

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Per Il Restauro e Valorizzazione
Del Patrimonio



TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Il Cantiere del Futuro, Innovazioni nella Progettazione del Cantiere

RELATORE :

Prof.ssa Cristina Coscia (DAD)

CORRELATORE:

Prof.ssa Anna Osello (DISEG)

CANDIDATO:

Federico Santise

ANNO ACCADEMICO 2017/18

INDICE DEI CONTENUTI

<i>Indice dei contenuti</i>	2
<i>Prefazione</i>	4
SEZIONE I	6
1.0 Stato attuale dell'edilizia	7
1.1 L'andamento del settore delle costruzioni	8
1.2 Morti e infortuni sul lavoro	18
1.3 Costi degli infortuni sul lavoro	20
1.4 Questioni aperte e opportunità	21
2.0 Il cantiere	23
2.1 Il cantiere evoluzione nel tempo	23
2.2 Il cantiere storico	24
2.3 Il cantiere moderno	26
2.4 Il cantiere contemporaneo o del futuro	28
2.5 Le fasi del processo Edilizio	30
3.0 Perché nasce il BIM?	32
3.1 Che cos'è il BIM? (Building Information Modelling)	33
3.2 Storia del BIM	38
3.3 Differenze fra CAD e BIM	43
3.4 I livelli del BIM	50
3.5 Maturità del mercato	53
3.6 Panoramica sulle normative comunitarie	56
3.7 Interoperabilità	70
3.8 Le dimensioni del BIM: 4D,5D,6D,7D e i LOD	75
3.9. Vantaggi e svantaggi	85

SEZIONE II	88
4.0 Piani economici e finanziari	89
4.1 Il caso studio; finalità dell'applicazione	90
4.2 Inquadramento	91
4.3 Principali software per il computo metrico	94
4.4 Funzionalità STRvision CPM	96
4.5 Dal CAD al Modello 3D Revit	98
4.6 Computo metrico tradizionale	100
4.7 Da Revit a STRvision	107
4.8 Creazione di una nuova commessa in STRvision	108
4.9 Importazione prezario e Modello IFC	109
5.0 Computazione degli elementi del Modello	112
6.0 Conclusioni	115
Bibliografia	117

PREFAZIONE

“...Il progressivo sviluppo dell'uomo dipende dalle invenzioni. Esse sono il risultato più importante delle facoltà creative del cervello umano. Lo scopo ultimo di queste facoltà è il dominio completo della mente sul mondo materiale, il conseguimento della possibilità di incanalare le forze della natura così da soddisfare le esigenze umane...”

(N. Tesla)

Come si evince dal titolo, le tematiche che andremo ad affrontare riguardano le nuove tecnologie applicate al cantiere. Lo scritto, non si arroga la presunzione di riuscire ad approfondire tutti gli argomenti riguardanti le innovazioni tecnologiche in campo edile, applicate al cantiere; in quanto, sarebbe un lavoro limitato e incompleto. Sapendo di non essere in alcun modo esaustivo sull'argomento, data la sua vastità in materia e le continue innovazioni, l'intento è quello di cercare di circoscrivere questa materia così vasta focalizzando un aspetto assai interessante: le nuove scoperte tecnologiche applicate alla programmazione, alla realizzazione e alla gestione del cantiere, in campo BIM (*Building Information Modeling*).

Il BIM è la rappresentazione digitale di un modello ricco di dati realizzati con oggetti intelligenti e parametrici della struttura. Questo modello non ha solo lo scopo di documentare la progettazione degli edifici, ma permette di simulare la costruzione e fornire un computo metrico molto preciso e dettagliato.

L'intento è appunto quello di dare un quadro generale sull'utilizzo di questo straordinario ausilio per la progettazione e la gestione, spiegando come questo metodo innovativo porti un sostanziale miglioramento rispetto alle tecnologie tradizionali utilizzate, riguardo all'aspetto della qualità del manufatto e del risparmio monetario.

Questo nuovo modo di approcciarsi alla costruzione, porterà a una vera e propria transazione rispetto alle tecnologie utilizzate ora. Sarà un cambiamento che segnerà in modo netto il modo di progettare, un po' com'è stato il passaggio dal

tecnigrafo al DWG. Ragione per cui, molti Stati si stanno adeguando con la tecnologia, creando standard d'utilizzo e linee guida in materia.

La tesi sarà articolata in due sezioni: nella prima parte andremo a indagare quali sono i presupposti per cui questa metodologia è nata ed è riuscita a radicarsi nel campo edile, quali sono state le condizioni storiche che hanno portato allo sviluppo di tale metodologia e come viene classificata. Nella seconda sezione invece affronteremo un caso studio che metterà a confronto le due tecnologie (Tradizionale e BIM). Nello specifico andremo a computare una porzione del grattacielo della "Torre della Regione". In primo luogo utilizzeremo il Programma Revit per realizzare la modellazione della parte architettonica dei bagni del decimo piano della Torre, successivamente sfruttando il software di computazione parametrica STRvision CPM effettueremo la computazione dei lavori eseguiti. L'intento sarà quello di verificare concretamente se utilizzando la metodologia BIM otterremo un miglioramento in termini di prestazioni (economiche e temporali) rispetto alla procedura tradizionale. Se non andranno a verificarsi le condizioni da noi sperate, appureremo i motivi che portano a questa difformità.

SEZIONE I

Il BIM e la sua metodologia

1.0 Stato attuale dell'edilizia

Prima di fare un breve excursus inerente allo sviluppo del cantiere attraverso le varie evoluzioni, sia edilizie sia tecnologiche, vorrei soffermarmi sulla situazione economica negli ultimi decenni; in modo da poter leggere con più chiarezza lo stato economico attuale del settore e dell'indotto connesso. Lo scopo di questa digressione è appunto quello di individuare le criticità che si presentano nel settore edile. Vedremo in seguito come le nuove innovazioni (nel nostro caso BIM) possano portare grazie al loro utilizzo, una ripresa sulla produttività e sulla competitività del mercato.

E' evidente che la recente crisi economica abbia avuto ripercussioni molto pesanti anche sul settore edile, determinando conseguenze gravissime sull'occupazione. Se pensiamo poi al fenomeno dei flussi migratori verificatosi sempre più intensamente negli ultimi anni, comprenderemo facilmente che una tale situazione abbia inevitabilmente fomentato il mercato del "lavoro nero". Ciò ha dato luogo ad ulteriori gravi problematiche come gli infortuni sul lavoro in gran parte dovuti alla precarietà della situazione sul lavoro, che oltre a rappresentare un male sociale ingente hanno anche determinato un danno economico notevole per le casse dello Stato.

Sebbene la situazione che ci si prospetta sia tutt'altro che rosea e porti a pensare a un declino inesorabile del settore, vedremo più avanti, in seguito alle nostre riflessioni, come una speranza sempre crescente sia rivolta ai nuovi strumenti e alle tecnologie. Apprenderemo che grazie a questi nuovi mezzi, in molti Paesi, si è riusciti a tornare a produrre superando la crisi. Ci occuperemo di come l'innovazione può essere ancora una volta (come ci insegna la storia) un'ancora di salvezza per uscire rinnovati e migliori da una crisi epocale.

1.1 L'andamento del settore delle costruzioni

Come sappiamo, la recessione economica avvenuta nel 2008 ha portato nefaste conseguenze del settore dell'edilizia, il comparto edile è stato il settore che ha patito maggiormente questa depressione. Una crisi che è arrivata dopo nove anni di crescita ininterrotta dal 1999 al 2007; la crisi più grave dal Dopoguerra ad oggi. Il settore edile rappresenta oltre il 6% dell'intero valore dell'economia nazionale, ed è al terzo posto d'importanza dopo l'industria e l'agricoltura, con un impiego di quasi due milioni di persone: pari all'8,4% del totale degli occupati in Italia. (senza contare i lavoratori non in regola che nel campo dell'edilizia si aggirano al 23% secondo l'Istat, uno tra i settori più colpiti in cui dilaga questa piaga sociale.)

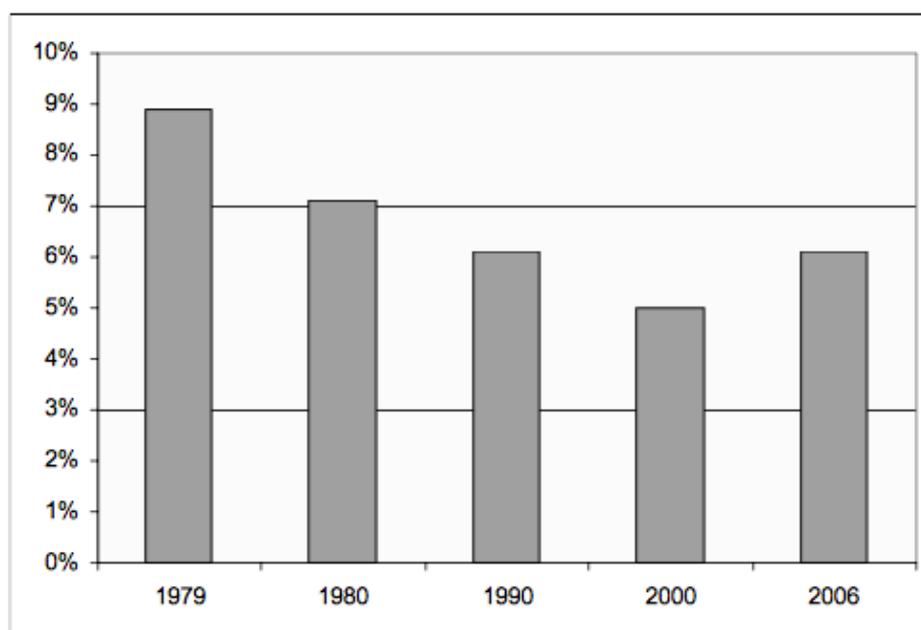


Figura 1.: Grafico valore settore edile in base al PIL.
Fonte: Elaborati Ance su dati Istat.

In Italia, secondo una recente stima, oltre 3 milioni di persone lavorano in abusivismo e non a norma. Questo dato si traduce per le casse dello stato nella bellezza di 77,2 miliardi di euro di Pil irregolare l'anno (pari al 4,8% del Pil nazionale): un flagello economico e sociale che si abbatte, secondo le stime elaborate dall'Ufficio studi della Cgia (Associazioni artigiani e piccole imprese) su

tasse e contributi, sottraendo un valore di 36,9 miliardi di euro allo Stato. L'indicazione della Filca (Federazione Italiana Lavoratori Costruzioni e Affini) e Cisl è che una parte cospicua di lavoratori che hanno perso l'impiego dall'inizio della recessione a oggi sia finita inesorabilmente nella cerchia del lavoro abusivo: Finte Partite Iva, voucher, lavoro nero; portandosi dietro tutte le conseguenze negative: illegalità, precarietà, infortuni.

Dalle casse edili, dopo aver eseguito uno studio in merito, risulta che ci si sia stato un calo degli occupati in edilizia del 55% contro una riduzione del 25% stimata dall'Istat. Il dato ci indica come una porzione degna di nota ovvero il 25-30% del settore, si appoggia a forme d'irregolarità.

Secondo fonti Istat sul sistema contributivo, negli ultimi anni c'è stato un repentino aumento della contribuzione dei lavori occasionali di tipo accessorio mediante l'utilizzo dei voucher. Il voucher non è altro che una retribuzione erogata tramite un "buono lavoro" che ha la finalità di regolamentare i rapporti "accessori", cioè tutti quei lavori che sono considerati occasionali fra il committente e il lavoratore. Questa formula fornisce una completa copertura assicurativa INAIL in caso d'incidente sul lavoro, senza però stipulare nessuna forma di contratto pur restando nella completa legalità. Nel 2015 si è registrato un aumento di oltre il 67% rispetto all'anno precedente [Fig. 2]. I buoni venduti sono stati 102 milioni che corrispondono alle medesime ore di lavoro da parte di ben 800mila lavoratori. Il presidente dell'Inps Tito Boeri afferma che la capillarità del fenomeno e le dimensioni che sta assumendo questa pratica d'impiego in molti settori, generi una forma contributiva negativa che trascina sempre di più verso il degrado delle condizioni economiche e sociali di tutti i soggetti che lo compongono. Basti pensare che il settore più colpito (edilizia) sia quello che ha il tasso di utilizzo più diffuso. Addirittura un terzo di questi titoli sarebbe stato indirizzato all'edilizia, per un totale di 250 mila lavoratori precari. Si stima, infatti, che molta della forza lavoro retribuita con i voucher, non sia costituita altro che dalle persone che hanno perso il lavoro per colpa della crisi.¹

¹ D. Colombo e M. Prioschi, *Nuovi voucher, ecco come cambia il lavoro occasionale*, Il Sole 24 ORE, 6 Luglio 2017.

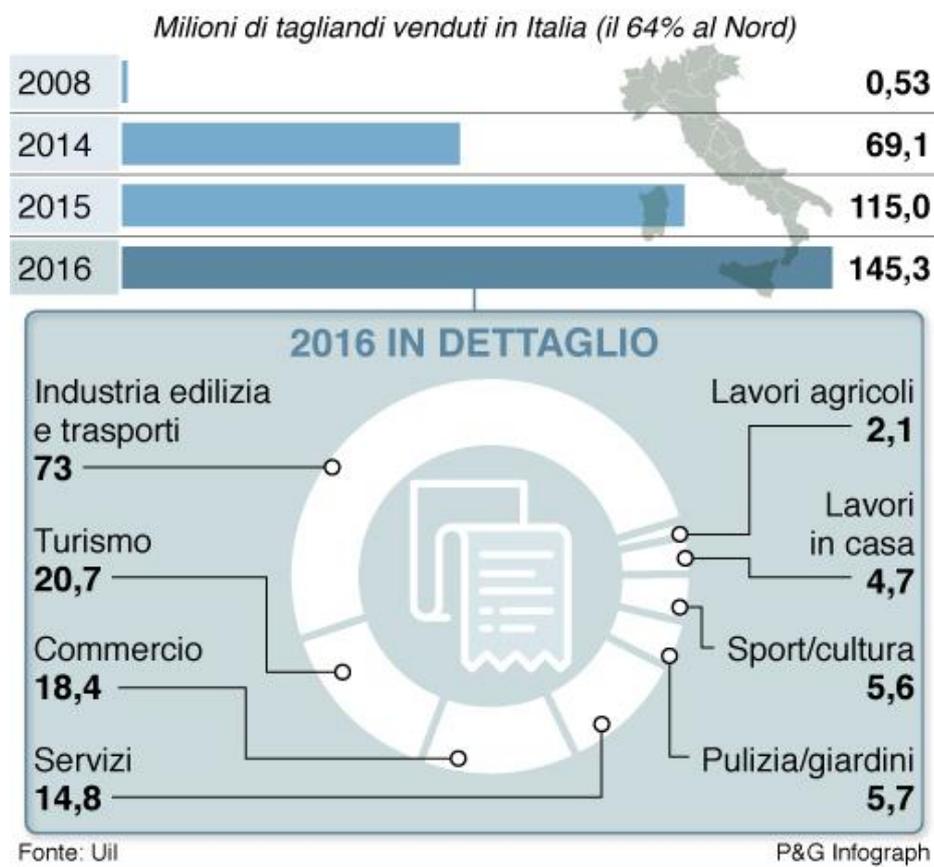


Figura 2: Infografica sull'utilizzo dei voucher.
Fonte: www.Uil/voucher-referendum.it.

