomodellazione, anche la tecnica laser scanner segue rigose procedure al fine dell'ottenimento della nuvola di punti.

PROCESSO



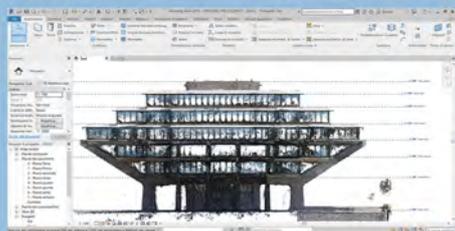
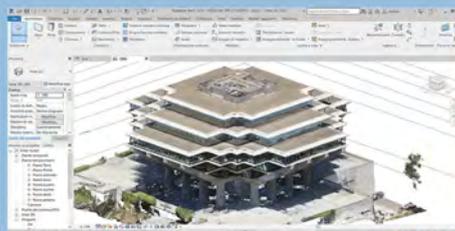
ACQUISIZIONE FOTOGRAFICA CON DRONE

1



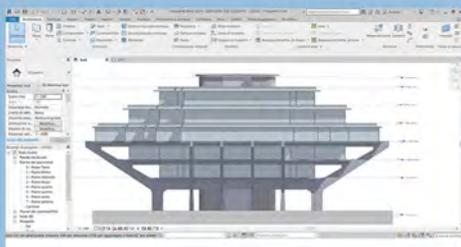
PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI
IN AGISOFT METASHAPE

2

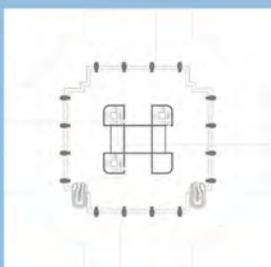


INSERIMENTO DELLA NUVOLA DI PUNTI IN REVIT

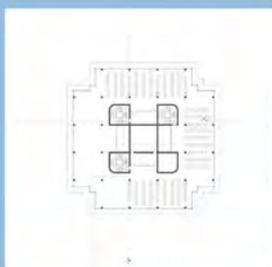
3



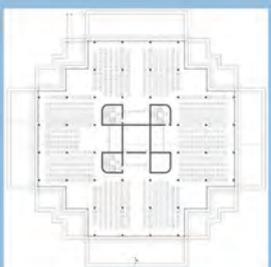
MODELLO ARCHITETTONICO
REALIZZATO IN REVIT



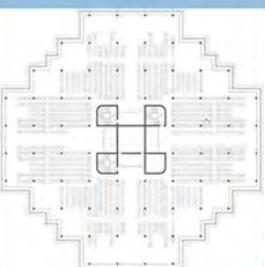
3rd FLOOR



4th FLOOR



5th FLOOR



6th FLOOR

Fig.65 - Dal rilievo con drone alla modellazione in Revit.

Una prima fase di presa del dato sul campo e una seconda fase di elaborazione con software. Ad oggi le principali compagnie di produzione di questi prodotti sono la TopCon Corporation³⁰, Faro³¹, Leica Geosystem³², Geomax³³, Trimble³⁴ e Riegl³⁵.

Anche nel caso di rilievo laser scanner un maggior livello di precisione della nuvola di punti comporterà una più facile riconoscibilità dei dettagli e una conseguente facilità di modellazione dei differenti elementi, sia nell'ipotesi di ricalco diretto da parte dell'operatore che sta realizzando il modello, quindi, per esempio, qualora l'operatore lavora alla modellazione direttamente importando, sia nei processi di automatizzazione della segmentazione della nuvola.

Nella fase di Scan-to-BIM è infatti necessario considerare sia la componente geometrica, sia la componente semantica.

I limiti e le difficoltà connesse a questa tipologia di acquisizione del dato sono sicuramente connesse, in prima istanza, ad una questione strumentale, quindi nella scelta di una strumentazione consona alla tipologia di rilievo laser scanner, e poi successivamente alla generazione di una nuvola prodotta a seguito di un corretto allineamento e alla esportazione della stessa in un formato importabile all'interno del software di modellazione.

Va quindi considerato anche la dimensione del file in termini di giga, onde non incorrere in difficoltà di gestione del dato connessa alla sua dimensione (fig.66)

4.2.6. Caso studio - Student house di Peristeri

Una prima occasione di applicare e sperimentare questa tecnica è stata quella di eseguire la costruzione del modello H-BIM con Revit a partire da una nuvola di punti nel caso di studio di un edificio (Student House) nel quartiere di Peristeri ad Atene. È stato scelto questo caso di studio perché emblematico in riferimento alla realizzazione di modelli a partire da materiale reperito da archivi.

In particolare, in questo caso avendo a disposizione il disegno 2D in formato .dwg, che derivava dalla restituzione grafica di un recente rilievo dello Student House, svolto con tecniche tradizionali, si sono innanzitutto separate le varie piante del fabbricato in un numero corrispondente di nuovi file .dwg in modo tale che gli spigoli di riferimento fossero allineati e definiti dalle stesse coordinate piane.

A questo punto i vari file .dwg sono stati puliti da parti inessenziali e importati nel software Revit e impostati ai vari livelli (quote corrispondenti). Sulle piante è stata poi costruita una griglia, utile ad individuare la ripetitività di elementi, come la maglia strutturale, e a procedere con il corretto allineamento dei file .dwg. Si è poi eseguita la modellazione dei diversi componenti attingendo dalla libreria di Revit e modificando le componenti presenti di default, ove necessario, definendone le caratteristiche geometriche. Le caratteristiche fisiche degli elementi sono state, in prima battuta, ipotizzate secondo ipotesi che derivano da una valutazione a vista e secondo i materiali impiegati nell'epoca di costruzione. Tali caratteristiche sono modificabili, apportando al modello un crescente livello di dettaglio implementabile grazie all'acquisizione di informazioni ricavate grazie ad indagini specialistiche e diagnostiche e ciò è stato possibile in qualsiasi momento dell'elaborazione. A seguito della generazione di un primo modello a partire dai disegni 2D si è passati al rilievo con Laser Scanner, tale rilievo ha permesso di realizzare la successiva fase di Scan-to-BIM.

La nuvola di punti, opportunamente elaborata, è stata importata all'interno del file di costruzione del modello architettonico Autodesk Revit. È stato a questo punto possibile allineare il file .rcp (nuvola di punti) e il file .rvt (modello architettonico costruito sulla base del file .dwg), procedendo così alla correzione del modello architettonico. Il processo di correzione è avvenuto in maniera manuale procedendo a controllare porzione per porzione l'errore presente.

In particolare, l'errore presente più evidente è stato quello di 20 cm in altezza del posizionamento dei solai. Errori minori (<5cm) si sono riscontrati nel posizionamento di muri, tramezzi, porte e finestre. La precisione e versatilità del programma Revit Autodesk ha consentito di mantenere l'accuratezza della nuvola

³⁰ Topcon Corporation è stata fondata nel 1932 specializzandosi in dispositivi e strumentazione ottica. Durante questi anni Topcon Corporation è cresciuta diventando una multinazionale a livello mondiale con filiali in Asia, America e Europa. Oggi Topcon ha più di 4.000 impiegati in tutto il mondo in 10 filiali domestiche e 26 filiali oltre oceano.

³¹ FARO è nata dalla collaborazione di due dottori di ricerca in ingegneria biomedica presso la McGill University di Montreal. Simon Raab e Greg Fraser che, nel 1981, hanno fondato Res-Tech. Die anni dopo la Res-Tech ha cambiato nome diventando FARO.

³² Leica Geosystems AG è una società svizzera del gruppo svedese Hexagon AB. Produce strumenti di misura per la geodesia e le costruzioni edili e strumenti per la fotogrammetria. La società ha radici sino al 1921 ma prende ufficialmente il nome di Leica Geosystem nel 1990.

³³ Geomax è una azienda posseduta dalla Hexagon, che venne fondata nel 1975 con interessi diretti alle tecnologie rivolte alla misurazione e alla geoanalisi.

³⁴ L'azienda Trimble è stata fondata nel 1978 ed ha sede a Sunnyvale in California. Le soluzioni Trimble sono utilizzate in oltre 150 paesi in tutto il mondo.

³⁵ Riegl ha oltre 40 anni di esperienza nella ricerca, sviluppo e produzione di telemetri laser, distanziometri e scanner. Riegl ha sede a Horn in Austria.

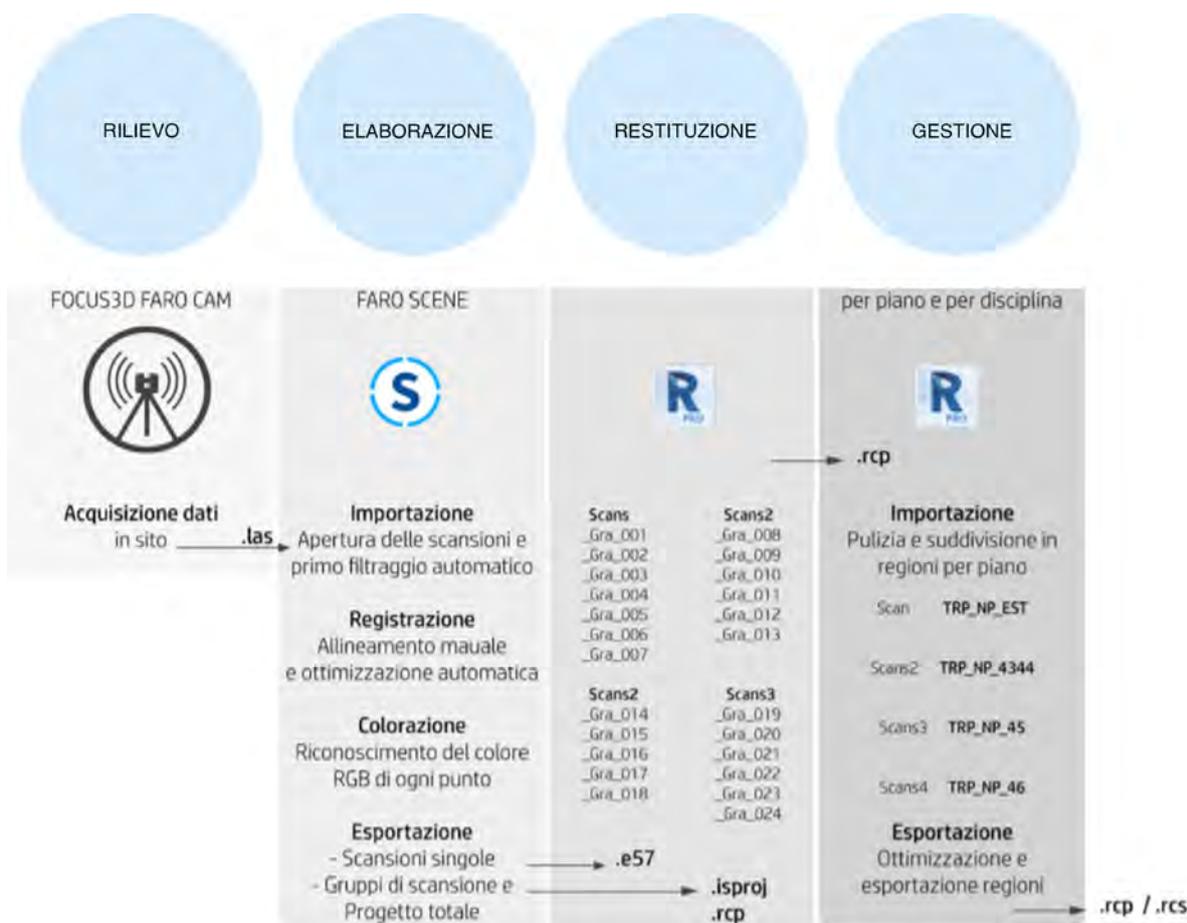


Fig.66 - Processo di elaborazione dei dati acquisiti con laser scanner.

di punti e di aggiornare quando necessario tutte le caratteristiche geometriche e fisiche degli elementi (fig.67)

Sicuramente tra i punti di forza di questa tipologia di acquisizione dei dati per la generazione della nuvola di punti troviamo una acquisizione rapida, con conseguenti tempi di campagna più brevi che comportano costi di trasferta inferiori, in questo caso la campagna si è svolta all'estero e questo fattore sicuramente è risultato fondamentale nella scelta. Come contro troviamo investimento iniziali elevato e tempi di post-produzioni maggiori.

4.2.7. Caso studio - Edifici in Kaga Par

Ulteriore occasione di sperimentare il processo Scan-to-BIM è nata dalla richiesta di collaborazione della Nihon University di Tokyo, in particolare con il Department of Conceptual Design del College of Industrial Technology, con il quale si è intrapresa la costruzione dei modelli parametrici degli edifici storici all'interno del parco urbano del quartiere di Itabashi a Tokyo, operazione funzionale ad un progetto di riqualificazione dell'intera area

In questo caso l'esecuzione del processo Scan-to-BIM ha portato ad una analisi dedicata alla generazione delle famiglie in Revit e all'integrazione con dati GIS. Tale lavoro si è svolto in collaborazione con Topcon Corporation³⁶.

La scelta del caso studio nasceva dalla necessità della Municipalità di Itabashi di avere una banca dati ricca di esaurienti informazioni, attraverso le quali poter preservare il patrimonio storico, monitorandone le condizioni e pianificandone il futuro

Il tema della riqualificazione del patrimonio storico e architettonico è infatti molto sentito nei paesi con grande tradizione storica quali il Giappone.

Il caso in esame s'inserisce in un tema di grande attualità per la città di Tokyo: la riqualificazione del parco urbano, come abbiamo detto, oggi denominato

³⁶ TopCon Corporation è stata fondata nel 1932 specializzandosi in dispositivi e strumentazione ottica. Durante questi anni TopCon Corporation è cresciuta diventando una multinazionale a livello mondiale con filiali in Asia, America e Europa. Oggi TopCon ha più di 4.000 impiegati in tutto il mondo in 10 filiali domestiche e 26 filiali oltre ocean

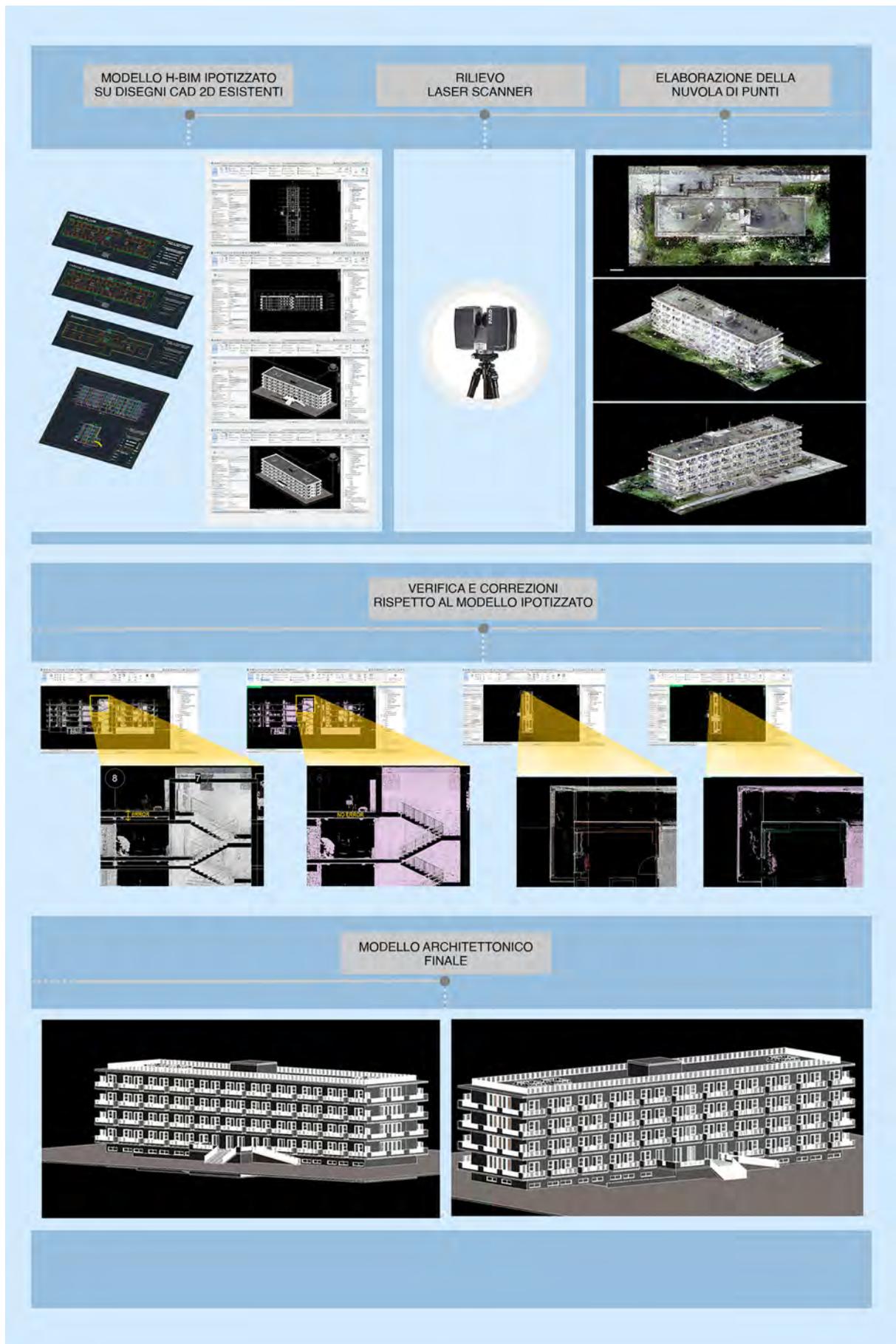


Fig.67 - Processo di modellazione H-BIM - Student house di Peristeri.

Kaga Park, inserito nel quartiere di Itabashi³⁷ (Fig.68). L'area, attraversata dal fiume Shakujii, impiegato per la movimentazione dei mulini e per l'attingimento di acqua, nel passato fu scelta per la realizzazione di fabbrica di polveri da sparo e prove balistiche, e



Fig.68 - Kaga Park, Itabashi - Tokyo.

³⁷ Per la valorizzazione e modernizzazione di tale parco nasce il primo comitato nell'anno 2008 che si propone di ultimare la riqualificazione nell'anno 2025 seguendo dei principi ispiratori che sono quelli di conservare l'identità dei luoghi, valorizzare le aree verdi e i fabbricati esistenti nell'ottica dell'inclusione di questi spazi all'interno della città e come ampliamento dell'offerta turistica del paese. Il parco di Itabashi che probabilmente cambierà il suo nome in Itabashi Historical Park comprende un'area di circa 260 m x 130 m attraversata dal fiume Shakujii. Il parco urbano è inserito in un terreno costituito da pianure alluvionali lungo il fiume Arakawa a nord-ovest e a sud-ovest confinante con il distretto di Muroto Tadashi, un altopiano vulcanico.

proprio questi edifici di archeologia industriale, relativi a questo tipo di attività, sono stati scelti come caso studio (fig.69)

In particolare, sono stati studiati due edifici ex-laboratori di analisi.

Oltre a questi edifici all'interno del parco sono presenti: un sito di lancio con tubo balistico, un laboratorio di combustione, un deposito di polveri da sparo, un laboratorio di esplosivi e diverse sale per prove chimiche. Il sito è situato in posizione strategica in quanto relativamente vicino al centro urbano, ma a distanza di sicurezza per eventuali deflagrazioni

Partendo da una ricerca storico-critica, l'obiettivo del lavoro è stato quello di ricreare l'intero ambiente urbano ed i suoi edifici attraverso l'acquisizione con laser scanner di nuvole di punti per poi restituire tridimensionalmente tutte le parti del complesso, concentrandosi in particolare sulla generazione di modelli tridimensionali dei due edifici citati

Il processo di lavoro ha visto lo sviluppo di diverse fasi: acquisizione dati con total station e acquisizione dei dati con scanner laser, elaborazione di nuvole di punti, generazione di un primo modello Revit creato sulla base di disegni .dwg, importazione di nuvole di punti in Revit per la correzione del modello ipotizzato, creazione delle famiglie Revit da includere nel modello finale

A differenza del caso studio precedente sulla Student House di Peristeri, la sfida per questo caso studio è stata la realizzazione di molteplici e numerose



Fig.69 - Edifici caso di studio, inseriti all'interno di Kaga Park, Itabashi - Tokyo.

famiglie, con composizioni stratigrafiche differenti. Creare una famiglia nidificata in Revit è utile in quanto strumento fondamentale nella realizzazione di oggetti particolarmente complessi.

Le Revit family, pertanto, devono essere costruite seguendo regole specifiche per garantire la prestazione finale assegnata.

Uno dei sistemi che sta alla base della costruzione di una Revit Family complessa è proprio il concetto di nidificazione.

Una famiglia nidificata è un insieme di più oggetti BIM accomunati da alcune caratteristiche e che differiscono tra loro solo per alcuni elementi. Per citare un esempio realizzato: nella modellazione dell'elemento porta posso installare diverse maniglie, quindi la famiglia Revit "porta" dovrà contenere la famiglia nidificata "maniglia".

E così via per dettagliare ulteriormente il modello. I dati utili alla realizzazione del modello H-BIM si sono basati sia su documenti grafici esistenti che su dati GPS esistenti.

I documenti grafici esistenti erano prevalentemente documenti CAD relativi alle piante dei fabbricati rappresentati a differenti scale di rappresentazione (1:100, 1:500, 1:1000, 1:5000) forniti dal Comune di Itabashi.

I dati esistenti GIS sono stati forniti dall'autorità Ministry of Land, Infrastructure and Transport del Giappone. Il GIS offre la possibilità di inserire il progetto nel contesto reale in cui è calato e all'interno del quale progettisti e

ingegneri possono esplorare e valutare progettazione e costruzione.

In questo modo i dati esistenti GIS hanno dato la possibilità di "informare" il modello H-BIM.

Avendo come riferimento le basi geografiche collegate, è stato possibile acquisire rapidamente i dati rilevati in campo e osservarli nel progetto in tempo reale.

Il raggiungimento dell'integrazione di questi due concetti avrà un impatto significativo sulla risoluzione dei problemi nei settori civile, edile e delle infrastrutture. Tuttavia, poiché GIS e H-BIM sono stati originariamente sviluppati per scopi diversi si stanno incontrando numerose sfide per la loro integrazione.

H-BIM e GIS interpretano la modellazione da due diverse prospettive: GIS si concentra maggiormente sulla modellazione del mondo reale, l'H-BIM è più focalizzato sul processo di progettazione.

Nel caso di studio trattato l'integrazione tra H-BIM e GIS è consistita sostanzialmente nell'importazione del modello H-BIM all'interno dell'ambiente GIS e nell'attribuire al modello informazioni relative alla sua dislocazione geografica, espressa in un particolare sistema geodetico di riferimento, all'interno di un ambiente personalizzabile.

Ci sono ancora molti ostacoli e sfide al raggiungimento dell'integrazione H-BIM e GIS.

La mancata corrispondenza tra gli standard di riferimento è uno dei fattori più importanti.

Pertanto la collaborazione attraverso standard comuni sarà chiave per il successo dell'integrazione tra questi



Topcon Total Station GT Series

Telescope		Angle Measurement	
Resolving power	2.5"	GT-502: 2"	GT-1001: 1"
Magnification	30x	GT-503: 3"	GT-1002: 2"
Tilt Angle Compensation		GT-505: 5"	GT-1003: 3"
Compensation	Liquid 2-axis tilt sensor	Communications	
Flange	±6"	LongLink™ real-time two-way communication	
Distance Measurement		USB 2.0 SKZ (Hot + Slave)	
Prism EDM Range		RS-232C Serial	
GT-500	4,500 m	General	
GT-1000	5,000 m	Display	Color touch TFT
Prism EDM Accuracy		800 x 480 display	
GT-500	2 mm + 2 ppm	Keyboard	24 keys with illuminator
GT-1000	1 mm + 2 ppm	Battery Operation	Up to 4 hours
Non-Prism Range		Dust/Water Rating	IP66
GT-500	800 m	Wireless Connection	Bluetooth® Class 1
GT-1000	1,200 m	Operating Temp.	-20°C to 50°C
Non-Prism Accuracy		Turning Speed	
GT-500	2 mm + 2 ppm (0.3 - 200 m)	GT-500	120° per-second
Measuring Time		GT-1000	180° per-second
Fine	0.9 sec		
Rapid	0.6 sec		
Tracking	0.4 sec		





Topcon GLS-2000 series Laser Scanner

System Performance		Laser Scanning System	
Maximum Range (at 90% reflectivity)		Type	Pulse (Time of Flight, Phase Scan Both)
GLS-2000S	130 m (High Speed)	Laser Class	3R (High / Standard) 1M (Low Power)
GLS-2000M	350 m (Standard)	Scan Rate	Up to 120,000 pts/sec
GLS-2000L	500 m (Standard)	Spot Size	≤ 4 mm at 20 m (FWM)
Single Point Accuracy		Field of View	360° H / 270° V
Distance	3.5 mm (1-150 m), 1 sigma	Color Digital Imaging	
Angle	6"	Wide-angle	170° Diagonal
Tilt Sensor	6"	Telephoto	11.9° H / 8.9° V
Type	Liquid 2-axis tilt sensor	Physical and Environmental	
Flange	±6"	Operation Temp.	23°F to 113°F
Target Detection Accuracy	3" at 50 m	Storage Temp.	-4°F to 140°F
Scanning Control		Dust / Humidity	IP54
Control System	On-board	Weight	24 lbs. with batteries and tribrach
Display	3.5" Touch Screen		
Data Storage	SD Card		



Fig.70 - Topcon Total Station GT Series e Topcon GLS-2000 Laser Scanner.

due sistemi. La prima operazione, dopo la ricerca storica, è stata quella di identificare gli strumenti e i metodi necessari.

Per fare ciò, si è tenuto un incontro con i tecnici Topcon, individuando gli strumenti più adatti allo scopo: Topcon Total Station GT Series e Topcon GLS-2000 Laser Scanner (fig.70). Sulla base delle potenzialità di questi strumenti, è stata pianificata la campagna di indagine da svolgere sul campo. Nelle figure seguenti il progetto di indagine sui casi di studio (fig.71). I punti rossi corrispondono al posizionamento dello strumento stazione totale mentre i punti gialli al posizionamento dello strumento scanner laser.

Anche in questo caso la tecnologia laser scanner per la generazione della nuvola di punti ha consentito una acquisizione rapida, con conseguenti tempi di campagna più brevi che hanno comportato costi minori, avendo però costi iniziali maggiori e elevati tempi di post-produzione.

In particolare, in questo caso gli elevati tempi di post-produzione, non sono solamente legati alla generazione della nuvola di punti, ma anche all'elevato numero di famiglie create che ha richiesto un impegno notevole. In generale modelli caratterizzata dalla necessità di creare famiglie nidificate a partire da nuvole di punti risultano onerosi (fig.72 e fig.73

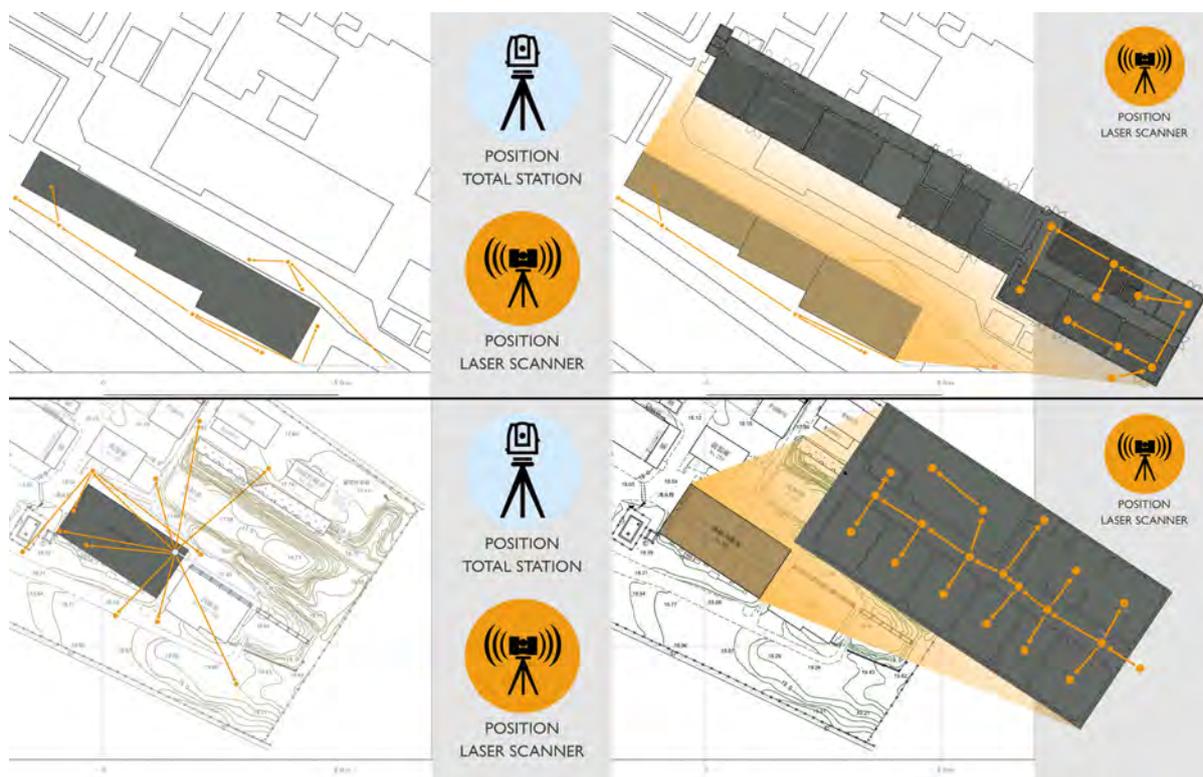


Fig.71 - Progetto di indagine edificio A e edificio B

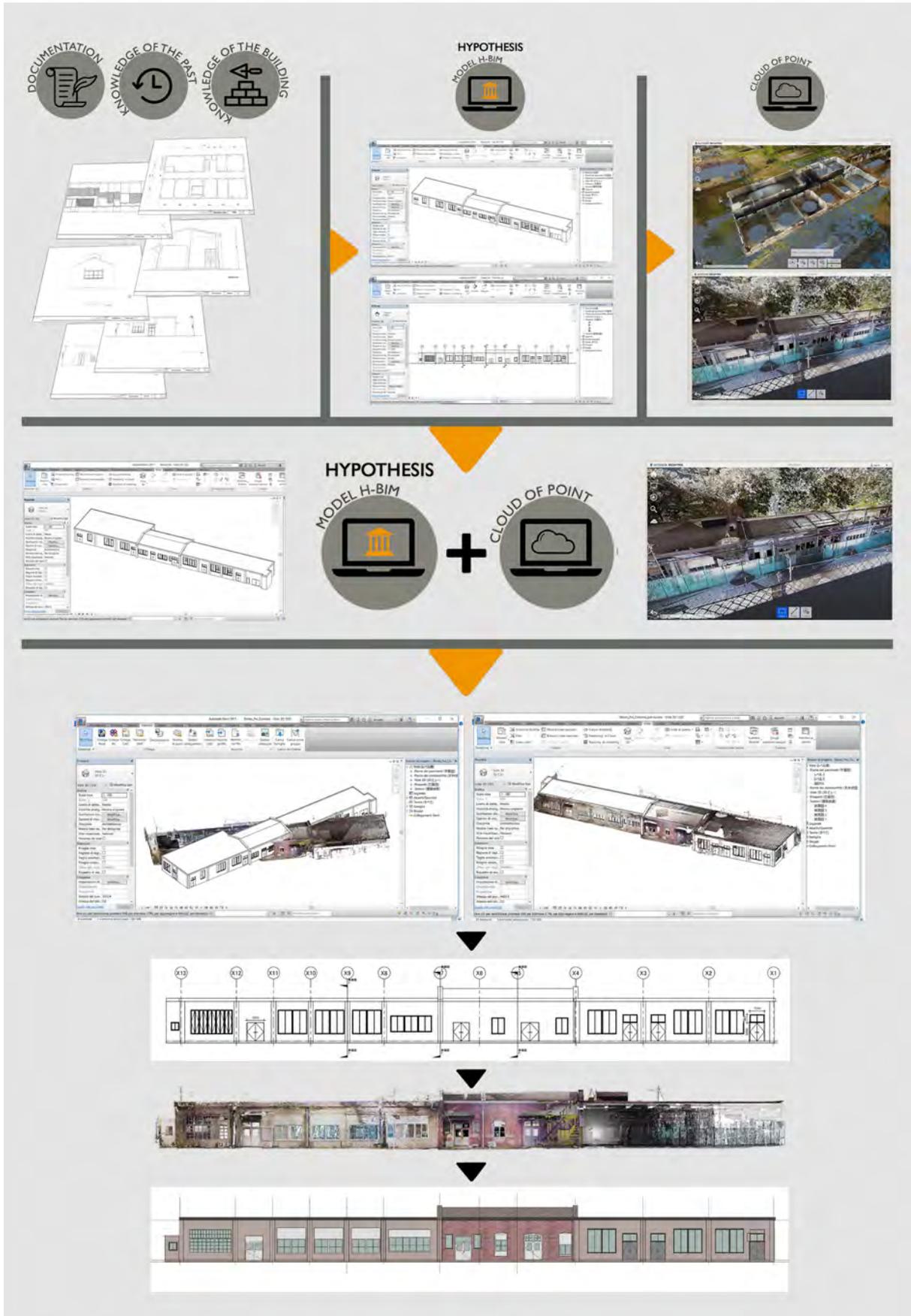


Fig.72 - Processo Scan-to-BIM - edifici in Kaga Park

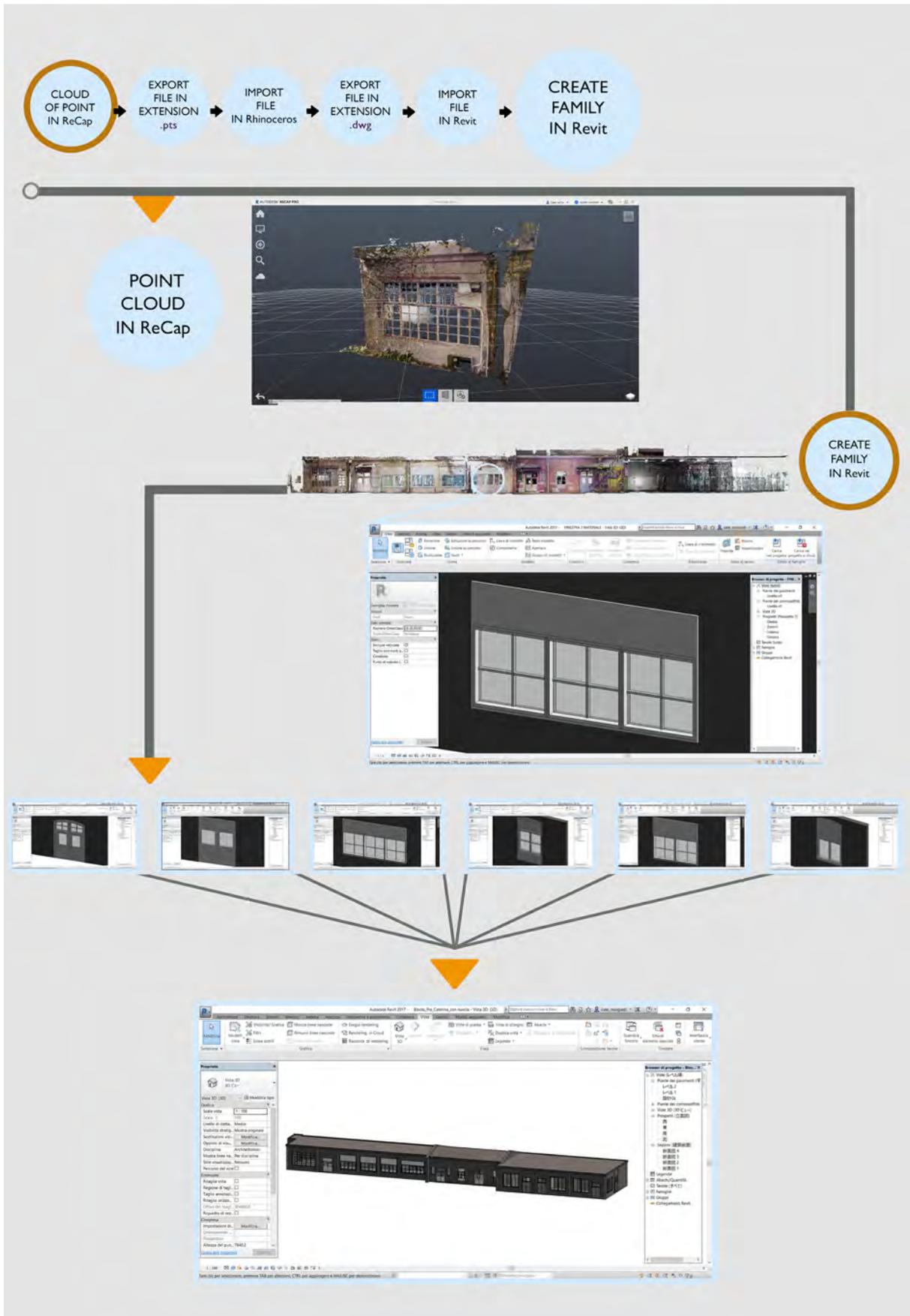


Fig.73 - Generazione delle famiglie in Revit - edifici in Kagark.