Sempre secondo la fonte Istat, nell'ultimo anno, i segnali positivi seppur minimi in ambito economico, hanno portato alla crescita del PIL del 1%. Quest'aumento interrompe la contrazione in atto verificatasi nei tre anni precedenti, portando una ventata di speranza per una futura crescita. Un contributo importante a tale inversione di segno è stato fornito dalla ripresa della domanda interna: sia nei consumi, anche se in maniera più contenuta, che dà un primo recupero degli investimenti fissi.² Bene anche le esportazioni che hanno registrato un incremento vigoroso, benché la percentuale rimanga sempre inferiore a quella delle importazioni.

² ANCE, *Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni*, a cura della Direzione Affari Economici e Centro Studi, Gennaio 2017.

Sebbene questo lieve miglioramento in campo economico, l'ANCE (Associazione Italiana Costruttori Italiani) afferma che questi miglioramenti non coinvolgono il settore delle costruzioni, dove si continua a evidenziare un calo produttivo.

Nonostante ciò, l'andamento negativo sembra avere un lieve rallentamento, dovuto all'aumento dei consumi, con tendenze future che avranno un altalenarsi di crescita e recessione. Difficile prevedere quando questo stato di cose cesserà, per arrivare a una stabilità. Sicuramente non ci si potrà basare solo sugli aumenti dei consumi, ma si dovranno adottare strategie e soluzioni più efficaci per garantire uno sviluppo del settore, altrimenti le previsioni future nei prossimi anni non saranno sicuramente delle migliori.

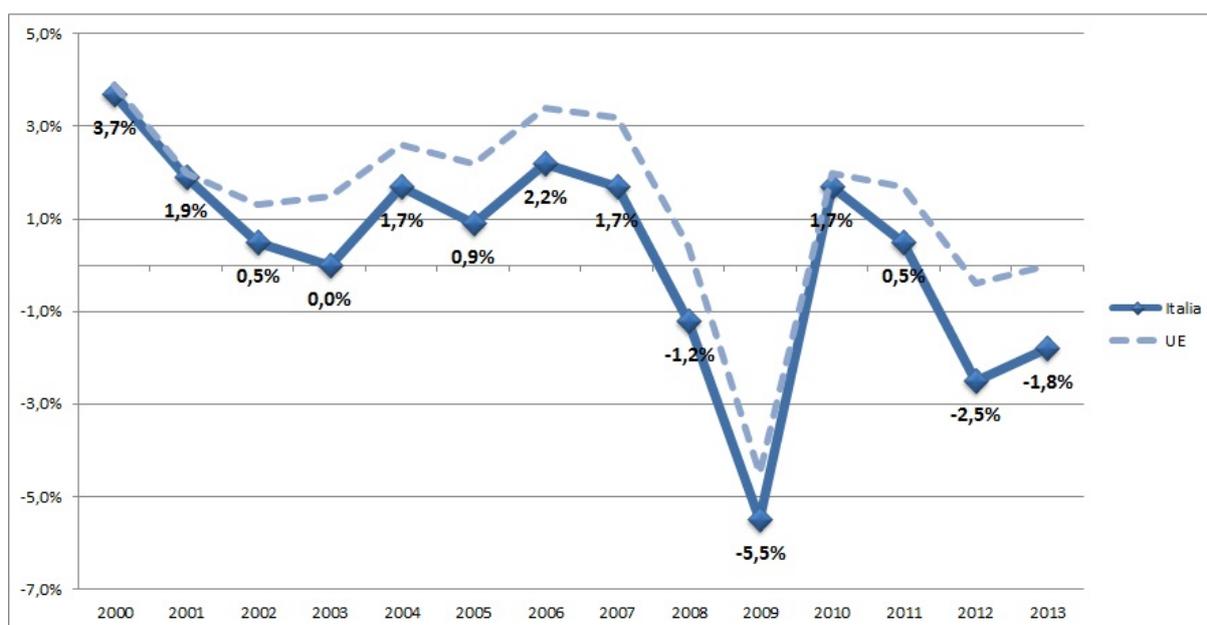


Figura 3: Diagramma relativo alla crescita del PIL, anno 2000-2013.
Fonte: Elaborati Ance su dati Istat.

Uno dei punti fondamentali per la ripresa dell'industria edile è la questione degli investimenti. Il settore edile dal 2008 ha rilevato perdite d'investimento per un totale di 34,9%. Le previsioni sarebbero in crescita, sebbene i dati dell'ANCE di luglio evidenzino un calo del -1,2%. Il nuovo report, fornitoci sempre dall'ANCE prevede per il prossimo trimestre un aumento del +0,8%. Ciò grazie anche all'erogazione di denaro pubblico e privato: fondo infrastrutture (F2i) della presidenza del Consiglio (1,9 miliardi nel 2017 e 8,5 nel triennio) e dalle risorse stanziare per la ricostruzione delle zone terremotate del Centro Italia[Fig. 5].

Questa è la dimostrazione concreta, che per tornare a essere attrattivi, bisogna garantire un flusso d'investimenti che porti a generare un susseguirsi di lavoro costante.

INVESTIMENTI IN COSTRUZIONI^(*)									
	2015	2013	2014	2015^(°)	2016^(°)	2017^(°°)	2017^(°°°)	2008-2015^(°)	2008-2016^(°)
	Milioni di euro	<i>Variazione % in quantità</i>							
COSTRUZIONI	125.348	-7,5%	-5,2%	-1,0%	0,3%	-1,2%	1,1%	-34,9%	-34,7%
.abitazioni	66.772	-3,3%	-4,2%	-1,9%	0,2%	-1,1%	1,7%	-27,7%	-27,6%
- nuove (°)	21.038	-12,4%	-14,0%	-6,8%	-3,4%	-3,0%	1,8%	-61,0%	-62,4%
- manutenzione straordinaria(°)	45.734	2,9%	1,5%	0,5%	1,9%	-0,2%	1,7%	19,1%	21,3%
.non residenziali	58.576	-11,7%	-6,3%	0,1%	0,3%	-1,4%	0,3%	-41,4%	-41,2%
- private (°)	34.053	-13,4%	-7,1%	-1,2%	0,2%	0,2%	0,2%	-36,5%	-36,6%
- pubbliche (°)	24.523	-9,3%	-5,1%	1,9%	0,4%	-3,6%	0,5%	-47,1%	-46,9%

(*) Investimenti in costruzioni al netto dei costi per trasferimento di proprietà
 (°) Stime Ance
 (°°) Scenario tendenziale; (°°°) Scenario programmatico
 Elaborazione Ance su dati Istat

Figura 4: investimenti in costruzioni.

Fonte: Elaborati Ance su dati Istat, Report 2016.

Un altro fattore rilevante che ha portato forte scompiglio nelle imprese è stata la mancanza di liquidità. C'è stata una drastica diminuzione dell'accesso al credito. Le banche non avendo più garanzie da parte delle imprese, hanno ridotto prestiti e finanziamenti, ai professionisti e alle ditte che lavorano in questo settore, causando un inevitabile crollo. Bloccando i finanziamenti, le imprese si sono trovate impossibilitate ad investire, quindi a crescere. Dall'inizio della recessione a oggi si è arrivati a un calo di erogazioni del 70%. Passando da: 31,5 miliardi di euro elargiti nel 2007 ad un preoccupante 8 miliardi nel 2015.

Tra il 2008 e il 2014 le costruzioni hanno evidenziato una notevole contrazione del tessuto produttivo, con una ricaduta inevitabile sulle aziende. Le imprese che sono state costrette a uscite dal mercato sono state oltre 100.000, che corrisponde a un calo in termini percentuali del 16%. Un dato molto pesante se si pensa che si è abbattuto sulle imprese più strutturate, ovvero quelle che hanno più di un operaio a carico. Sono state proprio queste che hanno patito maggiormente gli effetti della lunga crisi. Dal 2008 al primo trimestre 2016 dal settore sono usciti 580.000 occupati, con una flessione in termini percentuali del 29,3%. Dobbiamo tenere presente anche le imprese legate al settore delle costruzioni (trasporti, produzione, ecc.) che ne hanno seguito lo stesso andamento. Di queste si stima una perdita complessiva di circa 800.000 unità.



Figura 5: Calo delle imprese nel settore delle costruzioni.
Fonte: Elaborati Ance su dati Istat, Rapporto 2017.

Più di un quarto delle imprese (-26,9%) con un numero di personale compreso fra i 2 e i 9 addetti, sono state decimate nell'arco di tempo che va dal 2008 al 2014. Ma l'andamento peggiore è quello riguardante le medie imprese, quelle con un numero di addetti fino a 49. [Fig. 8]

**COSTRUZIONI IN ITALIA: LA RIDUZIONE DELL'OCCUPAZIONE
DALL'INIZIO DELLA CRISI**
Var. assoluta I trim. 2016 - IV trim. 2008 (numero)

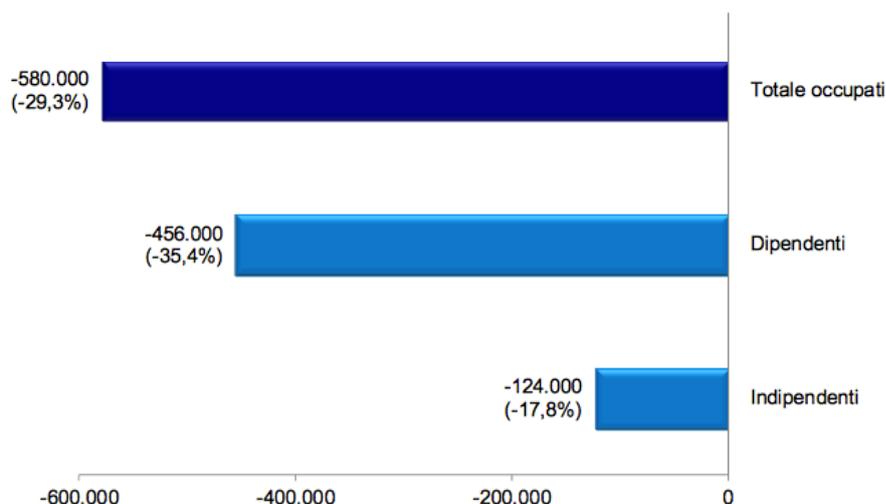
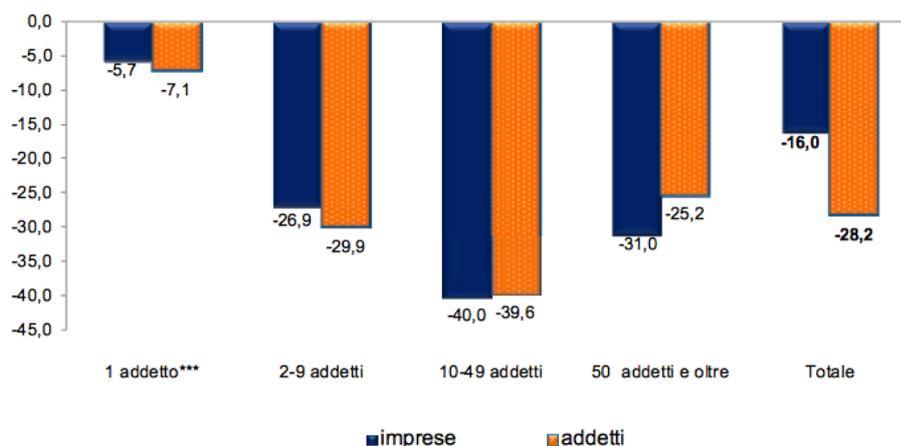


Figura 6: Riduzione delle occupazioni dall'inizio della crisi.
Fonte: Elaborati Ance su dati Istat, Rapporto 2017.

IMPRESE E ADDETTI NEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI*
*Var.% 2014/2008***



* Sono comprese le imprese di installazione impianti.

** Dati Istat 2011, 2012, 2013 e 2014; elaborazione Ance su dati Istat per il 2008,2009,2010

*** poiché il numero degli addetti di un'impresa è calcolato come media annua, la classe dimensionale "1" comprende le unità con in media fino a 1,49 addetti; la classe "2-9" comprende quelle con addetti da 1,50 a 9,49 e così via.

Elaborazione Ance su dati Istat

Figura 7: Imprese e addetti nel settore delle costruzioni.
Fonte: Elaborati Ance su dati Istat, Rapporto 2017.

Duro colpo anche per le imprese più grandi che superano i 50 addetti, delle quali quasi un terzo ha lasciato il mercato (-31%). Questi dati sono motivo di grande preoccupazione. E' un andamento di mercato che va progressivamente verso un depauperamento dell'attività produttiva. Fenomeno che deve essere assolutamente arginato per garantire un'efficiente offerta sul mercato in grado di soddisfare la domanda, al fine di evitare ripercussioni future sulla ripresa del mercato.

Ennesimo dato negativo che ci fornisce l'estratto dell'osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni, riguarda l'appunto il campo delle nuove costruzioni. Il report ANCE, registra per gli investimenti in nuova edilizia residenziale un'ulteriore diminuzione, segnalando una contrazione del 3,4% nel 2016, rispetto al 2015. La flessione registrata nei livelli produttivi è provocata da un continuo e significativo calo di richieste dei permessi di costruire. Come già citato precedentemente: la crisi e il blocco degli investimenti hanno stoppato la realizzazione delle nuove costruzioni, provocando uno stallo del settore.

INVESTIMENTI IN COSTRUZIONI^(*) PER COMPARTO - ANNO 2016

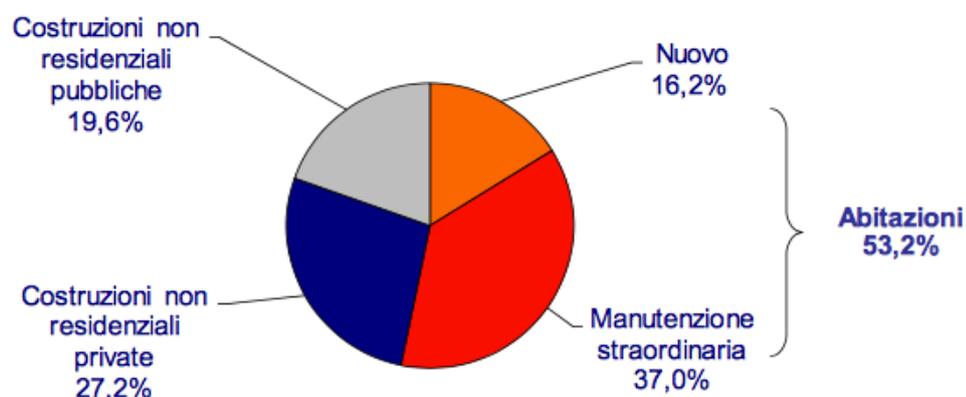
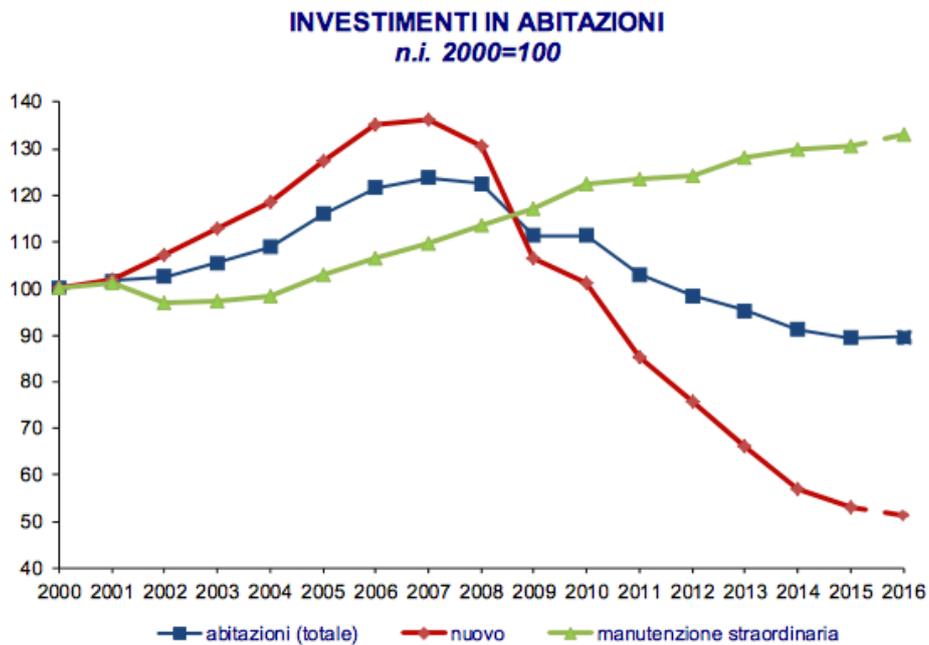


Figura 8: Investimenti nel settore delle costruzioni per comparto anno 2016.
Fonte: Ance, Rapporto 2017

Secondo i dati Istat sull'attività dell'industria edile, il numero complessivo delle abitazioni (nuove e ampliamenti) per le quali è stato concesso il permesso di costruire, evidenzia una progressiva e intensa caduta. Dopo il picco del 2005 di 305.706 concessi richiesti, il declino è stato inesorabile. Dall'anno successivo si è entrati in una contrazione che tuttora persiste. Nel 2014, la flessione complessiva dei permessi ha raggiunto più dell'80%. La valutazione effettuata indica che il numero di abitazioni concesse ha toccato solo circa 54.000 unità. Escludendo gli anni del secondo conflitto mondiale, si tratta di uno dei livelli più bassi mai raggiunti fino ad oggi.

Tuttavia, si registra anche qualche debole apertura positiva. Gli investimenti in riqualificazione del patrimonio abitativo, che rappresentano nel 2016 il 37% del valore degli investimenti in costruzioni, solo l'unico comparto che continua a mostrare una tenuta dei livelli produttivi [Fig. 6]. Si stima una crescita dell' 1,9% in termini reali. L'aumento stimato per l'anno in corso, pari a circa 1,3 miliardi di euro, è imputabile al potenziamento fino a dicembre 2016, degli incentivi fiscali per le ristrutturazioni edilizie e per l'efficientamento energetico, previsti dalla Legge di Stabilità per il 2016. L'Ance sostiene convintamente che se vogliamo vedere un cambio di tendenza del settore, dobbiamo puntare sulla riqualificazione del patrimonio abitativo. Questa inversione di tendenza, potrà garantire un cambio di segno e guidare un'estensione della crescita.



Fonte: Ance

Figura 9: Investimenti nel settore delle costruzioni per tipologia.
Fonte: Ance, Rapporto 2017

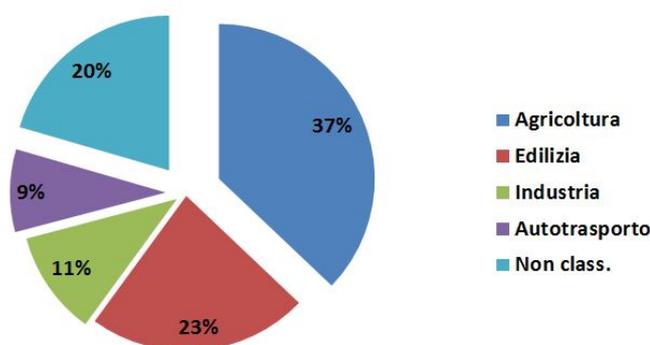
1.2 Morti e infortuni sul lavoro

La metodologia BIM può essere un valido strumento per l'organizzazione del cantiere e della sicurezza dei lavoratori. Eseguendo una corretta programmazione con BIM sarà possibile rappresentare precisamente la realtà del cantiere tramite l'utilizzo di vari modelli virtuali (4D) favorendo così una maggiore efficienza e sicurezza rispetto alla programmazione attuale.

Da quanto riporta l'osservatorio indipendente di Bologna delle morti sul lavoro, che, a differenza dei dati INAIL, tiene in considerazione anche tutte le persone che non sono assicurate, i morti nel 2016 si attestano a 641. Si denota un lieve calo rispetto all'anno precedente, ma un lieve aumento dal 2008. Dato che sta a indicare che anche se si spende un'ingente quantità di denaro per la sicurezza, non vi sono risultati concreti. Questo sta a indicare che le risorse, o vengono impiegate male o la qualità della sicurezza è di scarso valore. In una scala di valori che dovrebbe mettere in primo piano la sicurezza e la tutela del lavoratore, questo non avviene. La colpa sostanziale di questo è, con certezza, il poco controllo da parte dello Stato, che dovrebbe assumersi il compito di vigilare costantemente sul rispetto della normativa sulla sicurezza (D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81), e ciò non avviene.

Osservatorio Indipendente di Bologna

% di morti sui luoghi di lavoro per categoria - anno 2015



Dati forniti dall'Oss. Ind. di BO

[Rappr. grafica A.V.]

Figura 10: Percentuali delle morti sul lavoro per categoria, anno 2015.
Fonte: Osservatorio indipendente di Bologna

E' sicuramente ovvio che la repressione attraverso sanzioni, non sia la via principale per invertire questa tendenza. Questo mutamento, può avvenire solamente attraverso un radicale cambiamento di punto di vista da parte di chi ha la responsabilità della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Da questa consapevolezza e responsabilizzazione, bisognerebbe prendere spunto dai Paesi occidentali più avanzati, che forniscono ai propri dipendenti, prima di entrare in cantiere, corsi retribuiti in cui gli vengono spiegate minuziosamente per filo e per segno il da farsi per tutelare la propria sicurezza e quella degli altri colleghi.

La colpa è attribuita a una cattiva programmazione della sicurezza e alle carenti misure di tutela. Secondo i dati raccolti dall'INAIL nel 2015 le denunce d'infortunio sul lavoro nel settore edile, sono state 37.310 con un calo del 10 % rispetto all'anno precedente con una flessione del 45% rispetto al 2011. Come già citato precedentemente, questi dati non denotano un calo di livello di mortalità, ma, anzi un rialzo.

Sempre secondo l'INAIL questa situazione sarebbe determinata in particolar modo dalla crisi economica, che ha influito sulla riduzione della manodopera. Ciò determina una maggiore esposizione al rischio e alla contrazione di eventuali infortuni.

DENUNCE D'INFORTUNIO NELLE COSTRUZIONI PER DIVISIONE ATECO (COD. ISTAT ATECO 2007: "F") - ANNI DI ACCADIMENTO 2011-2015

DIVISIONE ATECO	2011	2012	2013	2014	2015	Var. % 2015/2011
Costruzioni di edifici	24.667	19.208	15.938	13.334	11.742	-52,4
Ingegneria civile	3.978	3.290	2.960	2.547	2.440	-38,7
Lavori di costruzione specializzati	39.871	34.188	29.160	25.542	23.128	-42,0
Totale	68.516	56.686	48.058	41.423	37.310	-45,5
- di cui mortali denunciati	255	204	182	157	178	-30,2

Fonte Inail - Banca dati statistica - dati rilevati al 30.04.2016

Figura 11: Denunce d'infortunio nelle costruzioni, con relative morti bianche, anni 2011-2015.

Fonte: Inail, Banca dati statistica, dati rilevati al 30/04/2016.

1.3 Costi degli infortuni sul lavoro

L'utilizzo del BIM per la gestione e realizzazione del cantiere porta a un risparmio economico sia a favore del committente sia alle casse dello stato. Il corretto utilizzo della metodologia BIM per la programmazione e gestione del cantiere garantisce una diminuzione dei rischi d'incidenti e problematiche correlate agli infortuni.

Non è facile quantificare il costo rappresentato dagli infortuni che avvengono ogni anno sul lavoro a causa del mancato o scarso livello di sicurezza e controllo in tutto il ciclo dell'industria delle costruzioni. Ciò è sicuramente causato da molteplici motivi. Uno fra cui è la difficoltà ad avere una stima delle reali dimensioni del settore. Il lavoro si ramifica in più campi e risulta complicato discernere nettamente dove inizia uno e finisce l'altro. Un altro è dovuto all'incrementato del fenomeno del lavoro sommerso, e dalla corrispettiva mancanza di denuncia di una rilevante percentuale d'incidenti. Ciò avviene sia per la paura di ripercussioni in ambito lavorativo, che dalla tendenza a sottovalutare l'entità del trauma riportato (soprattutto si riferisce a quelli che avvengono nelle piccole imprese che operano "in nero", fuori dal sistema ufficiale).

È stato stimato che nell'Unione Europea i costi della scarsa qualità della sicurezza sul lavoro, nel settore edile, ammonterebbero ad oltre 75 miliardi di euro ogni anno. Considerando che, in quasi tutti i paesi, i progetti del settore pubblico rappresentano una parte importante delle spese edili, i contribuenti finiscono per accollarsi una quota rilevante di tale costo, con un onere annuale individuale che si aggira intorno ai 200 euro.

Queste stime sono state estrapolate sulla base di un'analisi svolta nel Regno Unito secondo la quale i costi derivanti dagli infortuni sul lavoro e dai problemi di salute nel settore dell'edilizia (compreso il costo in termini di ritardi, assenteismo e carichi al sistema sanitario ed assicurativo) ammonterebbero all'8.5% dei costi di progetto.

1.4 Questioni aperte e opportunità

Per comprendere quali sono le problematiche e capire le opportunità del settore, è necessario realizzare un piano volto all'uscita dall'attuale situazione di crisi. Innanzi tutto occorre procedere con un'analisi preliminare (evidenziato prima nei capitoli passati) che ci fornisca un quadro generale della situazione. Dopo questo passaggio fondamentale, è d'obbligo valutare realisticamente soluzioni su larga scala da adottare per la ripresa. Tali analisi permettono di vedere le caratteristiche distintive di questo settore, capendo perché non possono essere applicate le stesse misure optate ad altri campi produttivi per superare la crisi.

La crisi del settore delle costruzioni è data in parte da un fattore congiunturale. Da un lato, come abbiamo già detto, dall'impatto della bolla immobiliare alla fine del 2007 inizio del 2008 che ha portato a un periodo di recessione, dall'altro da un fattore di composizione di mercato: il modello produttivo su cui è sempre stato basato, in che modo viene affrontata la competitività sul mercato, fondato su logiche vecchie e non al passo con le costanti innovazioni negli alti settori. Basandosi su queste due grandi mancanze, la domanda sorge più che spontanea, è quindi imperante chiedersi: Quali possono essere le opzioni necessarie per ridare nuovo lustro nel settore garantendo più competitività? (opzioni derivate ovviamente, da una produzione di costruzioni migliori ed efficienti che producono migliori risultati e prestazioni). E' qui che entrano in gioco le nuove innovazioni in materia, una in particolare BIM (Building Information Modeling), che pur non essendo l'unica, spicca in modo autoritario fra le tante metodologie di lavoro alternative.