4.2.8. Caso studio - Scuola di ingegneria e architettura a Bologna

Terza occasione per applicare la tecnologia laser scanner per la generazione del modello H-BIM è stata in occasione della creazione del modello della scuola di Ingegneria e Architettura, progettata da Giuseppe Vaccaro (fig.74)



Fig.74 - Scuola di Ingegneria e Architettura di Bologna.

A differenza dei casi studio precedenti, il presente caso studio è stato individuato per testare un processo H-BIM nella sua interezza.

Infatti l'analisi del processo H-BIM non si sarebbe dovuta fermare alla fase di Scan-to-BIM ma arrivare anche alla digitalizzazione della fase di gara dei lavori di riqualificazione previsti per questa importante sede storica. Purtroppo, il sopraggiungere dell'emergenza Covid ha fermato tutti i lavori relativi alla preparazione della fase di gara, che ancora oggi, non sono ripresi. L'edificio storico della Scuola di Ingegneria e

Architettura, di proprietà dell'Università di Bologna, oggi è considerato uno degli esempi architettonici più significativi degli edifici universitari italiani della prima metà del XX secolo. L'edificio terminato nel 1935 nel corso della sua vita è stato sottoposto a numerosi interventi³⁸ che non hanno sostanzialmente trasformato il carattere originale dell'edificio o, almeno, non irreversibilmente e sono una prova della sua versatilità nel rispondere ai bisogni di oggi, adattandosi nel tempo.

³⁸ L'edificio è patrimonio culturale in quanto importante fonte di testimonianza dell'architettura italiana moderna. La Scuola di Ingegneria e Architettura è un importante riferimento costruttivo per il suo periodo e, allo stesso tempo, rappresenta la piena maturità del progettista nel saper combinare articolazione compositiva del linguaggio architettonico e ottimizzazione delle soluzioni tecniche. Questo edificio fu progettato da Giuseppe Vaccaro, laureato nel 1920 a Bologna. In uno dei suoi scritti datato 1943, possiamo comprendere la sua idea di architettura, come "un'arte che si esprime per mezzo del potere emotivo delle forme costruite per scopi inerenti la vita umana". La ricerca progettuale di Vaccaro oscilla tra l'"impulso all'astrazione" e l'"aderenza alla realtà". Il progetto architettonico di questa scuola fu approvato nel 1932; i lavori di costruzione iniziarono nel dicembre del 1933 e si conclusero nel 1935. L'inaugurazione ebbe luogo il 28 ottobre, giorno in cui si celebrava l'anniversario della marcia su Roma e, per tale ragione, considerato un simbolo dei successi del regime fascista. La scuola copre circa 6100 metri quadrati, con un'altezza di quattro piani e un livello inferiore per una porzione limitata di superficie. Il layout compositivo si presenta come schema a pettine, in modo da conferire autonomia spaziale alle sale dedicate a laboratori, biblioteche e aule. Il layout è diviso in diversi blocchi, con le sale amministrative e rappresentative vicino all'ingresso principale e un corpo centrale per collegare i singoli volumi in cui sono stati collocati i diversi dipartimenti della scuola. La connessione tra i blocchi è stata garantita da un corridoio centrale lungo e rettilineo, che consente l'accesso alle aule. L'orientamento a nord-est conferisce condizioni di illuminazione adeguate. Per ottimizzare la ventilazione e fornire migliore confort agli utenti di questa struttura, le aule erano dotate di sistemi di finestre speciali che, nelle stagioni più miti, avrebbero permesso agli studenti di studiare in una "veranda aperta" con vista sul parco di fronte. L'ingresso principale dell'edificio è posto sul lato occidentale, con un grande atrio all'ingresso, costruito in cemento armato ricoperto di marmo rosa veronese e strati di metallo oro-bronzo. Le sale amministrative e di rappresentanza, come la direzione e la segreteria, erano accessibili attraverso la scala principale, lussuosamente rivestita in marmo e dotata di un corrimano in ottone. La scuola ospita anche un archivio/biblioteca molto ricco, situato nella torre alta 45 m, la cui cima era adibita a osservatorio geodetico. Nei suoi oltre 80 anni di vita, numerose modifiche hanno interessato l'edificio, principalmente interventi di manutenzione straordinaria volti ad adattarlo agli attuali standard richiesti e alle nuove esigenze educative legate all'aumento del numero di studenti e personale accademico. L'edificio è stato infatti progettato per una capacità iniziale di soli 300 studenti, 100 per ogni anno, mentre oggi il numero è quasi dieci volte di più. Tra i principali interventi, oltre alle modifiche e alla frammentazione degli spazi interni, va evidenziata la parziale elevazione delle facciate interne per "nascondere le nuove attrezzature dell'impianto, l'aggiunta di nuovi volumi costruiti con materiali diversi e selezioni costruttive, l'inserimento di scale di emergenza in acciaio, la sostanziale sostituzione delle finestre di ferro con telai in alluminio.

L'obiettivo è stato quello di ottenere un modello integrato quale strumento che possa diventare database per le future trasformazioni dell'edificio in termini di sicurezza ed efficienza energetica nel rispetto delle normative per gli attuali requisiti di utilizzo. Nella ricerca storica si sono reperite le piante dell'edificio ed effettuata la campagna laser scanner con il Faro Cam2 Focus 3D al fine di ottenere la nuvola di punti utile alla costruzione del modello H-BIM in Revit. Di seguito le immagini rappresentative dei principali passaggi svolti (Fig.75). La forte solidità delle masse da analizzare, combinate alle dimensioni dell'edificio in esame, giustificano una fitta rete di scansioni laser, effettuate lungo tutto il perimetro dell'edificio e all'interno dell'atrio. I modelli numerici registrati sono stati successivamente integrati con le informazioni derivanti dal rilevamento diretto per avere un quadro conoscitivo il più possibile completo della struttura analizzata.

L'edificio razionalista progettato da Vaccaro risulta particolarmente adatto all'interno di una sperimentazione che prevede la costruzione di modelli secondo processi H-BIM.

Le caratteristiche morfologiche, formali e stilistiche dell'opera, e quelle tipologiche degli elementi che concorrono a definirne l'assetto, consentono di analizzare le potenzialità e le criticità di un approccio parametrico. Ciò ci consente di delineare un interessante scenario di ricerca che collega le ragioni della conoscenza con quelle più tecniche, pratiche e gestionali. La modellazione dell'edificio della Scuola di Ingegneria e Architettura di Bologna necessita di specifici approfondimenti, volti ad ottimizzare e a rendere il più possibile completa la costruzione del modello attraverso processi H-BIM utilizzabili come strumenti di base per gare di appalto rivolte alla sua ristrutturazione.

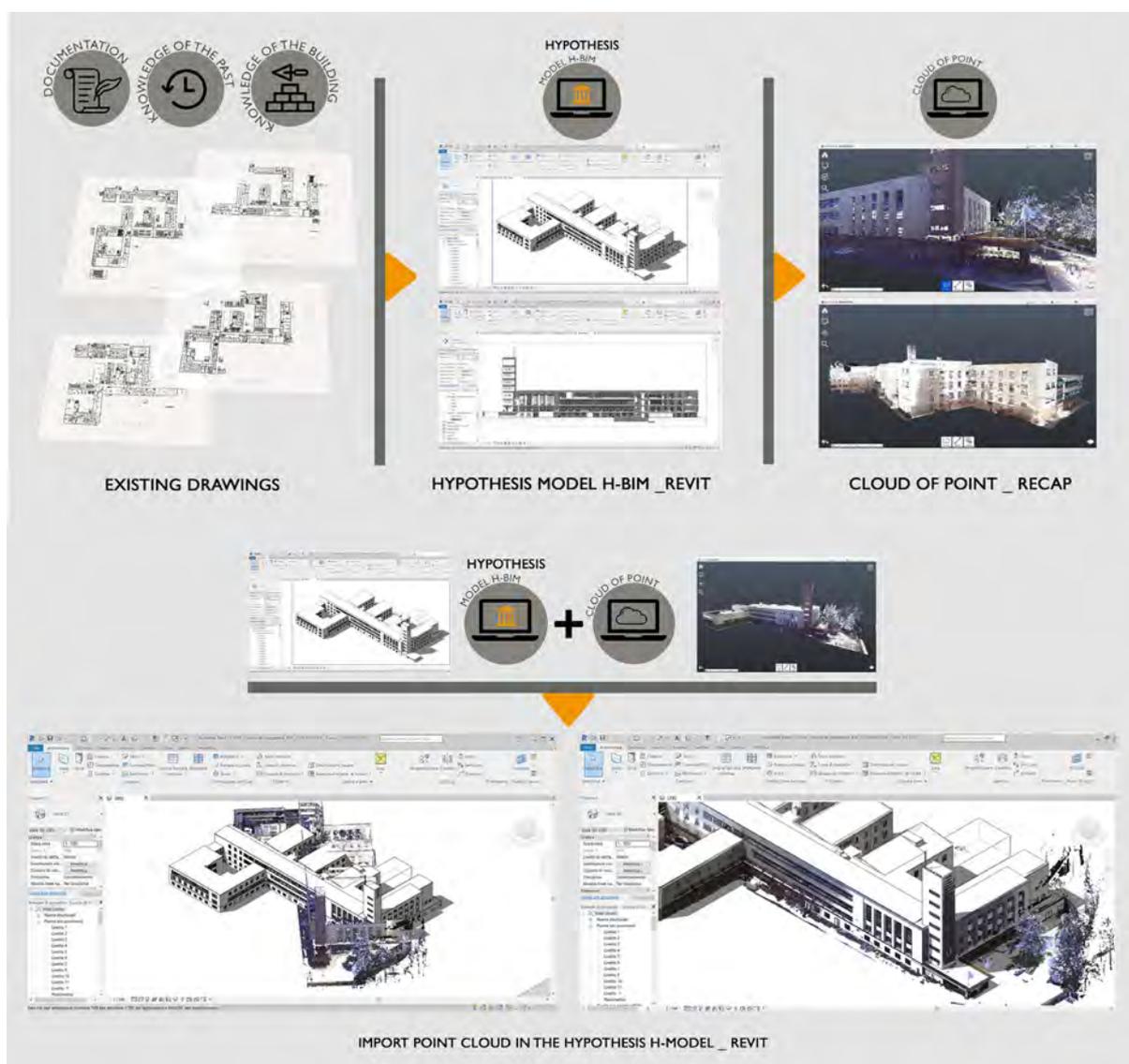


Fig.75 - Modello Revit ipotizzato sulla base delle informazioni archivistiche, nuvola di punti e importazione della nuvola di punti nella bozza del modello Revit.

Tali approfondimenti richiamano, da un lato, i temi della documentazione e della catalogazione come momenti fondamentali di una prassi operativa, dall'altro, il processo di costruzione e le modalità rappresentative dei modelli per l'architettura razionalista.

L'analisi dell'architettura moderna è spesso associata ad un'ampia documentazione del progetto che consente di avere informazioni su tutto ciò che non è direttamente rilevabile, o che richiederebbe interventi distruttivi. Il testing condotto su questa architettura razionalista propone una modellazione che preveda la possibilità di implementazione del modello attraverso la precisa definizione degli elementi strutturali (telai o sistemi murari), le tamponature, gli infissi, le finiture ecc. La modellazione degli elementi semanticamente distinti procede in base alla tipologia costruttiva, al materiale, alla posizione che occupano all'interno dell'oggetto architettonico. Un modello H-BIM eseguito correttamente deve contenere gli elementi visibili della struttura, ma anche quelli non direttamente visibili, per cui sarà necessaria una modalità di scomposizione e ricostruzione caratterizzate da un alto livello di dettaglio. L'obiettivo è quello di fondere la modellazione di diverse componenti, ciò comporta la necessità di applicare una metodologia che, a differenza di ciò che avviene nelle classiche operazioni di modellazione, non proceda dal generale al particolare. Si tratta di conoscere e riconoscere l'elemento non solo dal punto di vista geometrico-morfologico, ma nella sua costituzione a livello di dimensioni, materiali, tipologia e modalità di impiego nel più generale contesto del progetto analizzato, evidenziando il parallelismo tra i processi BIM e le pratiche costruttive di cantiere. Ovviamente per l'implementazione del modello è stato fondamentale reperire materiale informativo, testuale, grafico e fotografico, fornito dagli archivi d'Ateneo.

La riconoscibilità geometrica dell'edificio ha sicuramente influito sul processo di modellazione, che ha visto la prima fase della modellazione rivolta alla definizione di griglie di riferimento, al fine di individuare immediatamente la maglia strutturale dell'edificio realizzata con pilastri in cemento, e i fili fissi di elementi architettonici come le pareti di tamponamento esterno, i muri divisorii interni, le bucatore. Griglie, fili fissi e livelli costituiscono le regole basilare della progettazione sia per modelli BIM, sia per modelli H-BIM. A partire dalla nuvola di punti e dalle piante esistenti più recenti reperite si è proceduto ad una rettifica delle geometrie che definiscono gli elementi del progetto

La serialità degli elementi, riscontrata sia sulle facciate che nelle soluzioni interne, è stata gestita all'interno dell'ambiente Revit. Gli elementi architettonici non reperibili nelle famiglie di default presenti nel software sono stati modellati partendo da operazioni di editing delle famiglie caricabili. La modellazione dei diversi

componenti dell'edificio ha previsto modifiche legate alla personalizzazione degli oggetti digitali appartenenti ad un manufatto che, seppur semplice, presenta soluzioni architettoniche attente e opportunamente progettate per il caso di studio esaminato.

La prima fase della modellazione ha quindi visto una modellazione realizzata attraverso l'analisi incrociata tra i dati di rilievo e le fonti d'archivio. Per esempio, la modellazione di pilastri, delle murature, dei solai e delle scale è stata condotta modificando i parametri costruttivi e dimensionali di componenti tridimensionali già presenti nella piattaforma utilizzata per la costruzione del modello.

A seguito di ciò che è stato appena illustrato è possibile rilevare alcune considerazioni: la prima riguarda il criterio utilizzato per la scomposizione dell'edificio e le scelte condotte in fase di modellazione, è chiaro che su un edificio razionalista, privo di particolari ornamenti la fase di individuazione delle componenti da utilizzare diventa più semplice.

Il processo costruttivo digitale dovrà ripercorrere il progetto costruttivo reale. Pertanto, la parametrizzazione delle componenti ha consentito di riprodurre l'effettiva configurazione degli elementi reali, secondo i principi della produzione seriale che ne prevedeva la ripetizione e la standardizzazione. La seconda riguarda l'effettiva corrispondenza tra l'oggetto reale, il modello numerico e il modello parametrico. Nonostante la procedura Scan-to-BIM sia il punto di partenza, la standardizzazione degli elementi ha prevalso rispetto alle difformità che possono essere riscontrate tra diversi elementi della stessa categoria, è chiaro che un margine di approssimazione nella semplificazione della struttura sarà sempre da tenere in considerazione. La semplificazione delle forme non corrisponde comunque ad un'approssimazione metrica e geometrica nella descrizione, per tale ragione il modello parametrico potrebbe comunque risultare coincidente con l'as-built. Come anticipato, non è stato possibile analizzare il caso reale di realizzazione della gara di appalto a causa del blocco di tutte le attività a seguito della pandemia. Tale condizione può comunque consentire di fare alcune considerazioni, purtroppo, non positive.

La digitalizzazione di processi, oltre a consentire la realizzazione di lavori maggiormente controllati dovrebbe anche perseguire l'obiettivo di poter lavorare in forma collaborativa su piattaforme interconnesse. In questo caso però, non è stato possibile proseguire nelle fasi di costruzione del bando di gara a causa della mancanza di protocolli chiari, comuni e condivisi. E' evidente quindi, come ancora la macchina burocratica non sia al passo con l'emergente processo di digitalizzazione dei processi nel settore delle costruzioni (Zeliazkova, Naboni & Paoletti, 2015).

4.3. Scan-to-BIM

Dai casi studio analizzati, possiamo affermare che i processi Scan-to-BIM nascono per rispondere alla carenza di documentazione descrittiva riguardante un edificio o una infrastruttura, in particolar modo in riferimento alla sua geometria e morfologia. Qualsiasi sia l'intervento da eseguire sull'opera, restauro, ristrutturazione, riqualificazione demolizione, ampliamento addizione di una nuova volumetria vi è la necessità di esser in possesso di un modello generato all'interno di una piattaforma digitale interoperabile. Il processo Scan-to-BIM consente la creazione di modelli parametrici a partire dalla nuvola di punti che, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, può essere creata tramite rilievo fotogrammetrico, laser scanner e drone.

L'operazione di Scan-to-BIM, introdotta dai casi studio precedentemente citati, è sostanzialmente una porzione di processo, nello specifico la fase iniziale, per la generazione di un modello digitale integrato.

Il modello generato, a partire da questa prima fase Scan-to-BIM, dovrà portare sino alla modellazione del modello as-built, ossia un modello informativo, dinamico, interdisciplinare, condiviso e in continua evoluzione, dove sono leggibili gli interventi progettuali, gli interventi realizzati e gli interventi di futura manutenzione e gestione.

La fase di Scan-to-BIM è la fase immediatamente successiva a quella della generazione della nuvola di punti. Ad oggi, per quanto riguarda la fase di mera modellazione, ossia di "ricalco" della nuvola di punti all'interno di un software di ambiente BIM non esistono standard né strumenti di automatizzazione di questa attività.

Questa fase è quindi sostanzialmente imputata alla sensibilità del tecnico incaricato al "ricalco" e alla sua conoscenza dei software, sia rivolti alla generazione della nuvola di punti e alla sua esportazione, sia alla conoscenza dei software di modellazione BIM.

La definizione di una metodologia definita e strutturata per passare da un modello numerico ad un modello parametrico in una piattaforma BIM è ancora un terreno da esplorare (Quagliarini, Clini & Ripanti, 2017).

La fase Scan-to-BIM del processo risulta, ad oggi, ancora la più critica.

Molti studiosi e ricercatori hanno testato differenti piattaforme e software ma è ancora evidente la profonda limitazione connessa alla fase di automatizzazione del processo e non è ancora stato possibile individuare un processo semiautomatico che consenta di transitare da un modello numerico, corrispondente alla nuvola di punti ad un modello parametrico, il modello H-BIM. L'obiettivo del passaggio Scan-to-BIM è la modellazione di elementi architettonici attraverso la ricostruzione

dell'identità semantica che possa garantire una perfetta corrispondenza tra caratteristiche metrico-morfologiche dell'oggetto e quelle dei modelli.

La fotomodellazione o da drone e il processamento dei dati ottenuti dalla campagna laser scanner si limitano alla registrazione dell'oggetto architettonico nel momento di acquisizione dei dati, registrando le caratteristiche geometriche, cromatiche e materiche. Note queste informazioni, forniteci da operazioni di Structure from Motion (SfM)³⁹ è necessario procedere con analisi di ingegneria inversa, meglio conosciuta come reverse engineering⁴⁰. Tramite questo processo è possibile replicare o modificare tale oggetto, ma anche realizzare un nuovo prodotto che si interfacci con esso.

Questo concetto è facilmente traslabile nel settore dell'architettura.

Ad oggi, la tipologia di processi di reverse engineering applicabili al settore del costruito sono identificabili in due macro-gruppi: 1. il primo principalmente rivolto all'edificato costruito a partire dagli anni '20 del secolo scorso, tendenzialmente per queste architetture è possibile eseguire una sorta di vero e proprio ricalco della nuvola di punti, con la possibilità di creazione di famiglie⁴¹ personalizzate "su misura"; 2. Il secondo principalmente rivolto a quelle architetture, tendenzialmente storiche, caratterizzate da forme e morfologie difficilmente standardizzabili, in questo caso il processo ad oggi maggiormente diffuso è un processo semi-automatico che comporta la generazione di sezioni con estrazione di profili ed estrusioni di facce, operazioni eseguite direttamente sulla nuvola di punti. In particolare, negli ultimi anni, la ricerca sta rivolgendo interesse in questa seconda tipologia di modellazione.

Nella sostanza questa procedura consiste nella creazione manuale di una serie di piani di sezione orientati secondo un sistema di riferimento relativo XYZ, lavorando su una serie di livelli. Geometrie complesse e articolate rendono queste conversioni dei modelli numerici in modelli parametrici ancora di difficile esecuzione

³⁹ Structure from Motion è una tecnica che utilizza una serie di immagini bidimensionali per ricostruire la struttura tridimensionale di una scena o di un oggetto.

⁴⁰ Il concetto di reverse engineering nasce nel settore dell'ingegneria meccanica e descrive un processo che, tramite una scansione 3D e la conseguente elaborazione all'interno di un software, permette di digitalizzare un oggetto fisico

⁴¹ Una famiglia è un gruppo di elementi con un insieme di proprietà comuni, denominate parametri, e una rappresentazione grafica correlata. I diversi elementi appartenenti a una famiglia possono presentare valori diversi per alcuni o tutti i parametri, ma l'insieme di parametri, ad esempio nomi e funzioni, è identico.

A seguito verrà fatto un elenco dei principali studi e pubblicazioni, riferite a questa porzione del processo ancora in parte inesplorata:

- In uno studio di Jung et al. (2014), intitolato "Productive modelling for development of as-built BIM of existing indoor structures. Automation in Construction" viene effettuato uno studio per l'ottimizzazione della segmentazione automatica dei piani murari attraverso l'estrazione dei componenti di ciascuna superficie dai quali vengono tracciati i confini; l'algoritmo di campionamento utilizzato si chiama RANSAC. L'algoritmo RANSAC (RANdom SAmple Consensus) è metodo iterativo, nel settore della computer grafica per la stima dei parametri di un modello matematico a partire da un insieme di dati di input contenente una grande percentuale di valori outliers. Esso è un valore anomalo all'interno di un insieme di dati.

- In uno studio di Wang, Cho e Kim (2015), illustrato nella pubblicazione intitolata "Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications. Automation in Construction" vengono illustrate due sperimentazioni sull'utilizzo di algoritmi per l'estrazione automatica delle geometrie che compongono le architetture, la prima attraverso la generazione di un algoritmo atto a separare parti della nuvola registrata che si trovano sullo stesso piano, partendo dal dato grezzo, la seconda riguarda un algoritmo atto all'identificazione dei confini e alla descrizione della forma e delle dimensioni delle superfici attraverso la creazione di poligoni in corrispondenza del contorno di ciascuna regione riconosciuta.

- In uno studio di Zheliazkova M., Naboni, R., Paoletti I. del 2015 intitolata "A parametric-assisted method for 3D generation of as-built BIM models for the built heritage. WIT Transactions on The Built Environment" viene studiato un algoritmo atto alla generazione di una mesh a poligoni chiusi a partire dalla nuvola di punti attraverso l'algoritmo Pivoting-Ball (BPA). L'algoritmo Pivoting-Ball si basa sul principio che tre punti formano un triangolo se una circonferenza li attraversa senza includere altri punti al suo interno. Il processo viene ripetuto ruotando la circonferenza intorno ad un lato del triangolo finché non tocca un nuovo punto.

- Lo studio di Yang, Cheng e Wang (2020), illustrato nella pubblicazione "Semi-automated generation of parametric BIM for steel structures based on terrestrial laser scanning data", presenta un approccio semiautomatico in grado di ottenere i parametri richiesti per la creazione di modelli BIM as-built per strutture in acciaio. Viene sviluppato un algoritmo basato sull'analisi delle componenti principali (principal component analysis - PCA) e sulle tecniche di adattamento delle sezioni trasversali

per il recupero della posizione e della direzione di ciascun componente a partire dai dati di scansione. È stato sviluppato un algoritmo di estrazione del punto del bordo per estrarre efficacemente i confini dei componenti strutturali planari, anche in questo caso si è partiti da un algoritmo RANSAC. L'approccio proposto da Liu Y., Cheng J. C. P., Wang Q. è stato convalidato su una struttura in acciaio simile a un ponte con quattro diversi tipi di componenti strutturali. La geometria as-built estratta è stata confrontata con la geometria as-designed per convalidare l'accuratezza dell'approccio proposto e i risultati hanno mostrato che l'approccio proposto potrebbe estrarre in modo efficiente e accurato le informazioni sulla geometria e generare H-BIM parametrici di strutture in acciaio.

- Lo studio di Honic et al. (2020) presentato nel paper "Scan-to-BIM for the semi-automated generation of a material passport for an existing building", illustra il processo semi-automatizzato per la generazione di un modello H-BIM as-built di un edificio e la generazione di un Material Passport (MP) a partire da una nuvola di punti generata da scansioni laser.

L'idea centrale del progetto proposto è rilevare oggetti da costruzione dalle proiezioni della nuvola su un unico piano.

La nuvola di punti è stata elaborata creando sezioni per i punti al di sotto di un certo margine (altezza target corrente) e proiettati su un piano, generando una mappa di proiezione.

Tale mappa è stata poi utilizzata per la "contornatura", ossia definire contorni esterni dell'edificio. L'algoritmo elaborato consente l'individuazione di tutti i contorni chiusi. I contorni rilevati corrispondevano a polilinee caratterizzate da un numero eccessivo di segmenti. Al fine di ridurre la complessità della polilinea, è stata eseguita la decimazione della curva con l'algoritmo di Douglas-Peucker⁴².

In ultima istanza sono stati regolarizzati gli angoli e rilevate le aperture.

Tra i differenti casi di studio analizzati è stato scelto di citare i precedenti in quanto hanno trattato l'approccio al problema della segmentazione in maniera puntuale e chiara. I suddetti articoli inoltre sono stati citati in quanto presentano tratti distintivi e differenti per il passaggio da modello numerico al modello parametrico.

È interessante rilevare che in tutte le pubblicazioni citate tra le parole chiave compaia la parola "BIM", in due pubblicazioni su 5 "point cloud", mentre tutte

⁴² L'algoritmo Douglas-Peucker sviluppato nel 1973 da David Douglas e Thomas Peucker. È un algoritmo che decima una curva composta da segmenti di linea in una curva simile con meno punti. È stato uno dei primi algoritmi di successo sviluppati per la generalizzazione cartografica

le restanti parole chiave sono differenziate tra loro, richiamando utilizzi della modellazione differenti

Al fine di una completa comprensione delle attuali possibilità in materia di Scan-to-BIM, verranno a seguito presentate anche i contributi forniti da alcune case software, nello specifico

- FARO As-Built for Autodesk Revit sostituisce PointSense di Faro, nata a sua volta dalla acquisizione di Kubit GmbH, nel 2015. Kubit GmbH era nata inizialmente per collegare le stazioni totali direttamente ad AutoCAD, successivamente Kubit è passata all'integrazione dei dati di scansione laser 3D con ambienti come Autodesk Revit. As-Built di Faro estende in modo significativo le funzioni delle nuvole di punti di Revit, vengono qui riassunte le principali funzioni introdotte: creazione rapida e precisa di pareti direttamente nella nuvola di punti, allineamento automatico delle pareti per la creazione di planimetrie rettangolari (ortogonalità) e allineamenti continui degli assi, anche su più piani, inserimento di travi e colonne. As-Built colloca gli elementi strutturali nella nuvola di punti. I profili di travi e colonne possono essere riconosciuti automaticamente ed è possibile la creazione di un modello di terreno digitale dalle coordinate 3D e dalle linee di modello 3D ottenute dalla nuvola di punti. Il flusso di lavoro proposto è riassumibile nelle fasi rappresentate nella figura 76

- EdgeWise è progettato per estrarre automaticamente le caratteristiche dalle nuvole di punti, estraendo oggetti senza la necessità di dover

nuvole di punti riconoscendole come famiglie (pareti, pavimenti, tubi, condotti, condutture, finestre, ecc.)

- Scan-to-BIM di IMAGINiT Technologies. IMAGINiT Technologies è un Platinum Partner Autodesk ed è una società tecnologica al servizio dei professionisti del settore delle costruzioni, in particolare in Canada e negli Stati Uniti. Scan-to-BIM di IMAGINiT essendo un plugin per Revit fa affidamento su molte delle funzionalità del software per la gestione di molte attività, come per esempio il caricamento della nuvola di punti e della libreria. Sostanzialmente questo plug-in aggiunge solo alcuni algoritmi di rilevamento e adattamento di insieme per la gestione della scansione.

La funzione principale è la costruzione delle pareti grazie alla scelta dell'utente di tre punti che vadano a definire il piano del muro da cui un algoritmo di crescita rileva le estensioni.

L'utente imposta quindi una tolleranza e seleziona il tipo di muro parametrico da utilizzare nel modello di Revit.

C'è anche la possibilità modellare un muro di massa, modo utile per modellare una faccia del muro non perfettamente a piombo o ortogonale. Lo svantaggio di questo plugin è che gestisce solo la definizione di una superficie

Nonostante i grandi passi avanti ottenuti in questo settore, non è ancora stato possibile definire un approccio del tutto strutturato e soddisfacente.

In particolare, si riscontra che i limiti principali, sia



Fig.76 - Flusso di lavoro in ambiente Revit.

rimodellare gli elementi per ottenere modelli BIM "as-built" rapidi.

La prima versione di EdgeWise Building è stata lanciata nel 2009 e si concentrava prettamente sulla modellazione di edifici e terreni

Successivamente, nel 2011 EdgeWise Plant è stato rilasciato per l'industria e la modellazione di impianti, che è stata poi incorporata in EdgeWise MEP. L'obiettivo di EdgeWise è esportare in Autodesk Revit porzioni di

degli studi dei ricercatori, sia dei prodotti elaborati dalle case software, siano connessi alla buona riuscita della segmentazione e modellazione automatica prettamente rivolta a superfici piane o geometrie primitive.

Considerando che il patrimonio architettonico e storico è principalmente caratterizzato da geometrie articolare e morfologie complesse, è chiara la difficile applicabilità di questi algoritmi.

4.4. Raccolta dei dati specializzati

Quando parliamo di BIM, e ancora di più quando parliamo di H-BIM, oltre alla componente di modellazione geometrico-morfologica, affrontata nei paragrafi precedenti, non possiamo non considerare tutto quell'insieme di dati specializzati caratteristici dei manufatti storici. Esistono infatti caratteri storico-artistici-tecnologici imprescindibili in una analisi di un edificio esistente. I processi H-BIM nascono proprio con l'obiettivo di generare gemelli digitali del costruito implementabili e lavorabili secondo le esigenze di progettazione e successiva manutenzione dell'opera. Nell'ultimo decennio, il paradigma Historical Building Information Modelling (H-BIM) è stato studiato proprio per sfruttare la sua possibilità di diventare un contenitore interoperabile di molteplici informazioni. La metodologia H-BIM deve quindi porre particolare attenzione anche alle informazioni non geometriche: archiviazione e gestione organizzata e coordinata dei dati storici, analisi e interrogazione, gestione del tempo, flessibilità, facilità d'uso e condivisione delle informazioni. La modellazione tridimensione virtuale di qualsiasi manufatto implica una composizione organizzata e ordinata di elementi digitali che devono trovare corrispondenza possibile con l'oggetto reale. Ad oggi numerose sperimentazioni mostrano approcci eterogenei, è quindi necessario cercare di strutturare e definire fasi puntali che consentano la generazione di un flusso di lavoro ottimizzato e interoperabile. A seguito verrà citato un elenco delle principali sperimentazioni di segmentazione:

- Progetto NUBES (2006 ad oggi), coordinatore del progetto: Livio de Luca. Il progetto NUBES si concentra sulla definizione di un sistema informativo a scala architettonica che sfrutti le relazioni tra la rappresentazione 3D dell'edificio, forma, dimensioni, stato di conservazione, ipotetica restituzione delle sue trasformazioni nel tempo e le informazioni eterogenee provenienti da i vari campi, tecnico, documentario, storico (Jiménez Fernandez-Palacios et al., 2013). La piattaforma descritta si propone di organizzare molteplici rappresentazioni (e relative informazioni) attorno ad un modello di descrizione semantica con l'obiettivo di definire un sistema per l'osservazione multi-campo di edifici storici (De Luca et al., 2011).
- Progetto - Web BIM3D (2009 ad oggi), gruppo di ricerca 3DSurveyGroup, un'unità scientifica parte del Dipartimento ABC (ABC-Architecture, Built environment and construction engineering) del Politecnico di Milano. L'obiettivo della ricerca riguarda la generazione di un sistema per l'archiviazione e la gestione di tutte le informazioni sul Duomo di Milano e altri monumenti storici e siti archeologici. Lo scopo principale del lavoro era quello di predisporre i dati

di supporto per le operazioni di manutenzione che coinvolgono la cattedrale dal 2009 e tuttora in corso. Il database creato ospita modelli 3D con descrizioni, attività di restauro e file di diversa tipologia associati agli oggetti (Teruggi et al., 2020).

- Piattaforma Aioli (2017 ad oggi), coordinatore del progetto: Livio de Luca. Aioli è una piattaforma di annotazione semantica 3D per la documentazione collaborativa di oggetti del patrimonio, di diversa scala e genere. A partire da un modello fotogrammetrico degli oggetti, gli utenti sono in grado di annotare direttamente l'oggetto, aggiungere informazioni semantiche, collegare risorse esterne ed effettuare analisi multi-temporali. La piattaforma Aioli è sviluppata nel laboratorio MAP (Modelli e simulazioni per l'Architettura e i Beni Culturali), unità di ricerca congiunta del CNRS (Centro Nazionale per la Ricerca Scientifica) e del MC (Ministero della Cultura) (Pamart, Morlet & De Luca, 2019).

- Interessante è il processo presentato nella pubblicazione "A Framework for Using Point Cloud Data of Heritage Buildings Toward Geometry Modelling in A BIM Context: A Case Study on Santa Maria La Real De Mave Church" di López et al. (2017). Questo articolo presenta un caso di studio in cui vengono combinate le informazioni grafiche e semantiche necessarie per determinare lo stato di conservazione dell'edificio ottenute da nuvole di punti e dati storici e bibliografici. I diversi componenti vengono modellati manualmente utilizzando il software commerciale Rhinoceros utilizzati per creare una libreria di elementi parametrici secondo il concetto di H-BIM. Il caso di studio riguardava la chiesa romanica di Santa María la Real de Mave, Palencia in Spagna.

La trattazione ha presentato la creazione di libreria dedicata contenente la raccolta di informazioni sullo spazio costruito e sulla sua struttura semantica.

Le sezioni del modello numerico con l'ausilio di griglie e schemi costruttivi del periodo architettonico a cui appartiene l'edificio, hanno permesso di creare superfici omogenee e non particolarmente articolate. Per le porzioni più complesse è stato rintracciato prima il profilo dei componenti su un piano bidimensionale, poi trasformato in solido tridimensionale tramite la modellazione

- Ulteriore interessante pubblicazione è "BIM and Semantic Web-Based Maintenance Information for Existing Buildings" di Gouda, Abdallah e Marzouk (2020) dove viene presentato un sistema ontologico che si basa sull'integrazione delle informazioni BIM con la tecnologia del web semantico. Il risultato del paper è un framework, basato sulla conoscenza, semanticamente integrato che può potenzialmente costituire un database semantico per la costruzione di componenti delle strutture.

- Nella pubblicazione "H-BIM approach to implement the historical and constructive knowledge. The case of the Real Colegiata of San Isidoro (León, Apain)" si è proposto di introdurre un nuovo flusso di lavoro che consenta di delineare nuovi criteri che includono sia la sequenza temporale che le caratteristiche costruttive degli edifici storici. A tal fine è stato considerato il caso studio della Real Colegiata di San Isidoro a León.

È stato presentato un confronto delle strategie di modellazione applicate agli edifici storici tenendo in considerazione le loro singolarità, è stata, inoltre, individuata una segmentazione del modello per incorporare sia la sequenza temporale sia gli aspetti costruttivi ed è stata sviluppata una query attraverso il software Dynamo per consentire ricerche di dati personalizzate e combinate (Santoni et al., 2021).