La costruzione, è stata ed è tuttora considerata come l'emblema dell'innovazione e del progresso. Infatti, in ogni epoca è stato considerato il motore trainante e il simbolo dell'avanzamento di ogni civiltà. Seguendo l'iter evolutivo di questi metodi, il campo delle costruzioni è diventato un misuratore di crescita sociale e sinonimo di progresso, (basti pensare le civiltà che hanno costruito le piramidi o grandi infrastrutture) diventando il volano della produzione industriale e di tutte le attività annesse. Dalla fine del secolo passato però questa tendenza non è più la

stessa, poiché il settore viene considerato come uno dei settori meno avanzati rispetto ad altri seppur siano stati fatti grandi passi avanti in campo tecnologico. Questo trend negativo è principalmente dovuto a due fattori: in primis la quantità di fondi investiti per attuare un piano di sviluppo specializzato. Basti pensare che la maggior parte dei brevetti utilizzati in ambito edilizio provengono da altri settori molto spesso dalle file dell'aerospaziale e dalle tecnologie militari; in secondo luogo, è l'unicità e l'eterogeneità del prodotto derivato dal settore edile: l'edificio, in quanto, a differenza degli altri prodotti, non può essere riprodotto in serie, ma è una riproduzione unica nel suo genere. Questa differenza peculiare rispetto ad altre filiere produttive, rende impossibile l'applicazione dei metodi utilizzati negli altri settori, influenzando notevolmente sul prezzo finale. Da qui derivano gli ostacoli per la crescita del PIL annuo nel settore delle costruzioni. Essendo l'edificio, una struttura immobile per definizione, esso costringe la produzione e tutta la filiera a muoversi con esso da cantiere a cantiere, generando una dispersione e frammentazione della mano d'opera, nonché dei costi, ciò implica quindi un cospicuo dilatamento del tempo di produzione (dovuto a possibili variazioni e a problematiche di sorta che insorgono in corso d'opera). Da tali presupposti si evince quanto sia arduo ricorrere alle teorie economiche convenzionali. Siccome non possiamo sottrarci a queste logiche puramente pratiche, oggi, per cercare di arginare i danni, disponiamo dell'ausilio della tecnologia, che ci permette gestire e prevenire in maniera più adeguata la materia. Solo grazie a una corretta e scrupolosa gestione dei dati si può sperare di riuscire a minimizzare gli effetti negativi cercando di abbattere i costi e tempi di realizzazione.

2.0 Il Cantiere

E' una **fase** fondamentale del **processo edilizio** che consiste nella **realizzazione dell'opera** che necessita di **collegamento e coordinamento con le fasi precedenti** (ideazione, pianificazione, programmazione, progettazione), che richiede la gestione di **mezzi** (macchine, strumenti, materiali) di **uomini** (mano d'opera) **tempi e denaro**.³

Con il sostantivo "cantiere" in italiano intendiamo esprimere due concetti ben distinti:

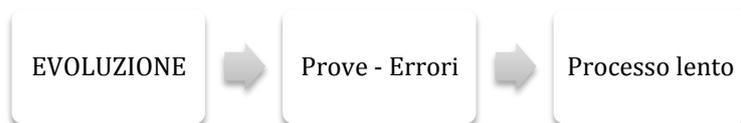
- **LUOGO**: Ovvero l'area attrezzata per eseguire i lavori.
- **ATTIVITA'**: L'attività produttiva volta alla realizzazione delle opere.

2.1 Il cantiere evoluzione nel tempo

La realizzazione dell'opera, per quanto riguarda l'evoluzione della Costruzione, si è sviluppata tramite una tecnologia empirica: le tecniche si sono evolute attraverso un processo lunghissimo di errori, tentativi e prove successive. Solo durante l'ultimo secolo e mezzo è apparsa la tendenza specifica per cambiare questo comportamento. Il processo evolutivo è stato molto lento nel tempo ed è stato necessario attendere diversi anni per valutare i risultati di una tecnica innovativa o di un determinato materiale.⁴ Solo recentemente con le nuove scoperte tecnologiche, il cantiere è andato gradualmente modificandosi discostandosi quasi completamente dalle tecniche utilizzate in passato. Basti pensare come ha cambiato il modo di costruire e di progettare la scoperta del calcestruzzo armato alla metà del '800; portando allo sviluppo di un nuovo materiale che lavorasse bene a compressione, grazie all'utilizzo del cemento e degli inerti aggiunti, ma anche che lavorasse bene a trazione, dovuto alle proprietà della struttura in acciaio.

³ http://people.dicea.unifi.it/pcapone/MATERIALI_presentazioni/Cantiere_09_10.pdf

⁴ L. Angel Tejero, *Construcción I*, Departamento de Construcciones Arquitectónica U.P.V., Valencia



Considerando che per sedici secoli l'obbligo di rispettare la triade di Vitruvio, ovvero, che un edificio dovesse essere “robusto”, “utile” e “bello” (firmitas, utilitas, venustas), ha determinato le fattezze dei corpi di fabbrica, limitando notevolmente le tecniche utilizzate fino a quel momento per costruire. Vitruvio, nel suo “De Architectura” ci illustra le tecniche per la corretta costruzione, per il sollevamento e il trasporto delle materie prime. Fino a che gradualmente questa corrente di pensiero andò a scemare, lasciando spazio a una visione che prediligesse maggiormente l'interesse alla composizione, cioè “l'estetica”, sebbene, in seguito si arriverà all'estremità opposta di pensiero, ovvero a un'eccessiva preoccupazione esclusivamente tecnologica.

Possiamo distinguere il tipo di cantiere in tre distinti gruppi:

- CANTIERE STORICO
- CANTIERE MODERNO
- CANTIERE CONTEMPORANEO O DEL FUTURO

2.2 Il cantiere storico

Come abbiamo accennato prima, l'evoluzione costruttiva non è altro che un susseguirsi di prove ed errori che hanno portato grazie al metodo empirico alla risoluzione dei vari problemi costruttivi. In epoca antica, Il compito della progettazione e della realizzazione degli edifici e delle sue problematiche, era affidato alla medesima persona che realizzava l'edificio, il capomastro. Il quale grazie alle sue competenze: tecniche e artistiche, era in grado di organizzare e

gestire le varie forze lavoro. La parola “architecton” nel mondo della Grecia classica significava appunto “capomastro”, o responsabile della costruzione. La sperimentazione e la definizione delle soluzioni **tipologiche, tecnologiche e costruttive** erano svolte in “situ”, cioè direttamente sul cantiere. Non era prevista una progettazione previa, ma il capomastro, affrontava tutto secondo le necessità e le richieste del committente. Persino gli strumenti utilizzati per la realizzazione del cantiere erano realizzati in situ. Sappiamo che per la costruzione di ponti e di argani, usati per elevare pietre e mattoni ai vari piani, veniva utilizzato il legno. Le macchine adoperate venivano costruite e adattate secondo le varie necessità del costruttore.

Il materiale utilizzato per la costruzione era quasi sempre materiale proveniente da qualche cava vicina al cantiere o che si poteva reperire nelle vicinanze; in quanto il trasporto e l'utilizzo di altri materiali sarebbe stato un ingente impiego di risorse economiche e di tempo per i mezzi dell'epoca. La manodopera utilizzata per la realizzazione dell'opera era ovviamente a basso costo e raramente era specializzata; costretta anche a lavorare per più di dieci ore giornaliere in un ambiente privo di sistemi di sicurezza o di risarcimento in caso d'infortunio.⁵

In sintesi:

- Sperimentazione e definizione in situ delle soluzioni:
tipologica, tecnologica e costruttiva.
- Strumenti realizzati in situ.
- Materiali e componenti in situ.
- Mano d'opera a buon mercato.

⁵ http://people.dicea.unifi.it/pcapone/MATERIALI_presentazioni/Cantiere_09_10.pdf

2.3 Il cantiere moderno

Per assistere a una notevole e radicale innovazione in campo edilizio, dobbiamo attendere il “boom” della Rivoluzione Industriale che, grazie alle nuove scoperte (macchina a vapore, elettricità, scoperta dell'acciaio), in seguito adottate nel campo delle costruzioni, hanno trasmesso un forte e rinnovato impulso al settore; cambiando ciò che è rimasto invariato per molti secoli. L'introduzione dell'alimentazione a vapore prima, e l'impiego del c.a. poi, segnano il radicale e definitivo mutamento del cantiere edilizio, decretando la sparizione di alcune attrezzature, e il declino di alcune figure professionali comuni. Basti pensare che molte delle macchine edili oggi utilizzate, erano impiegate in modo sperimentale già dalla seconda metà dell'Ottocento.

Nell'età moderna si moltiplicarono, ad opera degli stessi architetti progettisti, macchinari e mezzi d'opera atti a conferire maggiore snellezza alle operazioni. Sino alla seconda metà dell'800 però, nonostante lo sviluppo delle macchine, il cantiere non si discostava molto, nei metodi di lavoro, da quello romano e medievale. La costruzione delle grandi opere infrastrutturali, l'avvio della produzione industriale delle materie prime, lo sviluppo delle tecnologie, hanno promosso la meccanizzazione del cantiere a cui ha molto contribuito l'introduzione della macchina a vapore, dei motori a combustione interna e dell'energia elettrica. Da questo periodo ha inizio una notevole trasformazione del cantiere, a livello europeo, specialmente per le grandi opere infrastrutturali. Il continuo miglioramento delle tecnologie produttive, delle caratteristiche del ferro e della produzione, determina un'importante trasformazione dei sistemi costruttivi che incidono sull'**organizzazione del cantiere**. D'ora in avanti oltre alla progettazione del cantiere, verrà introdotta anche la tutela per l'incolumità dei lavoratori. Questi principi prendono piede anche grazie al nascere del Taylorismo atto all'ottimizzazione del lavoro, che negli anni 30 sviluppa una nuova teoria sul lavoro. Il taylorismo infatti è particolarmente attento a contrastare la normale tendenza degli operai a non affaticarsi, facendo attenzione a non superare la soglia di resistenza a fine di non compromettere del tutto il rendimento, avvalendosi

dell'utilizzo di macchine che in un qualche modo potessero sostituirsi all'uomo per i lavori più faticosi. In questo periodo storico si verificò anche un altro sostanziale cambiamento nelle retribuzioni. La nuova tendenza consiste nel pagare gli operai in funzione al lavoro svolto più che del tempo impiegato.

In seguito al verificarsi della Rivoluzione Industriale assistiamo alla nascita di una nuova classe sociale: la massa operaia, all'inizio è priva di diritti, sfruttata e tratta come fosse un oggetto, ma che a forza di battaglie incomincia a farsi sentire ottenendo i primi risultati in campo di prevenzione, previdenza sociale e tutela sul lavoro. Nel 1822 in Inghilterra nascono i primi sindacati.

In questi anni iniziano anche a delinearsi in modo preciso le figure professionali dell'ingegnere e dell'architetto. Attori necessari per la progettazione e la coordinazione del cantiere. In Francia vengono fondate le prime scuole atte a formare i professionisti della costruzione, 'Ecole des Ponts et Chaussées, nascono i primi studi su materie innovative come la scienza delle costruzioni.

In sintesi, la prima rivoluzione industriale comporta essenzialmente due innovazioni: la **meccanizzazione** dei processi produttivi (ovviamente anche degli elementi costruttivi) e il relativo trasferimento delle stesse fasi di produzione dal cantiere ad altri luoghi. La produzione avviene in luoghi deputati a tale compito; i prodotti finiti o semi-finiti vengono successivamente trasportati in cantiere, ove si procede al montaggio e all'assemblaggio. Questa modificazione dei processi, in generale, si ripercuote in particolar modo nel processo edilizio.

- Meccanizzazione e digitalizzazione.
- Corretta programmazione.
- Razionale approvvigionamento dei materiali a piè d'opera.
- Disponibilità di un progetto costruttivo che riduca le possibilità di "variazioni" e varianti in corso d'opera.
- Definizione precisa delle responsabilità di lavorazione alle varie fasi.
- Affiatamento e motivazione delle risorse umane.
- Garanzia d'incolumità nel corso delle lavorazioni.

2.4 Il cantiere contemporaneo o del futuro

Oggi giorno l'elemento che contraddistingue l'inizio di qualsiasi lavoro edile, è sostanzialmente quello che pone come principio fondamentale, la razionale organizzazione del cantiere. Esso deve essere realizzato nell'ottica della prevenzione degli infortuni e della gestione dei costi, tenendo sotto controllo non solo i costi della mano d'opera e dei materiali che servono per costruire o ristrutturare, ma anche tenendo presente i costi di manutenzione ordinaria della fabbrica, della sua successiva demolizione e smaltimento a fine ciclo della struttura. E' questa la tendenza su cui si sta sviluppando il cantiere in tutti i paesi più avanzati. La costante necessità di affrontare costi minori mantenendo un approccio sostenibile nei rispetti dell'ambiente, che produca meno scarti e sprechi possibili.

Questo processo viene implementato grazie alle nuove scoperte in campo tecnologico e informatico. Il diffondersi di queste nuove tecnologie in questi ultimi decenni, ha portato e porterà in un futuro molto vicino, ad un radicale cambiamento nel concepire il mondo dell'edilizia e delle costruzioni. Grazie all'utilizzo delle nuove tecnologie sviluppate dalle grandi *software-house* in campo della programmazione e del disegno parametrico si riuscirà ad avere sotto controllo in interrelazione varie discipline che prima sembravano viaggiare su binari paralleli. Si riuscirà a gestire le fasi di un progetto in termini di pianificazione operativa e gestione del cantiere. Ciò porterà a gestire in maniera esemplare due aspetti importantissimi: tempo e costi. Grazie alle tecnologie 4D e 5D che gestiscono il tempo (4D) e i Costi (5D) si riesce a produrre direttamente il computo estimativo di ogni singolo materiale impiegato e il cronoprogramma delle opere.

L'impresa del futuro, data la rapidità dei cambiamenti del mercato e grazie all'integrazione di tecnologie all'avanguardia, vanterà l'utilizzo di lavoratori sempre più qualificati. Gli operai saranno formati sui principi della meccanica e dell'informatica e si dovranno confrontare con le logiche sempre più esigenti e concorrenziali del mercato globale. Pertanto l'elevata preparazione professionale

concorrerà a un aumento del costo della manodopera. Tuttavia questi costi non incideranno negativamente sul trend edilizio, poiché saranno compensati e ammortizzati dal velocizzarsi delle prestazioni dovute alla meccanizzazione e dall'automatizzazione del cantiere. Ciò favorirà teoricamente un aumento dei salari e un alleggerimento del carico di lavoro da parte degli operai.

Il quadro appena stilato sulle evoluzioni delle costruzioni, ci fa capire quanto sia radicalmente mutato il mondo del lavoro. Si è raggiunta la consapevolezza che, per ottenere la crescita produttiva, sia fondamentale valorizzare il lavoro umano investendo in formazione.⁶

Il cantiere futuro rassomiglierà sempre di più a un'officina meccanica, perché:

- I tempi e i costi saranno sempre più sotto controllo.
- I manufatti edilizi saranno sempre più meccanizzati e automatizzati per cui la loro realizzazione sarà sempre più assimilata a quella di una macchina.
- La mano d'opera sempre più formata sui principi della meccanica e dell'informatica.

⁶ http://people.dicea.unifi.it/pcapone/MATERIALI_presentazioni/Cantiere_09_10.pdf

2.5 Le fasi del processo edilizio

Come precedentemente citato nella definizione del cantiere, il processo edilizio è composto da un susseguirsi di fasi operative che hanno lo scopo di realizzare e gestire l'opera, garantendo dei requisiti fondamentali:

- La qualità della realizzazione della fabbrica.
- L'ottimizzazione e la realizzazione in tempi stabiliti.
- Il raggiungimento del massimo risultato possibile in rapporto alle risorse disponibili. Risorse interne ed esterne.
- Il controllo dei costi della produzione e della gestione in relazione alle previsioni del mercato.

Possiamo distinguere le fasi del processo in quattro:

- **Programmazione:** In questa prima fase si esamina con il committente i requisiti che si vogliono soddisfare. Viene effettuata una programmazione preliminare, dove vengono scelte la modalità di costruzione in base alle fonti finanziarie disponibili.

Progettazione: Le esigenze richieste dal committente sono espresse in termini progettuali, specificando la forma dell'opera e quale sarà la tecnica adottata per la realizzazione. In aggiunta alla progettazione della forma, del funzionamento e della realizzazione del manufatto, in questa fase, si realizza una pianificazione economica, affiancando un cronoprogramma dei lavori.

- **Realizzazione:** L'esecuzione dell'opera viene assegnata a una ditta appaltatrice che ha il compito di dare vita al progetto mantenendone la conformità e accertando l'idoneità dell'opera tramite il collaudo.
- **Gestione:** Lo stadio finale, dopo la realizzazione, riguarda la manutenzione dell'opera. L'obiettivo di questa fase, è quello di salvaguardare sia l'integrità fisica che quella funzionale della struttura al fine di non pregiudicarne le prestazioni intrinseche. La manutenzione dell'opera viene realizzata grazie a piccoli accorgimenti che mantengono il manufatto integro ed efficiente, come: il corretto esercizio degli impianti tecnici, la puntuale manutenzione ordinaria e straordinaria nonché la programmazione. Questa fase comprende anche la gestione del fine ciclo della struttura. Lo smaltimento è un aspetto molto importante, fase decisionale al quale si accede sia con l'eventuale recupero della struttura per mezzo d'interventi finalizzati al riuso del opera con cambio di destinazione, o con la demolizione e quindi il successivo riciclo degli elementi. Un ulteriore, ma non meno importante aspetto da tenere presente nella gestione, è il mantenimento delle aspettative economiche e la correlata perdita di valore del manufatto nel corso del tempo.⁷

⁷ F. Ossola, *La gestione del processo edilizio. Pianificazione progettuale ed operativa*, Levrotto e Bella, 1999.

3.0 Perché nasce BIM?

BIM nasce dall'esigenza sempre crescente di semplificare la complessità del processo edilizio in merito alla realizzazione e all'amministrazione di una commessa. Ciò è possibile ottimizzando le varie fasi di programmazione del lavoro: progettazione, gestione, manutenzione e smantellamento dell'opera. Il BIM nasce, quindi, come strumento per facilitare il **project management** durante tutte queste operazioni e attività di analisi, progettazione e realizzazione degli obiettivi di un progetto: seguendo le varie fasi evolutive, i vincoli di tempo costi, risorse, qualità e destinazione dell'opera.

Con l'utilizzo di BIM le imprese mirano ad aumentare la loro competitività sul mercato e quindi ad avere una resa produttiva maggiore, ma anche a migliorare la qualità del prodotto finale da consegnare al cliente.

E' evidente come la complessità della programmazione del processo edilizio ha trovato nello strumento digitale un valido ausilio per migliorare la sinergia tra le varie discipline (architettura, struttura, impiantistica) che prima, nell'iter progettuale, erano praticamente a sé stanti. Possiamo constatare quindi l'utilità di tale metodo innovativo, anche riguardo la gestione delle informazioni nel suo insieme, in quanto riesce a fornirci un'ottica globale dell'opera nel suo intero ciclo vita.

In sintesi:

- Facility Management
- Interoperabilità delle materie
- Competitività
- Velocità
- Multidisciplinarietà
- Sostenibilità
- Trasparenza delle operazioni

3.1 Che cos'è BIM ? (Building Information Modelling)

A tutt'oggi non abbiamo una definizione univoca e universale (anche se si sta lavorando per ottenere una norma europea che dia una definizione standardizzata) che ci dia un significato codificato. Esistono varie definizioni concordanti basate sui principi generali di questo metodo. Quindi, per rispondere a questa domanda, proveremo a citare alcune definizioni rappresentative:

- Sebbene la tecnologia BIM sia riuscita a farsi spazio solo recentemente, una delle prime definizioni, risale alla fine degli anni 70'. Prodotta dal pioniere e massimo esperto in materia Charles M. Eastman professore del Georgia Institute of Technology:

"...interactively defining elements...deriving sections, plans, isometrics or perspectives from the same description of elements... Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawings to be updated. All drawings derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent...any type of quantitative analysis could be coupled directly to the description...cost estimating or material quantities could be easily generated...providing a single integrated database for visual and quantitative analyses...automated building code checking in city hall or the architect's office. Contractors of large projects may find this representation advantageous for scheduling and materials ordering."

[Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston —BIM handbook. A guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors].⁸

⁸ C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, *BIM Handbook, A guide to Building information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractor*, J. Wiley & Sons, New Jersey, 2008.

- Secondo Autodesk softwarehouse sviluppatrice del programma REVIT ARCHITECTURE:

*"Building Modeling Information (BIM) è un metodo innovativo per facilitare la comunicazione tra i settori architettonici, ingegneristici e costruttivi. Con BIM gli architetti e gli ingegneri generano e scambiano in modo efficiente le informazioni, creano rappresentazioni digitali di tutte le fasi del processo di costruzione e simulano prestazioni reali, migliorando il flusso di lavoro, aumentando la produttività e migliorando la qualità."*⁹

- La National Building information Modeling Standards (NBIMS) dà una definizione concreta e concisa di quali sono le caratteristiche principali:

"Imagine for a moment all of the individual actors in all of the phases of a facility's lifecycle. Imagine that all of the actor, working in familiar ways within their own speciality area, are able to gather information, explore option, assemble, test, and perfect the elements of their work within a computer-based model before committing their work to be shared with or passed on to others, to be built, or to be operated. Imagine further that when it becomes necessary to share or pass a bundle of information to another organization, which may or may not be using the same tools, or to move it onto another phase of work it is possible to safely and almost instantaneously (through a computer-to-computer communication) share or move just the right bundle of information without loss or error and without giving up appropriate control. In this imaginary world the exchange is standardized across the entire industry such that each item is recognized and understood without the parties having to create their own set of standards for that project team or for their individual organizations. Finally, imagine that for the

⁹ <https://www.autodesk.it/products/revit/overview>

life of the facility every important aspect, regardless of how, when, or by whom it wry created or revised could be readily captured stored researched, and recalled as needed to support real property acquisition and management, occupancy, operations, remodeling new construction, and analytics.”¹⁰

Come si evince dalle definizioni precedenti, il BIM, acronimo di Building Information Modeling, (anche se potrebbe essere tradotto anche Building Information Management), è un metodo per la progettazione, realizzazione e gestione di un edificio grazie all'impiego di uno o più software. Spesso alcuni erroneamente, pensano che il BIM sia uno specifico software utilizzato per la creazione di un modello 3D, come potrebbe essere Revit, ArchiCAD, o qualsiasi altra piattaforma presente sul mercato, ma non è esattamente così. Qui bisognerebbe aprire una parentesi per cercare di far chiarezza, per individuare quali sono le caratteristiche che contraddistinguono un modello tridimensionale dal BIM. Ciò è un passo fondamentale per cercare di trasmettere alle persone, le reali potenzialità del metodo, affinché si rendano conto delle solide ragioni per cui il futuro delle costruzioni sarà basato su questa innovazione. Concetto che molti professionisti del settore non hanno tuttora ben assimilato, dati i risultati ottenuti degli studi effettuati sull'utilizzo del BIM. Gli esiti negativi sull'impiego del metodo, sono dovuti alla disinformazione in materia, nonché alla mancanza di normativa. Partendo da questa premessa, non dobbiamo pensare al modello BIM come una rappresentazione tridimensionale fine se stessa, ma come un oggetto 3D che al suo interno racchiude un'immensa mole di dati e informazioni che contraddistinguono il modello fisico. Sebbene il modello BIM sia una rappresentazione tridimensionale, non tutti i modelli 3D sono BIM; ne deriva, che il modello è solo la base di partenza di tutta l'attività del processo, dalla quale è possibile poi estrapolare tutte le fasi dell'iter edilizio e naturalmente tutti gli aspetti morfologici dell'edificio (dimensioni, stratigrafie, costi, ecc.). Tuttavia ciò non è ancora abbastanza per contraddistinguere tale metodologia da un semplice software. L'aspetto fondamentale che viene considerato alla stregua di una rivoluzione copernicana in

¹⁰ BuildingSMART, *National Building Information Modeling Standard (NBIMS) 3 Version 1.0 – Part 1: Overview, Principles, and Methodology*, National Institute of Building Sciences, 2007, Pag. 12.

materia, è l'introduzione dell'**interoperabilità**, ovvero una metodologia di interscambio di dati che viene sfruttata dagli utenti che utilizzano piattaforme diverse e prendono parte alla realizzazione e gestione dell'opera [Fig. 12] . L'interoperabilità dà la possibilità di consultare, scambiare e modificare informazioni del modello da parte dei vari operatori in qualsiasi momento essi vogliano.¹¹ In pratica l'informazione assume un'essenza bidirezionale in quanto è possibile estrarla, gestirla e restituirla al modello originario utilizzando applicativi diversi fra le varie parti. Questo nuovo metodo di lavoro integra tutti gli attori coinvolti nel processo di costruzione: architetti, ingegneri, costruttori, sviluppatori, facility manager, ecc., stabilendo un flusso incrociato d'informazioni tra di loro, che favorisce un miglioramento della qualità del progetto. Questo sistema di collaborazione comporta una profonda trasformazione che interessa tutti i processi dell'opera: progettazione, costruzione e gestione patrimoniale come abbiamo conosciuto finora. Tali innovazioni condurranno a un cambiamento non solo nel settore edile, ma si auspica che il BIM sarà l'anello di congiunzione che consentirà all'industria delle costruzioni di connettersi ad altre comunità digitali, rendendo possibile realizzare "very smart buildings in very smart cities" ¹².

¹¹ <https://www.str.it/focus-bim/interoperabilita>

¹² <https://www.smartcitiesworld.net/opinions/opinions/smart-buildings-creating-smarter-cities-by-frost--sullivan-consulting-director-konkana-khaund>

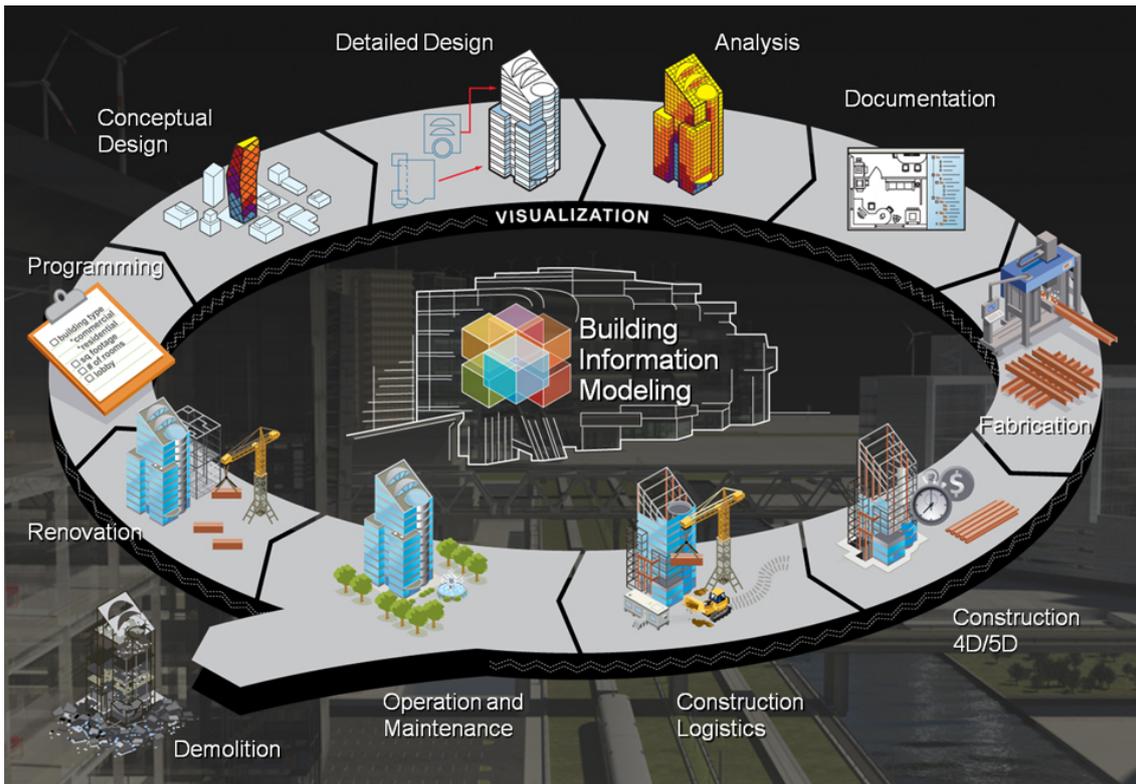


Figura 12: Processo del BIM
Fonte: http://www.sperastudio.it/?page_id=2658.