Analizzando la letteratura e cercando un processo di evoluzione comune si evidenziano le seguenti fasi:

1. Una prima fase di raccolta del dato, dati semantici, dati tipologici, dati di archivio, informazioni storiche, informazioni tecnologiche. Ovviamente in questa fase, la componente intellettuale critica dell'architetto-ingegnere che analizza, confronta e desume il funzionamento e caratteristiche della struttura non è sostituibile da nessun software o plugin. L'importanza dell'aspetto conoscitivo dei manufatti risulta quanto mai necessario per l'elaborazione di librerie⁴³, che raccoglieranno intrinsecamente tutte quelle informazioni necessarie allo sviluppo di progetti congrui, siano essi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro, riuso, o progetti manutentivi. Le librerie di oggetti H-BIM rappresentano le fonti di dati in cui sono archiviati questi i componenti, che potranno essere implementanti e arricchiti nel tempo.

2. La seconda fase di questa procedura consiste nello stabilire i criteri di esistenza delle differenti entità a partire da un linguaggio formale codificato, quindi creare un processo ontologico utilizzato come base conoscitiva di tutte le informazioni semantiche raccolte. Questo perché l'obiettivo finale è riutilizzare i dati di analisi insieme al modello spaziale 3D, per fornire un database interrogabile da cui estrarre o implementare i dati, secondo criterio di ricerca codificati e gerarchizzati (query, in informatica). La gestione della conoscenza è un tema che va assumendo una sempre maggiore importanza, in tantissimi settori, ed in particolare nel settore della digitalizzazione del patrimonio.

⁴³ Una libreria, in Informatica, è un insieme di funzioni o strutture dati predefinite e predisposte per essere collegate ad un programma software attraverso un opportuno collegamento. Il collegamento può essere statico o dinamico; nel secondo caso si parla di dynamic-link library ("libreria a collegamento dinamico").

Il web è, ad oggi, considerato il maggior contenitore di conoscenza, o, comunque il maggiormente accessibile e frequentemente utilizzato. Il web, per la sua natura intrinsecamente decentralizzata, agevola l'interoperabilità delle applicazioni e dei processi. Nell'evoluzione verso il Semantic Web, la strutturazione e gerarchizzazione della conoscenza riveste un ruolo fondamentale. In molti casi studio analizzati è emersa l'adesione agli standard tecnologici definiti dal World Wide Web Consortium, anche conosciuto come W3C⁴⁴. I tre principali linguaggi WC3 utilizzati sono: XML (Extensible Markup Language), RDF (Resource Description Framework) e OWL (Ontology Web Language), essi consentono la realizzazione di nuove applicazioni in un contesto aperto e distribuito, coerente con l'evoluzione del web. Le linee di tendenza della ricerca degli ultimi anni relative alla gestione, archiviazione e condivisione dei dati hanno visto un numero crescente di applicazioni di gestione delle informazioni affidate alle tecnologie o strumenti del web semantico.

Le applicazioni non sono ancora molte ma quelle presenti in letteratura hanno mostrato nello specifico l'utilizzo del linguaggio RDF e OWL.

I vari elementi costituenti l'edificio possono essere descritti da un insieme di proprietà organizzate e gerarchizzate. È quindi possibile traslare il concetto di tassonomia delle scienze naturali nell'ambito della architettura.

Così come in biologia è necessario individuare un insieme di regole nomenclaturali, di tecniche per lo studio teorico della classificazione filogenetica dei viventi, definendo esatti principi, procedure e norme, basandosi su criteri morfologici e morfometrici, anche in architettura è necessaria una definizione rigorosa e precisa di ogni componente, questa volta da catalogare digitalmente.

È noto che le informazioni connesse alle costruzioni siano eterogenee, non strutturate e prodotte in

⁴⁴ Il W3C è un'organizzazione non governativa internazionale che ha come scopo quello di sviluppare tutte le potenzialità del World Wide Web in particolare nello stabilire standard tecnici inerenti sia ai linguaggi di markup sia ai protocolli di comunicazione. Il World Wide Web, nato dall'idea dell'informatico britannico Tim Berners Lee e dall'informatico belga Robert Cailliau, ha avuto un impatto eccezionale in merito a come le persone concepiscono l'accesso alle informazioni. Il linguaggio di markup è un linguaggio che permette di descrivere i dati attraverso una formattazione specifica che utilizza i cosiddetti tag, che non sono altro che dei marcatori. L'HTML è uno degli esempi più noti di linguaggio di markup: esso consente di descrivere, semplicemente, le pagine per il web attraverso dei tag predefiniti. Più tecnicamente, un linguaggio di markup può essere definito come un gruppo di regole attraverso le quali vengono descritti i meccanismi di rappresentazione di un testo. Si è soliti distinguere tra i linguaggi di markup di tipo descrittivo e procedurale.

semantiche difficilmente adattabili

Di conseguenza, i professionisti sono obbligati a inserire manualmente queste informazioni nelle loro piattaforme BIM, che di solito risultano soggette a errori e inefficienze. È quindi chiara la necessità di riuscire ad integrare i dati connessi alle porzioni di nuvole di punti utilizzando l'ontologia in cui i dati possono essere strutturati e collegati sul web.

3. La terza fase la possiamo definire come di "modellazione/identificazione puntuale". Consiste nella segmentazione e discretizzazione a partire da modelli numerici e dati semantici. La procedura prevede l'associazione delle porzioni della nuvola di punti segmentata ai contenuti delle librerie costruite con criteri di esistenza e linguaggi formali codificati. Come anticipato nel punto 2, queste librerie costituiscono la base conoscitiva e gestionale per una codificazione interoperabile per la gestione e l'interconnessione delle informazioni, tipiche del Heritage/Historic Building Information Modelling.

È chiara la preponderante necessità di conoscere il manufatto in ogni sua parte per poterla identificare con precisione nel processo associativo ai contenuti delle librerie. Utilizzare piattaforme informatiche come strumento ontologico significa imporre digitalmente regole, vincoli, domini di applicazione, linguaggi semantici che possano essere rispondenti a leggi di logica formale. In questa fase il patrimonio costruito viene scomposto in una semantica di tipo concettuale. L'obiettivo è quindi quello di associare la semantica degli elementi alle famiglie H-BIM, che possono essere preventivamente configurate

4.5. Inserimento, archiviazione e condivisione delle informazioni

Quando parliamo di inserimento, archiviazione e condivisione del dato non possiamo non fare riferimento a due riferimenti ormai onnipresenti nella letteratura in materia di strategie BIM: la curva di MacLeamy (fig.77) e la definizione di BIM maturity levels (MacLeamy, 2020). La curva di MacLeamy, infatti, risulta uno dei primi studi che trasmettono la necessità di introdurre nel mondo delle costruzioni sistemi di condivisione utili all'efficiamento del processo. La curva di MacLeamy illustra la differenza del carico di lavoro tra un progetto realizzato in CAD e uno realizzato in BIM. Il grafico presentato in uno studio del 2004 di Patrick MacLeamy⁴⁵, mostra una curva a campana relativa al processo di progettazione tradizionale con il picco di sforzi al centro della fase di documentazione e costruzione e una curva a campana relativa al processo di progettazione BIM, mostrando come il BIM sposti lo stesso picco alla fine della fase di progettazione preliminare con la positiva conseguenza

⁴⁵ Patrick MacLeamy (nato nel 1942) è un architetto americano, presidente di BuildingSMART International. MacLeamy è stato un sostenitore del settore per la necessità di sfruttare le nuove tecnologie e strumenti di collaborazione per migliorare la pratica dell'architettura. In qualità di fondatore e presidente di BuildingSMART International MacLeamy ha portato avanti l'implementazione globale del Building Information Modelling (BIM) per migliorare la qualità e l'efficienza del processo di progettazione architettonica.

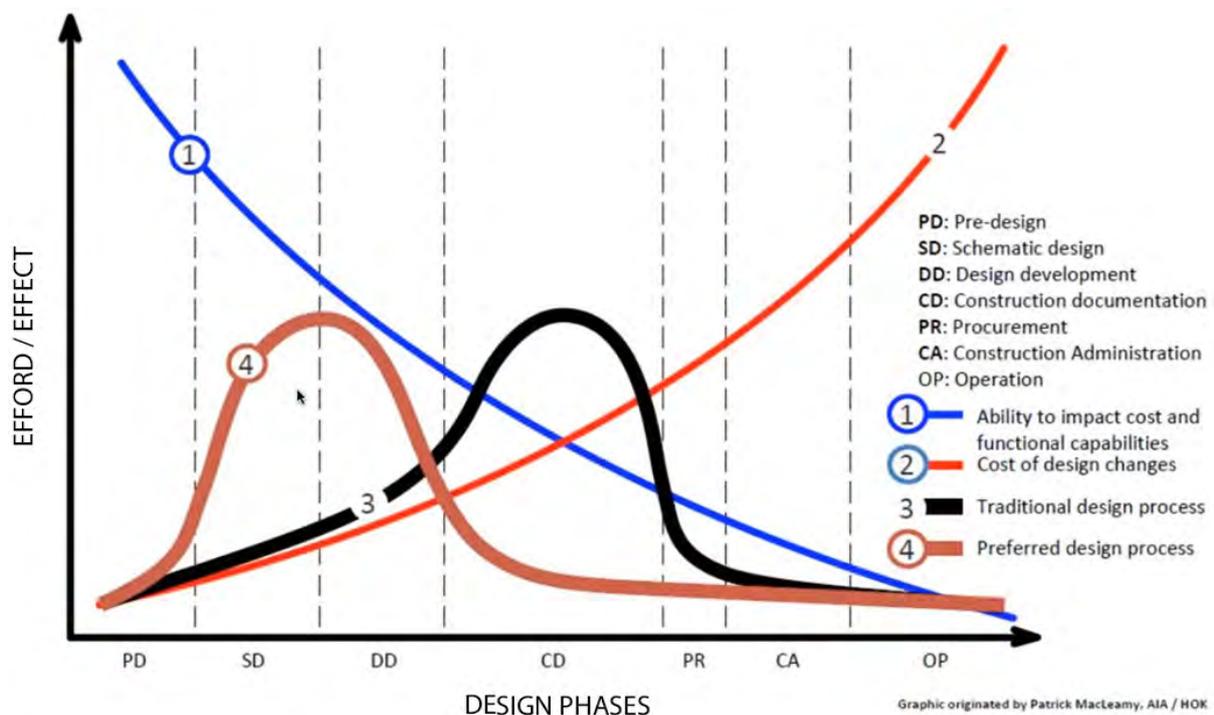


Fig.77 - Curva di MacLeamy.

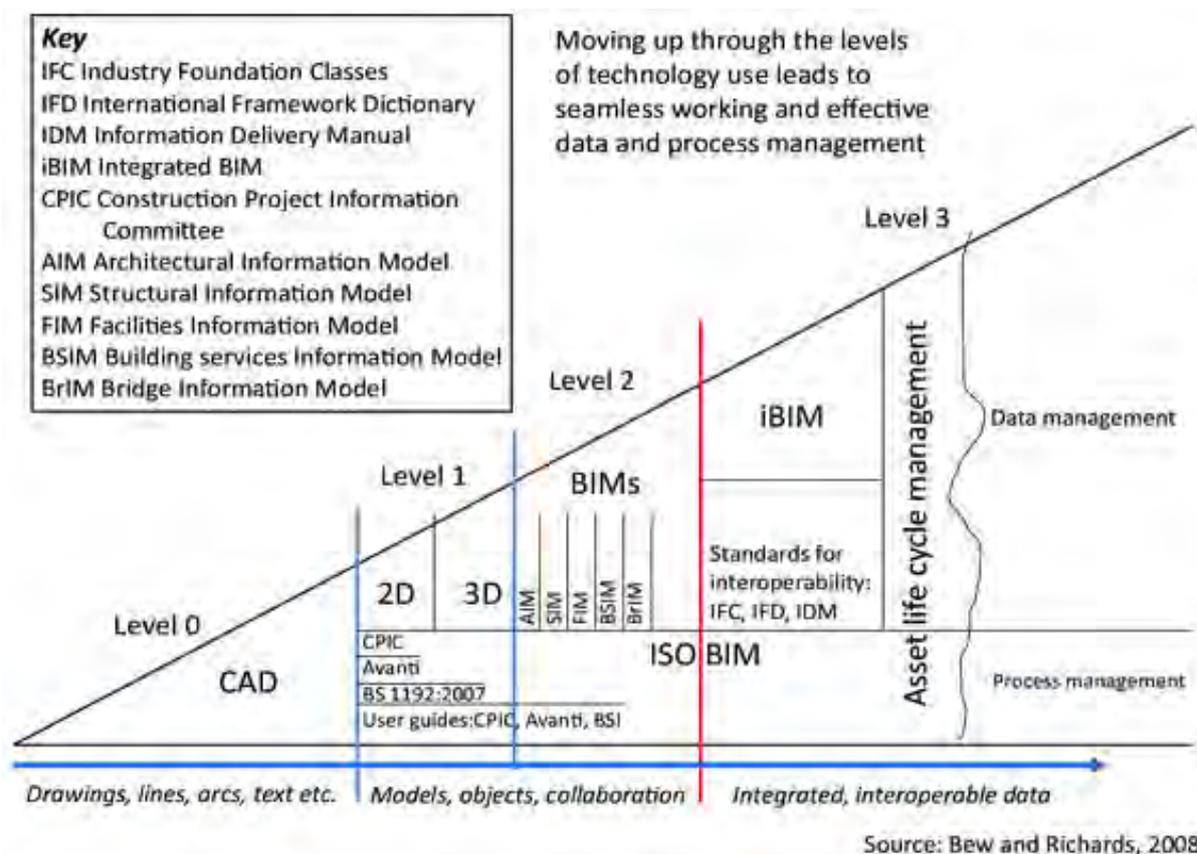


Fig.78 - Livelli di maturità del BIM.

di avere modifiche di progettazione più semplici, efficaci e meno costose. La ovvia conseguenza è una richiesta di partecipazione al progetto a tutti gli attori sin da subito. Ulteriore concetto importante da sottolineare è quello di Bim maturity levels, che nasce nel Regno Unito ed è stato per la prima volta definito da Mark Bew⁴⁶ e Mervyn Richards⁴⁷ nel 2008. I livelli di maturità BIM possono essere definiti come i diversi livelli di collaborazione condivisa individuabili in progetto di costruzione. Bew e Richardson hanno provato per primi a schematizzare questo concetto in una immagine (fig.78). Nella sua forma di base il modello include quattro livelli (fig.79)

LIVELLO 0 - Il livello 0 corrisponde al modello più semplice, caratterizzato da collaborazione nulla e da tecniche di disegno CAD 2D. L'obiettivo principale è generare informazioni sulla produzione sotto forma di stampe cartacee o stampe elettroniche o una

combinazione di esse.

LIVELLO 1 - Il BIM di livello 1 prevede l'utilizzo sia del CAD 3D che del disegno 2D. Mentre il CAD 3D viene utilizzato per i lavori concettuali, il 2D viene utilizzato per la generazione della documentazione di approvazione legale e delle informazioni legate alla produzione. A questo livello, la condivisione dei dati avviene elettronicamente utilizzando un ambiente dati comune ("Common Data Environment" - CDE) gestito dall'appaltatore. Inoltre, gli standard CAD sono regolati dagli standard britannici. A questo livello, la collaborazione tra le diverse parti interessate è ancora considerevole vicina allo zero poiché ognuno crea e gestisce i propri dati.

Per ottenere un BIM di livello 1, lo Scottish Futures Trust⁴⁸ afferma che è necessario essere in possesso dei seguenti requisiti:

⁴⁶ Mark Bew (nato nel 1967) è un ingegnere inglese, presidente dell'azienda di consulenza PCSG (Professional Construction Strategies Group). Fino a gennaio 2015, è stato inoltre presidente di BuildingSMART UK.

⁴⁷ Mervyn Richards OBE è direttore di Avanti Partnership - Building Smart UK e amministratore delegato di MR1 Consulting. È stato autore della norma PAS1192-2.

⁴⁸ Lo Scottish Futures Trust (SFT) è un'ente pubblico esecutivo non dipartimentale del governo scozzese, istituito nel settembre 2008 per migliorare gli investimenti nelle infrastrutture pubbliche. SFT opera a condizioni di mercato rispetto al governo, ma lavora a stretto contatto con i settori pubblico e privato per fornire un rapporto qualità-prezzo su tutti gli investimenti infrastrutturali del settore pubblico in tutto il paese.

- ruoli e responsabilità dovrebbero essere concordati;
- dovrebbero essere adottate convenzioni;
- dovrebbero essere messe in atto disposizioni per creare e mantenere i codici specifici del progetto e il coordinamento spaziale del progetto;
- dovrebbe essere adottato un "Common Data Environment" (CDE) per consentire la condivisione delle informazioni tra tutti i membri del team di progetto;
- dovrebbe essere concordata un'adeguata gerarchia delle informazioni che supporti i concetti del CDE e del repository dei documenti.

LIVELLO 2 - Il BIM di Livello 2 si distingue per descrivere un vero e proprio lavoro collaborativo e richiedere un processo di scambio di informazioni specifico per quel progetto, coordinato tra i vari sistemi e partecipanti al progetto.

Qualsiasi software CAD utilizzato nel processo da ciascuna parte deve essere in grado di esportare in uno dei formati di file comuni come IFC (Industry Foundation Class) o COBie (Construction Operations Building Information Exchange). Questo è il metodo di lavoro che è stato fissato come obiettivo minimo dal governo britannico per tutto il lavoro nel settore pubblico.

Per raggiungere il livello 2, è essenziale che un'organizzazione:

- abbia raggiunto tutte condizioni delineate dalle linee guida del Livello 1;
- si lavori con formati IFC o COBie.

LIVELLO 3 - Definito anche come "Open BIM", l'ambito del Livello 3 non è stato completamente definito sebbene l'obiettivo debba portare ad una collaborazione più profonda tra tutte le parti interessate attraverso un modello condiviso archiviato in un repository centrale. Il concetto di livello 3 consente a tutte le parti di lavorare simultaneamente sullo stesso modello, eliminando la possibilità di informazioni contrastanti. Il livello 3 propone l'utilizzo di una soluzione integrata costruita attorno a standard aperti come IFC dove un unico server memorizza tutti i dati del progetto.

È quindi chiaro il ruolo fondamentale dell'interoperabilità vista la diversità dei dati e di interfacce caratterizzanti i progetti H-BIM.

I requisiti per le informazioni nel metodo BIM e H-BIM sono che i dati siano aggiornati e generalmente disponibili per tutte le parti coinvolte nella costruzione. Una volta che i dati edilizi sono stati organizzati, gerarchizzati e interconnessi in modo standardizzato e stabile secondo lo standard IFC (già presentato nel capitolo 3), il passaggio chiave successivo è far comunicare il software in base a questo standard.

Per ottenere ciò, lo standard IFC possiede due strumenti fondamentali: il formato di scambio fisico ".ifc" e un'interfaccia di traduzione incorporata nel software. Questo processo è chiamato "implementazione".

Per esportare o importare informazioni espresse seguendo lo standard IFC, il software dovrebbe includere un'interfaccia di traduzione, chiamata SDAI

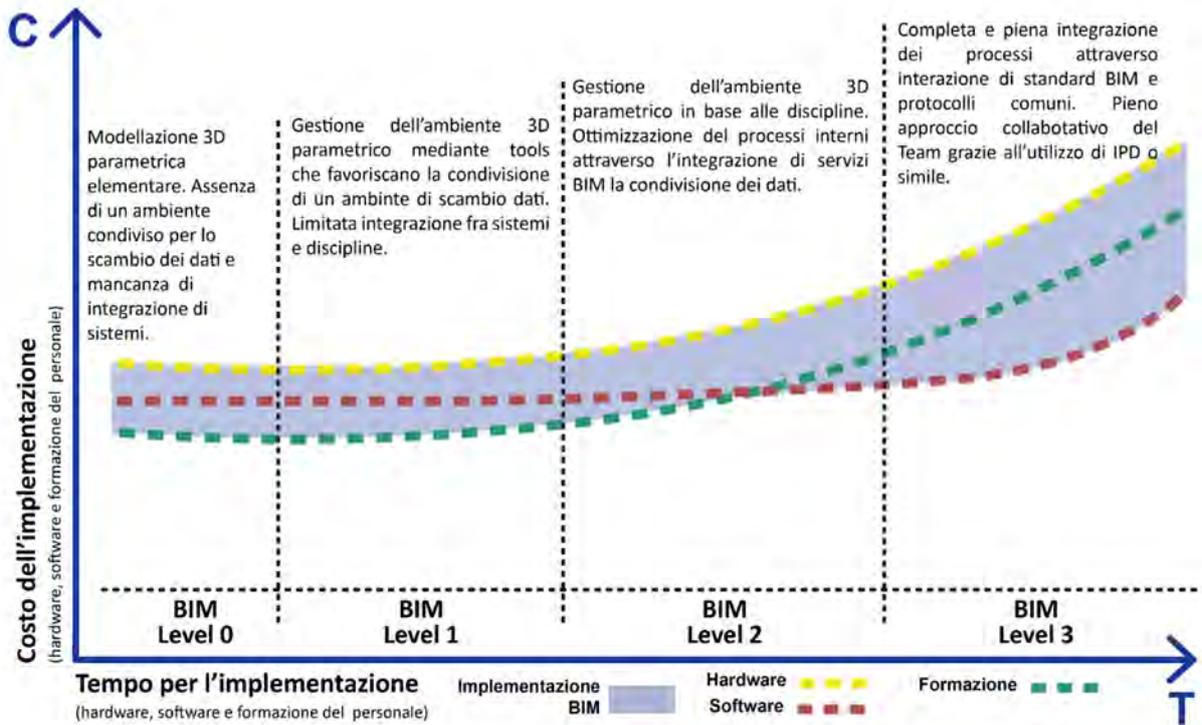


Fig.79 - Rapporto tra tempo e costo dell'implementazione rispetto ai livelli di maturità del BIM.

“Standard Data Access Interface”.

I software certificati IFC sono in grado di esportare e importare tutte le informazioni elaborate secondo lo standard IFC.

I software BIM, nello specifico, devono “scrivere” i file rispettando il linguaggio EXPRESS, che viene definito con precisione dalla norma ISO 10303-11 e che verrà illustrato a seguire.

L’obiettivo è fornire un meccanismo senza conflitti interni in grado di descrivere i dati durante tutto il loro ciclo di vita.

Questo meccanismo è adatto non solo per lo scambio di file neutri, ma anche come basi per l’implementazione e la condivisione di database di dati e come basi per l’archiviazione.

Ciò può essere realizzato tramite il linguaggio EXPRESS. Ogni elemento del linguaggio è presentato come elemento semplice, successivamente inserito in un quadro di idee più complesse, in modo incrementale. In EXPRESS, le entità sono definite in termini di attributi, un punto geometrico potrebbe essere definito in termini di tre numeri reali.

Vengono dati nomi agli attributi che contribuiscono alla definizione di un’entità. Quindi, per un punto geometrico i tre numeri reali potrebbero essere chiamati x, y e z.

Lo standard propone di tracciare gli schemi EXPRESS utilizzando librerie di classi di oggetti, basate su linguaggi di programmazione a oggetti: “SDAI Languages Binding”.

La struttura di ciascuna classe di oggetti della libreria di binding è generalmente identica. Tutti le classi comprendono 3 parti differenti: 1. la prima parte riguarda la definizione degli attributi; 2. la seconda parte include il costruttore di classi che permette di “costruire” oggetti che utilizzano attributi diversi; 3. la terza parte è costituita da un set di istruzioni. Queste istruzioni consentono all’oggetto di interagire con un altro oggetto.

Lavorare attraverso questi schemi EXPRESS, consente l’esportazione dei formati interoperabili IFC e la conseguente possibilità di sovrapporre i diversi modelli prodotti dai professionisti dei diversi ambiti in una unica piattaforma.

Anche in questo caso sarà necessario introdurre un ulteriore software in grado di “assimilare” i diversi file IFC prodotti e fonderli in un unico modello, capace anche di individuare e risolvere problemi causati da conflitti ed interferenze

In questa fase si utilizzerà un software capace di aggregare i dati provenienti da figure specialistiche distinte per un migliore controllo dei risultati, ottenendo una revisione olistica di modelli e dati integrati.

Anche in questo caso, lo scopo della trattazione non è illustrare specificatamente le funzioni di ogni software,

ma sembra comunque opportuno citare un software di controllo olistico ritenuto il primo dai dati di mercato, un prodotto acquistato dal colosso Autodesk nel 2007: Naviworks, precedentemente conosciuto come JetStream.

Navisworks consente agli utenti di combinare differenti modelli BIM e H-BIM provenienti da tutte le applicazioni più diffuse, sia di Autodesk che della concorrenza, da Civil 3D a Microstation, da ArchiCAD a Revit, da 3DS Max ad Inventor, da Rhinoceros a Solidworks, comprese le nuvole di punti da laser scanner.

Autodesk Navisworks è un’applicazione software per la revisione di progetto estremamente potente rivolta ad architetti, ingegneri e altri professionisti del mondo delle costruzioni che hanno deciso di adottare flussi di lavoro BIM o H-BIM.

Con la crescente spinta verso la semplificazione dei progetti di costruzione, Autodesk Navisworks, come tutti i software progettati per la revisione del progetto, aiuta a supportare la progettazione concettuale iniziale, la pianificazione dei progetti, risolvere potenziali conflitti di progettazione tra diverse discipline con una conseguente riduzione di tempi e costi di costruzione. Navisworks utilizza una tecnologia innovativa per comprimere i file così da permettere una visualizzazione interattiva e una guida fluida in tempo reale, per poter navigare, esplorare ed esaminare anche i modelli 3D più grandi e complessi.

Tale software consente la pianificazione della costruzione esistente per simulare tempi o pianificazione con modelli 3D e per creare sequenze di costruzione 4D in grado di evidenziare e risolvere i problemi del cantiere.

Attualmente Autodesk propone due prodotti Naviswork: Navisworks Manage e Navisworks Simulate.

Navisworks Manage è dedicato specificatamente al rilevamento delle interferenze, al coordinamento avanzato degli strumenti, all’analisi 5D, alla quantificazione e alla simulazione, consentendo un controllo migliore dei risultati del progetto. Navisworks Simulate è dedicato alla revisione dei modelli 3D.

Gli strumenti di analisi 5D, quantificazione e simulazione consentono la revisione e la comunicazione dei dettagli di progettazione.

Come anticipato, si è riportato l’esempio di Navisworks, essendo il software maggiormente diffuso, ma proprio a sottolineare la volontà di creare piattaforme sempre meno legate ad una singola casa produttrice.

A seguito verranno elencate altre possibilità presenti in commercio con le funzionalità simili del suddetto software:

- Design for Fabrication di Dassault System;
- Spirit di Softtech;
- Building Operations Management di Archibus.

4.6. Gestione digitale del processo H-BIM

Negli ultimi decenni, è accresciuta la consapevolezza dell'importanza della sostenibilità nel settore delle costruzioni e della protezione dell'ambiente. La conseguenza di questo aumento di consapevolezza ha portato alla necessità di sviluppare tecniche per la valutazione dei carichi ambientali associati a beni e servizi. Secondo i dati ISTAT (fig.80), circa il 60% delle costruzioni italiane sono state realizzate in data antecedente gli anni '70, e, nonostante circa la metà del patrimonio edilizio sia in buone condizioni, l'altra metà si trova in mediocre stato di conservazione. La conseguenza diretta è che il nostro patrimonio esistente risulta particolarmente energivoro. L'attività edilizia, quindi, è uno dei settori a più alto impatto ambientale che si applica attraverso l'inarrestabile

riduzione di emissione di gas serra, e alla finanza, a partire dall'anno 2020. Per tale ragione l'Italia, come il resto del mondo, ha sentito l'esigenza di codificare un metodo di valutazione degli impatti, che prende il nome di analisi del ciclo di vita (LCA, Life-Cycle Assessment). LCA è un metodo strutturato e standardizzato a livello internazionale che permette di quantificare i potenziali impatti sull'ambiente e sulla salute umana associati a un bene o servizio, a partire dal rispettivo consumo di risorse e dalle emissioni.

Ciò significa che LCA prende in considerazione tutte le fasi che portano dalla materia prima al prodotto fabbricato, compresa l'estrazione dei materiali, il consumo di energia, la produzione, il trasporto, l'uso, il riciclaggio e lo smaltimento finale o la fine del ciclo di vita. È una metodologia olistica che quantifica in che modo un prodotto o un processo influisce sul

DATI ISTAT	Epoca di costruzione	Stato di conservazione				Totale
		Ottimo	Buono	Mediocre	Pessimo	
	Prima del 1919	321.515	1.008.058	696.571	124.115	2.150.259
	Dal 1919 al 1945	179.837	680.810	460.821	62.347	1.383.815
	Dal 1946 al 1961	262.252	919.050	440.821	37.706	1.659.829
	Dal 1962 al 1971	421.296	1.189.107	339.915	17.639	1.967.957
	Dal 1972 al 1981	581.533	1.165.793	225.835	10.045	1.983.206
	Dal 1982 al 1991	542.007	653.865	90.195	4.435	1.290.502
	Dal 1991 al 2001	566.397	199.656	23.320	1.654	791.027
	Dopo il 2001	438.900	48.767	-	-	487.667
	Totale	3.313.737	5.865.106	2.277.478	257.941	11.714.262
	%	28,3%	50,1%	19,4%	2,2%	-

Fig.80 - Epoca di costruzione e stato di conservazione per edifici ad uso abitativo su dati ISTAT.

consumo del territorio, l'alto consumo energetico e le emissioni in atmosfera ad esso connesse. La città sostenibile rappresenta la sfida dei nostri giorni e all'interno di questa sfida, un ruolo fondamentale è assunto proprio dal mondo delle costruzioni, poiché il peso delle costruzioni nel generare l'insostenibilità delle città è molto elevato. Oltre il 40% del consumo energetico globale e circa il 30% delle emissioni globali di gas serra sono assoggettate al settore dell'edilizia. A conferma della volontà di combattere questi fenomeni vi sono anche le politiche Europee e Internazionali per mitigare i cambiamenti climatici, tra le principali:

Quadro Clima-Energia 2030: il cui obiettivo è la riduzione dei gas serra del 40% a livello europeo rispetto all'anno 1990, una quota almeno del 27% di energia rinnovabile; un miglioramento del 27% dell'efficienza energetica

Protocollo di Kyoto: obiettivo del Protocollo è la riduzione delle emissioni globali di sei gas-serra, primo tra tutti l'anidride carbonica (CO₂) per il periodo 2008-2012 poi prorogato per il periodo 2013-2020;

L'Accordo di Parigi, che è un accordo tra gli stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), riguardo alla

cambiamento climatico, sulle risorse non rinnovabili e sull'ambiente nel suo complesso. Il punto di forza della valutazione del ciclo di vita risiede nel fatto che tiene conto di ciò che accade prima e dopo che il prodotto finale viene utilizzato dai clienti e può misurare efficacemente gli effetti su un lungo periodo di tempo (fig.81). L'importanza di valutare potenziali miglioramenti delle prestazioni durante il ciclo di vita ambientale degli edifici nelle prime fasi di progettazione è ampiamente riconosciuta. L'applicazione dell'LCA, tuttavia, è frenata dalla grande incertezza di un adeguato livello conoscitivo del manufatto e dei risultati della progettazione. Per supportare il processo decisionale sin dalla fase iniziale di progettazione e la scelta degli interventi più adeguati da effettuare sul manufatto risulta di fondamentale importanza l'applicazione dei processi H-BIM, infatti grazie all'applicazione del BIM sul patrimonio costruito è possibile valutare un'ampia gamma di opzioni e in tempo reale il loro impatto ambientale. L'approccio integrato tipico dell'H-BIM consente l'identificazione di "hotspot" specifici del progetto che possono essere visualizzati sul modello dell'edificio. La metodologia H-BIM, come è stato più volte ribadito, mira infatti a seguire tutte le fasi del ciclo



Fig.81 - Ciclo di vita sostenibile.

di vita di una costruzione, a partire dalla costruzione del modello dello stato di fatto fino al modello delle diverse fasi di progetto, costruzione, utilizzo e fine vita (end-of-life product - EoL).

Per eseguire una LCA di un edificio, quindi, vi è la necessità di raccogliere informazioni considerevoli sui materiali da costruzione, i processi di costruzione, la fase di utilizzo e la “decostruzione” dell’opera.

Da uno studio del 2020 di Tajda Potroc Obrecht, Martin Röck, Endrit Hoxha e Alexander Passer, intitolato

“BIM and LCA Integration: A Systematic Literature Review”, emerge che l’interesse scientifico rivolto all’integrazione dell’analisi LCA con sistemi BIM è sempre maggiore (fig.82)

Anche per l’analisi del ciclo di vita dell’opera, le questioni sono strettamente connesse all’interoperabilità degli strumenti. Inoltre, come per la progettazione e tutte le fasi dell’opera, il processo di integrazione deve essere chiaramente regolamentato in modo che ogni stakeholder sia consapevole del tipo di informazioni che devono essere fornite. L’H-BIM offre quindi la possibilità di mappare l’intero ciclo di vita di una opera architettonica.

Lo strumento H-BIM favorisce la stretta collaborazione di tutti gli esperti coinvolti nel processo di costruzione. Tuttavia, chi lavora con questa piattaforma interoperabile dovrà senza dubbio confrontarsi con diversi contenuti e formati di dati. Sia per un oggetto esistente che viene mantenuto e gestito secondo i principi del Building Information Modelling, sia per un nuovo progetto.

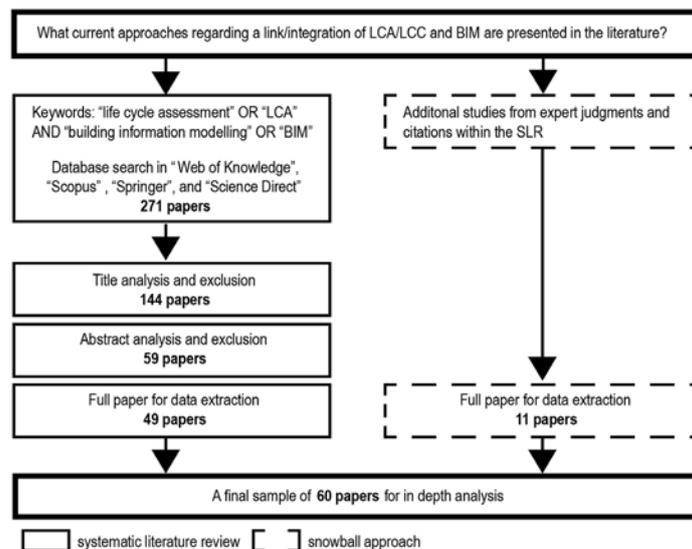


Figure 2. The process of collecting the relevant papers.

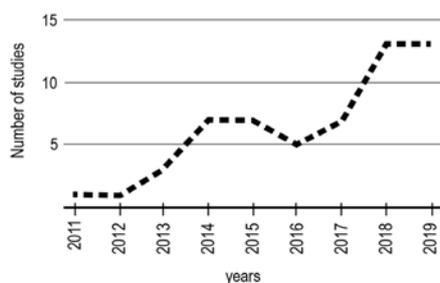


Figure 3. The yearly distribution of the papers identified during the systematic literature review.

Fonte: BIM AND LCA INTEGRATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW
 Autori: ATAJDA POTROC OBRECHT, MARTIN RÖCK, ENDRIT HOXHA E ALEXANDER PASSER
 Anno: 2020

Fig.82 - Implementazione di ricerche sul tema BIM-LCA.

CAPITOLO 5

5. LO STRUMENTO H-BIM NELLA FASE DI GARA

5.1. Introduzione

E' importante capire ora il processo BIM e H-BIM all'interno della realtà del settore delle costruzioni. In particolare, verrà analizzata la fase del procurement, con particolare attenzione al settore delle opere pubbliche nella fase di gara, in relazione ai modelli di organizzazione del processo edilizio ed alle relative modalità di scelta del contraente.

Si tratta di una fase fondamentale per il successo di un progetto. La pratica, fino ad oggi, ha dimostrato l'inevitabile presentarsi di problemi, che hanno portato ad un aumento dei costi durante il processo di costruzione, non solo a causa di errori nel progetto stesso o di cambiamenti richiesti in corso d'opera dal committente, ma anche a causa di ulteriori lavorazioni non previste e materiali necessari che non erano stati inclusi o ben descritti nella documentazione di gara. Il modus operandi dei processi BIM, ed H-BIM per l'esistente, mira a ridurre gli errori della gestione delle procedure grazie a un approccio digitale che è più facilmente controllabile e analizzabile.

Lo scopo di questa tesi è proprio quello di identificare i principali problemi relativi alla fase di gara in relazione alle diverse tipologie di appalto con particolare attenzione al sistema degli appalti pubblici e di studiare il corretto flusso informativo BIM e H-BIM nelle gare d'appalto per migliorare gli attuali punti deboli dei

processi di procurement.

Inoltre verrà analizzato il ruolo del Model Checking nella fase di selezione del contraente nei metodi di appalto pubblico ordinari, nonché in alcuni nuovi metodi recentemente adottati. Al fine di approfondire le questioni pratiche, è necessario presentare una panoramica che descriva i principali metodi di appalto pubblico.