3.2 Storia del BIM

Nel corso della storia della costruzione, la progettazione dei progetti è stata realizzata semplicemente con penna e carta. Questa procedura, sebbene precisa e affidabile, aveva un inconveniente: il tempo. Infatti, per rappresentare un elaborato grafico, occorre un gran numero di ore e c'era lo svantaggio che qualsiasi modifica apportata, comportava il rifacimento dei documenti. E' chiaro che in un'epoca, dove il tempo è alla base della competitività fra imprese, ed è sinonimo di denaro e di profitto, questo non poteva essere più accettato come metodo rappresentativo. Fu per questo che nel 1955, presso il Lincoln Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT), luogo di nascita d'importanti progressi tecnologici, venne sviluppato il primo sistema grafico che mirava a raccogliere i dati rappresentandoli sullo schermo di un computer.

Il precursore dei sistemi CAD nacque proprio al MIT nel 1963, per mano di Ivan Sutherland, programmatore di computer e pioniere Internet, che sviluppò il sistema Sketchpad grazie al suo lavoro di dottorato [Fig. 13].

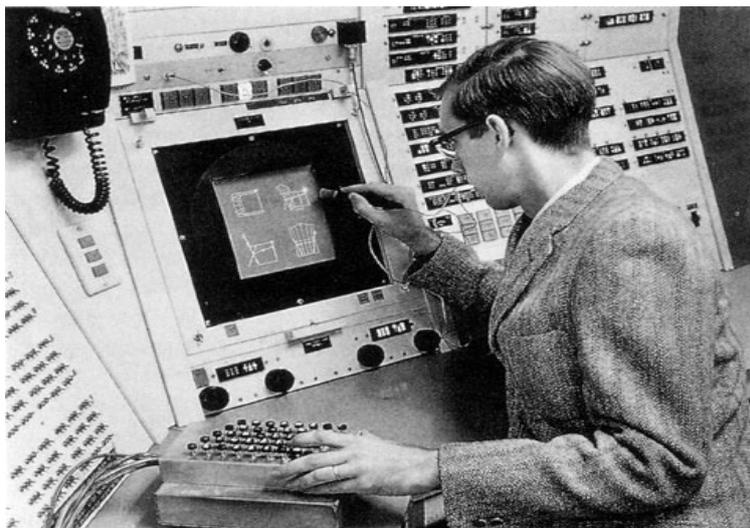


Figura 13: Ivan Sutherland utilizza il software Sketchpad

Fonte: <http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>

Sketchpad costituiva un sistema di comunicazione grafica Man-machine, che consentiva al progettista di disegnare sul monitor grazie a una penna ottica. Lo Sketchpad nacque come un programma unico sviluppato per il calcolatore TX-2, un computer unico in sé. Con Sketchpad si potevano creare disegni altamente accurati, in quanto grazie alle importanti innovazioni di sistema, ci si poteva avvalere di una memoria per archiviare oggetti, nonché la capacità di ingrandire e ridurre l'immagine.

In seguito, furono sviluppati molti altri software sulla base dei fondamenti della Sketchpad. Due furono le imprese che si distinsero in particolare in questo ambito, mettendosi in evidenza fra i sistemi applicativi realizzati : la ITEX, società americana specializzata inizialmente nella progettazione di satelliti spia, e la General Motors, azienda statunitense produttrice di autoveicoli.

Sebbene le tecnologie dell'epoca non fossero adeguatamente sviluppate, le industrie manifatturiere e aeree si resero immediatamente conto dell'enorme beneficio di cui potevano usufruire con tale sistema, e decisero di partecipare attivamente dando un ulteriore impulso tecnologico. Iniziarono così una collaborazione con le varie software-house, al fine di intensificare lo sviluppo e la realizzazione dei programmi a cui erano interessate. L'utilizzo di un'interfaccia grafica che consentisse il controllo di oggetti grafici convenzionali era ormai considerato un passaggio insostituibile. I vantaggi, infatti, erano notevoli: si riduceva la possibilità di fare errori conseguendo una fluidità di analisi integrata. L'industria delle costruzioni invece non colse al volo questa opportunità, limitandosi all'utilizzo sporadico del software per il disegno architettonico e basandosi esclusivamente sulla rappresentazione progettuale degli elementi, tralasciando tutto il processo edilizio.

Dieci anni dopo, il primo sistema CAD (Computer-Aided Design) fu venduto a un prezzo esorbitante, pari a circa 500.000 di dollari. Dopo quattro anni, a partire dallo sviluppo del primo plotter, le aziende del settore aerospaziale e automobilistico cominciarono ad utilizzare sistemi CAD.

L'espansione del sistema CAD 2D però non si è fatta strada sul mercato fino a quando Autodesk non è riuscito a sviluppare un programma PC CAD ad un costo inferiore a 1.000 dollari. Nonostante la maggiore accessibilità al sistema da parte dei professionisti, la sua espansione continuò a verificarsi prevalentemente nel mondo dell'industria aerospaziale e automobilistica.

Nel 1973 venne implementato partendo dal sistema 2D, un nuovo processo denominato: Modellazione Solida Tridimensionale, sviluppato dalle università di Cambridge, Stanford e Rochester con lo scopo di creare e modificare figure solide 3D, al fine di rappresentare, tramite solidi, un modello virtuale di un oggetto reale.

Parallelamente, Keith A. Bentley e suo fratello Barry J. Bentley fondarono Bentley Systems nel 1984. Un anno più tardi portarono sul mercato una versione di un programma chiamato PseudoStation, che permetteva agli utenti di IGDS (Interactive Graphics Design System), di utilizzare terminali e grafiche a basso costo per lo sviluppo dei loro progetti. In precedenza, l'accesso a questi sistemi era stato possibile solo attraverso computer speciali (VAX Systems) capaci di alte prestazioni e, di conseguenza, con budget elevati. Il successo della PseudoStation convinse i fratelli che esisteva un mercato dei sistemi CAD per i personal computer. Perciò comprendendo e dimostrando che i computer di quel tempo erano già dotati di rendimenti sufficienti per queste attività, nel 1986, lanciarono la versione 1 di MicroStation, che permetteva di aprire, visualizzare e stampare i file di progetto dei sistemi VAX direttamente dal PC.

Con il diffondersi dei programmi CAD su larga scala, e grazie all'abbassamento del costo, l'utilizzo delle piattaforme si spostò anche nell'ambito edile. Tutti i progetti incominciarono a essere realizzati utilizzando questo software, arrivando così a risparmiare tempo, acquistando efficienza e qualità nei sistemi di rappresentazione.

Data la conquista ottenuta nel campo del 2D, a breve venne associata ad essa anche la rappresentazione 3D promossa dagli architetti, che miravano a migliorare la qualità del dettaglio e della presentazione, sfruttando a pieno la tecnologia della restituzione grafica mediante l'utilizzo del render. La renderizzazione è una rappresentazione fotorealistica di alta qualità che permette di fornire al committente un'immagine dettagliata del progetto, dando la possibilità anche alle persone non esperte in materia di comprendere le scelte progettuali, scelta molto importante per l'attrazione dei clienti. Dopo questo nuovo impulso e miglioramenti utilizzati, la modellazione 3D, fu sempre migliorata fino a giungere alla sfida e l'esigenza di rappresentare lo stadio finale del disegno in forma dinamica, nacque quella che oggi è conosciuta come la tecnologia BIM (Building Information Modeling).

L'origine del BIM non ha un punto di partenza unico, ma è derivato dalla combinazione di diverse strade e varie scoperte. Alcuni sostengono che sia stata la società Ungherese Graphisoft, che ha sviluppato nel 1986 il primo programma denominato ArchiCAD per disegnare, utilizzando 2D e 3D e che ha dato l'incipit per lo sviluppo della metodologia attuale. Il software, in definitiva, ha dato una vera e propria svolta nel campo della rappresentazione, in quanto ha permesso la modellazione di un modello tridimensionale in cui ogni singolo elemento veniva rappresentato e identificato secondo parametri e regole che ne determinavano l'organizzazione razionale. D'altra parte, Autodesk iniziò a utilizzare il concetto BIM solo dopo l'acquisto nel 2002 della società Revit Technology Corporation.

Altri però sostengono che il primo a diffondere questo concetto sia stato proprio il professor Charles M. Eastman dell'Istituto di tecnologia di Georgia. Parallelamente, c'è un consenso generale che attribuisce a Jerry Laiserin la diffusione dell'acronimo come termine comune per la rappresentazione digitale dei processi costrutti, avvenuto nel 2003 a seguito del confronto tra Autodesk e Bentley.

Recentemente, in meno di 20 anni tale metodologia è stata sviluppata poco a poco fino ad oggi, lasciando fortemente la connotazione futuristica che la caratterizzava in passato e radicandosi nel presente. Dimostrazione di questo, sono i numerosi

stati che hanno scelto di utilizzarla obbligatoriamente per la progettazione delle commesse dei lavori pubblici. Stati come: la Norvegia, la Finlandia, la Gran Bretagna e gli Stati Uniti che già da tempo ne usufruiscono all'insegna dell'interoperabilità. Questa metodologia è offerta da diversi fornitori tecnologici al momento. Principalmente, le aziende più note sono: Autodesk (Revit), Graphisoft (ArchiCAD), Nemetschek (Allplan), Tekla y Bentley System.¹³

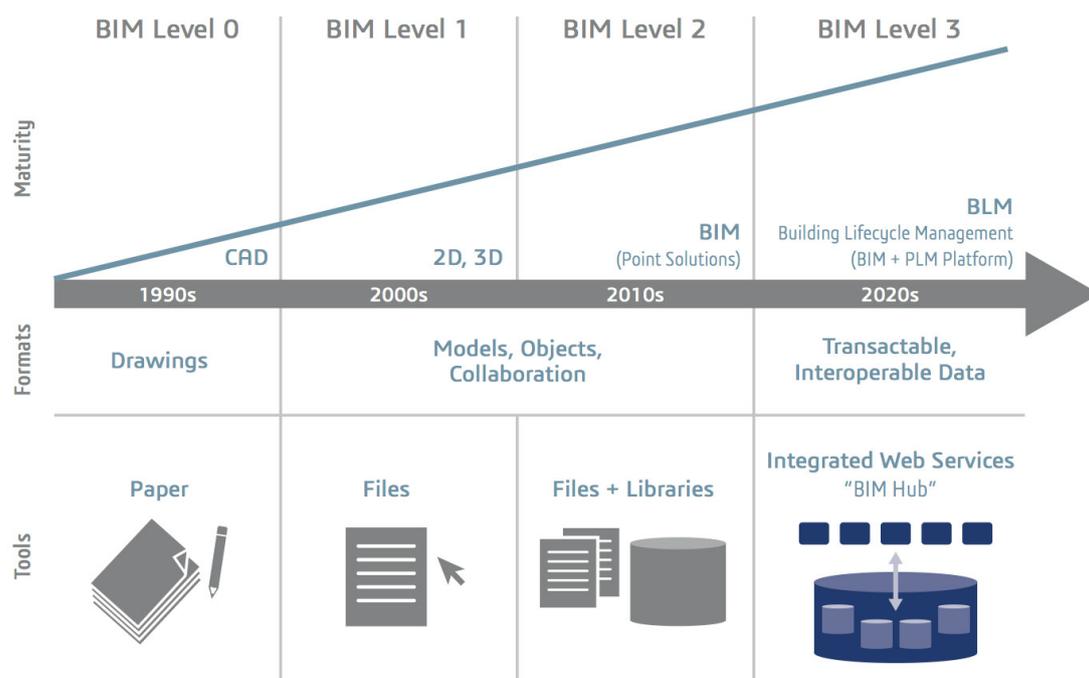


Figura 14: Le varie evoluzioni e livelli del BIM durante gli anni.
 Fonte: The BIM Maturity Model by Mark Bew and Mervyn Richards adapted to reflect BLM's relationship to Level 3.

¹³ <http://biblus.acca.it/building-information-modeling-o-model-la-storia-del-bim-e-levoluzione-software/>

3.3 Differenze fra CAD e BIM

Anche se gli strumenti BIM rappresentano una rivoluzione paragonabile a quella che negli anni 80 ha introdotto la tecnologia CAD, questi approcci sono molto diversi, sia partendo dal disegno architettonico, sia alla sua documentazione.

Le applicazioni CAD (Computer Aided Design) imitano il tradizionale processo manuale di disegno con carta e matita in due dimensioni. Immaginiamo un tecnigrafo virtuale che crea elementi grafici come linee, cerchi, poligoni e campiture; che ci consegna così un disegno rappresentato virtualmente, a cui si possono apportare le modifiche e fare eventuali copie. [Fig. 15]

Come nel caso del disegno manuale, i disegni CAD, però vengono creati in modo indipendente, pertanto ogni modifica del file deve essere riveduta e modificata manualmente in ciascun elaborato; se modifichiamo un elemento in pianta, dovremo modificarlo anche nelle altre viste (prospetti e sezioni). Ciò comporta un

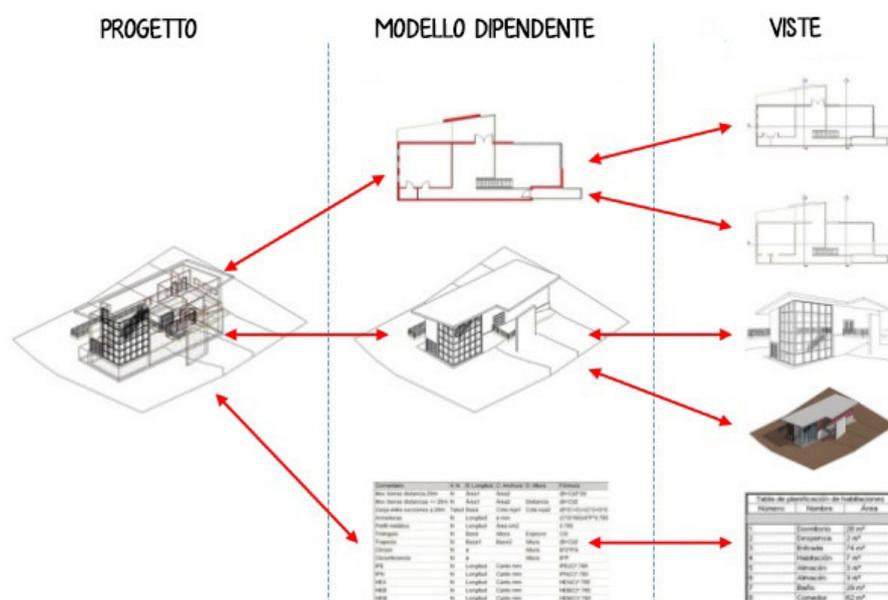


Figura 15: Metodologia CAD
Fonte: Metodologia CAD

elevato dispendio di tempo e rischio di eventuali errori durante il processo di modifica. Sebbene la metodologia segua un flusso di lavoro basicamente lineare, questo non è sempre regolare, infatti, durante lo stesso progetto si attuano un'innunerevole quantità di variazioni dovute a fattori sia esogeni che endogeni che portano come conseguenza la rivalutazione del disegno iniziale. In caso di una richiesta di aggiornamento della documentazione già a opera inoltrata, tutti gli elaborati come: computo metrico, cronoprogramma, modello di calcolo e capitolato d'appalto dovranno essere rivisti a discapito delle ore di lavoro da parte del team project.

Le applicazioni di modellazione BIM, d'altro canto, imitano il processo di costruzione effettivo. Invece di creare disegni con linee 2D, l'applicazione genera l'edificio virtuale praticamente modellando elementi di costruzione effettivi: quali muri, finestre, solai, colonne, tetti, i quali, a loro volta, contengono: informazioni

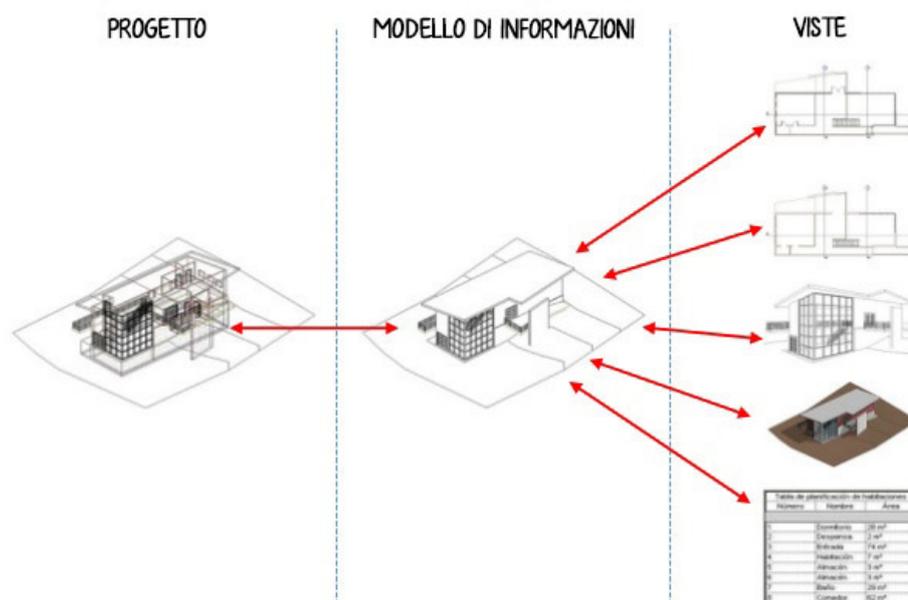


Figura 16: Metodologia BIM
Fonte: Metodologia CAD

circa i materiali, le caratteristiche tecniche, i produttori, i prezzi. Quindi visto che tutti i dati sono memorizzati nel modello virtuale centrale, le modifiche di

progettazione vengono automaticamente rilevate e eseguite su tutti i disegni individuali generati dal modello. Questo sistema impedisce il verificarsi di cambi repentini del progetto dovuto a errori in fase di realizzazione.

Nella [Fig. 17] viene riportata "La curva MacLeamy", che rileva in sintesi l'utilità e l'impatto che BIM ha nel settore delle costruzioni.

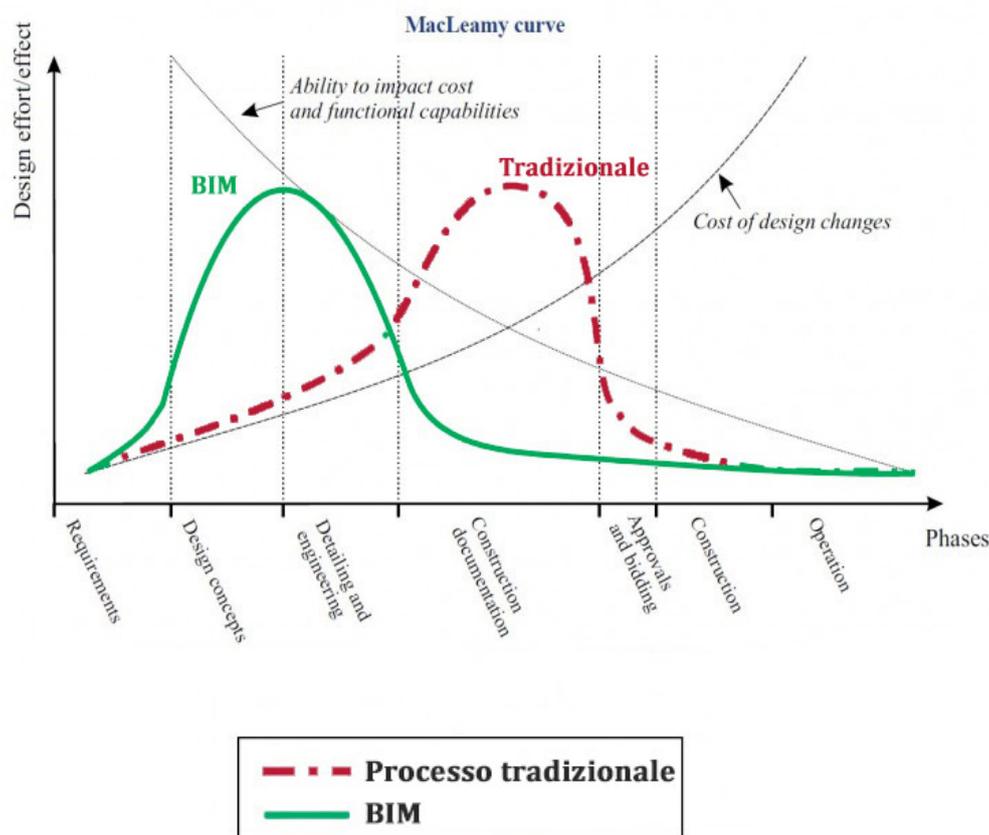


Figura 17: Curva di MacLeamy

Fonte: <https://processinnovation.wordpress.com/2013/05/08/perche-bim/>

L'architetto americano Patrick MacLeamy, presidente della società di architettura, ingegneria e pianificazione CEO di HOK, e della BuildingSMART, nonché fondatore, ha stabilito i benefici di BIM mediante un diagramma. MacLeamy ha introdotto nell'asse delle ascisse le diverse fasi del progetto nel tempo, passando dalla progettazione concettuale, sviluppo, documentazione per finire con la costruzione,

inserendo successivamente nell'asse verticale la rappresentazione dello sforzo dedicato a ciascuna di queste fasi. Si vede chiaramente che nella metodologia tradizionale (rossa), la maggior parte dello sforzo richiesto avviene durante la realizzazione della documentazione. Utilizzando una tecnologia BIM (verde), la curva si sposta verso sinistra, ovvero lo sforzo maggiore è richiesto in fasi precedenti.

Così, come indicato dalla linea **capacità di influire sui costi**, focalizzando gli sforzi in fase progettuale, sarà possibile rilevare come eventuali inconvenienti, si possano evitare durante la fase di costruzione. Il costo e lo sforzo necessari durante la costruzione saranno molto inferiori, avendo lasciato quasi completamente definito il progetto in fase di progettazione.

Al contrario, con il metodo tradizionale, come mostrato nella voce **costo delle modifiche di progettazione**, le modifiche di progetto che non erano state precedentemente definite, avverranno durante le fasi di costruzione, determinando un significativo aumento del costo e dello sforzo.

Vediamo praticamente cosa succede in un programma CAD come AUTOCAD e in uno programma BIM come REVIT ARCHITECTURE se vogliamo, ad esempio, spostare la partizione di un tramezzo.

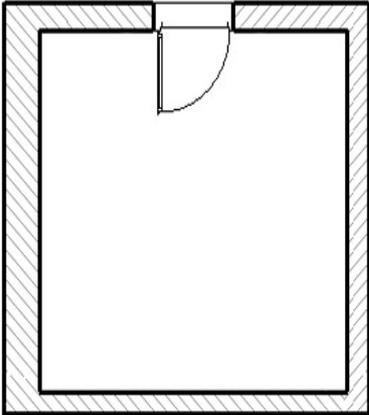
METODOLOGIA	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA	ELEMENTO	CAMBIO
CAD		<ul style="list-style-type: none"> • Polilinea • Blocco porta • Retino 	<ul style="list-style-type: none"> • Spostare il muro • Cambiarlo nelle piante superiori • Ridurre le sezioni • Ricalcolare le superfici • Rielaborare i costi • Ricalcolare il consumo
BIM	 <p>1 SOGGIORNO 28.42 m²</p>	<p>Muro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CLS + • isolante + • intonaco • 25Kg /ml • 135€/ml • Lunghezza= 3m • Altezza= 3,5m <p>Porta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2X1 m • 185€ <p>Soggiorno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 28,42 m² • 6 posti • orientament o est • consumo 15Kw/h 	<p>Indicare la posizione finale del muro</p>

Tabella 1: Differenze BIM e CAD

La tabella superiore [TAB. 1] mostra la descrizione di un oggetto mediante lo strumento AUTOCAD, è evidente come la rappresentazione sia composta solo da un paio di polilinee, un retino e un blocco di una porta. Mentre in un programma BIM come REVIT, appaiono molte più informazioni. Ad esempio, sono definite la composizione e le dimensioni degli strati che formano la parete, il suo coefficiente di trasmissione del calore. Inoltre la porta, oltre ad essere un blocco con dimensioni definite, contiene le informazioni circa i produttori, i materiale, le unità totali usate, il prezzo; e il tutto è aggiornato in tempo reale. Il programma offre molte altre caratteristiche che possiamo introdurre nel modello.

Il fatto di spostare una partizione in CAD, implica lo spostamento della parete stessa, cambiando anche la geometria ai piani superiori, inferiori, sezioni o prospetti interessati, portando come conseguenza una serie d'inconvenienti: come superfici da ricalcolare, rielaborare bilanci, ricalcolare consumi, per poi modificare questi parametri nella relazione.

Questa stessa decisione realizzata con l'utilizzo della strumentazione BIM, offre l'opportunità di spostare semplicemente la parete in uno dei luoghi prestabiliti, aggiornando automaticamente le altre viste, le misurazioni, il cronoprogramma e qualsiasi altro documento inerente al modello.

CONCETTO	CAD	BIM
Disegno	<p>Entità geometrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linea • Cerchio • Poligono • Solido • Superficie 	<p>Elemento costruttivo con proprietà:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muro • Porta • Pilastro • Tetto • Terreno
Piante, Prospetti, Sezioni, Modello 3D	<p>Sono entità indipendenti alle quali le modifiche devono essere applicate separatamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nello stesso file • Diversi file (con o senza referente) 	<ul style="list-style-type: none"> • C'è solo un modello da cui vengono estratte le rappresentazioni. • Qualsiasi modifica del modello modifica le rappresentazioni.
Dati associati	<p>Blocchi con attributi (poco utilizzati, hanno limitazioni)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proprietà degli elementi : (prezzi unitari, materiali, costi trasporto) • Calcolato (superfici, volumi, altezze) • Proprietà del progetto
Elaborati	<p>I dati devono essere calcolati e esportarli in un altro software</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Generati automaticamente. • Genera collegamenti fra dati e modello (i dati possono essere modificati nella relazione o direttamente nel modello)
Lavoro di gruppo	<p>Non ci sono soluzioni improvvisate: un file, una persona con relativi file Xref (riferimenti esterni)</p>	<p>I metodi cambiano secondo le applicazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di lavorare in aree ,strati specifici • Autorizzazioni, utenti

Tabella 2: Differenze BIM e CAD

3.4 I livelli del BIM

Un concetto fondamentale da acquisire per comprendere l'implementazione progressiva della metodologia BIM nell'industria delle costruzioni, riguarda i cosiddetti Livelli BIM, detti anche livelli di maturità. Spesso negli appalti pubblici che richiedono l'utilizzo della metodologia, viene specificata l'obbligatorietà dell'utilizzo di un grado specifico di BIM per lo sviluppo del progetto. Si tratta di un concetto che mira a definire i diversi stati evolutivi esistenti entro i quali si deve operare al fine di ottenere un prodotto integrato e collaborativo con i sistemi BIM. Il mondo della costruzione ha capito che qualsiasi cambiamento improvviso può compromettere le prestazioni e i risultati, anche se percepiti per ottenere un miglioramento. Ecco perché è necessario attuare un graduale ma deciso cambiamento nei modi di lavorazione per familiarizzare con le nuove tecnologie offerte, sia software che hardware. A tale scopo, sono state stabilite una serie di fasi fondamentali facilmente identificabili che formano i vari livelli di sviluppo BIM.