L'individuazione e la selezione del contraente più qualificato nel processo di appalto pubblico nazionale ed internazionale ed appalti innovativi è ancora una delle questioni più critiche per la realizzazione di un progetto di successo.

Di seguito, viene fornita una breve descrizione delle principali fasi della procedura di scelta del contraente per comprendere meglio l'eventuale applicazione dei processi BIM e H-BIM.

In Europa l'aggiudicazione di appalti pubblici da parte o per conto delle autorità degli Stati membri deve rispettare principi specifici quali: "parità di trattamento, principio di non discriminazione, principio di riconoscimento reciproco, principio di proporzionalità e principio di trasparenza".

In linea generale, la procedura di scelta del contraente può essere riassunta nelle seguenti fasi:

- preparazione per la scelta del contraente;
- invito alla presentazione delle offerte
- presentazione dei documenti di gara da parte

degli offerenti

- valutazione delle proposte;
- aggiudicazione delle offerte

La preparazione del capitolato d'oneri comporta in genere una discussione preliminare tra il committente/proprietario e i consulenti/mediatori per stabilire una documentazione di gara concordata. Successivamente, gli offerenti sono invitati a presentare offerte in base al tipo di procedura prescelta, ad esempio, aperta, riservata o negoziata.

I partecipanti/fornitori interessati possono presentare domanda per l'offerta presentando le loro proposte e la loro qualificazione in base ai documenti di gara. Solitamente il committente non valuta le offerte fin

alla data di termine per la presentazione prefissata. Successivamente, un gruppo di esperti nominati dal committente/proprietario valuta le offerte in base a criteri predefiniti nella documentazione di gara o nella normativa ed alla fine della procedura, viene dichiarato vincitore l'offerente migliore.

Il seguente schema riassume il processo di scelta del contraente (fig.83)

Obiettivo della ricerca è inoltre quello di capire come la strategia BIM possa rendere più efficiente il processo di procurement nel settore delle costruzioni.

Questa panoramica è necessaria a comprendere meglio come BIM ed H-BIM siano strumenti indispensabili per il futuro del mondo delle costruzioni.

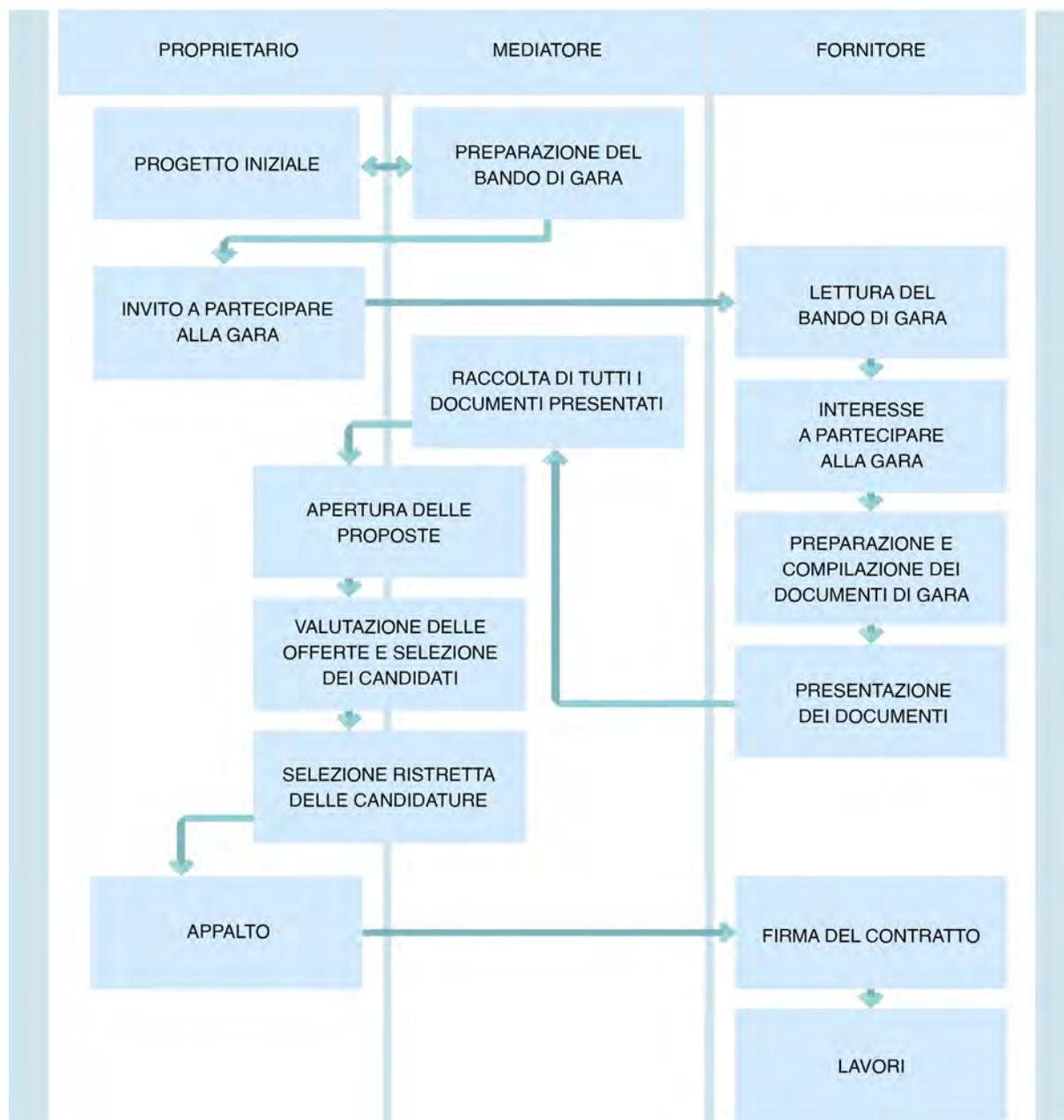


Fig.83 - Schema riassuntivo del processo di scelta del contraente.

5.2. Procedure e contrattualistica nel processo edilizio

Il processo edilizio può essere organizzato secondo modelli differenti a cui corrispondono specifiche procedure di scelta del contraente. I metodi di appalto (Procurement Methods) più comuni sono:

- Appalti di sola esecuzione (Design-Bid-Build (DBB));
- Appalti integrati (Design-Build (DB));
- Contratto di gestione della costruzione (Construction Management (CM));
- Contratto di progettazione-costruzione-gestione (Design-Build-Operate (DBO));
- Contratto di progettazione-costruzione-finanziamento-gestione (Design-Build Finance-Operate (DBFO));

Inoltre, recentemente stanno diventando sempre più utilizzati nuovi tipi di procedure di appalto che promuovono la collaborazione tra le diverse parti coinvolte nel processo. Questi nuovi approcci sono:

- Contratto di consegna del progetto integrato (Integrated Project Delivery (IPD));
- Contratto di alleanza di progetto (Project Alliancing (PA));
- Contratto di approvvigionamento guidato dai costi (Cost Led Procurement (CLP));
- Contratto di assicurazione di progetto integrato (Integrated Project Insurance (IPI));
- Two Stage Open Book ed Early BIM Partnering (EBP).

5.2.1. Appalti di sola esecuzione (Design-Bid-Build (DBB))

Questi appalti prevedono un sistema di consegna dei progetti molto diffuso e per tale motivo viene chiamato anche appalto "tradizionale".

In questo caso la progettazione viene eseguita direttamente dal committente all'appaltatore, che è però coinvolto solamente nella fase di costruzione. Pertanto, le figure responsabili della progettazione non coincidono con le figure responsabili della costruzione. Gli offerenti, a cui vengono forniti gli elaborati grafici e descrittivi di progetto, calcolano le quantità per stimare i costi e di solito l'appaltatore vincitore è colui che presenta l'offerta economicamente migliore. Esistono due tipi di offerte, quella solo economica - il prezzo più basso - e quella tecnico-economica detta economicamente più vantaggiosa. Inoltre, in questa tipologia di appalto la manutenzione periodica viene

commissionata separatamente in un secondo momento o eseguita dal committente. I passaggi principali di questo tipo di appalto sono i seguenti:

1. definire lo scopo e le modalità del lavoro
2. definire le richieste del committente
3. definire i compiti del team di progettazione che sviluppa la progettazione e la stima dei costi;
4. l'accettazione da parte del committente del lavoro del team di progettazione;
5. la preparazione della documentazione di gara;
6. selezionare e invitare a presentare offerte
7. preparazione delle proposte da parte dell'appaltatore o degli appaltatori;
8. selezione e accettazione di un'offerta che diventa quindi un contratto;
9. costruzione dell'edificio
10. collaudo dell'edificio

5.2.2. Appalti integrati (Design-Build (DB))

Questi appalti prevedono un sistema di consegna del progetto in cui un appaltatore è responsabile per la progettazione e la costruzione in base a un singolo contratto basato sulle indicazioni fornite dal committente.

Un singolo appaltatore può eseguire tutta la progettazione e la costruzione oppure può subappaltare ad altre società una di queste attività, mentre la manutenzione periodica viene commissionata separatamente o eseguita dal committente.

In questo caso il criterio di scelta del contraente è solo quello dell'offerta economicamente più vantaggiosa. I passaggi principali di questo tipo di appalto sono i seguenti:

1. definire lo scopo e la portata del lavoro
2. definire le richieste del committente
3. selezionare e invitare gli offerenti a presentare un'offerta
4. l'appaltatore o gli appaltatori preparano le loro proposte progettuali ed esecutive, comprensive di un programma dei lavori e di stime economiche;
5. selezione e accettazione di un'offerta che diventa quindi un contratto (in questo caso il criterio di selezione, oltre alla offerta economicamente più vantaggiosa, può essere anche basata sulla qualità della soluzione di progettazione (basata sulla qualità progettuale e/o basata sui costi);
6. progettazione e costruzione dell'edificio

5.2.3. Contratto di Construction Management (o per scorpori parziali) (Construction Management (CM))

Construction Management (CM) è un sistema di consegna del progetto in cui, oltre a un progettista, il committente incarica un manager per gestire l'intero progetto e l'implementazione è assegnata attraverso differenti contratti di costruzione parziali scelti dal committente o da contraente incaricato alla gestione. In questo modo le parti responsabili della progettazione e della costruzione sono molteplici, ma una struttura organizzativa (il construction manager) partecipa alla gestione di entrambe le fasi.

Il construction Manager lavora durante le differenti fasi e collabora con il committente e i progettisti per promuovere gli interessi del committente.

Anche in questo caso la manutenzione periodica viene commissionata separatamente.

In generale, le modalità organizzative sono molteplici, dal modello per agenzie – project management a quello di construction management.

5.2.4. Contratto di progettazione - costruzione - gestione (Design-Build-Operate (DBO))

Questo appalto prevede un sistema di consegna del progetto in cui la responsabilità è assegnata ad un unico soggetto attraverso un singolo contratto di concessione per l'esecuzione della progettazione, costruzione, gestione e manutenzione dell'opera per il periodo stabilito.

Il contratto può includere anche altri servizi per il committente o altri servizi rivolti direttamente ai fruitori dell'opera.

Il pagamento per l'investimento può essere fisso o basato su di un prezzo obiettivo o in base alla possibilità di remunerazione dovuta alla gestione dell'opera. Durante l'esercizio può essere corrisposta una quota di pagamento prevista per la manutenzione, che è legata alla qualità e alla tipologia del servizio fornito. La progettazione chiaramente è sempre nello stesso pacchetto della esecuzione della costruzione poiché nessuno è disposto ad accettare la responsabilità del ciclo di vita dell'opera basandosi su progetti altrui. Questa tipologia di contratto motiva il contraente alla stima dell'intero costo per completare la costruzione il più presto possibile e garantire così anche un buon livello di qualità della struttura.

5.2.5. Contratto di progettazione - costruzione - finanziamento - gestione (Design-Build-Finance-Operate (DBFO))

Questo appalto prevede un sistema di consegna di progetti molto simile a quello descritto precedentemente (Design-Build-Operate (DBO)) perché la responsabilità è assegnata attraverso un unico soggetto contratto di progettazione, costruzione, esercizio ed attività di manutenzione per il periodo del contratto. Tuttavia, in questo caso, il fornitore di servizi si prende in carico anche il finanziamento e il committente rimborsa l'investimento lasciando al contraente (concessionario) la remunerazione dovuta all'esercizio dell'opera. Anche in questo caso la progettazione è sempre nello stesso pacchetto con la esecuzione dell'opera.

5.2.6. Contratto di consegna del progetto integrato (Integrated Project Delivery (IPD))

Questa tipologia di appalto prevede un approccio particolare di consegna del progetto, orientato all'utilizzo della strategia BIM. Esso infatti "integra persone, sistemi, strutture e pratiche aziendali in un processo che sfrutta collaborativamente le qualità e le intuizioni di tutti i partecipanti per ridurre gli sprechi e ottimizzare l'efficienza attraverso tutte le fasi: progettazione, fabbricazione e costruzione. I team di persone previste per questa tipologia di appalto solitamente includono differenti tipologie di specialisti, non solamente i proprietari, i progettisti e gli appaltatori. Tutte queste figure stipulano un unico contratto di collaborazione, un accordo multipartitico per condividere rischi e potenziali benefici che potranno nascere dalla esecuzione dell'opera.

Questi progetti integrati promuovono una stretta collaborazione tra tutte le parti coinvolte, dalla progettazione iniziale alla consegna del progetto. Questo processo integrato segue l'intero ciclo di vita della struttura. Inoltre, il team del progetto lavora in maniera collaborativa adottando strumenti di lavoro comuni al fine di garantire che il progetto sia conforme ai requisiti richiesti del committente e che siano ridotti significativamente i tempi e i costi

Tutti questo è possibile solo grazie alla digitalizzazione del processo con BIM e H-BIM. E' possibile raggiungere questi obiettivi di risparmio in quanto le stime dei costi sono state sviluppate in precedenza (nella fase di progettazione) con la collaborazione dell'appaltatore, che, dotato di conoscenze pratiche e di cantiere può collaborare nel processo di progettazione al fine di ridurre le inefficienze. Inoltre, il committente e/o un consulente devono far parte del team integrato per aiutare la gestione del processo.

In queste tipologie di contratto le diverse parti sono partner a pieno titolo, accettando potenziali costi e benefici nell'ambito del progetto; questo è un cambiamento rivoluzionario poiché potenzialmente offre ai progettisti un meccanismo finanziario per beneficiare dei contributi nati dalle prestazioni di progettazione a quelli delle prestazioni di costruzione. Questo approccio cambia le pratiche di progettazione, i contratti di progetto, i metodi di consegna e rende in questa maniera più articolati i ruoli delle figure interessate e i servizi di progettazione.

I principi essenziali di questa tipologia di appalto sono il vantaggio reciproco dei diversi attori coinvolti nel processo, una chiara definizione obiettivi sin dall'inizio della progettazione, una forte comunicazione tra gli attori, standard chiaramente definiti, l'adozione di tecnologie appropriate, alte prestazioni e alte qualifiche delle persone coinvolte nel lavoro.

Questi principi possono essere applicati a diversi accordi contrattuali che promuovono:

- coinvolgimento di tutte le persone coinvolte;
- equo equilibrio tra rischio e rendimento;
- la premiazione con incentivi per chi persegue il migliore per il progetto;
- definire chiaramente le responsabilità dei diversi attori coinvolti senza bloccare la comunicazione aperta tra di essi;
- implementare strutture di gestione e controllo costruite attorno al processo decisionale di un team.

Tutte queste caratteristiche rispecchiano perfettamente l'idea del flusso di lavoro prevista dai processi in BIM e H-BIM. In effetti, il BIM e l'H-BIM sono strumenti, non metodi di consegna del progetto, ma i metodi di processo di questo tipo di appalto lavorano di pari passo con il concetto BIM/H-BIM e sfruttano le capacità di questo strumento.

5.2.7. Contratto di alleanza di progetto (Project Alliancing (PA))

Questo tipo di contratto, anche chiamato "Alliance Contracting", è un sistema di consegna del progetto basato su un contratto "multipartitico" tra gli attori coinvolti in un progetto, in cui le parti assumono responsabilità congiunta per la progettazione e la costruzione da attuare attraverso una organizzazione comune, che incorpori clienti, progettisti e costruttori e che tutti condividano rischi e benefici dall'esecuzione dell'opera. Inoltre, in questo tipo di appalto si cerca di promuovere l'accessibilità delle informazioni da parte di tutti gli attori del processo, al fine di promuovere la collaborazione tra le parti, in modo che il rischio sia sostenuto congiuntamente e la ricompensa sia

condivisa sulla base del successo dell'intero progetto. In questo modo, diverse parti considerano le opinioni degli altri e cooperano in modo più efficiente per il successo del progetto. Anche questo approccio è particolarmente idoneo all'implementazione della strategia BIM e H-BIM.

Questo metodo richiede una selezione anticipata delle parti interessate, tuttavia non è possibile offrire servizi a un prezzo fisso, pertanto la selezione si basa sulle prestazioni e capacità presentate del team.

Il committente seleziona gli offerenti che hanno ricevuto l'invito a presentare una proposta e analizza le offerte che sono state presentate, riducendo il numero di offerenti attraverso un processo di valutazione. Successivamente, solo due stazioni appaltanti concorrenti raggiungono la fase successiva. Si procede poi alla selezione dell'offerta migliore e alla stipula dell'"accordo di sviluppo".

Successivamente, sarà possibile firmare il "contratto di attuazione".

Tale tipologia di appalto è particolarmente adatta a progetti complessi con uso di tecnologie innovative, con molte incertezze, in quanto le sfide rendono redditizia l'integrazione delle competenze delle diverse figure coinvolte.

5.2.8. Contratto di approvvigionamento guidato dei costi (Cost Led Procurement (CLP))

Questa ulteriore tipologia innovativa è degna di nota per la particolare connessione con i processi BIM ed H-BIM e quella introdotta nel 2011 dal governo del Regno Unito. Queste tipologie di contratto prevedono una strategia di costruzione che prevede la sperimentazione di nuovi modelli di approvvigionamento, che incentivano il coinvolgimento dell'appaltatore sin dalle prime fasi di lavoro.

Questo tipo di appalto è assimilabile a quello che in Italia si definisce di dialogo competitivo e di partenariato per l'innovazione.

L'obiettivo di questi nuovi modelli riguarda la riduzione dei costi di costruzione per il settore pubblico e quindi per i contribuenti. Inoltre, questi modelli mirano a migliorare la fedeltà al programma di lavoro previsto, a ridurre i rischi, a promuovere l'innovazione, nonché a migliorare gli interventi lungo l'intera catena di approvvigionamento.

Questo contratto prevede che il committente suggerisca un limite di costi realistico, coinvolgendo uno o più team di appaltatori nella catena di approvvigionamento in un quadro ben concordato (comprendente progettisti, costruttori, fornitori e manodopera specializzata).

Il committente seleziona i team, valutati in base alla loro capacità di lavorare in un ambiente collaborativo,

al fine di consegnare un'opera che abbia rispettato il massimale dei costi, attraverso il miglioramento continuo per poter mantenere i risultati di qualità richiesti.

Il committente presenta il bando con una prima bozza dei costi e attiva la competizione tra 2 o 3 team di lavoro, che possono a questo punto sviluppare le proprie offerte. In questo modo i team possono portare la loro esperienza per introdurre soluzioni innovative e ridurre i costi.

Se almeno uno dei team di fornitura è in grado di battere il prezzo massimo, esso viene selezionato in base all'attrattiva relativa alla sua proposta commerciale prima di ottenere l'appalto per consegnare il progetto. Se nessuno dei team è in grado di consegnare il lavoro, il progetto viene consegnato ad altri fornitori al di fuori del framework di lavoro.

5.2.9. Contratto di assicurazione di progetto integrato (Integrated Project Insurance (IPI))

Ulteriore tipologia di contratto, sempre introdotta dal governo del Regno Unito è quella del Integrated Project Insurance (IPI), ancora non introdotto in Italia. La strategia del Regno Unito per il settore delle costruzioni mira ad ottenere una cultura più collaborativa per evitare il contenzioso basandosi sulle agenzie assicurative.

Infatti, i membri del team di costruzione solitamente adottano un atteggiamento cautamente difensivo per proteggere le loro posizioni ed evitare di invalidare la propria copertura assicurativa per eventuali reclami. Queste politiche, in caso di problemi, portano le parti coinvolte a prendere posizioni di contrasto.

Questa tipologia di contratto mira invece a promuovere la condivisione di benefici e svantaggi delle parti coinvolte.

Questo metodo prevede che il committente organizzi una competizione per determinare i membri di un team di progetto integrato, inclusi progettisti, subappaltatori e fornitori, che saranno responsabili della consegna del progetto.

Sin dall'inizio il progetto è supportato da assicurazioni che garantiscono che sia stata concordata una giusta previsione dei costi di progetto. Inoltre, la compagnia assicuratrice monitora e riferisce i principali rischi del progetto.

Il punteggio assegnato ai candidati può includere elementi relativi a competenza, capacità, comprovata esperienza, anni di servizio e situazione economica inerente una corretta dichiarazione delle tasse. L'aspetto unico di questo metodo è che una singola polizza assicurativa copre tutti i rischi associati al progetto.

Il team vincitore dell'appalto, quindi, imposta una soluzione progettuale con i requisiti dalla committenza al fine del limitare al massimo i costi

Uno dei vantaggi più significativi ricercato di questa modalità di appalto è quello di eliminare il presentarsi di contraddittori e assegnazioni di colpa, poiché i costi eccessivi sono coperti dalle assicurazioni.

5.2.10. Two Stage Open Book ed Early BIM Partnering (EBP)

Ulteriore approccio innovativo orientato al BIM per gli appalti pubblici del Regno Unito è quello chiamato Early BIM Partnering (EBP).

I suoi obiettivi principali sono quelli di fornire un approccio strutturato che possa seguire i tratti dei flussi di lavoro in BIM e H-BIM, consentire ai proprietari pubblici di rivedere i loro processi esistenti per l'implementazione e l'utilizzo di collaborazioni progettuali basate sul BIM e identificare i probabili conflitti legali e procedurali che sarebbero sorti tra le parti interessate del progetto; fornire un framework computazionale che può essere sviluppato e implementato come strumento interattivo di gestione del progetto.

5.3. BIM/H-BIM & e-Project Procurement

5.3.1. Definizione di e-Procurement

L'innovazione delle tecnologie digitali sta innescando una serie di risposte normative e politiche da parte di tutti gli stati dell'Unione Europea.

L'Unione Europea sta facendo molti sforzi per promuovere gli appalti digitali, cercando di utilizzare il suo potere d'acquisto come una spinta all'innovazione per aumentare la qualità dei processi anche nel settore delle costruzioni.

Tuttavia, un'implementazione molto ritardata e frammentaria dell'e-Procurement nella maggior parte degli Stati membri e un approccio incoerente nella regolamentazione hanno ostacolato questo processo di digitalizzazione.

Le tecnologie digitali e i cambiamenti economici e sociali connessi stanno davvero portando alla "quarta rivoluzione industriale".

Nel 2010 l'UE ha formulato la strategia "Europe 2020" per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva e con l'obiettivo di rafforzare lo sviluppo di un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione.

La strategia "Europe 2020" ha previsto una serie di raccomandazioni in merito alla regolamentazione degli appalti. Nella sua proposta legislativa, la

Commissione europea ha sottolineato che gli appalti pubblici svolgono un ruolo chiave nello sviluppo del mercato e nel miglioramento degli obiettivi del contesto imprenditoriale europeo.

A seguito della presentazione della proposta "Europe 2020", dopo un lungo processo legislativo nel 2014 è stato presentato un nuovo pacchetto sugli appalti pubblici dell'UE che ha introdotto modifiche significative a sostegno degli appalti, in particolare in termini di modernizzazione e digitalizzazione degli appalti. Le norme introdotte imponevano agli Stati membri di passare agli appalti elettronici (e-Procurement) entro il 2018.

Nonostante queste direttive fornite dall'unione europea è difficile ottenere informazioni affidabili sul livello di digitalizzazione degli appalti dei singoli Stati membri dell'UE.

Tuttavia, una tendenza riscontrata è ancora una grande disparità nelle pratiche scelte tra i diversi Stati membri. La commissione europea ha preparato un rapporto che va ad evidenziare un evidente grado di divergenza tra i differenti Stati membri

Vale la pena notare che i requisiti delle attuali norme sugli appalti dell'UE non sono all'altezza di imporre un'elaborazione elettronica completa della procedura di appalto end-to-end.

Le sue regole sono limitate ai requisiti obbligatori per la trasmissione degli avvisi in formato elettronico, la disponibilità elettronica dei documenti di gara, la presentazione elettronica delle richieste di partecipazione, delle offerte e l'uso di mezzi di comunicazione elettronici tra l'amministrazione aggiudicatrice e gli offerenti

Tuttavia, l'uso obbligatorio di mezzi di comunicazione elettronici non obbliga le amministrazioni aggiudicatrici

a eseguire l'elaborazione elettronica delle offerte, la valutazione elettronica o l'elaborazione automatica. Questo obbligo non copre nessuna fase della procedura di appalto pubblico dopo l'aggiudicazione dell'appalto o la comunicazione interna all'interno dell'amministrazione aggiudicatrice.

Tuttavia, vi sono alcune iniziative di graduale introduzione che estenderanno l'ambito di applicazione degli appalti elettronici obbligatori, come ad esempio la fatturazione elettronica.

Nello schema seguente, vengono indicate le principali azioni che la Commissione Europea si propone di sviluppare nel corso dei prossimi anni (fig.84) Cerchiamo di chiarire più nello specifico il significato di "e-Procurement".

L'e-Procurement o in forma estesa electronic-procurement è un neologismo inglese per definire l'"approvvigionamento elettronico", ossia il processo grazie al quale aziende private e pubbliche amministrazioni acquisiscono beni e servizi da fornitori attraverso la tecnologia e internet.

Cerchiamo di chiarire più nello specifico il significato di "e-Procurement".

L'e-Procurement o in forma estesa electronic-procurement è un neologismo inglese per definire l'"approvvigionamento elettronico", ossia il processo grazie al quale aziende private e pubbliche amministrazioni acquisiscono beni e servizi da fornitori attraverso la tecnologia e internet.

L'utilizzo dell'e-procurement nell'appalto pubblico di beni e servizi è un'attività strategica per i governi per diverse ragioni, innanzi tutto l'impatto che può avere sull'economia, il rilevante potenziale nei miglioramenti dei servizi pubblici dei governi e l'influenza sulla competitività delle nazioni.

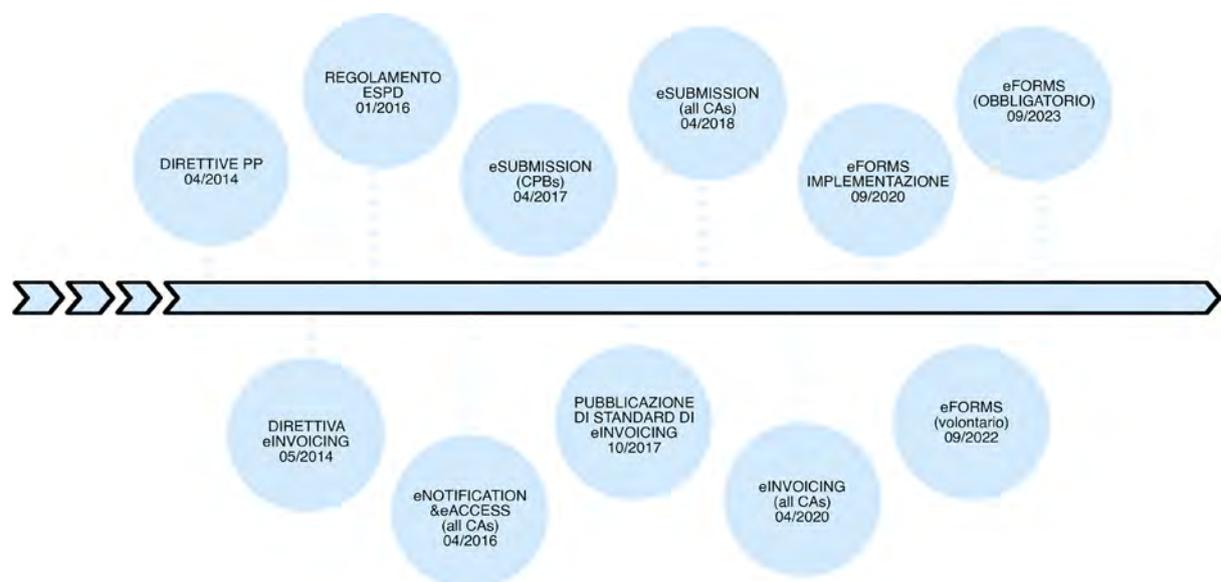


Fig.84 - e-Procurement timeline.

Gli appalti elettronici hanno lo scopo di ridurre la complessità, migliorare la competitività e garantire la trasparenza, creando un ambiente elettronico integrato per supportare strumenti elettronici avanzati per la gestione e il monitoraggio dei contratti.

Se dovessimo schematizzare, a livello di linee generali un processo e-procurement, potremmo definire le seguenti fasi, chiaramente declinabili secondo “usi e costumi” normativi locali.

Le fasi sono:

- “ex-ante e-evaluation”: definizione dei criteri di aggiudicazione;
- “e-noticing”: pubblicazione elettronica del bando di appalto da parte della amministrazione;
- “e-submission”: presentazione elettronica delle proposte da parte dei concorrenti;
- “e-decision”: valutazione elettronica delle proposte e pubblicazione elettronica delle aggiudicazioni, e eventuale ricorso elettronico;
- “e-award”: stipula elettronica di contratti con i vincitori della gara;
- “e-ordering”: trasmissione di tutta la documentazione necessaria alla trasparente definizione dell'appalto di servizi, lavori e forniture;
- “e-invoicing”: fatturazione elettronica;
- “e-payment”: gestione dei pagamenti elettronici;
- “e-contract management”: strumenti di gestione elettronica per il monitoraggio dei lavori e gestione della documentazione;
- “ex-post e-evaluation”, valutazione elettronica ex post e conclusione del rapporto.

Come anticipato nei capitoli precedenti, i veri vantaggi del BIM e H-BIM si ottengono quando la tecnologia viene applicata durante tutto il ciclo di vita del progetto, dalla progettazione alla decostruzione, ciò comporta l'affrontare la grande sfida dell'interoperabilità senza soluzione di continuità.

Poiché sempre più discipline del settore delle costruzioni stanno uniformando gli standard e i protocolli, anche il settore degli appalti e dei processi di consegna ne sente la necessità. In uno scenario di interoperabilità, BIM e H-BIM risultano un potente strumento a supporto del processo di e-procurement. Le informazioni contenute nel modello di progettazione basato su BIM possono essere condivise direttamente nel processo, andando a ridurre il carico di lavoro e gli errori.

Avere tutte le informazioni centralizzate in un modello specifico aumenta in maniera evidente l'efficienza del processo, con l'obiettivo di lavorare su piattaforme totalmente integrate, eliminando di fatto l'ausilio di supporti cartacei.

5.3.2. E-Procurement in Italia

La necessità al passaggio alla digitalizzazione nel settore degli appalti pubblici è chiara anche per l'Italia. Questo è quanto mai vera in un anno, il 2020, che ha messo fortemente alla prova il nostro sistema, essendo chiamato a fronteggiare all'emergenza Covid-19. In questi mesi tutti i settori hanno vissuto l'assoluta urgenza di rispondere in maniera efficace alle progressive e variabili condizioni, cercando di garantire approvvigionamenti e servizi nonostante le difficili condizioni di lavoro.

Le imprese hanno risposto implementando, ove possibile, il lavoro in remoto, anche se, a livello di cantieristica la produzione deve ovviamente avvenire con personale operativo in cantiere.

Naturalmente tutte le operazioni devono essere svolte nel rispetto delle norme e leggi vigenti in materia di contratti pubblici.

Attualmente le norme a cui fare riferimento sono:

- Codice dei contratti pubblici - Decreto Legislativo 18.04.2016 n. 50 (G.U.R.I. 19.04.2016 n. 91)

E le relative modificazioni e integrazioni apportate nel tempo:

- Avviso di rettifica (G.U.R.I. 15.07.2016 n. 164)
- D.L. 30.12.2016 n. 244 (G.U.R.I. 30.12.2016 n. 304) convertito con Legge 27.02.2017 n. 19 (G.U.R.I. 28.02.2017 n. 49);
- Decreto “Correttivo” 19.04.2017 n. 56 (G.U.R.I. 05.05.2017 n. 103);
- Legge 27.12.2017 n. 205 (G.U.R.I. 29.12.2017 n. 302);
- Decreto “Semplificazioni” 14.12.2018 n. 135 (G.U.R.I. 14.12.2018 n. 290);
- Legge 03.05.2019 n. 37 (G.U.R.I. 11.05.2019 n. 109);
- Decreto “Sblocca Cantieri” 18.04.2019 n. 32 (G.U.R.I. 18.04.2019 n. 92) convertito con modificazioni con Legge 14.06.2019 n. 55 (G.U.R.I. 17.06.2019 n. 140);
- Decreto “Fiscale” 26.10.2019 n. 124 (G.U.R.I. 26.10.2019 n. 252) convertito con modificazioni con Legge 19.12.2019 n. 157 (G.U.R.I. 24.12.2019 n. 301);
- Decreto “Cura Italia” 17.03.2020 n. 18 (G.U.R.I. 17.03.2020 n. 70) convertito con modificazioni con Legge 24.04.2020 n. 27 (G.U.R.I. 29.04.2020 n. 110);
- Decreto “Rilancio” 19.05.2020 n. 34 (G.U.R.I. 19.05.2020 n. 128) convertito con modificazioni con Legge 17.07.2020 n. 77 (G.U.R.I. 18.07.2020 n. 180);
- Decreto “Semplificazioni” 16.07.2020 n. 76 (G.U.R.I. 16.07.2020 n. 178) convertito con modificazioni con Legge 11.09.2020 n. 120 (G.U.R.I. 14.09.2020 n. 228).

L'obiettivo comune che la normativa cerca di perseguire è l'equilibrio tra efficienza e legalità. La digitalizzazione degli appalti sicuramente si inserisce in maniera preponderante in questo contesto, diventato

il protagonista indiscusso di quelle che saranno le future direttive in materia di appalti. Nell'agenda per la ripartenza del settore degli appalti, anche a seguito del recente evento pandemico, la digitalizzazione deve prendere il primo posto nella scala di importanza delle scelte delle direzioni future che prenderanno le normative in materia di appalti. Proprio su questo tema è importante citare il documento intitolato "I benefici dell'e-Procurement in ambito pubblico: l'esperienza della banca d'Italia e le possibili evoluzioni del sistema" degli autori Donato, Mariconda e Mirrione (2020) del Servizio Appalti della Banca d'Italia. Tale documento è un documento di analisi e di proposte che sono state trasmesse al Presidente dell'ANAC.

Questo documento risulta molto importante in quanto fa riferimento una serie di principi e pratiche in materia di e-procurement, soprattutto per quanto concerne una ricognizione dei principi e delle migliori pratiche internazionali.

L'attuale situazione emergenziale che siamo vivendo rappresenta un'occasione preziosa e unica per ridefinire la materia degli appalti pubblici, al fine di colmare il divario esistente con altri paesi europei e del mondo, attraverso soluzioni innovative, strategiche e ben definite. Inoltre, così come avviene nelle fasi di progettazione in BIM, la capacità di lavorare in digitale e con piattaforme dedicate può eliminare molte incertezze e problemi di comunicazioni tra i diversi attori coinvolti nel processo e in conseguenza la potenzialità di creazione di contenziosi anche nella fase riguardante la gara di appalto. L'interoperabilità e la trasparenza dei processi BIM e e-Procurement garantiranno sempre più il rischio di un utilizzo improprio o sovrabbondante di risorse pubbliche, andando a combattere operazioni mafiose o di corruzione

Così come anticipato nei capitoli precedenti, non è trascurabile la questione legata ad i costi, che richiederanno probabilmente un impegno iniziare riguardante principalmente la formazione e l'addestramento del personale ma che avrà benefici a lungo termine. In base alle esperienze europee analizzate in articoli scientifici e alla attuale normativa italiana in vigore, possiamo fare le seguenti considerazioni.

Indubbiamente l'Italia nel settore delle costruzioni presenta un ritardo rispetto altre nazioni europee che comporta un inevitabile perdita di competitività.

Virtuosi esempi europei dimostrano i positivi effetti economici prodotti dall'implementazione strategica dell'e-procurement. Sicuramente il fatto di non sviluppare in progettazione BIM o H-BIM gran parte dei lavori pubblici è elemento di rallentamento dell'implementazione e-procurement, infatti la fase di progettazione e la fase di gara dovrebbero dimostrare la stessa maturità digitale per l'ottimizzazione dei

processi. L'Italia, purtroppo, sta soffrendo il fatto di non avere politiche strategiche ben definite in materia di digitalizzazione degli appalti.

La necessità di stesura di riforme che vadano a delineate standard specifici non è più rinviabile. Il carattere prioritario di definizione di una disciplina attuativa in tema di digitalizzazione degli appalti è già evidente nel codice degli Appalti del 2016 dove all'art. 40, stabilisce l'obbligo di utilizzo dei mezzi di comunicazione elettronici sia per le Centrali di Committenza (entrato in vigore il 18 aprile 2016) che per tutte le altre Stazioni Appaltanti (entrato in vigore il 18 ottobre 2018); all'art.44 vengono introdotto il concetto di digitalizzazione delle procedure di gara; all'art. 52 vengono descritte le regole applicabili alle comunicazioni; l'art. 58, in tema di procedure di gara interamente gestite con sistemi telematici; l'art. 72, c. 1, in tema di trasmissione telematica di avvisi e i bandi all'Uffici delle pubblicazioni dell'Unione Europea; l'art. 74, in tema di disponibilità elettronica dei documenti di gara e all'art. 81 introdotto il concetto di Banca Dati Nazionale degli Operatori Economici (riportati in appendice: Art. 40 (Obbligo di uso dei mezzi di comunicazione elettronici nello svolgimento di procedure di aggiudicazione; Art. 44 (Digitalizzazione delle procedure); Art. 52 (Regole applicabili alle comunicazioni); Art. 58 (Procedure svolte attraverso piattaforme telematiche di negoziazione); Art. 72 (Redazione e modalità di pubblicazione dei bandi e degli avvisi); Art. 74 (Disponibilità elettronica dei documenti di gara)). In calce vengono riportati per esteso gli articoli citati.

E' inoltre utile citare Il Piano Triennale per l'informatica nella Pubblica Amministrazione 2020-2022, frutto della stretta collaborazione tra l'Agenzia per l'Italia Digitale e il Dipartimento per la Trasformazione Digitale. Questo piano è uno strumento di promozione della trasformazione digitale della Pubblica Amministrazione italiana e di tutto il Paese. Gli obiettivi del Piano triennale sono basati sulle indicazioni che emergono dalla nuova programmazione europea 2021-2027, sui principi dell'eGovernment Action Plan 2016-2020 e sulle azioni previste dalla eGovernment Declaration di Tallinn (2017-2021), i cui indicatori misurano il livello di digitalizzazione in tutta l'UE e rilevano l'effettiva presenza e l'uso dei servizi digitali da parte dei cittadini e imprese. È noto che l'Italia sia caratterizzata da un'elevata decentralizzazione amministrativa, di conseguenza il ruolo delle pubbliche amministrazioni regionali e locali risulta particolarmente rilevante nel processo di innovazione tecnologica. È necessario quindi definire una strategia di e-procurement che da un lato segua i principi internazionali e dall'altro tenga conto delle specificità italiane e individuare un preciso regime di qualificazione delle stazioni appaltanti

Art. 40 (Obbligo di uso dei mezzi di comunicazione elettronici nello svolgimento di procedure di aggiudicazione)

1. Le comunicazioni e gli scambi di informazioni nell'ambito delle procedure di cui al presente codice svolte da centrali di committenza sono eseguiti utilizzando mezzi di comunicazione elettronici ai sensi dell'articolo 5- bis del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, Codice dell'amministrazione digitale.
2. A decorrere dal 18 ottobre 2018, le comunicazioni e gli scambi di informazioni nell'ambito delle procedure di cui al presente codice svolte dalle stazioni appaltanti sono eseguiti utilizzando mezzi di comunicazione elettronici.

Art. 44 (Digitalizzazione delle procedure)

1. Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente codice, con decreto del Ministro per la semplificazione e la pubblica amministrazione, di concerto con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti e il Ministro dell'economia e delle finanze, sentita l'Agenzia per l'Italia Digitale (AGID) nonché dell'Autorità garante della privacy per i profili di competenza, sono definite le modalità di digitalizzazione delle procedure di tutti i contratti pubblici, anche attraverso l'interconnessione per interoperabilità dei dati delle pubbliche amministrazioni. Sono, altresì, definite le migliori pratiche riguardanti metodologie organizzative e di lavoro, metodologie di programmazione e pianificazione, riferite anche all'individuazione dei dati rilevanti, alla loro raccolta, gestione ed elaborazione, soluzioni informatiche, telematiche e tecnologiche di supporto.

Art. 52 (Regole applicabili alle comunicazioni)

1. Nei settori ordinari e nei settori speciali, tutte le comunicazioni e gli scambi di informazioni di cui al presente codice sono eseguiti utilizzando mezzi di comunicazione elettronici in conformità con quanto disposto dal presente comma e dai commi da 2 a 9, nonché dal Codice dell'amministrazione digitale di cui al decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82. Gli strumenti e i dispositivi da utilizzare per comunicare per via elettronica, nonché le relative caratteristiche tecniche, hanno carattere non discriminatorio, sono comunemente disponibili e compatibili con i prodotti TIC generalmente in uso e non limitano l'accesso degli operatori economici alla procedura di aggiudicazione. In deroga al primo e secondo periodo, le stazioni appaltanti non sono obbligate a richiedere mezzi di comunicazione elettronici nella procedura di presentazione dell'offerta esclusivamente nelle seguenti ipotesi: a) a causa della natura specialistica dell'appalto, l'uso di mezzi di comunicazione elettronici richiederebbe specifici strumenti, dispositivi o formati di file che non sono in genere disponibili o non sono gestiti dai programmi comunemente disponibili; b) i programmi in grado di gestire i formati di file, adatti a descrivere l'offerta, utilizzano formati che non possono essere gestiti mediante altri programmi aperti o generalmente disponibili ovvero sono protetti da licenza di proprietà esclusiva e non possono essere messi a disposizione per essere scaricati o per farne un uso remoto da parte della stazione appaltante; c) l'utilizzo di mezzi di comunicazione elettronici richiede attrezzature specializzate per ufficio non comunemente disponibili alle stazioni appaltanti; d) i documenti di gara richiedono la presentazione di un modello fisico o in scala ridotta che non può essere trasmesso per mezzo di strumenti elettronici; e) l'uso di mezzi di comunicazione diversi dai mezzi elettronici è necessario a causa di una violazione della sicurezza dei mezzi di comunicazione elettronici ovvero per la protezione di informazioni di natura particolarmente sensibile che richiedono un livello talmente elevato di protezione da non poter essere adeguatamente garantito mediante l'uso degli strumenti e dispositivi elettronici che sono generalmente a disposizione degli operatori economici o che possono essere messi loro a disposizione mediante modalità alternative di accesso ai sensi del comma 6.
2. Nei casi in cui non sono utilizzati mezzi di comunicazione elettronici ai sensi del terzo periodo del comma 1, la comunicazione avviene per posta o altro idoneo supporto ovvero mediante una loro combinazione.
3. Le stazioni appaltanti indicano nella relazione unica i motivi per cui l'uso di mezzi di comunicazione diversi dai mezzi elettronici è stato ritenuto necessario in applicazione del comma 1, terzo periodo.
4. In deroga ai commi da 1 a 3, la comunicazione orale può essere utilizzata in relazione a comunicazioni diverse da quelle relative agli elementi essenziali della procedura di appalto, purché il contenuto della comunicazione orale sia sufficientemente documentato. A tal fine, gli elementi essenziali della procedura di appalto includono i documenti di gara, le richieste di partecipazione, le conferme di interesse e le offerte. In particolare, le comunicazioni orali con offerenti che potrebbero incidere significativamente sul contenuto e la valutazione delle offerte sono documentate in misura sufficiente e con mezzi adeguati.
5. In tutte le comunicazioni, gli scambi e l'archiviazione di informazioni, le stazioni appaltanti garantiscono che l'integrità dei dati e la riservatezza delle offerte e delle domande di partecipazione siano mantenute. Esse esaminano il contenuto delle offerte e delle domande di partecipazione soltanto dopo la scadenza del termine stabilito per la loro presentazione.
6. Le stazioni appaltanti possono, se necessario, richiedere l'uso di strumenti e dispositivi che in genere non sono disponibili, ma, in tale caso, offrono modalità alternative di accesso. Sono adeguate modalità alternative di accesso quelle che: a) offrono gratuitamente un accesso completo, illimitato e diretto per via elettronica a tali strumenti e dispositivi a decorrere dalla data di pubblicazione dell'avviso, conformemente all'allegato V o dalla data di invio dell'invito a confermare interesse. Il testo dell'avviso o dell'invito a confermare interesse indica l'indirizzo Internet presso il quale tali strumenti e dispositivi sono accessibili; b) assicurano che gli offerenti, che non hanno accesso agli strumenti e ai dispositivi in questione o non hanno la possibilità di ottenerli entro i termini pertinenti, a condizione che la responsabilità del mancato accesso non sia attribuibile all'offerente interessato, possano accedere alla procedura di appalto utilizzando credenziali temporanee elettroniche per un'autenticazione provvisoria fornite gratuitamente online; c) offrono un canale alternativo per la presentazione elettronica delle offerte.
7. Le amministrazioni aggiudicatrici e gli enti aggiudicatori possono imporre agli operatori economici condizioni intese a proteggere il carattere di riservatezza delle informazioni che i predetti soggetti rendono disponibili durante tutta la procedura di appalto.
8. Oltre ai requisiti di cui all'allegato XI, agli strumenti e ai dispositivi di trasmissione e di ricezione elettronica delle offerte e di ricezione elettronica



DECRETO LEGISLATIVO 18 APRILE 2016, N. 50 - CODICE DEI CONTRATTI PUBBLICI

delle domande di partecipazione si applicano le seguenti regole: a) le stazioni appaltanti mettono a disposizione dei soggetti interessati le informazioni sulle specifiche per la presentazione di offerte e domande di partecipazione per via elettronica, compresa la cifratura e la datazione; b) le stazioni appaltanti specificano il livello di sicurezza richiesto per i mezzi di comunicazione elettronici da utilizzare per le varie fasi della procedura d'aggiudicazione degli appalti. Il livello è proporzionato ai rischi connessi; c) qualora ritengano che il livello dei rischi, valutato ai sensi della lettera b), sia tale che sono necessarie firme elettroniche avanzate, come definite nel Codice dell'amministrazione digitale di cui al decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, le stazioni appaltanti accettano le firme elettroniche avanzate basate su un certificato qualificato, considerando se tali certificati siano forniti da un prestatore di servizi di certificazione presente in un elenco di fiducia di cui alla decisione della Commissione 2009/767/CE, create con o senza dispositivo per la creazione di una firma sicura alle seguenti condizioni: 1) le stazioni appaltanti stabiliscono il formato della firma elettronica avanzata sulla base dei formati stabiliti nelle regole tecniche adottate in attuazione del Codice dell'amministrazione digitale di cui al decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, e attuano le misure necessarie per poterli elaborare; qualora sia utilizzato un diverso formato di firma elettronica, la firma elettronica o il supporto del documento elettronico contiene informazioni sulle possibilità di convalida esistenti. Le possibilità di convalida consentono alla stazione appaltante di convalidare on line, gratuitamente e in modo comprensibile per i non madrelingua, le firme elettroniche ricevute come firme elettroniche avanzate basate su un certificato qualificato. Le stazioni appaltanti, tramite il coordinamento della Cabina di regia, comunicano le informazioni relative al fornitore di servizi di convalida alla Commissione europea che le pubblica su internet; 2) in caso di offerte firmate con il sostegno di un certificato qualificato in un elenco di fiducia, le stazioni appaltanti non applicano ulteriori requisiti che potrebbero ostacolare l'uso di tali firme da parte degli offerenti.

9. Riguardo ai documenti utilizzati nel contesto di una procedura di appalto che sono firmati dall'autorità competente o da un altro ente responsabile del rilascio, l'autorità o l'ente competente di rilascio può stabilire il formato della firma elettronica avanzata in conformità ai requisiti previsti dalle regole tecniche adottate in attuazione del Codice dell'amministrazione digitale di cui al decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82. Essi si dotano delle misure necessarie per trattare tecnicamente tale formato includendo le informazioni necessarie ai fini del trattamento della firma nei documenti in questione. Tali documenti contengono nella firma elettronica o nel supporto del documento elettronico possibilità di convalida esistenti che consentono di convalidare le firme elettroniche ricevute on line, gratuitamente e in modo comprensibile per i non madrelingua.
10. Per le concessioni, fatti salvi i casi in cui l'uso dei mezzi elettronici è obbligatorio ai sensi del presente codice, le stazioni appaltanti possono scegliere uno o più dei seguenti mezzi di comunicazione per tutte le comunicazioni e gli scambi di informazioni: a) mezzi elettronici; b) posta; c) comunicazione orale, anche telefonica, per comunicazioni diverse da quelle aventi ad oggetto gli elementi essenziali di una procedura di aggiudicazione di una concessione e purché il contenuto della comunicazione orale sia sufficientemente documentato su un supporto durevole; d) la consegna a mano comprovata da un avviso di ricevimento.
11. Nei casi di cui al comma 10, il mezzo di comunicazione scelto deve essere comunemente disponibile e non discriminatorio e non deve limitare l'accesso degli operatori economici alla procedura di aggiudicazione della concessione. Gli strumenti e i dispositivi da utilizzare per comunicare per via elettronica, nonché le relative caratteristiche tecniche, devono essere interoperabili con i prodotti della tecnologia dell'informazione e della comunicazione comunemente in uso.
12. Alle concessioni si applicano i commi 5 e 7.

Art. 58 (Procedure svolte attraverso piattaforme telematiche di negoziazione)

1. Ai sensi della normativa vigente in materia di documento informatico e di firma digitale, nel rispetto dell'articolo 52e dei principi di trasparenza, semplificazione ed efficacia delle procedure, le stazioni appaltanti ricorrono a procedure di gara interamente gestite con sistemi telematici nel rispetto delle disposizioni di cui al presente codice. L'utilizzo dei sistemi telematici non deve alterare la parità di accesso agli operatori o impedire, limitare o distorcere la concorrenza o modificare l'oggetto dell'appalto, come definito dai documenti di gara.
2. Le stazioni appaltanti possono stabilire che l'aggiudicazione di una procedura interamente gestita con sistemi telematici avvenga con la presentazione di un'unica offerta ovvero attraverso un'asta elettronica alle condizioni e secondo le modalità di cui all'articolo 56. 4. Il sistema telematico crea ed attribuisce in via automatica a ciascun operatore economico che partecipa alla procedura un codice identificativo personale attraverso l'attribuzione di userID e password e di eventuali altri codici individuali necessari per operare all'interno del sistema. 5. Al momento della ricezione delle offerte, la stazione appaltante trasmette in via elettronica a ciascun concorrente la notifica del corretto recepimento dell'offerta stessa. 7. Conclusa la procedura di cui al comma 6, il sistema telematico produce in automatico la graduatoria. 8. Le procedure di gara interamente gestite con sistemi telematici possono essere adottate anche ai fini della stipula delle convenzioni di cui all'articolo 26 della legge 23 dicembre 1999, n. 488. 9. Le tecnologie sono scelte in modo tale da assicurare l'accessibilità delle persone con disabilità, conformemente agli standard europei. 10. L'Agenzia per l'Italia Digitale (AGID) emana, entro il 31 luglio 2016, regole tecniche aggiuntive per garantire il colloquio e la condivisione dei dati tra i sistemi telematici di acquisto e di negoziazione.

Art. 72 (Redazione e modalità di pubblicazione dei bandi e degli avvisi)

1. Gli avvisi e i bandi di cui agli articoli 70, 71 e 98, contenenti le informazioni indicate nell'allegato XIV, nel formato di modelli di formulari, compresi i modelli di formulari per le rettifiche, sono redatti e trasmessi all'Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea per via elettronica e pubblicati conformemente all'allegato V.



Art. 74 (Disponibilità elettronica dei documenti di gara)

1. Le stazioni appaltanti offrono un accesso gratuito, illimitato e diretto, per via elettronica, ai documenti di gara a decorrere dalla data di pubblicazione di un avviso conformemente agli articoli 70 e 72 o dalla data di invio di un invito a confermare interesse. Il testo dell'avviso o dell'invito a confermare interesse indica l'indirizzo Internet presso il quale i documenti di gara sono accessibili.
2. Se non è possibile offrire accesso gratuito, illimitato e diretto per via elettronica a determinati documenti di gara per uno dei motivi di cui all'articolo 52, comma 1, terzo periodo, le amministrazioni aggiudicatrici possono indicare nell'avviso o nell'invito a confermare interesse che i medesimi documenti saranno trasmessi per posta elettronica certificata o strumenti analoghi negli altri Stati membri ovvero, in caso di impossibilità, per vie diverse da quella elettronica secondo quanto previsto al comma 4. In tal caso, il termine per la presentazione delle offerte è prorogato di cinque giorni, tranne nei casi di urgenza debitamente dimostrati di cui agli articoli 60, comma 3, 61 comma 6 e 62, comma 5.
3. Qualora non sia possibile offrire accesso gratuito, illimitato e diretto per via elettronica a determinati documenti di gara perché le amministrazioni aggiudicatrici intendono applicare l'articolo 52, comma 2, del presente codice, esse indicano nell'avviso o nell'invito a confermare interesse quali misure richiedono al fine di proteggere la natura riservata delle informazioni e in che modo è possibile ottenere accesso ai documenti in questione. In tal caso, il termine per la presentazione delle offerte è prorogato di cinque giorni, tranne nei casi di urgenza debitamente dimostrati di cui agli articoli 60, comma 3, 61, comma 6 e 62, comma 5. 4. Sempre che siano state richieste in tempo utile, le ulteriori informazioni sul capitolato d'oneri e sui documenti complementari sono comunicate dalle stazioni appaltanti a tutti gli offerenti che partecipano alla procedura d'appalto almeno sei giorni prima della scadenza del termine stabilito per la ricezione delle offerte. In caso di procedura accelerata, ai sensi degli articoli 60, comma 3 e 61, comma 6, il termine è di quattro giorni.

Art. 81 (Documentazione di gara)

1. Fermo restando quanto previsto dagli articoli 85 e 88, la documentazione comprovante il possesso dei requisiti di carattere generale, tecnico-professionale ed economico e finanziario, per la partecipazione alle procedure disciplinate dal presente codice e per il controllo in fase di esecuzione del contratto della permanenza dei suddetti requisiti, è acquisita esclusivamente attraverso la Banca dati centralizzata gestita dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, denominata Banca dati nazionale degli operatori economici.
2. Per le finalità di cui al comma 1, con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, sentita l'ANAC e l'AGID, sono indicati i dati concernenti la partecipazione alle gare e il loro esito, in relazione ai quali è obbligatoria l'inclusione della documentazione nella Banca dati, i documenti diversi da quelli per i quali è prevista l'inclusione e le modalità di presentazione, i termini e le regole tecniche per l'acquisizione, l'aggiornamento e la consultazione dei predetti dati. Con il medesimo decreto si provvede alla definizione delle modalità relative alla progressiva informatizzazione dei documenti necessari a comprovare i requisiti di partecipazione e l'assenza di cause di esclusione, nonché alla definizione dei criteri e delle modalità relative all'accesso e al funzionamento nonché all'interoperabilità tra le diverse banche dati coinvolte nel procedimento. A tal fine entro il 31 dicembre 2016, il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, in accordo con ANAC, definisce le modalità di subentro nelle convenzioni stipulate dall'ANAC, tali da non rendere pregiudizio all'attività di gestione dati attribuite all'ANAC dal presente codice. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui al presente comma, si applica l'articolo 216, comma 13.
3. Costituisce oggetto di valutazione della performance il rifiuto, ovvero l'omessa effettuazione di quanto necessario a garantire l'interoperabilità delle banche dati, secondo le modalità individuate con il decreto di cui al comma 2, da parte del soggetto responsabile delle stesse all'interno dell'amministrazione o organismo pubblico coinvolti nel procedimento. A tal fine, l'ANAC, debitamente informata dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, effettua le dovute segnalazioni all'organo di vertice dell'amministrazione o organismo pubblico.
4. Gli esiti dell'accertamento dei requisiti generali di qualificazione, costantemente aggiornati, con riferimento al medesimo partecipante nei termini di efficacia di ciascun documento, possono essere utilizzati anche per gare diverse.

5.3.3. Piattaforme per la digitalizzazione degli appalti

Le piattaforme della Pubblica Amministrazione sono piattaforme tecnologiche che devono offrire funzionalità fondamentali, trasversali, abilitanti e riusabili nella digitalizzazione dei processi e dei servizi.

Le Piattaforme digitali devono ridurre il carico di lavoro delle pubbliche amministrazioni, sollevandole dalla necessità di dover realizzare ex novo funzionalità, ridurre i tempi e i costi di attuazione dei servizi, garantire maggiore sicurezza informatica ed alleggerire la gestione dei servizi della pubblica amministrazione (fig.85). Si tratta quindi di piattaforme digitali che nascono a supporto della razionalizzazione dei processi di back-office delle PA, al fine di migliorare l'efficienza e generare risparmi economici, per favorire la semplificazione e la riduzione degli oneri

amministrativi a carico di imprese, professionisti e cittadini, nonché per stimolare la creazione di nuovi servizi digitali.

All'interno dell'unione europea è possibile trovare esempi, ancora troppo pochi, di implementazione di piattaforme di appalti elettronici, e-procurement.

La frammentazione dei mercati digitali, i rischi connessi alla cybersecurity e l'ancora basso livello di maturità digitale si sono rivelati ostacoli non trascurabili. L'Unione Europea ha deciso di promuovere diverse iniziative in materia di digitalizzazione degli appalti, tra cui l'ambiziosa implementazione transfrontaliere di appalti elettronici, progetto iniziato nel maggio 2008, che ha preso il nome di PEPOL (Pan-European Public Procurement OnLine). Il progetto PEPOL nacque con l'intenzione di creare una soluzione pilota integrata transfrontaliera interoperabile a livello europeo.

Questo progetto si era posto l'obiettivo di collegare

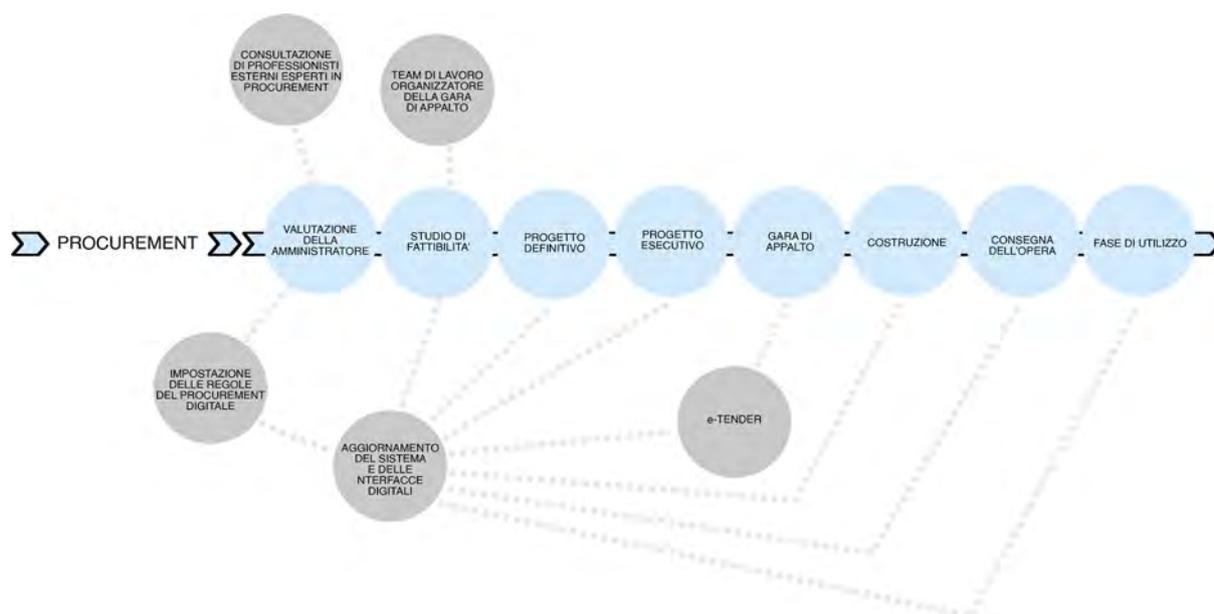


Fig.85 - BIM e Procurement.

le piattaforme già esistenti per gli Stati membri. Ulteriore progetto degno di citazione è la generazione della piattaforma Open e-PRIOR. Open e-PRIOR è una piattaforma di appalti elettronici open source gratuita che consente alle pubbliche amministrazioni l'implementazione di servizi elettronici interoperabili. Svolge il ruolo di intermediario tra le applicazioni di back-office della pubblica amministrazione e l'iniziativa di interoperabilità degli appalti pubblici.

La piattaforma è stata progettata per interagire con un gran numero di applicazioni di natura eterogenea. È collegato a PEPPOL tramite il proprio punto di accesso, facilitando lo scambio transfrontaliero di documenti di appalto elettronico tra, ad esempio, una pubblica amministrazione nel paese A con i fornitori nel paese B.

Open e-PRIOR attualmente copre l'e-invoicing, ossia la fatturazione elettronica; la e-Submission, ovvero presentazione e apertura delle offerte; la post-award e-Procurement, ossia documenti scambiati tra la pubblica amministrazione e i suoi contraenti dopo l'aggiudicazione di un contratto.

Il pacchetto Open e-PRIOR include anche un portale web che consente ai fornitori, come PMI e privati, di codificare manualmente le loro fatture tramite un modulo web. L'ultima versione di Open e-PRIOR 2.1.0 è stata rilasciata a giugno 2017. Il Regno Unito a partire dal 2014 ha sviluppato un ulteriore nuovo strumento digitale, chiamato "Digital BIM toolkit". L'idea è nata con il BIM Task Group, un gruppo supportato dal Department for Business Innovation & Skills (BIS) e dal Construction Industry Council (CIC) per riunire le competenze dell'industria, del governo, degli istituti e del mondo accademico per rafforzare la capacità

dell'emergente Building Information Modelling.

Nel febbraio 2014, il Technology Strategy Board (TSB) ha bandito un concorso per la creazione di uno strumento digitale per la creazione di modelli informativi.

Il concorso era nato per sostenere lo sviluppo di uno strumento digitale gratuito in grado di sfruttare gli standard già noti con il BIM.

Nel settembre 2014, il concorso è stato vinto da un team di lavoro composto da NBS, una filiale di RIBA Enterprises, BIM Academy, RICS, Microsoft, BDP, Mott MacDonald, Newcastle University and Laing O'Rourke. Il progetto è iniziato nell'ottobre 2014 e la piattaforma NBS BIM toolkit è stata aperta al pubblico nel 2015.

L'NBS BIM toolkit comprende un piano di lavoro digitale, un sistema di classificazione unificato, migliaia di modelli di definizione e uno strumento di verifica che può essere utilizzato per definire i requisiti di informazione allineati alle fasi del progetto, per definire i risultati finali, per assegnare ruoli e responsabilità all'interno del team di lavoro, per verificare che le informazioni richieste siano state fornite, identificando gli oggetti classificati correttamente e confermando che i dati richiesti siano presenti.

In Italia esistono alcune piattaforme nella pubblica amministrazione ma nessuna dedicata agli appalti, in merito a questa mancanza l'ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani) ha pubblicato una nota dove dichiara che nonostante l'art. 58 del Codice degli appalti preveda "procedure svolte attraverso piattaforme telematiche di negoziazione", l'assenza di una piattaforma di e-procurement, non obbliga le stazioni appaltanti all'utilizzo delle procedure

telematiche. Le stazioni appaltanti potranno quindi utilizzare sistemi informatici specifici riguardanti la ricezione e la trasmissione della documentazione e informazioni di gara.

Esistono comunque comuni italiani più virtuosi che hanno cercato di bandire gare di appalto appoggiandosi su sistemi di e-procurement, soprattutto nel settore trainante della sanità.

Per quanto riguarda il settore delle costruzioni, invece, è più difficile individuare esempi di utilizzo di procedure di e-procurement, possiamo però citare l'utilizzo da parte di alcune pubbliche amministrazioni della piattaforma Invitalia – InGate.

È una piattaforma e-procurement per la gestione telematica delle procedure di gara di lavori, servizi e forniture curate da Invitalia, l'Agenzia per lo Sviluppo. Invitalia gestisce, per conto delle Amministrazioni pubbliche, le gare di appalto per l'affidamento di lavori e servizi tecnici svolgendo le funzioni di Centrale di Committenza.

Il Codice dei Contratti Pubblici ha infatti previsto la creazione, presso l'Autorità nazionale anticorruzione (ANAC), di un apposito elenco delle stazioni appaltanti qualificate, di cui fanno parte anche le centrali di committenza.

Invitalia è la prima struttura nazionale ad aver gestito tutti i processi di gara per la realizzazione delle opere pubbliche attraverso una piattaforma e-procurement e con la Vigilanza collaborativa di ANAC: un modello operativo che garantisce trasparenza, legalità ed efficienza.

Invitalia è iscritta anche nell'elenco ANAC delle società in house per le Amministrazioni Centrali.

Grazie ad una valutazione delle offerte attuata tramite un sistema e-procurement sarà possibile ottenere risultati più oggettivi in quanto basati su regole e criteri di valutazione comuni che analizzano le offerte in modalità semiautomatica, garantendo così imparzialità e trasparenza.

All'interno di questo processo di valutazione, il Model Checking, ossia un sistema di controllo sul progetto effettuato dal progettista stesso, che verrà dettagliato più approfonditamente nel paragrafo seguente, consentirà una più snella operazione di controllo sulle proposte presentate.

È bene comunque sottolineare che il Model Checking

non potrà mai sostituire totalmente una commissione giudicatrice in quanto la componente soggettiva umana è un criterio imprescindibile e non sostituibile da nessuna macchina.

Al fine di ottenere un processo ottimizzato e integrare il Building Information Modelling, sia esso applicato all'esistente o no, è bene che le specifiche del modello, gli standard richiesti e i parametri e criteri utilizzati in fase di valutazione siano esplicitati sin dalla pubblicazione iniziale del bando.

All'interno di un processo di digitalizzazione degli appalti risulta quindi assolutamente importante che le stazioni appaltanti presentino bandi esaustivi e corredati dai dati utili ai progettisti per una corretta impostazione del Building Information Model.

Il processo di e-procurement consentirà una riduzione dei tempi, dei rischi e conseguentemente dei costi. Consentirà inoltre una diminuzione di reclami e controversie grazie ad un più facile analisi e rilievo delle incongruenze.

Un sistema così impostato porterà i progettisti a presentare progetti sempre più precisi e di qualità.

5.4. Model Checking e validazione della proposta presentata in sede di gara

In informatica, il model checking o property checking è un metodo per verificare se il modello realizzato nel suo stato finale soddisfa in maniera completa e integrata tutte le richieste.

Il controllo del contenuto informativo è un passaggio fondamentale all'interno di un processo BIM o H-BIM. La possibilità di gestire in maniera integrata tutte le informazioni e dati connessi all'opera durante l'intero ciclo di vita può avvenire soltanto attraverso la validazione e verifica formale di esso.

È necessario effettuare un controllo delle informazioni del progetto al fine di individuare con anticipo possibili criticità, riuscendo così a garantire un risultato affidabile per le fasi successive di progettazione, esecuzione e gestione dell'opera (fig.86)

Nello specifico il model checking avviene in tre fasi

- la BIM Validation;
- la Clash Detection;
- il Code Checking.

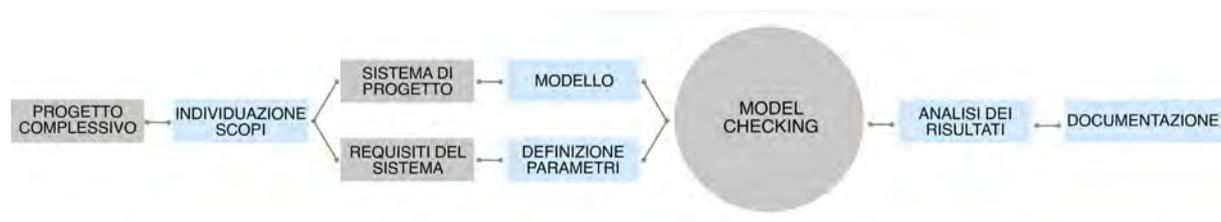


Fig.86 - Model checking.

Ognuno di questi rule-set deve essere applicato prima ai singoli modelli prodotti e successivamente al modello unito.

La BIM Validation nasce per verificare e validare la qualità dei modelli BIM e H-BIM e verificare che il modello sia conforme al capitolato informativo e alle normative di riferimento, nello specifico la UNI 113377. Il BIM Validation può essere effettuata tramite software di lavoro dedicati, che permettono l'applicazione di determinati sets di regole parametriche, per rilevare errori di modellazione e progettazione.

Quindi sfruttati determinati parametri applicati ai modelli inseriti all'interno del software e vengono condotte analisi relative alla qualità e alla coerenza dei modelli stessi.

La Clash Analysis è il controllo delle interferenze geometriche e spaziali all'interno del modello, tale verifica ha l'obiettivo di individuare le interferenze interne, con particolare attenzione agli aspetti geometrici e alle intersezioni fisiche tra gli elementi che ne fanno parte.

Le interferenze individuate devono essere classificate in funzione del grado di severità in modo da essere risolte, portando il modello ad una versione formalmente corretta.

La fase più critica della clash analysis è la definizione e attribuzione delle risoluzioni.

L'H-BIM ha avuto un impatto significativo sul coordinamento della progettazione, supportando l'identificazione e la gestione dei cosiddetti "clashes" (conflitti) tra le diverse componenti dei sistemi di costruzione. L'obiettivo è quello di comprendere meglio le cause dei problemi di coordinamento e i fattori che influenzano la loro risoluzione.

Le cause più frequenti dei problemi di coordinamento della progettazione riguardano le discrepanze tra i diversi modelli di progettazione, errori di progettazione o elementi mancanti. Sicuramente definire una tassonomia codificata dei problemi di coordinamento potrebbe migliorare i processi di coordinamento della progettazione. Il coordinamento della progettazione è un compito critico e impegnativo che mira a garantire che i progetti degli edifici soddisfino gli aspetti funzionali, estetici e i requisiti economici degli stakeholder del progetto.

Pertanto, la gestione di successo del processo di coordinamento della progettazione è fondamentale per l'efficienza nella realizzazione di progetti economicamente sostenibili e di qualità.

L'approccio di Clash Analysis si potrebbe schematizzare in due fasi: 1. la costruzione della tassonomia del problema del coordinamento della progettazione; 2. la valutazione e convalida dei risultati (fig.87)



Fig.87 - Schematizzazione Clash Analysis.

Il processo di coordinamento del progetto consiste tipicamente in un ciclo di tre fasi interconnesse:

1. Identificazione del problema: in un tipico processo di coordinamento, il coordinatore H-BIM riceve informazioni digitali e modelli, i requisiti di progetto e le specifiche di progettazione per avviare il processo di coordinamento. Quindi è possibile integrare i diversi modelli in un software di controllo dei conflitti, per esempio Navisworks Clash Detector e il sistema identifica automaticamente i conflitti.

2. Risoluzione dei problemi: nella seconda fase, gli stakeholder del progetto si incontrano per rivedere, discutere e sviluppare soluzioni per risolvere i problemi di coordinamento identificati. Una volta preparati i modelli e identificati i problemi, il team del progetto discute su come poterli risolvere.

3. Documentazione del problema, una volta terminata la discussione sulla questione, il BIM coordinator documenterà i problemi. A questo punto, in base alla strategia di documentazione, si possono filtrare le informazioni sullo specifico problema da risolvere.

L'attuale approccio per identificare i problemi di coordinamento della progettazione utilizzando la funzione di rilevamento automatico delle interferenze spesso si traduce in migliaia di conflitti tra i componenti dell'edificio e del sistema. La figura 88 mostra come durante la fase di identificazione dei problemi, i conflitti vengono ripuliti dai "falsi positivi" e viene selezionata solo una piccola parte di questi, che rappresentano i conflitti effettivi tra diversi sistemi.

Il Code Checking è la vera e propria validazione del progetto, è la verifica eseguita comparando i parametri contenuti nel modello con le normative di riferimento.

In questo modo le richieste della committenza e le norme progettuali vengono tradotte in regole parametriche da applicare nella verifica.

Esistono differenti software per l'esecuzione delle fasi di Model checking, tra i più utilizzati sul mercato usBIM. checker, di AccaSoftware e Solibri Model Checker di Harpaceas, Fornax di novaCITYNETS, EXPRESS Data Manager (EDM) della norvegese Jotne EDM.

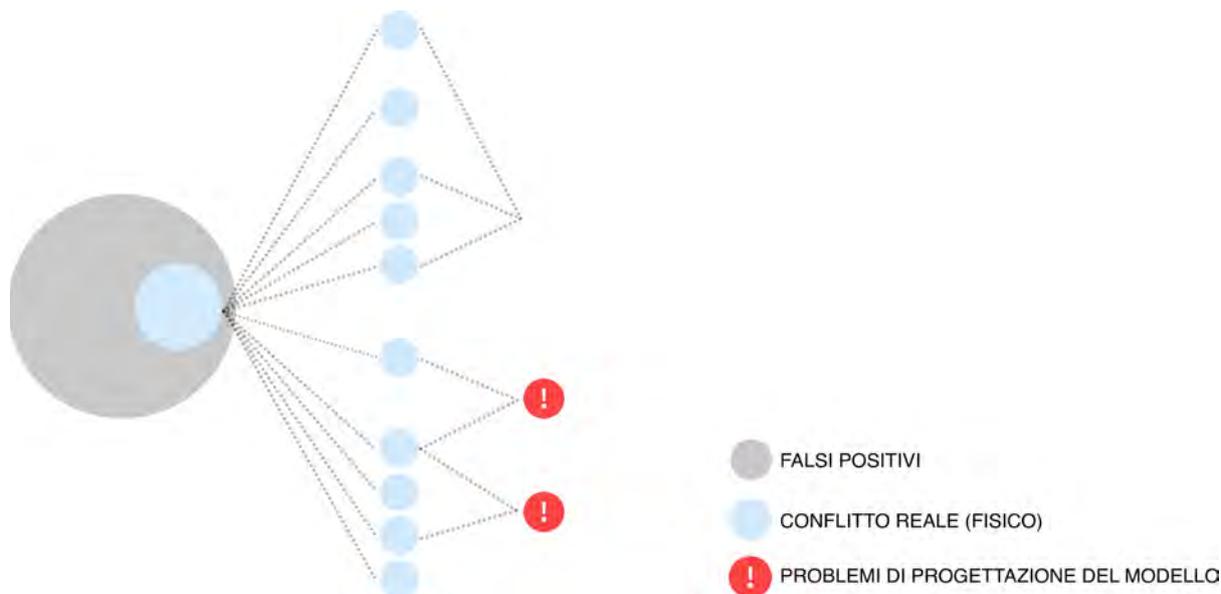


Fig.88 - Identificazione dei conflitti

Technology, AutoCodes di Fiatech e Bentley Design ++ di Bentley Systems, Innovaya Visula BIM di Innovaya, Vico estimator di Construdoft, e altri.

Anche questo workflow di controllo e validazione costituisce un aspetto di fondamentale importanza all'interno del processo.

Riassumendo e rifacendoci anche al paragrafo precedente è assolutamente necessario che l'amministrazione all'interno del bando presentato fornisca quei parametri utili ai tecnici per impostare il proprio progetto e tutto il set di regole necessarie che verranno inserite nei software di analisi e controllo e che il progettista esegua una corretta valorizzazione di parametri attraverso la costruzione di un flusso di lavoro coerente e interoperabile.

Il set di regole relativo al controllo delle interferenze riguarda in primo luogo le interferenze di tipo geometrico, per esempio la presenza di una bucatura nel modello architettonico incoerente con la presenza nella medesima posizione di elementi strutturali, oppure come il passaggio di un impianto non compatibile con la presenza di altri elementi. In secondo luogo riguarda l'aspetto prestazione del fabbricato e dei suoi elementi componenti, nonché tutti gli altri aspetti esigibili dalla committenza.

Per esempio, fornire parametri riguardanti la trasmittanza termica degli involucri, le resistenze acustiche dei serramenti oppure anche aspetti distributivi o dimensionali relativi agli ambienti. Se tutti gli attori del processo, stazione appaltante (PA) e appaltatore rispetteranno le regole del processo sarà possibile validarlo in maniera automatizzata o semi-automatizzata.

Sono necessari ulteriori studi di ricerca per indagare i limiti e le possibilità del Model Checking applicato

alle gare di appalto elettronico, vista la ancora bassa presenza di esempi in materia.

È quindi necessario indagare maggiormente gli aspetti connessi sia al "corretto impacchettamento" del bando da parte della PA sia i flussi di informazioni riguardanti la presentazione delle offerte da parte degli appaltatori.

5.5. Possibili scenari futuri sul capitolato informativo per un modello H-BIM

Dover affrontare un progetto su un fabbricato esistente con la procedura H-BIM, richiede anzitutto al professionista un notevole impegno sulla ricerca nell'acquisizione di dati che risulta alquanto impegnativa e talvolta impossibile nella sua interezza. Solamente ottenuti questi dati e sviluppati in H-BIM è possibile procedere al completo sviluppo del progetto richiesto.

Nel caso venisse commissionato l'intero servizio a partire dalla ricerca fino alla produzione del progetto esecutivo in H-BIM è chiaro che la prestazione sarebbe di difficile quantificazione in termini tempi e costi.

Ogni amministrazione si dovrebbe dotare preventivamente di un database H-BIM per ottimizzare il processo, in modo tale che la fase di gara e di sviluppo del progetto avvenga con risparmio di tempi e costi.

Il tipo di database di cui si dovrebbe dotare preliminarmente l'amministrazione è di duplice natura: da un lato potrebbe fornire in fase di gara "pacchetti di famiglie" caratterizzate da differenti livelli di LOD che nel corso del tempo possono essere implementati in numero e in livello di dettaglio con una sorta di autoaggiornamento collaborativo.

Dall'altro creare un database di parametri da inserire

nei software per effettuare controlli di Clash detection. Dato che nella realtà italiana vi è, sì, una eterogeneità di tipologie costruttive, è pur vero che nelle realtà territoriali locali vi sono elementi ripetitivi o di caratteristiche omogenee tali da poter offrire un vantaggio dalla loro codificazione con la possibilità di creazione di categoria e famiglie riutilizzabili su vari

appalti.

Per quanto riguarda la creazione di un database di parametri utili all'analisi di Clash detection l'amministrazione potrebbe operare suddividendoli per ambiti (edifici scolastici, servizi ospedalieri, ecc.) ottimizzando il processo di gara e facilitandone i contenuti.

CAPITOLO 6

6. LO STRUMENTO H-BIM NELLA ESECUZIONE DEI LAVORI

6.1. H-BIM e cantierizzazione

L'utilizzo dell'Historic/Heritage Building Information Modelling nei processi di costruzione e cantierizzazione assume sempre maggior rilevanza.

Nei capitoli precedenti è stato introdotto il concetto di quinta e sesta dimensione del BIM e H-BIM (cfr. paragrafo 2.3.1.), tali concetti fa riferimento al collegamento dei dati degli attributi per supportare la gestione delle strutture e il funzionamento degli asset costruiti. Tali dati potrebbero includere per esempio i dettagli del prodotto, dei produttori e il momento di installazione.

Operare in sei dimensioni significa quindi poter ottenere un modello H-BIM in grado di ricostruire minuto per minuto i giorni lavorativi connessi alla gestione del sito. Ovviamente quando parliamo di fase costruzione, manutenzione, ristrutturazione o conservazione di un'opera edile o di ingegneria civile è necessario fare alcune riflessioni

E' sicuramente indispensabile individuare quali siano le attività quotidiane dei responsabili del cantiere, quindi, nel caso italiano nello specifico, i ruoli del progettista, del RUP, del direttore lavori, del collaudatore, dei coordinatori per la sicurezza, dell'impresa affidatar e delle imprese esecutrici, della direzione tecnica di cantiere, del capocantiere e dei preposti e delle diverse squadre che vengono coordinate. Inoltre, è necessario

capire come poter inserire nel processo H-BIM tutta quella componente riguardante la documentazione necessaria per il corretto svolgimento delle opere.

L'obiettivo è quello di aumentare la collaborazione e la comunicazione tra le parti interessate del progetto, consentono ai partner coinvolti di visualizzare i progetti, integrare i lavori di diverse discipline di progettazione e automatizzare alcune funzioni, come il rilevamento delle interferenze in cantiere, la gestione delle quantità di materiale, il controllo degli operatori presenti in sito, l'esecuzione delle prove sui materiali e il rispetto delle procedure di sicurezza.

Tuttavia, l'implementazione dell'H-BIM come nuovo strumento per i progetti di edilizia esistente è impegnativa ed avviene passo dopo passo, dovendo tener presente di eventuali imprevisti connessi al carattere storico degli edifici

Dossick et al. (2011) hanno affermato che il BIM, e di conseguenza l'H-BIM, ovviamente non possono totalmente sostituire la comunicazione verbale all'interno di un processo.

Nonostante i workflow H-BIM siano già utilizzati nelle discipline di progettazione, sono ancora abbastanza inesplorati nel settore di cantierizzazione.

Ci sono ancora solo pochi studi incentrati sugli usi del BIM su siti reali e ancora meno sul patrimonio costruito. Fondamentale importanza riveste l'analisi della documentazione e delle pratiche di comunicazione dei

gestori del sito all'interno del processo.

L'adozione dell'H-BIM nella direzione lavori implica l'implementazione sugli elementi dell'attività di gestione dei lavori.

L'attività di direzione lavori può essere analizzata come interconnessa ad altre attività, a partire da quella progettuale.

La gestione del cantiere è infatti identificabile come l'attività a chiusura della fase progettuale.

In questa fase il BIM Coordinator coordinerà il processo di creazione, gestione, verifica e gestione dei modelli digitali; il BIM Manager deve occuparsi dell'operatività del cantiere sia sotto il profilo esecutivo sia gestionale, questo perché nelle fasi precedenti ha sviluppato e verificato il rispetto del BIM Execution Plan (BEP) e dei BIM Information Requirements per i committenti di appalti; il ruolo del BIM specialist in questa fase riguarda il controllo e l'eventuale aggiornamento del modello.

Per capire come ottimizzare un processo H-BIM nella fase di cantierizzazione è necessario conoscere puntualmente i flussi di lavoro e conoscere la collaborazione nella vita lavorativa quotidiana. Nell'implementazione del modello H-BIM è necessario tenere presente che il cantiere comprende l'area d'ingombro dell'opera (da mantenere o da ristrutturare) e le aree di supporto, in cui vengono dislocati tutti gli apprestamenti, gli impianti e le infrastrutture necessari alla realizzazione dell'intervento.

I cantieri inoltre possono essere temporanei o mobili ed anche tale caratteristica andrà a modificare il flusso dei tempi all'interno del modello.

Organizzare un cantiere significa pianificare, allocare tutte le risorse necessarie, nel tempo, per l'esecuzione dei lavori e regolarne l'impiego, in relazione alle opere da eseguire, alle condizioni ambientali, ai vincoli esistenti, e all'evoluzione dei lavori.

L'organizzazione del cantiere rappresenta il momento conclusivo di tutto l'iter progettuale e, contemporaneamente, il momento iniziale della realizzazione vera e propria dell'opera.

Le problematiche legate a un allestimento di un cantiere sicuro ed economicamente efficiente sono spesso sottovalutate, soprattutto dalle piccole imprese; ad oggi, spesso, il cantiere viene realizzato senza una vera e propria progettazione prima dell'inizio dei lavori e questo può comportare diversi problemi di varia natura in fase di costruzione (errori, ritardi, imprevisti, incidenti, ecc.) con conseguenti rilevanti costi aggiuntivi.

Le difficoltà più frequenti nell'organizzazione di un cantiere edile sono rappresentate dalla carenza di spazi (per esempio per le necessarie strutture di supporto o per l'approvvigionamento dei materiali da costruzione) e da vincoli presenti sia sull'area di

cantiere sia all'esterno di essa.

Per determinare quindi l'impostazione generale del cantiere occorrono sia l'analisi di questi fattori sia l'individuazione delle risorse necessarie all'esecuzione delle diverse opere.

Ogni area ha bisogno di una corretta sistemazione e di uno spazio minimo che garantiscano una produzione efficace e la sicurezza dei lavoratori

Per le suddette ragioni i fattori strategici da considerare nella generazione di un modello H-BIM che possa appieno rispondere alle esigenze di organizzazione del cantiere si possono distinguere in tre gruppi: risorse e aree, impianti, sicurezza e salute.

Il primo gruppo comprende:

- a. la recinzione di cantiere, gli accessi e le segnalazioni;
- b. l'accesso dei mezzi di fornitura dei materiali;
- c. lo spostamento dei mezzi di cantiere (viabilità principale di cantiere);
- d. lo spostamento delle persone (viabilità pedonale);
- e. la dotazione e la dislocazione dei servizi igienico-assistenziali;
- f. le operazioni di carico e scarico dei materiali (dislocazione delle zone di carico e scarico);
- g. i depositi dei materiali e delle attrezzature;
- h. lo stoccaggio dei materiali e dei rifiuti
- i. il deposito dei materiali con pericolo

d'incendio o di esplosione.

Il secondo gruppo comprende:

- a. la dislocazione degli impianti di cantiere;
- b. le protezioni o le misure di sicurezza connesse alla presenza nell'area cantiere di linee aeree o condutture sotterranee;
- c. gli impianti di alimentazione e le reti principali di elettricità, acqua, gas ed energia di qualsiasi tipo;
- d. gli impianti di terra e di protezione delle scariche atmosferiche.

Il terzo gruppo comprende:

- a. le protezioni o le misure di sicurezza contro i possibili rischi provenienti dall'ambiente esterno e/o contro quelli trasferibili all'esterno;
- b. le modalità di gestione del cantiere in relazione all'organizzazione prevista per i servizi di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione dei lavoratori.
- c. le misure di prevenzione e protezione per le fasi di lavoro e le loro interferenze

È chiara quindi la notevole complessità di creare un modello che possa tener conto di tutti questi fattori.

La digitalizzazione del cantiere è quindi diventata un'esigenza per poter affrontare le sfide del nostro tempo e permettere al settore delle costruzioni, sia del nuovo sia sul patrimonio costruito, di concretizzare

la possibilità di una gestione efficiente delle risorse in corso d'opera con un'ottimizzazione dei processi e dei risultati.

La necessità di semplificazione e l'adozione di strategie innovative volte a supportare la gestione dei processi hanno identificato una nuova via da percorrere anche per le autorità di Governo che sostengono tale direzione di cambiamento, come anticipato nei capitoli precedenti.

Questo processo di cambiamento digitale deve coinvolgere sicuramente anche l'ambito della gestione della cantierizzazione del progetto, soprattutto in riferimento alla sicurezza.

È chiaro comprendere che un processo H-BIM applicato alla fase di cantierizzazione imprime una radicale trasformazione del modo di operare che coinvolgerà il modo di progettare, il modo di organizzare, il modo di costruire e monitorare l'intero ciclo di vita di edifici e infrastrutture.

Gli obiettivi che l'utilizzo di workflow BIM e H-BIM si pongono nel campo della cantierizzazione, e sono: un incremento della produttività, una riduzione dei tempi e degli errori, una razionalizzazione dei processi, una ottimizzazione delle soluzioni e dei costi e una garanzia di maggiore sicurezza.

È quindi facilmente intuibile che, per ottenere risultati di questo tipo, sia necessario investire nella digitalizzazione non solo delle fasi meramente progettuali ma anche in quelle di costruzione e cantierizzazione, con la necessità di introdurre nel processo "maestranze digitalizzate" che sappiano inserirsi all'interno di questo rivoluzionario processo. Abbiamo così introdotto il concetto di "cantiere digitale" o "cantiere 4.0".

Il termine "Cantiere 4.0" indica una tendenza all'automazione e digitalizzazione del settore delle costruzioni che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità del processo.

Questo concetto in realtà al suo interno contiene diversi aspetti legati alla digitalizzazione: progettazione del layout di cantieri, controllo dei flussi di lavoro durante la cantierizzazione la costruzione, la gestione della "On-site" – "costruzione in sito" e "Off-site Construction" - "costruzione fuori sito", che si riferisce al completamento di elementi o componenti di un progetto di costruzione in un luogo diverso da quello in cui saranno installati in modo permanente e la gestione della sicurezza e il loro coordinamento.

Il processo H-BIM ha particolare utilità nell'interfacciamento della costruzione "on-site" e "off-site", per quanto riguarda il coordinamento dimensionale, il coordinamento dei processi, l'efficienza e le operazioni di controllo.

Il problema del coordinamento dimensionale è tanto più sentito nella riqualificazione degli edifici esistenti in quanto tutti i nuovi elementi da porre in opera devono adeguarsi dimensionalmente agli altri elementi di fabbrica già presenti "on-site" e tenendo conto delle loro imperfezioni e tolleranze.

Il coordinamento dei processi rappresenta uno degli elementi essenziali nell'intervento sull'esistente per ottimizzare in particolar modo le operazioni che, nel caso, manifestano superiori criticità di varia natura, rispetto a quelle dei nuovi edifici

Organizzare razionalmente e con lo strumento H-BIM le procedure relative agli interventi sugli edifici esistenti ha ovviamente un risvolto positivo anche in termini di efficienza e di controllo

Grazie ai processi H-BIM è possibile utilizzare nuove generazioni di software e sensori in grado di realizzare progetti di cantierizzazione ottimizzati, controllare accessi e monitorare la sicurezza dei lavoratori, automatizzare i processi di tracking di macchine e materiali, ottenendo così informazioni in modo automatico per monitorare l'avanzamento di commessa e la redazione del giornale dei lavori.

È inoltre possibile utilizzare piattaforme gestionali IoT (Internet of Things)⁴⁹ che consentono di ottenere in tempo reale informazioni sul cantiere, le lavorazioni in corso, il personale, le funzioni assegnate e le relative priorità, la gestione di approvvigionamenti e mezzi d'opera, la sicurezza in sito. È quindi possibile lavorare con interfacce web che rendono il cantiere interamente digitale.

La necessità di organizzare e gestire il cantiere, in particolar modo i cantieri complessi e quelli sull'esistente che possono presentare molte interferenze, nasce dall'esigenza di mantenere continuità tra la fase progettuale e quella realizzativa. Allo stesso tempo il passaggio dalla progettazione alla realizzazione rappresenta la difficoltà maggiore che si riversa poi nella gestione del cantiere. Ottenere il completo controllo su tutti gli aspetti della fase costruttiva è un'attività fondamentale quanto onerosa se effettuata con gli approcci tradizionali e non sempre è garantita una riuscita ottimale. Per poter programmare in maniera efficiente la gestione del cantiere occorre

⁴⁹ IoT (Internet of Things o Internet delle cose) è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti. Il concetto rappresenta una possibile evoluzione dell'uso della rete internet dove gli oggetti (le "cose") si rendono riconoscibili e acquisiscono intelligenza grazie al fatto di poter comunicare dati su se stessi e accedere ad informazioni aggregate da parte di altri. Questo concetto è stato introdotto nel 1999 da Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo di Auto-ID Center, consorzio di ricerca con sede al MIT.

utilizzare i nuovi strumenti digitali e avere accesso nel merito delle scelte tecnologiche e della sicurezza già a partire sin dalla fase progettuale dell'opera.

Tutte le figure nel processo hanno la necessità di avere una visione completa del progetto e delle lavorazioni che andranno eseguite.

Anche in questa fase sono validi i concetti presentati nei capitoli precedenti in riferimento alla necessità di costruire flussi di lavoro collaborativi, multidisciplinari e interconnessi in modo tale da garantire un maggiore controllo sul sistema così da poter governare la complessità del cantiere.

Compresi questi aspetti concettuali del problema occorre poi individuare la scelta degli strumenti più idonei da utilizzare per la gestione del cantiere tra quelli oggi disponibili.

La gestione del cantiere prevede la gestione delle sue risorse che possono essere coordinate attraverso strumenti BIM-based.

Questi strumenti costituiscono un fondamentale propulsore per il sistema cantiere nell'ottica della gestione che parte dalla fase progettuale dell'opera per definire la programmazione e consolidare la pianificazione

Una cantierizzazione H-BIM, essendo riferita ad un intervento rivolto ad opere esistenti, è in grado di fornire una rappresentazione delle condizioni al contorno, definendone limiti e specificità, estendibili sino a considerazioni di carattere urbanistico.

Un approccio di tipo H-BIM offre la possibilità di poter valutare tempestivamente la modifica in corso d'opera laddove si possa prevedere un impiego inefficace delle risorse, prevedere un ritardo nell'avanzamento dei lavori, dovuto ad esempio ad un'allocazione di risorse mancante rispetto a quanto stabilito dal cronoprogramma dei lavori o inefficienze da parte degli operatori.

È necessario che la gestione delle risorse avvenga in tempo reale.

Entrando più nel dettaglio delle risorse che generalmente ci troviamo a dover gestire in un cantiere edile, esse possiamo classificarle in risorse umane (operatori) e mezzi (macchine, strumenti e materiali). A seguito verrà analizzato più nello specifico come il Piano della sicurezza di cantiere (PSC), insieme agli strumenti di digitalizzazione, possano aiutarci a superare e migliorare quelle situazioni problematiche connesse alla gestione del cantiere.

6.2. Ergotecnica e digitalizzazione dei processi

La disciplina progettuale dell'ergotecnica edile non è una materia nuova nata a seguito dei concetti

di BIM e H-BIM. L'ergotecnica edile è una materia di sicurezza nata negli ultimi anni del 1900 e trae impulso dalle direttive europee sulla sicurezza del lavoro, un importante riferimento è la Direttiva 92/57/CEE del Consiglio, del 24 giugno 1992, riguardante le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

Negli anni '90 la progettazione ergotecnica era affidata alla lungimiranza dell'imprenditore edile che poteva scegliere di affrontare uno studio preventivo del cantiere, sfruttando la possibilità di ottimizzare i fattori di produzione, l'organizzazione, ottenendo un risparmio dei tempi e quindi dei costi.

L'esigenza di porre ordine in materia e dare regole più chiare nasce nel 1994, con il D.Lgs n. 626, che pone l'obbligo normativo di progettare l'allestimento e la conduzione dei cantieri temporanei o mobili in capo ai datori di lavoro, che, per la prima volta, sono chiamati a redigere un documento di valutazione dei rischi specifico per ogni cantiere contenente le procedure operative di sicurezza da attuare.

Successivamente, con il D.Lgs. n. 494/1996, la tutela nei confronti dei lavoratori edili viene esteso dai datori di lavoro ai committenti delle opere, con il piano di sicurezza e coordinamento.

Nel 1999 venne inoltre introdotta l'obbligatorietà del piano operativo di sicurezza (POS) delle imprese esecutrici. Successivamente con il D.P.R 3 luglio 2003, n. 222 recante il Regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili aumenta la consapevolezza della valutazione del rischio per gli addetti alla esecuzione delle opere progettate.

Attualmente la normativa di riferimento in materia di sicurezza è il Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro (D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106) e le successive integrazioni, sino all'ultima del 2020.

Parallelamente allo sviluppo della materia ergotecnica, è avvenuto il cosiddetto processo di digitalizzazione delle costruzioni che sempre più è permeato nel processo di cantierizzazione dei progetti.

La codifica di regole connesse alla progettazione ergotecnica ha sicuramente facilitato la migrazione dell'ambito progettuale verso le metodologie BIM e H-BIM, che perfettamente si innestano nel panorama di gestione del cantiere grazie al loro potenziale di poter indagare la congruenza e la coerenza degli elementi tecnici progettati o esistenti.

Dalla fusione dei diversi ambiti progettuali facenti parte di differenti filiere tematiche (architettura, strutture, impianti, ecc.).

In merito a tali considerazioni è interessante far riferimento al modello informativo del cantiere e della sicurezza, introdotto dalla UNI 11337.

6.3. Cantierizzazione e modello informativo del cantiere e della sicurezza

Oltre a semplificare l'adempimento delle varie normative in materia di prevenzione di incidenti sul lavoro, citate nel paragrafo precedente, l'H-BIM consente una più facile valutazione del pericolo e facilita l'analisi dei possibili rischi grazie alla possibilità di esaminare il cronogramma già in fase di progettazione, quindi la possibilità di controllo dinamico sulle diverse fasi di lavorazione e tempistiche, integrando tutti gli aspetti riguardanti la realizzazione dell'opera.

L'input fornito al programma seguendo step by step i lavori permette al software di rivedere e riorganizzare il cronoprogramma tenendo conto della congruenza logica in termini di lavorazioni consequenziali o sovrapponibili.

Attraverso la digitalizzazione del cantiere diventa più facile visualizzare e controllare le condizioni dello stesso e identificare i pericoli, ma anche risolvere questioni come la pianificazione delle fasi di lavoro, la mancanza di comunicazione e formazione dei lavoratori e le interferenze tra le varie lavorazioni. Tutto ciò è possibile attraverso la pianificazione integrata del cantiere.

Esistono software specifici, citati nei prossimi capitoli e librerie con oggetti che riproducono differenti tipologie di macchine e attrezzature da cantiere e consentono di scegliere i modelli idonei allo svolgimento delle specifiche mansioni anche in relazione alla pianificazione della sicurezza

Questi software consentono di pre-visualizzare le varie fasi di attività nella sequenza prestabilita, valutandone l'impatto sulla tutela e protezione di tecnici e manovali. Il risultato è un modello nel quale viene ricreato un cantiere virtuale, corredato di macchinari e uomini in movimento, per poter verificare gli ingombri e simulare situazioni di emergenza, in modo da valutare le diverse interferenze che si potrebbero presentare, analizzando per esempio, il funzionamento delle vie di fuga in caso di emergenza.

La progettazione legata alla cantierizzazione di un intervento si sviluppa nell'ambito dei progressivi livelli di conoscenza, esattamente come le altre fasi progettuali. Il progetto di cantierizzazione non si esaurisce con la gara di appalto ma è in continuo aggiornamento anche durante la fase di esecuzione di un'opera.

Come ormai noto BIM e H-BIM sono metodi che consentono l'interconnessione e l'interfacciamento efficace nei diversi ambiti progettuali

Nello specifico ambito del cantiere è necessario fare riferimento al modello informativo del cantiere e della sicurezza. Il "modello informativo del cantiere e della sicurezza" viene definito dalla norma UNI 11337 il modello ergotecnico dell'intervento sviluppato in forma

integrata e coordinata con tutte le altre discipline. Infatti, la norma UNI 11337 suggerisce la creazione di un modello tridimensionale con la successione delle fasi costruttive e contenente le informazioni riguardanti lo studio di mezzi tecnici e organizzativi mirati a migliorare l'efficienza del processo di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro, risanamento per quello che concerne l'H-BIM o nuova costruzione per quello che concerne il BIM.

È infatti assolutamente necessario che la fase esecutiva del progetto sia dettagliata e descriva puntualmente la scelta di attrezzature, macchinari e opere più idonee per svolgere le lavorazioni in sicurezza in relazione agli effettivi spazi operativi

Si evince quindi che con il modello informativo del cantiere e della sicurezza sia necessario rappresentare due livelli principali di sviluppo: il **modello ergotecnico allo stato di progettazione** e il **modello ergotecnico in fase esecutiva**.

6.3.1. Il modello ergotecnico allo stato di progettazione

La generazione, o comunque il controllo sull'esecuzione, di questo modello sarà imputata al coordinatore per la progettazione, che, nel coordinare i diversi progetti, dovrà effettivamente rendere fattive le scelte progettuali riducendo i rischi del cantiere. L'adozione del modello ergotecnico in fase di progettazione cantieristica mira alla prevenzione degli infortuni e consente di ottenere alti livelli di qualità e completezza delle informazioni concernenti la progettazione.

Il modello ergotecnico consente ai diversi progettisti di sviluppare consapevolezza sulla fattibilità delle opere, evitando così errori o incongruenze progettuali. I LOD che possono essere considerati associabili a questo modello sono i LOD A, B, C e D.

6.3.2. Il modello ergotecnico in fase esecutiva

La modellazione ergotecnica della fase esecutiva degli interventi progettati, a differenza di quella in fase di progettazione, viene direttamente monitorata in corso d'opera. Questo modello serve per valutare i margini di miglioramento e di efficienza dei modelli realizzati in termini di scelte tecniche e tecnologiche cantieristiche, sicurezza e salute e sostenibilità dell'opera di cantierizzazione.

Questo modello consente la possibilità di realizzare simulazioni interattive (bidimensionali o tridimensionali) dove è possibile rilevare le interferenze e le attività ad alto rischio. Il LOD che sarebbe ideale raggiungere in questa fase è il LOD E.

Grazie all'elaborazione di questi modelli è possibile ottimizzare i processi dell'opera cantieristica.

La potenzialità di questo modo di operare emerge proprio in riferimento alla cantierizzazione del patrimonio costruito, dove interferenze e problematiche aggiuntive sono più frequenti.

È quindi di fondamentale importanza la realizzazione di questi modelli soprattutto nel caso di interventi di ristrutturazione o restauro per poter armonizzare il progetto e la cantierizzazione considerando le strutture già costruite su cui si va ad intervenire e capire come gestire gli spazi operativi.

Nelle seguenti immagini viene rappresentato come il modello informativo del cantiere e della sicurezza si può inserire all'interno del processo edilizio sui tre livelli di progettazione: progetto di fattibilità tecnica (fig.89), progetto definitivo (fig.90) e progetto esecutivo (fig.91)

I software presenti sul mercato in grado di lavorare all'interno del processo H-BIM per la generazione dei modelli informativi del cantiere e della sicurezza sono differenti e posseggono diverse interfacce

- Il pacchetto Autodesk BIM 360 composto da tutta una serie di software specifici per il controllo segmentato dei diversi aspetti connessi alla progettazione del cantiere. BIM 360 è un servizio Web basato su cloud che fornisce ai team l'accesso ai dati per migliorare il processo decisionale, consente di gestire completamente l'intero ciclo di vita di un progetto. Alcune delle caratteristiche principali di Autodesk BIM 360 sono un ambiente di condivisione del lavoro controllato, la possibilità di revisione del progetto, il

coordinamento dei risultati, il coordinamento BIM, le visualizzazioni delle modifiche, la gestione della qualità e dei problemi. Questo pacchetto contiene numerosi moduli per fornire un controllo a 360 gradi sulle operazioni di costruzione (fig.92)

- Ulteriore software firmato Autodesk che rende possibile la creazione di modelli di cantierizzazione è Naviswork, già citato nei capitoli precedenti.

- CerTus-HSBIM di Acca Software, è il plugin di CerTus per la modellazione BIM e H-BIM per la sicurezza nei cantieri. Il software è in grado di definire modelli del cantiere dalla fase di concezione-progettazione alla fase attuativa-produttiva offrendo visualizzazioni del cantiere e dei contesti, simulazioni delle attività e verifiche funzionali/spaziali

- STR Vision e SYNCHRO PRO di TeamSystem, progettati e sviluppati da specialisti del settore costruzioni, per incrementare la capacità di controllo e permettere di anticipare e monitorare l'impatto di eventi inattesi, con lo scopo di ridurre al minimo i costi ed aumentare i ricavi. SYNCRO PRO consente di eseguire valutazioni ex post visualizzando le diverse lavorazioni future e passate.

- BIM Model Viewer è una soluzione openBIM di PlanRadar e consente il caricamento di file IFC esportati da Revit, ArchiCAD, AllPlan, Navisworks.

Si è rilevato che comunque, pur avendo interfacce differenti, tali software hanno similitudini nella sostanza e sono tutti orientati a migliorare il prodotto fornendo soluzioni atte alla creazione di uno spazio di lavoro privato per singolo team e a migliorare il controllo formale del flusso di lavoro

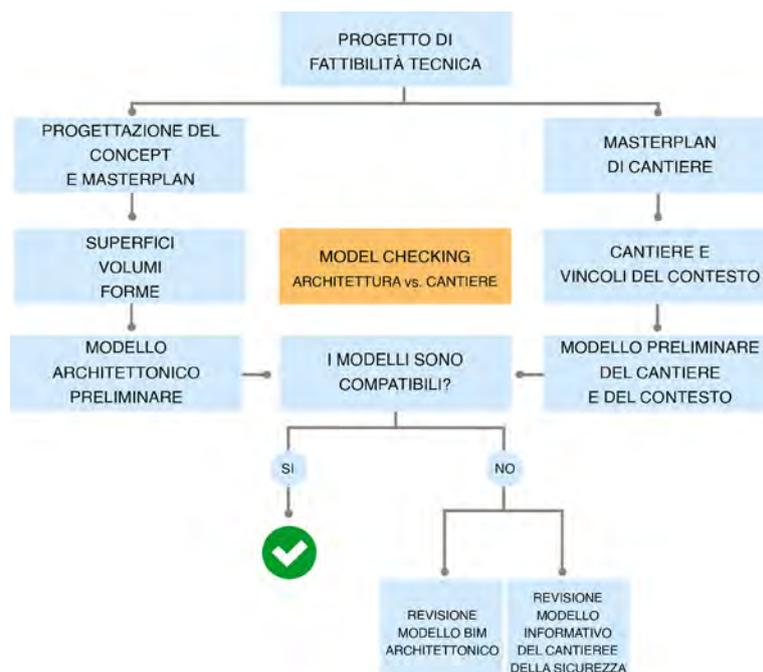


Fig.89 - Model checking nel progetto di fattibilità.

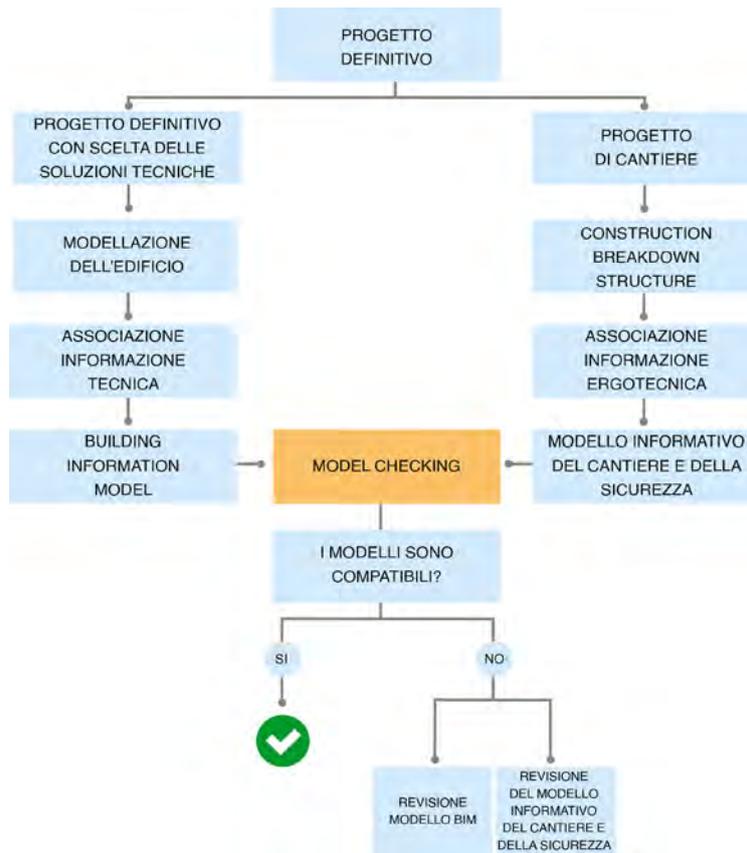


Fig.90 - Model checking nel progetto definitivo

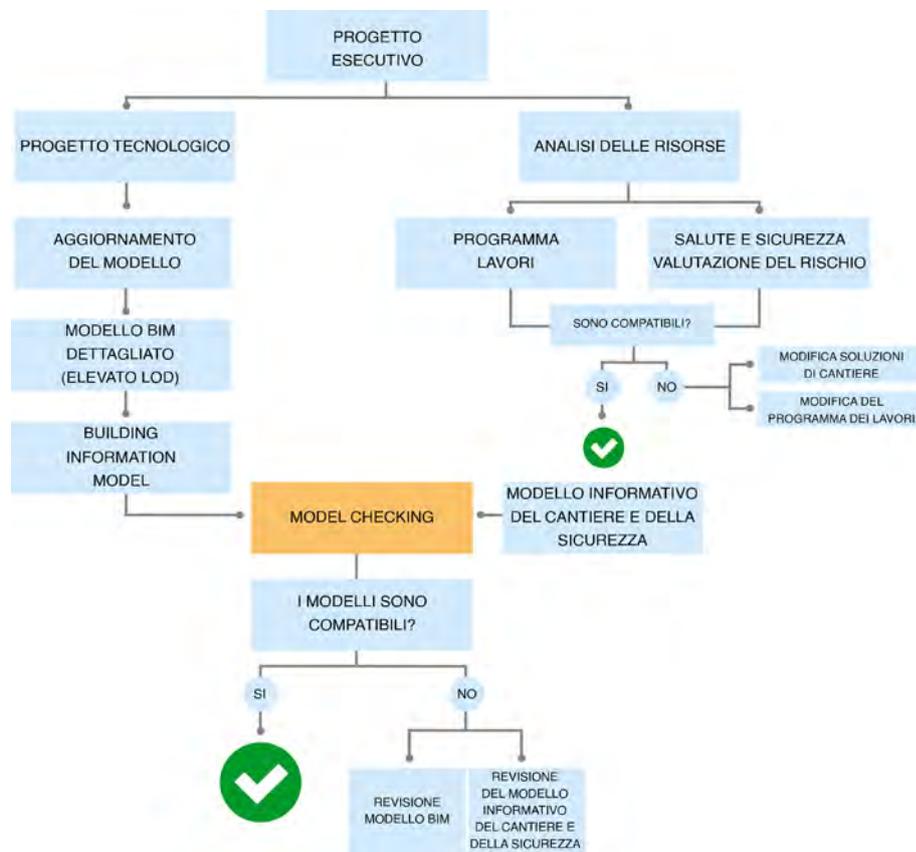


Fig.91 - Model checking nel progetto esecutivo.



Fig.92 - Prodotti Autodesk nel processo.

6.4. H-BIM e piano della sicurezza

È ormai chiaro come seguire un workflow BIM o H-BIM offra strumenti estremamente efficienti per la prevenzione dei rischi in cantiere, grazie anche alla possibilità di simulare scenari operativi della fase di costruzione e mettendo in luce le diverse ipotesi di intervento.

Come anticipato esistono infatti software specifici che sono in grado di rilevare le varie interferenze tra le fasi di lavorazione, le cosiddette clash detection, trovando le migliori soluzioni per gli ingombri dei vari macchinari e riproducendo le caratteristiche del sito o della costruzione esistente su cui verrà realizzata l'opera. Ulteriore potenzialità di questo processo, possibile grazie allo sviluppo dei suddetti software gestionali è la possibilità di gestione della documentazione.

I principali documenti necessari per la corretta esecuzione di una opera e per garantire la correttezza delle operazioni nei cantieri sono Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)⁵⁰ e Piano Operativo di Sicurezza (POS)⁵¹. Con un'unica piattaforma è quindi possibile garantire anche la coordinazione di tutti gli aspetti procedurali connessi all'esecuzione dell'opera. Quando si tratta un cantiere edile non si può prescindere dalla normativa vigente sulla sicurezza

dei lavoratori, ed in particolare dal Testo unico sulla sicurezza 81/2008.

Tale norma definisce due figure fondamentali all'interno del processo dei lavori: il coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione (CSP)⁵² e il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione (CSE)⁵³.

Il principale problema di queste figure, qualora fossero distinte dal ruolo stesso del progettista, è la difficoltà di riuscire ad avere una visione completa dell'opera già nella fase di progettazione, cosa che invece costituirebbe un sicuro supporto per la pianificazione della sicurezza in cantiere.

Sfruttare un metodo collaborativo e interdisciplinare come quello BIM e H-BIM diventa quindi fondamentale anche per queste figure, in quanto riuscirebbero a pianificare le diverse lavorazioni nella maniera più conveniente sia in termini di sicurezza sia in termini di costi.

Grazie al workflow BIM e H-BIM i coordinatori per la sicurezza hanno un controllo sul progetto e sullo stato di avanzamento lavori. Con questi dati poi si potrebbe predisporre una verifica puntuale delle attività esecutive di cantiere per controllare lo stato di avanzamento lavori e per aggiornare coerentemente il giornale dei

⁵⁰ Il piano di sicurezza e coordinamento (PSC), in Italia, è il documento che il coordinatore per la progettazione o esecuzione dell'opera, su incarico del committente, deve redigere prima che vengano iniziate le attività lavorative in un cantiere edile, ai sensi dell'art.100 del Testo unico sulla sicurezza sul lavoro ed i cui contenuti minimi sono riportati nell'allegato XV del predetto Testo Unico

⁵¹ Il piano operativo di sicurezza (POS) è il documento che un datore di lavoro deve redigere prima di iniziare le attività operative in un cantiere esterno. Il POS rappresenta il dettaglio della valutazione dei rischi già prevista dall'art. 4 del D.Lgs. 626/94, ora abrogato e sostituito dal Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro approvato con decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modifiche, articoli 17 e 28, per le attività che si prevede di eseguire in un cantiere edile. Lo stesso deve essere sviluppato secondo i contenuti previsti nel Titolo IV - allegato XV.

⁵² Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione (CSP) è la figura preposta al coordinamento delle misure preventive e in dotazione all'opera, per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori incaricati di eseguire lavori successivi sull'opera stessa. È necessaria la nomina del CPS in tutti i cantieri in cui vi sia la presenza, anche non contemporanea, di più imprese o laddove siano presenti più di 200 uomini-giorno nei cantieri temporanei o mobili.

⁵³ Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione (CSE) è il soggetto incaricato, dal committente o dal responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti di cui all'articolo 92, che non può essere il datore di lavoro delle imprese esecutrici o un suo dipendente o il responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP) da lui designato. Egli agisce, dunque, durante la realizzazione dell'opera, quindi va distinto dal Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione (CSP), anche se i due ruoli possono comunque essere ricoperti anche dalla stessa persona.

lavori e verificare il rispetto del cronoprogramm ⁵⁴.

I potenziali rischi individuati possono essere analizzati separatamente per poi pianificare i flussi di lavoro, così da garantire che ogni lavoratore possa prepararsi adeguatamente per l'attività che dovrà svolgere.

Oltre a semplificare l'adempimento previsto dalle varie normative in materia di prevenzione di incidenti sul lavoro, il modello BIM del cantiere permette con specifici strumenti di simulare situazioni di emergenza in modo da valutare, per esempio, il funzionamento delle vie di fuga in caso di evacuazione delle maestranze.

Il modello BIM può quindi rappresentare in maniera puntuale la realtà del cantiere e può ricreare esattamente la natura del territorio in cui il cantiere si insedia ed i suoi scenari, tenendo conto delle criticità fisiche presenti, quindi di definire le opportune scelte progettuali anche in materia di sicurezza.

Il Coordinatore della sicurezza, per il corretto espletamento delle sue mansioni, si potrebbe trovare a svolgere compiti sia in uffici sia direttamente in cantiere e potrebbe avere l'esigenza di modificare la documentazione in tempo reale, aggiornare i piani di sicurezza, modificare il Gantt⁵⁵, aggiornare il registro di cantiere, eseguire variazioni all'elenco delle imprese, eseguire variazioni alle lavorazioni e annotare nuovi rischi. Avere uno strumento che consenta di svolgere tutte queste operazioni, anche direttamente in cantiere, potrebbe diventare una pratica comune ed indispensabile. Il workflow BIM e H-BIM può consentire anche questo, in quanto, basandosi su piattaforme cloud condivise, consente di lavorare in tutta sicurezza su un unico documento condiviso, consultabile da pc o dispositivo mobile, quindi accessibile e aggiornabile da qualsiasi luogo e in qualsiasi momento della giornata. È possibile eseguire queste procedure attraverso i software sopra citati.

La gestione della sicurezza deve quindi esser

caratterizzata da flessibilità e possibilità di aggiornamento nel tempo di progetti e documentazione per poter rispondere alle esigenze delle risorse coinvolte, quindi garantire la sicurezza e la tutela della salute dei lavoratori.

Facendo riferimento alla situazione pandemica 2020, con l'emergenza Covid-19 e a seguito dei vari decreti ministeriali susseguiti in materia di contenimento del rischio biologico è ancora più evidente la necessità di poter testare digitalmente il corretto funzionamento organizzativo e di conseguenza aggiornare in itinere la pianificazione sulla sicurezza

6.5. Digitalizzazione del collaudo

Altro aspetto, di non trascurabile importanza, è quello connesso alla fase di collaudo dell'opera che, grazie all'introduzione del modello BIM e H-BIM, snellisce la sua procedura.

È inoltre utile sottolineare che il collaudo, citato nelle UNI 11337-4, fa parte del nuovo processo di digitalizzazione nella fase di produzione.

Il termine di collaudo, nato dall'unione dei termini latini "cum" - insieme e "laudare" - lodare, ed è l'espressione usata per "giudicare un'opera regolarmente eseguita". Quando parliamo di collaudo, dobbiamo fare una distinzione tra:

- collaudo specialistico - funzionale, inteso quale attività di accertamento tecnico specialistico per la verifica della sicurezza ad esempio delle strutture, da cui dipende il rilascio della licenza di uso delle costruzioni. Il collaudo statico⁵⁶ è obbligatorio sia per opere pubbliche sia private laddove si costruisca o si vada ad intervenire in maniera non locale, su elementi strutturali, ma anche su elementi impiantistici elettrici e meccanici, ai sensi della vigente normativa tecnica.

⁵⁴ Il cronoprogramma è un documento per le fasi di sviluppo del progetto esecutivo del cantiere, il cui significato e contenuti sono indicati dall'Art. 40 del DPR 207/2010 che lo definisce come: "il diagramma che rappresenta graficamente la pianificazione delle lavorazioni gestibili autonomamente, nei suoi principali aspetti dal punto di vista della sequenza logica, dei tempi e dei costi".

⁵⁵ Il diagramma di Gantt è uno strumento di gestione dei progetti ed è usato principalmente nelle attività di project management, è costruito partendo da un asse orizzontale, a rappresentazione dell'arco temporale totale del progetto, suddiviso in fasi incrementali e da un asse verticale, a rappresentazione delle mansioni o attività che costituiscono il progetto. Delle barre orizzontali di lunghezza variabile rappresentano le sequenze, la durata e l'arco temporale di ogni singola attività del progetto (l'insieme di tutte le attività del progetto ne costituisce la work breakdown structure).

⁵⁶ Per quanto riguarda l'Italia l'obbligatorietà del collaudo statico nelle costruzioni risale agli inizi degli anni '40 del secolo scorso con il R.D. del 16 novembre 1939 n. 2229, che per la prima volta normava l'esecuzione di opere in conglomerato cementizio semplice ed armato, pubbliche e private, la cui stabilità potesse comunque interessare l'incolumità delle persone, disciplinava la progettazione, la direzione lavori ed il collaudo delle opere.

- collaudo tecnico-amministrativo⁵⁷, è l'atto che certifica la rispondenza dell'opera eseguita agli

⁵⁷ Il Collaudo Tecnico Amministrativo dell'esecuzione di Lavori Pubblici rappresenta una fase molto importante della costruzione di un'opera, in quanto attesta che questa per dimensioni, forma, qualità e quantità e dei materiali utilizzati, è conforme ed in linea al contratto d'appalto stipulato tra la stazione appaltante e l'impresa aggiudicataria. Esso consiste nell'attività tecnico-amministrativa che ha lo scopo di verificare se i lavori siano stati svolti in conformità alla regola dell'arte e al contratto, in modo tale da pagare l'ultima rata a saldo dei lavori e svincolare le garanzie. Il certificato di collaudo è il documento che dà certezza, su un piano amministrativo, della conformità sopra descritta e costituisce atto conclusivo del collaudo. Ovvero attraverso il collaudo, viene certificata la rispondenza dell'opera eseguita agli elaborati contrattuali attestando la piena qualità dell'opera sotto ogni profilo tecnico-economico, funzionale e prestazionale. Il Collaudo Tecnico Amministrativo è un atto significativamente importante per il Committente. Per altro la positività dell'atto di collaudo è fondamentale anche per l'Appaltatore in quanto tramite l'atto viene liberato, salvo residue interpretazioni del contratto facenti parte della fase di lite, da ogni responsabilità presente relativamente ai lavori eseguiti. La verifica delle opere oggetto di contratto di appalto, sia in corso di esecuzione sia al loro compimento, è tutelata anche dal Codice Civile (dall'art. 1662 al 1666). Infatti il collaudo tecnico amministrativo è obbligatorio negli appalti pubblici, salve nei casi in cui può essere sostituito dal certificato di regolare esecuzione, e può esserlo anche nel settore privato se previsto dal contratto di appalto e/o dai suoi allegati.

Nell'ultimo caso, le modalità, se non descritte nel contratto, sono libere, salvo il rispetto degli obblighi di diligenza professionali. Oggi il collaudo tecnico-amministrativo per i lavori pubblici è regolato dal Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 Codice dei contratti pubblici aggiornato e coordinato con la legge 11 settembre 2020, n. 120 all'art. 102: "Per i contratti pubblici di lavori di importo superiore a 1 milione di euro e inferiore alla soglia di cui all'articolo 35 il certificato di collaudo, nei casi espressamente individuati dal decreto di cui al comma 8, può essere sostituito dal certificato di regolare esecuzione rilasciato per i lavori dal direttore dei lavori.

Per i lavori di importo pari o inferiore a 1 milione di euro e per forniture e servizi di importo inferiore alla soglia di cui all'articolo 35, è sempre facoltà della stazione appaltante sostituire il certificato di collaudo o il certificato di verifica di conformità con il certificato di regolare esecuzione rilasciato per i lavori dal direttore dei lavori e per forniture e servizi dal responsabile unico del procedimento.

Nei casi di cui al presente comma il certificato di regolare esecuzione è emesso non oltre tre mesi dalla data di ultimazione delle prestazioni oggetto del contratto."

Quando non è sostituito dal certificato di regolare esecuzione il collaudo di opere pubbliche può essere svolto a fine lavori o in corso d'opera, esso deve essere svolto obbligatoriamente in corso d'opera nei seguenti casi:

- 1) direzione lavori affidata esternamente alla S.A
- 2) appalto integrato;
- 3) intervento affidato in concessione
- 4) intervento affidato con dialogo competitivo o locazione finanziaria
- 5) intervento con alta componente impiantistica o tecnologica superiore al 50% del valore dell'appalto;
- 6) opere o lavori su beni culturali e ambientali (immobili vincolati dalle Sovrintendenze BB. CC. AA.);
- 7) opere comprendenti significative e non abituali lavorazioni non più ispezionabili;
- 8) opere di particolare complessità;
- 9) aggiudicazione con ribasso d'asta superiore alla soglia di anomalia.

elaborati contrattuali attestando la piena qualità dell'opera sotto ogni profilo tecnico-economico, funzionale e prestazionale. La fase di collaudo, soprattutto in riferimento alla sua importanza anche in corso d'opera, subirà sicuramente l'impatto di questa rivoluzione tecnologica. Mentre nel settore della progettazione vi sono stati avanzamenti nell'adozione di soluzioni innovative, oggi, sembra arrivato il momento di affrontare il cambiamento per il controllo della gestione. Il collaudatore grazie all'accesso completo, consistente e veloce a tutte le informazioni e grazie ai sistemi di clash detection (cfr. paragrafo 5.4), affronterà la fase di collaudo in maniera quasi del tutto automatica.

È necessario ricordare che, come è successo negli altri settori dell'industria 4.0, anche nel settore delle costruzioni 4.0 l'impatto dell'innovazione tecnologica porterà ad una ridefinizione dei ruoli, non una loro eliminazione.

Si può perciò affermare che anche i collaudatori continueranno ad essere figure chiave ed indispensabili all'interno del processo ma con nuove competenze digitali.

Si riporta l'esempio del software precedentemente citato, BIM 360 di Autodesk, all'interno di esso il flusso di lavoro di approvazione consente ai project manager di facilitare, controllare e automatizzare la distribuzione dei documenti ai membri del team.

I membri designati come progettisti possono quindi rivedere e commentare i documenti. I collaudatori designati possono infine procedere a un più agevole controllo per redigere con coerenza il certificato di collaudo finale

Dalle considerazioni fatte nel capitolo 6 in merito alle strategie H-BIM nell'esecuzione dei lavori emerge da un lato quale sia la complessità dei flussi di interconnessione tra i vari aspetti e dall'altra quanto sia preponderante e ancora più importante eseguire queste procedure in H-BIM in quanto non si può sottovalutare la mole di dati di partenza da valutare, stimare, interconnettere in questa fase esecutiva, sino al collaudo finale

CAPITOLO 7

7. LO STRUMENTO H-BIM NELLA MANUTENZIONE DELL'OPERA

7.1. Manutenzione dell'opera

Per manutenzione di un'opera si intende il complesso delle operazioni necessarie a conservare la conveniente funzionalità ed efficienza della stessa. La definizione proposta dalla norma tecnica UNI EN 13306, al punto 2.1, è la seguente: "combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o a riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta". I concetti di tempo, di qualità, e di mantenimento della qualità nel tempo, sono alla base dell'idea di manutenzione e sin da queste prime definizioni è facile capire come si inseriscano perfettamente all'interno di un processo H-BIM.

L'idea di tempo, infatti, è traducibile nel concetto di ciclo di vita dell'opera.

Quando parliamo di digitalizzazione della gestione della manutenzione di una opera, possiamo considerare i modelli "As built", "As operate" e "As is".

As built è il modello più completo comprendente tutte le informazioni e i componenti dell'opera conservandone la memoria storica, come svantaggio ha che è il più complesso da gestire in termini di mole di dati quindi di tempi e di costi; As operate, è quello di media complessità e gli oggetti non visibili non sono rappresentati ma è un modello implementabile; As is è il modello più semplice di rappresentazione grafic

contenente set di informazioni basiche, anch'esso implementabile e richiede processi brevi in termini di tempi e costi. Certamente il modello preferibile per l'HBIM è l'As built.

La possibilità di realizzare una gestione dinamica del patrimonio immobiliare attraverso modelli con le suddette caratteristiche costituisce uno dei campi del facility management (FM)⁵⁸.

La digitalizzazione del controllo sulla manutenzione degli edifici, per una nazione come l'Italia caratterizzata da un patrimonio immobiliare di inestimabile valore, questione di indiscutibile importanza.

Anche se le norme tecniche prevedono vite nominali delle opere a partire da 50 anni, è assodato che nella nostra cultura i fabbricati "vivano" ben più a lungo e che il ricorso alla demolizione e nuova costruzione

⁵⁸ Il facility management, come ufficialmente definito dalla norma europea EN 15221, è il processo organizzativo che controlla tutte le attività che non riguardano il core business di un'azienda, ovvero produttività d'ufficio, utility, sicurezza, telecomunicazioni, servizio mensa, manutenzioni, ecc. Nell'accezione oggi di uso più comune, per facility management si intende principalmente tutto ciò che afferisce alla gestione di edifici unitamente ai loro impianti e servizi connessi, quali, ad esempio, gli impianti elettrici e termoidraulici, gli impianti di illuminazione, di condizionamento, ma anche i servizi di pulizia, ristorazione aziendale, portineria, giardinaggio, flotta aziendale, vigilanza, ecc.

non è operazione consueta.

Negli ultimi anni vi è stata una svolta sulla sensibilizzazione degli addetti ai lavori e agli utenti in genere sulla necessità di prevedere piani di manutenzione delle opere.

Tutte le normative di recente pubblicazione infatti hanno introdotto i concetti di durabilità, manutenzione e sicurezza delle opere attraverso l'obbligo della redazione di piani di manutenzione che, ai sensi del regolamento di attuazione del codice dei contratti pubblici (D.lgs. 207/2010), sono costituiti da tre documenti operativi:

- manuale d'uso;
- manuale di manutenzione;
- programma di manutenzione.

L'obbligo della redazione del Piano di manutenzione si riscontra nella normativa nazionale non solo per le opere pubbliche (cfr. codice degli appalti D.Lgs 50/2016), e successive integrazioni e modificazioni Titolo III, Art. 23, comma 8), ma anche per le parti strutturali dell'opera ai sensi delle Norme Tecniche delle costruzioni NTC 2018.

Per quanto attiene la sicurezza delle attività manutentive, il testo unico 81/2008 in materia di sicurezza e salute sul lavoro prevede la stesura del fascicolo tecnico dell'opera (Decreto Legislativo 81/08, Art. 91 e Allegato XVI, 2008) per tutte le opere edili pubbliche e private sottoposte al titolo IV del decreto. Già oggi molte software house si sono attivate implementando i software H-BIM con plug-in ed estensioni atte all'elaborazione dei piani di manutenzione.

Considerando la grande mole di dati inclusi nei modelli, è necessario discretizzarli e suddividerli accuratamente al fine di garantirne la possibilità di aggiornamento manutentivo delle differenti parti che costituiscono l'edificio (fig.93

Utilizzando un modello unificato è possibile disporre di indicatori chiave sulle prestazioni, sia per quanto concerne gli aspetti quantitativi sia per quelli qualitativi

nella salvaguardia della sicurezza delle persone delle cose e dell'ambiente.

Ad oggi i software a servizio della fase manutentiva in e H-BIM sono differenti e variegati, a seguito ne vengono citati alcuni:

- ManTus BIM di ACCA Software, software dedicato alla programmazione delle attività di manutenzione prima che l'opera stessa sia realizzata, definisce in tempo reale gli impegni manutentivi delle diverse ipotesi progettuali e verifica il rispetto dei livelli prestazionali ambientali dichiarati in fase di gara e inseriti tra le specifiche tecniche e le clausole contrattuali dell'appalto dell'opera pubblica. Il software offre la possibilità di interazione con file IFC di modelli virtuali 3D dei principali software di BIM authoring (Revit, ArchiCAD, Allplan, Tekla, VectorWorks).

- Infocad.FM è un software di Enterprise Asset, Facility & Energy Management progettato per la gestione tecnica dei patrimoni immobiliari, infrastrutturali ed impiantistici. Consente di censire, analizzare e riorganizzare il progetto al fine di conservarne l'efficienza e la sicurezza nel tempo ed adattarle al mutare delle esigenze.

- OpenMAINT è l'applicazione per la gestione di immobili, impianti e device tecnici, arredi, ecc. e delle relative attività manutentive programmate. Questa applicazione aiuta a conoscere, organizzare e mantenere aggiornati i dati relativi al patrimonio immobiliare, a supporto dell'attività decisionale ed operativa dell'ente gestore. OpenMAINT è un prodotto CMMS (Computerized Maintenance Management System) che segue norme, in particolare la UNI 10951-Sistemi Informativi per la Gestione della Manutenzione dei Patrimoni Immobiliari.

- Mainsim Facility Management è il software CAFM (Computer Aided Facility Management) e CMMS per la gestione di asset e facilities.

È un software per la gestione di tutte le figure che prendono parte al facility management: clienti, tecnici, fornitori e responsabili collaborano tutti sulla



Fig.93 - H-BIM e Facility Management.

e le relative previsioni di spesa.

Per essere efficace un modello manutentivo deve contenere le informazioni necessarie per valutare possibili azioni di ottimizzazione sulla gestione dello spazio, dell'energia, dei tempi, dei modi, dei materiali,

stessa piattaforma. Gestisce gli asset, l'inventario, le scadenze e tutte le operazioni di manutenzione.

- JOIN di Digicorp, questo software è in grado di produrre ordinativi di lavoro contenenti precisi riferimenti agli oggetti BIM presenti nel modello

digitale, utilizzare i parametri BIM per definire “regole” classificabili per tipologia di intervento manutentivo che possono essere riapplicate per derivare nuovi ordinativi di lavoro, gestire il modello BIM, elaborare costi e produrre documenti utili a contrattualizzare le specifiche tecniche ed economiche di lavori da commissionare alle ditte che effettuano le manutenzioni.

7.2. Sostenibilità dell’opera dal progetto alla demolizione

Altra tematica di fondamentale importanza è quella connessa alla cosiddetta sostenibilità dell’opera. In effetti, la sostenibilità dell’opera nel caso di edifici esistenti e, a maggior ragione, quando si è di fronte ad edifici di valenza storico artistica, si riferisce principalmente alle fasi manutentive e in minor misura a quelle di fine vita. Nel caso in cui i fabbricati non avessero tale valenza, è chiaro che anche la fase di fine vita acquista maggiore rilevanza in termini ambientali. Si è potuto rilevare che a differenza di quanto avviene per le apparecchiature e gli impianti meccanici ed elettrici, gli interventi manutentivi sulla restante parte della costruzione avvengono quando si manifesta un evento di degrado e non seguendo le indicazioni del piano di manutenzione.

Pertanto, è auspicabile che il processo H-BIM possa avvalersi di automatismi di “allert” che segnalino alla committenza o ai tecnici incaricati le necessarie operazioni di manutenzione nel corso di ciclo di vita dell’opera.

In tal modo vi sarebbe una continuità di azione sul fabbricato tale da conservare e migliorare i suoi aspetti prestazionali nel tempo evitando un decadimento che comporterebbe alti oneri negli interventi, sia in termini economici sia in termini ambientali.

E’ chiaro che qualsiasi opera, con il passare del tempo, nonostante le manutenzioni, le innovazioni e tutti gli accorgimenti tali da renderla coerente con i tempi, potrà, risultare inadeguata agli aspetti prestazionali che si richiedono nel tempo, ad esempio l’inadeguatezza sismica, inadeguatezza impiantistica, inadeguatezza tecnologica.

Per tali ragioni, potrebbe risultare necessario prevedere e analizzare gli scenari di “fine vita” e di “decostruzione” dell’opera, il cosiddetto Design for Deconstruction (DfD). Difficile se non impossibile, individuare in letteratura esempi di modelli H-BIM utilizzati per queste operazioni.

È necessario realizzare analisi soprattutto in riferimento alla produzione di rifiuti del cantiere, questo perchè l’evidenza mostra che le attività di demolizione e smaltimento nel settore delle costruzioni rappresentano oltre il 50% della produzione totale di

rifiuti (Construction and Demolition Waste - CDW) del settore edile.

Garantire un’adeguata gestione dei rifiuti al termine del ciclo di vita degli edifici è fondamentale, la necessità di ridurre i rifiuti a fine vita richiede quindi che la demolizione, come metodo tradizionale di smaltimento degli edifici, venga sostituita con la “decostruzione” dell’edificio

La decostruzione è uno scenario di fine vita di un edificio che favorisce il recupero di componenti edilizi allo scopo di ricollocare, riutilizzare, riciclare o rigenerare gli edifici

La progettazione per la decostruzione (DfD) non si occupa solo del recupero di componenti edilizie a fine vita, ma dei processi che rendono l’edificio facilmente “montabile” e “smontabile”.

Nonostante gli sforzi per mitigare la produzione di rifiuti da demolizione attraverso la decostruzione, l’Italia non ha ancora raggiunto i risultati minimi necessari. L’evidenza mostra che il DfD è ancora lontano dal raggiungere il suo potenziale di minimizzazione i rifiuti poiché meno dell’1% degli edifici esistenti è completamente smontabile.

L’utilizzo dell’H-BIM per la gestione della decostruzione comporterebbe un impatto elevato sulla riduzione di produzione di rifiuti e sulle prestazioni di fine vita degli edifici. Sicuramente gli elementi di conoscenza del fabbricato contenuti nel processo H-BIM consentono di individuare in maniera ottimale le migliori metodologie di smontaggio, demolizione e smaltimento dei materiali. Ciò è possibile grazie ai diversi software H-BIM presenti sul mercato per il calcolo delle interferenze.

È necessario identificare le funzionalità all’interno del workflow BIM, ed in particolare H-BIM per gli edifici storici, che potrebbero fornire meccanismi decisionali efficaci per i DfD sin dalle fasi di progettazione degli interventi di recupero, ristrutturazione, restauro.

La decostruzione è uno scenario di fine vita di un edificio che consente un recupero efficiente dei componenti dell’edificio ai fini del riutilizzo, riciclaggio o rigenerazione. Il riciclaggio e la rigenerazione dei componenti per l’edilizia è ormai pratica comune ma non sempre ottimizzata. Per questo i CAM (Criteri Ambientali Minimi negli appalti pubblici (di cui alla legge 28/12/2015 n. 221 in tema di green economy), in particolare per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici singoli o in gruppi prevede che almeno il 50% dei componenti edilizi deve essere riciclabile o riutilizzabile a fine vita

Il ciclo di vita di un edificio o di un prodotto è un concetto che nasce nell’ambito industriale manifatturiero. In generale il ciclo di vita è definito dalla norma internazionale ISO 14040 come “consecutive and interlinked stages of a product system, from raw material acquisition or generation from natural

resources to final disposal”

L'obiettivo da perseguire all'interno del ciclo edilizio è paragonabile a quello introdotto in Italia nel 1998 dal Decreto Bassanini (D.Lgs. n. 112 del 31 marzo 1998) in riferimento alle aree industriali ecologicamente attrezzate (APEA). Le APEA propongono il cosiddetto “approccio di cluster”, dal momento che sono caratterizzate dall'applicazione di principi riconducibili all'ecologia industriale o all'adozione di sistemi di gestione ambientale d'area. Le APEA mirano alla “chiusura dei cicli” di materia, acqua ed energia, alla messa in comune dei principali servizi ambientali (acqua, energia, rifiuti) ed a un'ottimizzazione dell'organizzazione delle attività che generano impatti sull'ambiente.

Questo concetto connesso alla “chiusura dei cicli” già noto da anni nel settore industriale, diventa sempre più importante traslato anche sul settore delle costruzioni. Infatti, il riutilizzo di componenti edilizie garantisce una condizione di ciclo chiuso del materiale in cui la richiesta di nuove risorse e la generazione di rifiuti (CDW) è minimizzata.

La figura 94 mostra come la decostruzione consente una condizione di ciclo chiuso del materiale alla fine del ciclo di vita degli edifici. Il ciclo chiuso del materiale elimina il modello lineare del movimento del materiale nella demolizione in un modello di economia circolare, incentrato sulla sostenibilità.

La strategia ideale per l'utilizzo di materiali da costruzione a ciclo chiuso e il recupero dei materiali richiede regole di base che sono identificabili nelle seguenti:

- l'edificio deve essere completamente decostruibile;
- l'edificio deve essere “smontabile”
- i materiali da costruzione devono essere riciclabili;
- la produzione e l'uso dei materiali devono essere non pericolosi per la salute umana;
- il materiale generato come risultato del processo di riciclaggio deve essere non pericoloso per la salute umana e per l'ambiente.

Il ruolo dell'H-BIM è quindi preponderante anche nello scenario End-of-Life cycle (EoL) per ridurre al minimo i rifiuti da costruzione e demolizione (CDW). In questo contesto il processo H-BIM appare tanto più valorizzato in quanto in grado di operare chirurgicamente in tutte le fasi e in tutti gli ambiti delle lavorazioni.

Come anticipato, l'EoL basato su processi H-BIM soffre della mancanza di un quadro globale di riferimento in quanto le attuali soluzioni attuate nei cantieri si basano su politiche locali di gestione dei rifiuti e sulla selezione di criteri di sostenibilità specifici

L'esecuzione di uno scenario EoL sostenibile e circolare richiede l'elaborazione di modelli digitali realizzati attraverso dati affidabili e privi di error Chong, Lee e Wang (2016) nel loro studio intitolato “A mixed review of the adoption of building information modelling (BIM) for sustainability” hanno riscontrato una grave mancanza di standard e linee guida in merito alla trattazione del tema EoL e della decostruzione all'interno dei processi H-BIM.

Come anticipato, il progetto di decostruzione non è

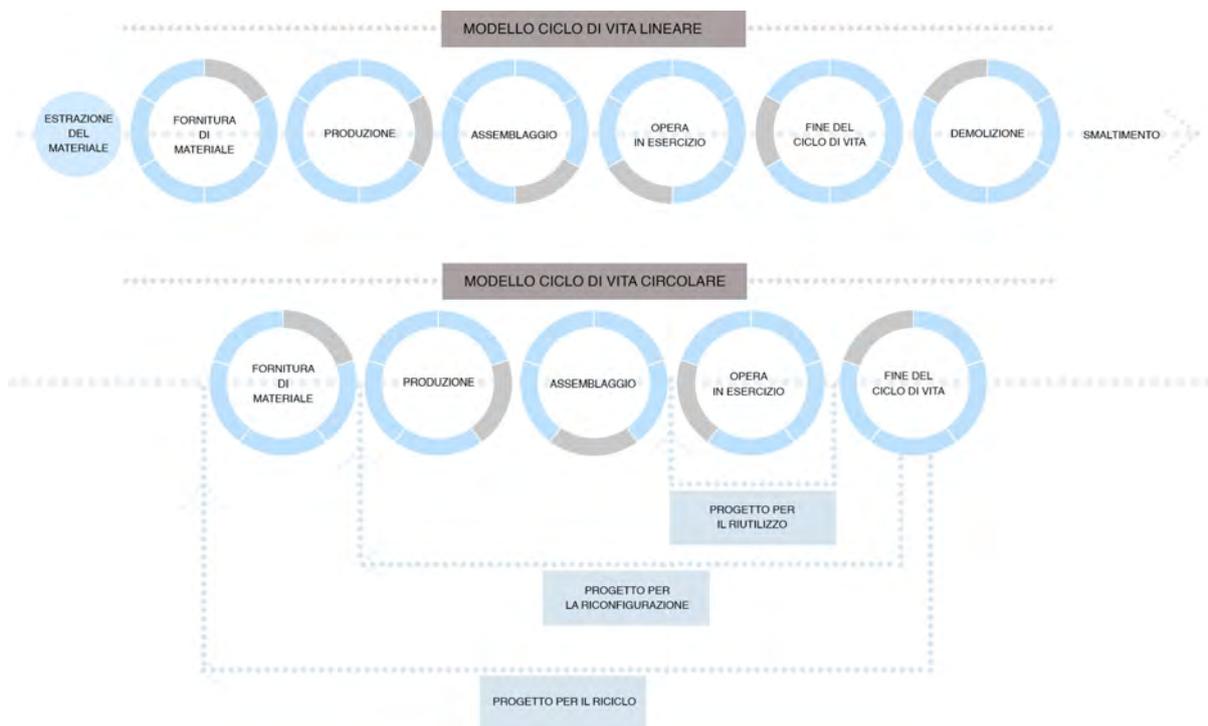


Fig.94 - Un confronto tra i modelli di fine ciclo di vita lineare e circolare nell'industria delle costruzioni.

un concetto completamente nuovo, la sua definizione moderna è associata alle ideologie di sostenibilità e circolarità, ovvero progettare un edificio sostenibile con elementi che possano essere reintrodotti sul mercato per un futuro riutilizzo.

L'attuale definizione di DfD basato su workflow H-BIM è una miscela di argomenti non del tutto maturi o comunque poco sviluppati, con pochi esempi pratici nella storia moderna della costruzione.

Per trovare la soluzione di decostruzione sostenibili vengono a seguito riportati alcuni approcci presenti pubblicati in articoli scientifici: Kim et al. (2017) nello studio intitolato "An estimation framework for building information modeling (BIM)-based demolition waste by type" hanno formulato un quadro di stima dei rifiuti da demolizione basato sul BIM che si concentra sui tipi di materiali da costruzione in ingresso, sulla base di essi sono stati identificati i tipi di rifiuti da demolizione in uscita; un altro studio di Alwan, Jones e Holgate (2017) intitolato "Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using building information modelling" ha proposto il Framework for Strategic Sustainable Development (FSSD) per valutare l'efficacia degli approcci bottom-up zero rifiuti e zero emissioni di carbonio; lo studio di Sanchez e Hass (2018) "A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings" ha introdotto una struttura basata su BIM per il riutilizzo adattivo degli edifici attraverso la pianificazione selettiva della sequenza di smontaggio, questo metodo impiega l'analisi basata su regole al fine di trovare un ordine di smontaggio ottimale ma pratico per le differenti parti di edifici al fine di ridurre al minimo gli impatti ambientali e le prestazioni dei costi di un edificio nella pubblicazione "From waste management to component management in the construction industry" viene mostrato come uno dei principali ostacoli alla decostruzione sia legato al fatto che i componenti di valore dell'edificio non vengono identificati in anticipo (Rose & Stegemann, 2018); un ulteriore studio di Bilal et al. (2016), intitolato "Analysis of critical features and evaluation of BIM software: Towards a plug-in for construction waste minimization using big data" ha esaminato cinque software BIM sul mercato (Autodesk Revit, Bentley MicroStation, Graphisoft ArchiCAD, Vectorworks e Digital Project) per valutare la loro capacità di supportare le pratiche di riduzione dei rifiuti da costruzione.

Hanno identificato varie caratteristiche che sono fondamentali per un software o plug-in di minimizzazione dei rifiuti conforme al BIM; Akinade et al. (2015) nella studio presettato in "Waste minimisation through deconstruction: A BIM based deconstructability assessment score (BIM-DAS)" hanno cercato di

colmare la lacuna dei software BIM in termini di analisi delle prestazioni dei rifiuti EoL, sviluppato un nuovo modello matematico, chiamato Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS), che è in grado di fornire un punteggio oggettivo per la valutazione delle strategie DfD e del grado di decostruibilità di un progetto di edificio. Il punteggio BIM-DAS può essere suddiviso in punteggio di decostruzione (relativo ai componenti dell'edificio) e punteggio di recupero (relativo ai materiali da costruzione); infine Volk et al. (2018) nella pubblicazione "Deconstruction project planning of existing buildings based on automated acquisition and reconstruction of building information" hanno sviluppato un prototipo innovativo chiamato "ResourceApp" che registra, immagazzina e ricostruisce gli interni di edifici esistenti, creando un inventario dei materiali. ResourceApp utilizza i risultati analizzati dei dati dei sensori per rilevare oggetti tramite ispezioni dettagliate. Quindi, i risultati vengono inviati agli strumenti H-BIM per la creazione di un gemello digitale.

È importante prestare attenzione al fatto che pochi studi hanno concentrato l'attenzione al formato di interscambio, ossia al già citato IFC. Volk, Stengel e Schultmann (2014) hanno evidenziato l'importanza del ruolo dell'IFC per la pianificazione della demolizione/decostruzione all'interno di un processo H-BIM. Gli esperti del settore, infatti, ritengono che lo schema aperto IFC non sia dotato di un'adeguata analisi dei rifiuti prodotti dalle costruzioni e dai processi di decostruzione. Non esistono classi IFC dedicate per DfD o decostruzione. È necessario prendere in considerazione il livello di sviluppo o il livello di dettaglio (LoD) appropriato. Liu et al. (2018) nella trattazione "BIM-based automated design and planning for boarding of light-frame residential buildings" affermano che individuare il giusto LoD nella fase di generazione di un modello H-BIM, garantirà anche una minore produzione di rifiuti in loco. Soust-Verdaguer, Llatas e García-Martínez (2017) nello studio intitolato "Critical review of bim-based LCA method to buildings" dichiarano che il LoD più appropriato per i progetti di decostruzione fosse il LoD 300, poiché rappresenta gli oggetti nelle loro dimensioni e dettagli effettivi necessari per dimostrare adeguatamente gli impatti ambientali. In realtà poiché la fabbricazione e l'assemblaggio e il modello As-Built richiedono una caratterizzazione a LoD 400 o LoD 500, si può pensare che, anche per la decostruzione, sia migliore un livello LoD più elevato. In conclusione, in base alla revisione, è necessario adottare un LoD di almeno 350 per avviare qualsiasi pianificazione EoL. Nonostante tutte queste pratiche considerazioni, l'attuale patrimonio edilizio su cui ingegneri e architetti italiani vanno ad operare non è del tutto idoneo alla decostruzione, in quanto non

edificato a tale scopo. Pertanto, anche se l'unica opzione praticabile fosse quella di decostruire il patrimonio edilizio esistente, non tutti i materiali o componenti sarebbero recuperati da questo "smontaggio" dell'edificio per essere riutilizzati. Esula dallo scopo di questa trattazione indagare le condizioni con cui gli elementi possono essere riutilizzati dopo la decostruzione, tuttavia, la mancanza di materiali esistenti decostruibili/riutilizzabili potrebbe scoraggiare ingegneri e architetti dall'integrare i componenti riutilizzabili nei loro progetti.

7.3. Nuova frontiera della manutenzione: i Digital Twin (DT)

La moderna industria delle costruzioni sta migrando dalla manutenzione reattiva a quella proattiva e predittiva per aumentare la disponibilità e l'efficienza operativa delle piattaforme, estenderne il ciclo di vita utile e ridurre i costi.

La modellazione digitale insieme all'analisi basata sui dati generano un nuovo paradigma chiamato "Digital Twin".

Digital Twin in realtà è una tecnologia emergente utilizzata in vari settori dei nostri tempi, è un costrutto digitale abilitato da una combinazione di flussi tecnologici come per esempio l'IoT (Internet of Things), il Cloud Computing, l'Edge Computing, il Fog Computing, l'intelligenza artificiale, la robotica, il machine learning e la Big Data Analytics.

Un Gemello Digitale apprende e si aggiorna in continuo tramite dati real-time provenienti da sensori sull'asset fisico per rappresentare le condizioni operative, ambientali e di lavoro in tempo reale. Si tratta dell'introduzione dei temi di Industria 4.0 nel settore delle costruzioni. Il concetto di Digital Twin è stato utilizzato per la prima volta nel 2001, da Michael Grieves.

Durante un corso di Product Lifecycle Management presso l'Università del Michigan, egli ha descritto il Digital Twin come la replica virtuale o digitale di una risorsa vivente o non vivente, sia essa un oggetto, un processo, una persona, un luogo, un sistema, un dispositivo o un'infrastruttura.

I Digital Twins possono essere utili per una vasta gamma di scopi e hanno trasformato i mezzi per lo sviluppo predittivo.

Nel settore delle costruzioni, in particolar modo, la replica virtuale del manufatto può diventare fondamentale proprio nel controllo "real-time" dei manufatti e nelle sue operazioni manutentive.

Si prevede che l'intelligenza artificiale (AI)⁵⁹ potrebbe aggiungere il 10% all'economia del Regno Unito entro il 2030 nel settore delle costruzioni. I progressi del BIM e H-BIM potrebbero contribuire a ridurre del 98% i tempi di aggiornamento dei database nelle fasi di operazioni e manutenzione (O&M).

Vari strumenti e sistemi sono stati implementati per migliorare la gestione O&M, come il Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), il Computer-Aided Facility Management (CAFM), il Building Automation Systems (BAS) e l'Integrated Workplace Management Systems (IWMS). CMMS in particolare è un sistema computerizzato per la gestione O&M, in grado di registrare ordini di lavoro giornalieri, richieste di assistenza, informazioni sulla manutenzione e generare uno storico del cantiere. Allo stato attuale, però, ancora non siamo in grado di individuare una piattaforma integrata in grado di gestire le informazioni distribuite in diversi database e supportare varie attività nelle fasi di manutenzione.

Lo sviluppo di una gestione delle risorse intelligente abilitata al BIM nelle fasi O&M ha un immenso potenziale per una migliore collaborazione tramite piattaforme intelligenti, efficienti, interoperabili e integrate

In particolare, in letteratura sono state rilevate alcune proposte di soluzioni integrate per la gestione degli asset in fase O&M adattando l'H-BIM come sistema di progettazione. Motawa e Almarshad (2013) hanno proposto un sistema BIM integrato con Case-Based Reasoning (CBR) per la manutenzione degli edifici per migliorare l'efficienza del processo decisionale e della comunicazione tra le diverse parti interessate mentre il team di restauro della Sydney Opera House ha progettato un repository di dati centrale unificato che integra diverse risorse per supportare un'efficace gestione O&M, ma nessuno di questi esempi si è rivelato completamente vincente. Infatti, quando si parla di manutenzione, è forte l'esigenza non solo di possedere un modello integrato contenente tutte le informazioni dell'opera (come previsto dal workflow e H-BIM) ma di conoscere un gemello digitale, quale rappresentazione digitale realistica e aggiornata in

⁵⁹ L'intelligenza artificiale è un concetto nato nel 1956, durante un seminario presso il Dartmouth College di Hanover nel New Hampshire dove tale disciplina venne fondata programmaticamente, a partire dalla raccolta dei contributi sviluppati in quegli anni. Una riconosciuta definizione di intelligenza artificiale è quella fornita da Marco Somalvico: "L'intelligenza artificiale è una disciplina appartenente all'informatica che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono la progettazione di sistemi hardware e sistemi di programmi software capaci di fornire all'elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana".

tempo reale delle risorse, dei processi e degli eventuali malfunzionamenti presenti nell'opera.

Dal punto di vista della ricchezza di informazioni e della capacità analitica, il concetto di DT è più ampio di quelli di BIM e H-BIM (fig.95)

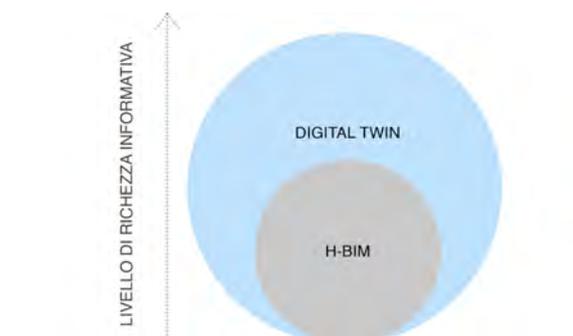


Fig.95 - Digital Twin come contenitore di H-BIM.

In questo senso, DT non è solo un modello dell'oggetto o del sistema fisico, che collega tra risorse digitali e fisiche, ma trasmette anche dati di monitoraggio diretto del sistema in tempo reale. Inoltre, i DT supportano anche funzioni di analisi, controllo e simulazione. Quando pensiamo alla manutenzione operata con Digital Twin pensiamo a risorse intelligenti che aumenteranno il controllo e la produttività in termini di efficienza dei servizi quotidiani. A seguito dei progressi tecnologici lo scambio di dati senza contatto (contactless data exchange), i sistemi di sensori distribuiti all'interno delle strutture e la comunicazione wireless diventeranno strumenti imprescindibili del processo manutentivo. Con il supporto di risorse intelligenti sarà sempre più facile fornire servizi di integrazione tra i diversi attori del processo. L'IoT, l'identificazione a radiofrequenza (Radio-frequency identification RFID), l'utilizzo di codici QR, l'utilizzo di sensori e le tecnologie di rete potranno supportare senza interruzioni la condivisione delle informazioni

sull'edificio. Questo livello di controllo dell'edifici potrà addirittura arrivare al coinvolgimento diretto del committente che attraverso applicazioni interattive e intelligenti sarà sempre aggiornato su scadenze inerenti la manutenzione di componenti interne all'edificio, controlli, revisioni o eventuali segnalazioni di mal funzionamento. Questa prospettiva non si limita alla gestione delle manutenzioni, ma anche al modello di uso dell'edificio, ed alle possibili esperienze di vita degli utenti, ciò si può definire come Building Enabled Lifestyle Management. Per meglio chiarire questo termine si può affermare che i modelli informativi configurati per la manutenzione e l'operatività degli immobili non sono più sufficienti se concepiti come modelli H-BIM, sia pure aggiornati continuamente. La nuova frontiera risiede nella frequente iterazione di simulazioni dell'edificio e delle sue parti e della necessità di definire edifici che supportino gli stili di vita dei fruitori (fig.96 e fig.97). Chiaramente il tema dell'intelligenza artificiale applicata agli edifici e quindi alla vita quotidiana delle persone è tutt'ora un tema dibattuto tra scienziati e filosofi poiché manifesta aspetti etici oltre che teorici o pratici.

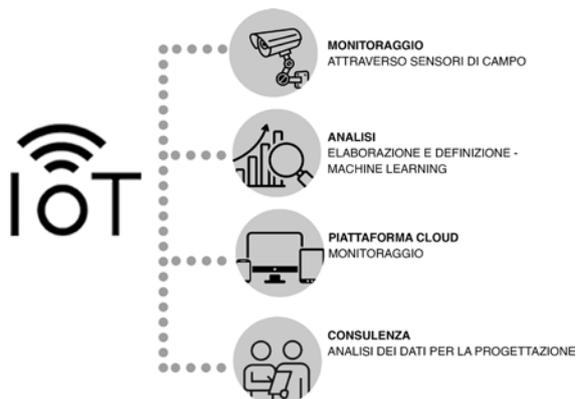


Fig.96 - Digital Twin: monitoraggio, analisi, cloud e consulenza.

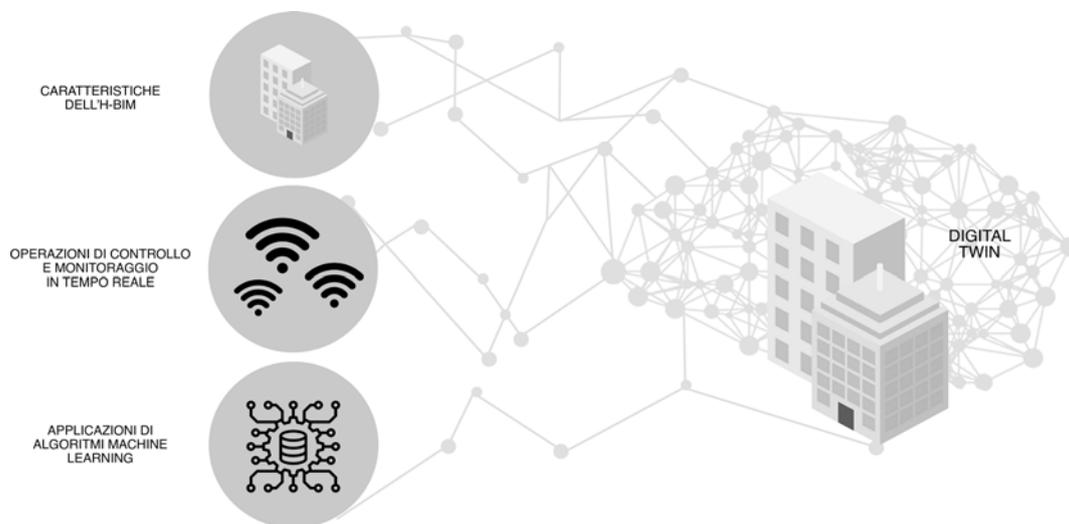


Fig.97 - Digital Twin come evoluzione H-BIM.

CAPITOLO 8

8. CONCLUSIONI

Il presente studio ha inteso indagare due primarie questioni: da un lato la riflessione è stata incentrata sulle modalità e le condizioni che orientano l'attuale status della ricerca e la relativa definizione dei protocolli informativi e normativi che guidano le possibilità applicative del BIM nel campo del patrimonio costruito; dall'altro la messa in luce dei principali fattori di criticità che vengono qui assunti come presupposto su cui fondare i futuri sviluppi in un'ottica aperta ad accogliere l'intero iter processuale: dalla conoscenza, al progetto, al cantiere, fino alla gestione dell'opera. Il percorso seguito dallo studio ha dunque preso avvio da una discretizzazione del processo, per poi proseguire con una analisi delle singole sequenze di lavoro attraverso una disamina delle loro, criticità e punti di forza, e teso ad evidenziare con rigore analitico i collegamenti tra i vari step, mediante un riscontro nell'applicazione reale in coerenza con quanto indicato nella normativa vigente.

Il punto di partenza che differenzia BIM e H-BIM risulta quello del rilievo dell'esistente attraverso l'utilizzo del processo Scan-to-BIM. Conseguentemente buona parte della letteratura scientifica, si focalizza sul processo di segmentazione della nuvola di punti per la generazione di oggetti parametrici. Tale aspetto, anche se di indiscussa valenza, appare al contempo alquanto limitativo rispetto alle istanze poste, essendo

solo espressione di una modalità di natura geometrica relativa alla modellazione.

La modellazione geometrica deve essere invece considerata come una chiave di accesso di una metodica complessa che contempla una molteplicità di contenuti informativi che caratterizzano e differenziano l'H-BIM dai tradizionali strumenti di rappresentazione tridimensionale.

In particolare, di specifico interesse è il facility management dell'opera, ossia il paradigma digitale applicato al mondo delle costruzioni rappresentato dal metodo temporale scandito dalle fasi di appalto, cantierizzazione, esecuzione dei lavori, manutenzione e decostruzione dell'opera.

Ciò induce ad alzare lo sguardo verso una complessità di sistema entro cui il BIM, nelle sue diverse interpretazioni operative, è lo strumento su cui poter veicolare i flussi informativi che attraversano l'intero spettro delle componenti specialistiche e condurli all'interno di un dominio di condivisione che garantisca l'interoperabilità e la tracciabilità dell'intero processo. La complessità e la segmentazione delle fasi processuali sono infatti assunti dallo studio come i due presupposti su cui basare l'indagine sulle primarie potenzialità e criticità dell'Historic/Heritage Building Information Modelling che per semplicità vengono di seguito riassunte.

Potenzialità dell'H-BIM:

- Ottenimento di modelli integrati contenenti informazioni relative a tutti gli aspetti dell'edificio e degli interventi previsti;
- Tempistica di progetto ristretta;
- Controllo in tempo reale del processo;
- Interoperabilità, promozione del lavoro in teamworking ossia operatività contemporanea di più progettisti sullo stesso modello/progetto (fig.95)

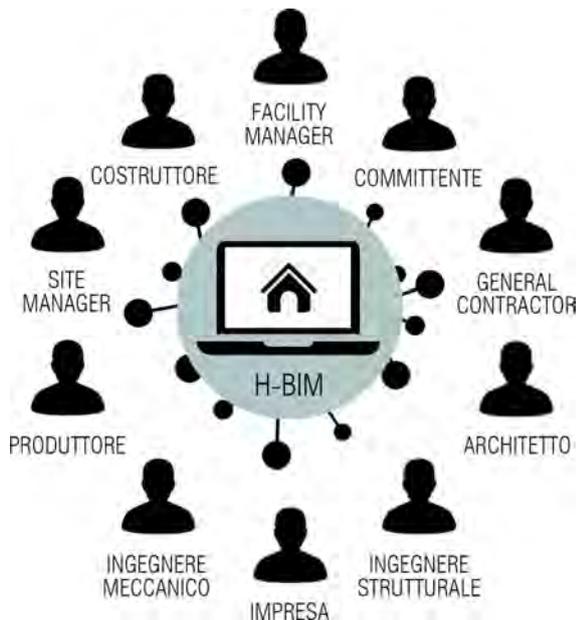


Fig.98 - Interoperabilità e teamworking.

- Interdisciplinarietà, possibilità di avere modelli che descrivono in modo completo ed esaustivo tutti gli aspetti del progetto;
- Migliore qualità del progetto;
- Costi complessivi ridotti;
- Migliore pianificazione e progettazione: l'H-BIM consente un controllo sulla progettazione a 360 gradi e sull'intero ciclo di vita dell'opera;
- Maggiore semplicità del flusso di lavoro in caso di predisposizione di variante, il modello è condiviso, quindi gli utenti possono apportare modifiche al modello. Le varianti possono essere applicabili in un lasso temporale predefinito o anche in tempo reale. Ciò consente a tutti di lavorare con informazioni, disegni, modelli, file aggiornati, stabilendo un flusso di lavoro collaborativo
- Maggior facilità nella lettura del progetto e delle potenziali criticità connesse in fase di cantierizzazione, costruzione e manutenzione dell'opera. Consente quindi una correzione anticipata delle problematiche e un più efficace rilevamento delle interferenze sul modello digitale;
- Possibilità di mostrare l'esatta replica del progetto anche ai non esperti del settore, attraverso

la creazione di modelli visitabili;

- Snellimento della fase di collaudo che potrebbe diventare completamente automatizzata grazie all'inserimento di parametri di controllo
- Possibilità di controllo delle operazioni di decostruzione dell'opera e conseguente minor impatto sull'ambiente.

Criticità dell'H-BIM:

- La necessità di dotarsi di software di modellazione e attrezzature digitali sempre più avanzate richiedendo un costo iniziale maggiore;
- La necessaria formazione del personale al fine di generare teamworking caratterizzati da professionisti altamente specializzati con competenze digitali nuove nel mondo delle costruzioni;
- Maggiori complessità nel costruire modelli a partire dall'esistente in quanto i software BIM nascono per la progettazione del nuovo, per tale ragione nel processo H-BIM la costruzione del modello richiederà un impegno superiore di modellazione di tutti quei componenti non riconducibili a database o archivi predefiniti
- Maggiori costi delle attrezzature di rilievo digitale, in quanto il processo H-BIM è spesso caratterizzato da una fase preliminare di indagine. Questi rilievi molto spesso sono riconducibili a rilievi fotogrammetrici, laser scanner o con drone e indagini diagnostiche;
- La traduzione della nuvola di punti in oggetti parametrici, il processo Scan-to-BIM comporta una segmentazione della nuvola secondo criteri che non sono ancora del tutto strutturati e definiti
- Difficoltà di reperire una ontologia codificata a cui il professionista possa far riferimento nella fase di modellazione, in particolare nella realtà italiana caratterizzata da un patrimonio edilizio così vasto e differenziato
- Necessità di costruzione di un numero di famiglie molto elevato legato alla morfologia e alla stratigrafia caratteristica di ogni elemento costruito, con conseguente aumento della difficoltà di modellazione e aumento di dati da gestire;
- Difficile intuizione del corretto processo digitale di decostruzione a causa della natura dell'opera i cui criteri costruttivi non erano finalizzati al recupero e riutilizzo del materiale;
- La presenza di rischi connessi alla divulgazione di documentazione privata. Il tema della privacy e della cybersecurity sono ancora punti critici nel processo di digitalizzazione.
- Difficile sovrapposizione del workflow H-BIM rispetto alla normativa attuale italiana.

La dimensione delle problematiche sopra citate, correlate però alle evidenti potenzialità offerte

dall'innovazione tecnologica in questo campo, possono essere dunque considerati come il presupposto per orientare la ricerca del prossimo futuro, a partire dalla necessità di studiare algoritmi sempre più sofisticati per l'automatizzazione della traduzione in oggetto parametrico, allo studio di sistemi di condivisione dei dati più snelli e immediati fino all'analisi approfondita di sistemi predittivi per la decostruzione.

Al contempo si crede che la frontiera per il raggiungimento di una ottimizzazione completa del processo H-BIM sia connesso a due aspetti. Il primo riguarda la possibilità di "entrare in simbiosi" con l'edificio, sia nella possibilità di avere un controllo real-time di tutte le componenti che lo costituiscono sia nel controllo diretto di tutte le attività svolte al suo interno. Le opere di restauro, risanamento e miglioramento di una opera esistente sono da un lato rivolte a garantire le qualità tecniche e tecnologiche dello stesso che si erano perse o deteriorate, ma devono anche mirare a rendere gli edifici più confortevoli, sicuri e funzionali per gli abitanti.

Questa possibilità di integrazione tra edificio e tutte le componenti architettoniche, materiche, strutturali, temporali e umane sono incarnate nell'emergente concetto di Digital Twin che nel settore delle costruzioni è ancora in fase embrionale.

L'adozione del Building Information Modelling e dell'openBIM nel settore del patrimonio costruito si dovrà quindi interfacciare con altre considerazioni quali la crescita della popolazione, l'urbanizzazione e il cambiamento climatico che stanno aumentando le pressioni per un miglioramento della produttività e della qualità. In particolare, la pandemia che ha colpito il 2020, ha sollevato ulteriori interrogativi su come

le imprese e le economie mondiali colpite possano continuare a fornire risultati efficienti non ultimo il fenomeno del lavoro in remoto (smart working).

La missione dei Digital Twin per il futuro deve perseguire l'obiettivo di coltivare un ambiente per lo sviluppo reciproco di standard e "best practices" offrendo i migliori risultati per la società che dovrà avere la possibilità di visioni olistiche sul patrimonio costruito. Il secondo aspetto riguarda invece l'alfabetizzazione in materia di digitalizzazione.

Finora si è parlato di progetti, realizzabili attraverso un processo di interconnessione delle differenti figure coinvolte. Uno dei punti chiave del processo sta proprio nel coinvolgimento delle molteplici figure specialistiche che collaborano utilizzando standard comuni.

Questo rinnovamento dell'alfabetizzazione digitale in materia di H-BIM potrebbe essere presentato in tre fasi complementari:

1. H-BIM-aware – quindi garantire che gli studenti e professionisti interessati all'apprendimento siano consapevoli della rivoluzione H-BIM e dei cambiamenti che sta apportando nel settore delle costruzioni;
2. H-BIM-focused – ossia incentrare lo studio della materia a veri e propri programmi educativi dedicati;
3. H-BIM-enable – ossia garantire un apprendimento che attraverso piattaforme di condivisione possa diventare interattivo e continuamente aggiornato.

La digitalizzazione del settore delle costruzioni è un argomento di interesse nell'istruzione in tutto il mondo, per tale ragione è importante costruire programmi di apprendimento che siano "open" e che quindi forniscano da un lato i capisaldi dell'H-BIM e dall'altro consentano a studenti e professionisti di applicare i processi rispettando le normative di riferimento.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Akinade, O.O., Oyedele, L.O., Bilal, M., Ajayi, S.O., Owolabi, H.A., Alaka, H.A., Bello, S.A. (2015). Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resources, Conservation & Recycling*, 105, 167-176.
2. Alwan, Z., Jones, P., Holgate, P. (2016). Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the Framework for Strategic Sustainable Development, using Building Information Modelling. *Journal of Cleaner Production*, 140, 349-358.
3. Arayici, Y. (2008). Towards building information modelling for existing structures. *Structural Survey*, 26, 210-220.
4. Bergin, M. (2011). NVivo 8 and consistency in data analysis: reflecting on the use of a qualitative data analysis program. *Nurse Res*, 18(3), 6-12.
5. Bilal, M., Oyedele, L., Qadir, J., Munir, K., Akinadé, O., Ajayi, S., Alaka, H., Owolabi, H. (2016). Analysis of critical features and evaluation of BIM software: towards a plug-in for construction waste minimization using big data. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 6, 1-18.
6. Brusaporci, S., Trizio, I., Ruggieri, G., Maiezza, P., Tata, A., Giannangeli, A. (2018). AHBIM per l'analisi stratigrafica dell'architettura storica. *Restauro archeologico*, 27, 112-131.
7. Charef, R., Alaka, H., Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 19, 242-257.
8. Chartered Institute of Building (2018). *Construction Manager BIM Survey*.
9. Chong, H., Lee, C., Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4114-4126.
10. De Luca, L., Busayarat, C., Stefani, C., VéRon, P., Florenzano, M. (2011). A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage, *Computers & Graphics*, 35 (2), 227-241.
11. Donato, L., Mariconda, M., Mirrione, M. (2020). La digitalizzazione possibile degli appalti pubblici. L'analisi della Banca d'Italia per l'Anac sulle prospettive dell'e-procurement. *Astrid rassegna*, 8, 1-31.
12. Dossick, C.S., Neff, G. (2011). Messy Talk and Clean Technology: Communication, Problem Solving and Collaboration Using Building Information Modeling. *The Engineering Project Organization Journal*, 1(3), 83-93.
13. Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G. (1974). *An outline of the building description system: research report Architectural Drafting*.
14. Eastman, C. (1976). General purpose building description systems. *Computer-Aided Design*, 8 (1), 17-26.
15. Eastman, C., Henrion, M. (1977). GLIDE a language for design information systems. *Computer Graphics*, 11, 24-33.
16. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston K. (2011). *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Hoboken Hoboken, New Jersey (USA): John Wiley & Sons.
17. Edirisinghe, R., London, K. (2015). Comparative analysis of international and national level BIM standardization efforts and BIM adoption. In Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference, 26-29 October 2015, Eindhoven, Netherlands, 149-158.

18. Engelbart, D. C. (1962). *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework - Summary Report*.
19. Ewart, I. Zuecco, V. (2019). Heritage Building Information Modelling (HBIM): a review of published case studies. In Proceedings of the 35th CIB W78 International Conference, 1-3 October 2018, Chicago, USA, 35-41.
20. Honic, M., Kovacic, I., Gilmudtinov, I., Wimmer, M. (2020). Scan to BIM for the semi-automated generation of a material passport for an existing building. In Proceedings of the 37th CIB W78 Information Technology for Construction Conference, 18-20 August 2020, São Paulo, Brazil, 338-346.
21. Jiménez Fernandez-Palacios, B. J., Remondino, F., Stefani, C., Lombardo, J., De Luca, L. (2013). Web visualization of complex reality-based 3D models with NUBES. *Digital Heritage*, 1, 701-704.
22. Jung, J., Hong, S., Jeong, S., Kim, S., Cho, H., Hong, S., Heo, J. (2014). Productive modeling for development of as-built BIM of existing indoor structures. *Automation in Construction*, 42, 68-77.
23. Kim, Y. C., Hong, W. H., Park, J. W., & Cha, G. W. (2017). An estimation framework for building information modeling (BIM)-based demolition waste by type. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 35(12), 1285-1295.
24. Klein, L., Li, N., Becerik Gerber, B. (2012). Image-based verification of as-built documentation of operational buildings. *Automation in Construction*, 21, 161-171.
25. Lee, S. H., Kim, B. G. (2011). IFC Extension for Road Structures and Digital Modeling. *Procedia Engineering*, 14, 1037-1042.
26. Lindner, C. (2005). Willa Cather, Daniel Libeskind, and the Creative Destruction of Manhattan. *The Journal of American Culture*, 28 (1), 117.
27. Liu, H., Singh, G., Lu, M., Bouferguene, A., & Al-Hussein, M. (2018). BIM-based automated design and planning for boarding of light-frame residential buildings. *Automation in Construction*, 89, 235-249.
28. López, F. J., Leronés, P. M., Llamas, J., Gomez-Garcia-Bermejo, J., Zalama, E. (2017). A Framework for Using Point Cloud Data of Heritage Buildings Toward Geometry Modeling in A BIM Context: A Case Study on Santa Maria La Real De Mave Church. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(7), 965-986.
29. López, F. J., Leronés, P. M., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., Zalama, E. (2018). A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interact*, 2(2):21, 1-29.
30. MacLeamy, P. (2020). *Designing a World-Class Architecture Firm: The People, Stories and Strategies Behind HOK*. Wiley Editor.
31. Matti, T., Pasi, M., Bhargav, D., Lauri, K. (2016). The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices. *Procedia Engineering*, 164, 567-574.
32. McAuley, B., Hore, A., West, R. (2017). *BICP Global BIM Study, Lesson for Ireland's BIM Programme*. Construction IT Alliance.
33. Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27(4), 311-327.
34. Mohamed, A. G., Abdallah, M. R., Marzouk M. (2020). BIM and semantic web-based maintenance information for existing buildings. *Automation in Construction*, 116, 1-20.
35. NBS Enterprises (2020). *BIM Report 2020, The definitive industry update 2020 - 10th Annual BIM report*.
36. Oreni, D., Brumana, R., Della Torre, S., Banfi, F., & Previtali, M. (2014). Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(5), 97-104.

37. Pamart, A., Morlet, F. De Luca, L. (2019). A fully automated incremental photogrammetric processing dedicated for collaborative remote-computing workflow . In ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2/W9, 6-8 February 2019, Bergamo, Italy, 565-571.
38. Pauwels, P., Verstraeten, R., De Meyer, R., Van Campenhout, J. (2008). Architectural Information Modelling for Virtual Heritage Application. In Digital Heritage - Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 20-25 October 2008, Limassol, Cyprus, 18-23.
39. Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P. (2018). BIM for heritage science: a review. *Heritage Science Art*, 30 (6), 21.
40. Potrč Obrecht, T., Röck, M., Hoxha, E., Passer, A. (2020). BIM and LCA Integration: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(14):5534, 1-19.
41. Quagliarini, E., Clini, P., Ripanti, M. (2017). Fast, low cost and safe methodology for the assessment of the state of conservation of historical buildings from 3D laserscanning: the case study of Santa Maria in Portonovo (Italy). *Journal of Cultural Heritage*, 24, 175-183.
42. Rose, C. M., Stegemann, J. A. (2018). From Waste Management to Component Management in the Construction Industry. *Sustainability*, 10(1):229, 1-22.
43. Sanchez, B., Haas, C. (2018). A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings, *Journal of Cleaner Production*, 183, 998-1010.
44. Santoni, A., Martin-Talaverano, R., Quattrini, R., Murillo, F., Jose, I. (2021). HBIM approach to implement the historical and constructive knowledge. The case of the Real Colegiata of San Isidoro (León, Spain). *Virtual Archaeology Review*, 12, 49-65.
45. Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., Garcia-Martinez, A. (2017). Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy Buildings*, 136, 110-120.
46. Sutherland, I. E. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system - Technical Report Number 574*.
47. Teruggi, S., Grilli, E., Russo, M., Fassi, F., Remondino, F. (2020). A Hierarchical Machine Learning Approach for Multi-Level and Multi-Resolution 3D Point Cloud Classification. *Remote Sensing*, 12(16):2598, 2-27.
48. Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings. Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
49. Volk, R., Luu, T. H., Mueller-Roemer, J. S., Sevilimis, N., Schultmann, F., (2018). Deconstruction project planning of existing buildings based on automated acquisition and reconstruction of building information. *Automation in Construction*, 91, 226-245.
50. Wang, C., Cho, Y. K., Kim, C. (2015). Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications. *Automation in Construction*, 56, 1-13.
51. Wong, A., Wong, F., Nadeem, A. (2011). Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 11, 61-76.
52. Yang, L., Cheng, J.C., Wang, Q. (2020). Semi-automated generation of parametric BIM for steel structures based on terrestrial laser scanning data, *Automation in Construction*, 112, 60-82.
53. Zheliazkova, M., Naboni, R., Paoletti, I. (2015). A parametric-assisted method for 3D generation of as-built BIM models for the built heritage. *WIT Transactions on The Built Environment*, 153, pp. 693-704.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Achille, C., Lombardini, N., Tommasi, C. (2015). BIM and cultural heritage: compatibility tests in an archaeological site. *WIT Transactions on The Built Environment*, 149, 593-604.
2. Angulo-Fornos, R., Castellano-Román, M. (2020). HBIM as Support of Preventive Conservation Actions in Heritage Architecture. Experience of the Renaissance Quadrant Façade of the Cathedral of Seville. *Applied Sciences*, 10(7):2428, 1-34.
3. Apollonio, F. I., Gaiani M., Sun, Z. (2017). A Reality Integrated BIM for Architectural Heritage Conservation. In *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*, Hershey, Pennsylvania (USA): IGI Global, 31-65.
4. Apollonio, I. F., Gaiani, M., Sun Z. (2012). BIM-based modeling and data enrichment of classical architectural buildings. *SCIRES-IT SCientific RESearch and Information echnology*, 2(2), 41-62.
5. Attenni, M. (2019). Informative Models for Architectural Heritage. *Heritage*, 2(3), 2067-2089.
6. Baglioni, L., Inglese, C. (2015). Il rilievo integrato come metodo di studio: il caso di San Bernardino ad Urbino. *Disegnare. Idee ed Immagini*, 51, 34-45.
7. Baik, A. (2017). From point cloud to jeddah heritage BIM nasif historical house-case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 4, 1-18.
8. Biagini, C., Capone, P., Donato, V., Facchini, N. (2016). Towards the BIM implementation for historical building restoration sites. *Automation in Construction*, 71, 74-86.
9. Bourke P. (2012). Automatic 3D reconstruction: An exploration of the state of the art. *GSTF Journal of Computing*, 2(3), 71-75.
10. Costa, G., Madrazo, L. (2015). Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for pre-cast concrete components. *Automation in Construction*, 57, 239-248.
11. Cuperschmid, A. R. M., Fabricio M.M., Franco J. C. (2019). HBIM Development of a Brazilian Modern Architecture Icon: Glass House by Lina Bo Bardi. *Heritage*, 2(3),1927-1940.
12. Ding, L.Y., Zhong, B.T., Wu, S., Luo, H.B. (2016). Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. *Safety Science*, 87, 202-213.
13. Felicetti, A., Lorenzini, M. (2011). Metadata and tools for integration and preservation of cultural heritage. 3D information. *Geoinformatics FCE CTU*, 6, 118-124.
14. Fregonese, L., Achille, C., Adami, A., Fassi, F., Spezzoni, A., Taffurelli, L. (2015). BIM: An integrated model for planned and preventive maintenance of architectural heritage. *Digital Heritage*, 2, 77-80.
15. Garagnani, S., Gaucci, A., Govi, E. (2016). Archaeobim: dallo scavo al Building Information Modeling di una struttura sepolta. Il caso del tempio tuscanico di Uni a Marzabotto. *Archeologia e Calcolatori*, 27, 251-270.
16. Hong, S., Jung, J., Kim, S., Cho, H., Lee, J. and Heo, J. (2015). Semi-automated approach to indoor mapping for 3D as-built building information modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 51, 34-46.
17. Karan, E.P., Irizarry, J. (2015). Extending BIM interoperability to preconstruction operations using geospatial analyses and semantic web services. *Automation in Construction*, 53, 1-12.

18. Lee, D.Y., Chi, H., Wang, J., Wang, X., Park, C.S. (2016). A linked data system framework for sharing construction defect information using ontologies and BIM environments. *Automation in Construction*, 68, 102-113.
19. Osello A., Dalmasso D., Del Giudice, M., Erba, D., Ugliotti, F.M., Patti, E., Davardoust, S. (2013). Information interoperability and interdisciplinarity: the BIM approach from SEEMPubS project to DIMMER project. *Territorio Italia*, 9-22.
20. Quattrini, R., Pierdicca, R., Morbidoni, C. (2017). Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high quality models using the semantic-web. *Journal of Cultural Heritage*, 28, 129-139.
21. Sari, R., Pekerigli, M. K. (2020). An investigation of comparison and evaluation of official BIM documents released in the USA, UK and Turkey. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 3(1), 67-84.
22. Santagati, C., Lo Turco, M. (2017). From structure from motion to historical building information modeling: populating a semantic-aware library of architectural elements. *Journal of Electronic Imaging*, 26(1), 1-12.
23. Scianna, A., Serlorenzi, M., Gristina, S., Filippi, M., Paliaga S. (2015). Sperimentazione di tecniche BIM sull'archeologia romana: il caso delle strutture rinvenute all'interno della cripta della chiesa dei SS. Sergio e Bacco in Roma. *Archeologia e Calcolatori*, 7, 199-212.
24. Simeone, D., Cursi, S. (2016). The role of semantic enrichment in Building Information Modelling. *TEMA: Technologies Engineering Materials Architecture*, 2(2), 22-30.