[Fig. 18]

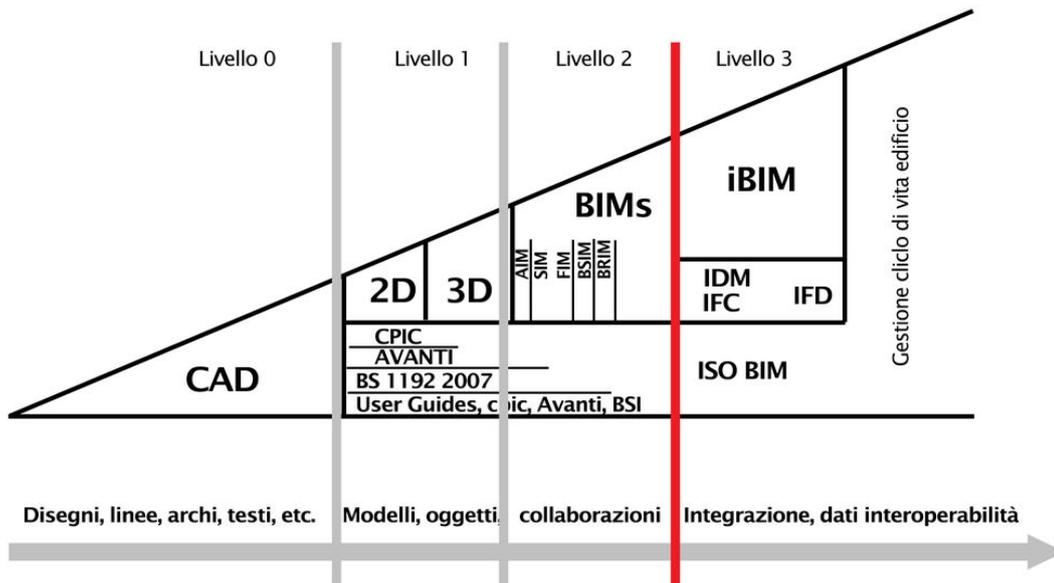


Figura 18: Livelli del progetto BIM

Fonte: <http://www.inframod.it/servizi-di-ingegneria/consulenza-bim.html>

Esistono quattro livelli diversi che definiscono il grado di maturità che vanno da zero a tre; a volte però il passaggio da un grado all'altro è questione di discussione. Tuttavia, possiamo definire i livelli come segue:

Livello 0

Il livello 0 definisce lo stato di lavoro in cui non esiste alcun tipo di collaborazione, cioè dove ciascuno degli agenti coinvolti in un progetto elabora la propria documentazione, e il trasferimento di informazioni è limitato. Corrisponde alla metodologia tradizionale di lavoro, quella che è stata utilizzata per 15-20 anni. Il modo di disegnare e di rappresentare è totalmente in due dimensioni e il metodo di comunicazione e di presentazione utilizza la carta o planimetrie stampate mediante plotter. Lo scambio dell'informazione viene eseguito mediante documenti testuali. La tecnologia è basata sul software CAD. Possiamo sostenere che questo è il grado conosciuto dalla maggior parte dell'utenza, e non è considerato come un vero e proprio BIM.

Livello 1

Al livello 1 troviamo già un mix di 2D e 3D con il software CAD. Lo scopo del disegno tridimensionale è quello di mostrare in modo più rappresentativo e di conseguenza più comprensivo i progetti, per avere una chiara concettualizzazione di ciò che viene disegnato e dall'impatto che comporta. D'altra parte, la documentazione 2D (le piante e i dettagli), fornisce informazioni di progetto da un punto di vista più tecnico e funzionale, per fronteggiare le richieste dei capitolati e quindi eseguire il lavoro stabilito. Questo modo di lavorare è ancora attualmente il più comune negli uffici di architettura e di ingegneria, poiché l'interdisciplinarietà fra i corpi partecipativi, viene attuata saltuariamente e i modelli progettuali non sono condivisi fra i partecipanti del team di progettazione.

Livello 2

Il livello 2 è definito dall'introduzione di un'attività collaborativa nella metodologia del lavoro. E' il primo livello che davvero può essere considerato come una tecnologia BIM. Siamo in un processo di lavoro in cui tutti i partecipanti del team lavorano con strumenti CAD oppure già con BIM, ma non tutti utilizzano necessariamente lo stesso modello condiviso. Comunque questo livello è caratterizzato dalla collaborazione integrata da parte di tutti i membri del gruppo di lavoro (architetti, strutturisti, impiantisti), grazie allo scambio d'informazioni tra i vari operatori del settore. Tutto il modello, o parte delle informazioni di progettazione e della documentazione, è condiviso da un formato file collettivo: racchiuso in un archivio comune o individuale. Ciò consente a qualsiasi utente di utilizzarlo in caso di organizzazione combinata dei dati, e impiegarlo al fine di creare un modello BIM federato, in cui si possono effettuare verifiche e controlli interrogativi (clash detection) . Come vedremo più avanti, esistono vari tipi di file standard che consentono lo scambio di dati, soprattutto evidenziando i file di formato IFC e COBie.

Livello 3

Infine, il livello 3 o anche conosciuto come Open BIM, è caratterizzato dalla collaborazione e l'interoperabilità tra i vari partecipanti, tramite lo sviluppo di un modello unico che è condiviso da un server centralizzato accessibile da qualsiasi operatore in qualsiasi luogo. Questo livello corrisponde alla destinazione finale di questa metodologia, ben lungi dall'essere raggiunto da tutti gli agenti coinvolti nella costruzione. Inoltre per prefigurare un quadro che sostenga questa forma di lavoro, manca ancora definire alcuni aspetti giuridici, ma soprattutto, occorre assimilare e consolidare la novità da parte del settore. Con il raggiungimento di questo livello sarà possibile lavorare su tutto il ciclo di vita di un edificio, ottenendo finalmente l'integrated BIM a tutti gli stati dell'edificio.

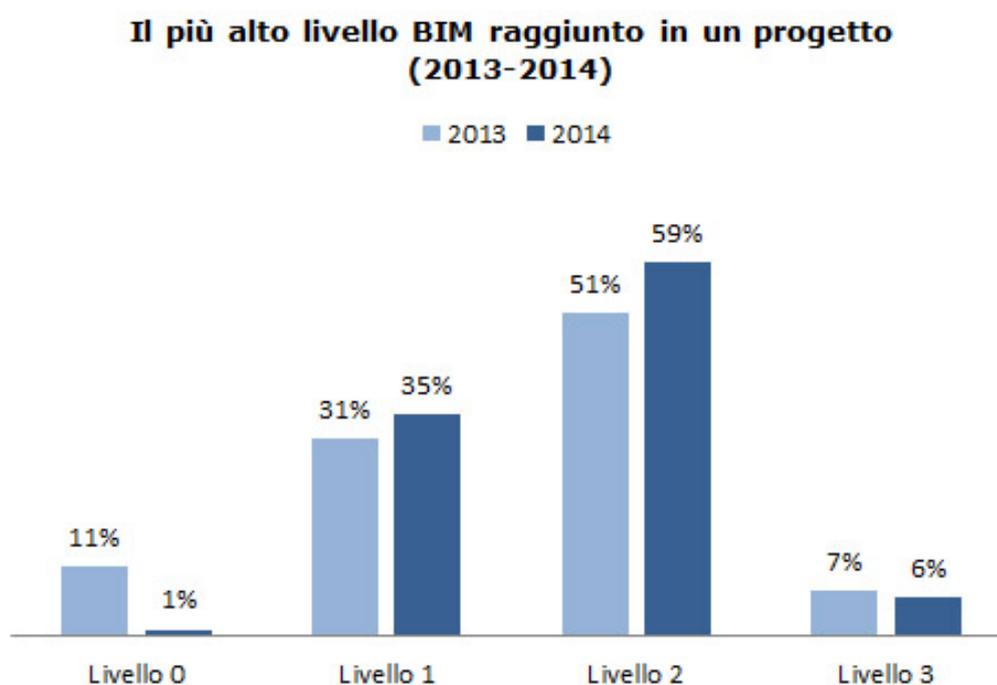
3.5 *Maturità del mercato*

Il mercato, com'è stato evidenziato più volte, è ancora poco maturo e impreparato, e non è pienamente in grado di raggiungere le varie utenze che ne possono beneficiare (Architetti, Ingegneri, Geometri, Costruttori e Clienti). I fattori che concorrono a tale inesperienza sono attribuiti da una parte al personale che spesso è ancora radicato alle tecnologie tradizionali e non ha raggiunto un grado di **consapevolezza** sull'argomento BIM; o non ha capito quali sono le ragioni per qui debba essere usato e quali benefici porta questa metodologia sul breve e lungo termine. Dall'altra parte, forse questione molto più annosa e difficile da risolvere, è data dalla realizzazione della normativa. Parlando in termini più specifici, è dovuto all'adeguamento e l'intromissione della metodologia nel sistema legislativo da parte degli Stati. Questione che determina non pochi rallentamenti nella divulgazione di questa nuova tecnologia, in vista di una futura e progressiva obbligatorietà di utilizzo del sistema da parte degli attori che lo compongono. Questo lento e progressivo adeguamento, viene prospettato dai governi come un cambiamento graduale e transitorio che porterà come obiettivi ultimi: il facilitamento nella realizzazione e gestione, e garantirà una crescita progressiva del settore.

In Italia, si sta provando a disciplinare la materia, tramite Il Decreto BIM e la norma UNI: "*UNI 11337 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni*".¹⁴ La normativa viene redatta da tecnici specializzati che hanno il compito di attuare i decreti legge sul BIM, i quali successivamente devono interagire a loro volta su altre normative preesistenti, per esempio quello sugli appalti previsti nel codice dei contratti. Il Ministero, come istituzione, ha il compito di condurre le opportune valutazioni per evitare di incorrere a errori e modifiche posteriori alla normativa. Nonostante il lento adeguamento legislativo verso la digitalizzazione, si sta riscontrando però in tutti gli Stati che stanno attuando questo piano, un notevole aumento di utilizzatori.

¹⁴ <http://www.uni.com>, Ente Italiano di Normazione

Per comparare e valutare l'escalation sul mercato dei vari Livelli BIM, e capire quali sono i trend di crescita di utilizzo della tecnologia, ci siamo avvalsi dell'indagine sulla situazione BIM in Gran Bretagna, pubblicato dal NBS (National Building Specifications). La NBS è riconosciuta come una delle analisi sul BIM più precisa e affidabile nell'uso del settore AECO (Architecture, Engineering, Construction e Operations), basata su conoscenze ed esperienze reali delle imprese



del settore. Questo ci offre un chiaro focus dello stato attuale del BIM.

Figura 19: Livelli del progetto BIM utilizzato nel Regno Unito anno 2013-2014
Fonte: Report National Building Specification.

I dati forniti dal report uscito nel 2015 fanno capo all'utilizzo dei vari Livelli BIM su un range di più di mille studi di progettazione nel corso degli anni 2013 e 2014. Come possiamo vedere dalle percentuali del grafico, abbiamo una sostanziale decrescita del Livello 0 rispetto all'anno precedente. Questo dato ci dimostra come ci sia stata una netta tendenza volta all'inutilizzo di questa metodologia di

progettazione obsoleta e individuale. Di fatto si è optato più per un lavoro basato in gran parte sulla collaborazione e l'interscambio di file, integrando con un uso complementare sia della rappresentazione tridimensionale che di quella 2D. Altro dato molto importante che possiamo notare dalle elaborazioni grafiche, è come si sia verificata una crescita di ben 8 punti percentuale per il Livello 2. Dato che ci indica il successo esponenziale da parte del BIM in un gran numero di studi del Regno Unito. Pertanto, come abbiamo già detto precedentemente, è da questo livello che possiamo cominciare a considerare l'operato in un'ottica di metodologia BIM vera è propria. Questo risultato è molto confortante, e ci auspica una costante ascesa della diffusione della metodologia nel futuro. Un altro fattore interessante ma meno incoraggiante è il calo dell'utilizzo del Livello 3. Secondo la NBS, ciò viene interpretato come una consapevolezza negativa da parte degli studi a essere ben lontani dal raggiungimento della tanto decantata interoperabilità e interscambio di file IFC. Siccome molto spesso i vari modelli non seguono gli stessi protocolli operativi e non riescono a interagire fra loro. Molti pensano che il raggiungimento di questo livello sia impossibile da ottenere con i mezzi attuali. Permane quindi un argomento di forte dibattito sulla maturità di questa tecnologia nel nostro settore.

3.6 Panoramica sulle normative comunitarie

Europa

L'Unione Europea fornisce un riferimento molto chiaro e preciso su quanto concerne l'introduzione delle nuove tecnologie BIM. La normativa in materia fa capo alla Direttiva Europea 2014/24/UE sugli appalti pubblici votata dal Parlamento Europeo nel Gennaio 2014 ed entrata in vigore il 26 febbraio 2014. La Direttiva emanata vincola gli Stati membri a "incoraggiare, specificare o imporre" l'impiego del BIM tramite provvedimenti legislativi, con lo scopo d'introdurre l'utilizzo nella progettazione e realizzazione di tutti i lavori a finanziamento pubblico. Le disposizioni emanate fissano un periodo di trenta mesi per il recepimento delle indicazioni indicate: pena, in caso di non conseguimento degli obiettivi stabiliti, di sanzioni ai singoli Stati membri. Nelle linee guida non vengono indicati espressamente i software da utilizzare per conformarsi ai risultati previsti dalla direttiva, ma solo le metodologie di gestione e verifica delle informazioni, annesse al processo edilizio. Il documento lascia ai singoli Stati carta bianca in merito alla scelta degli strumenti da utilizzare, la normativa all'Articolo 22 comma 4 dichiara esplicitamente che: *"Per gli appalti 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"*. Sebbene l'UE dia delle indicazioni precise in merito agli obiettivi da conseguire, lascia anche ai suoi membri la possibilità di legiferare autonomamente in merito. In tal modo ogni Paese è in grado di adottare le scelte consone, in base alle normative statali vigenti al grado di sviluppo della metodologia usata in un determinato contesto. Stati come Gran Bretagna, Finlandia, Norvegia, Danimarca, che sono notoriamente più sviluppati sotto questo aspetto, vantano una normativa vigente, già prima della Direttiva Europea attualmente in corso.

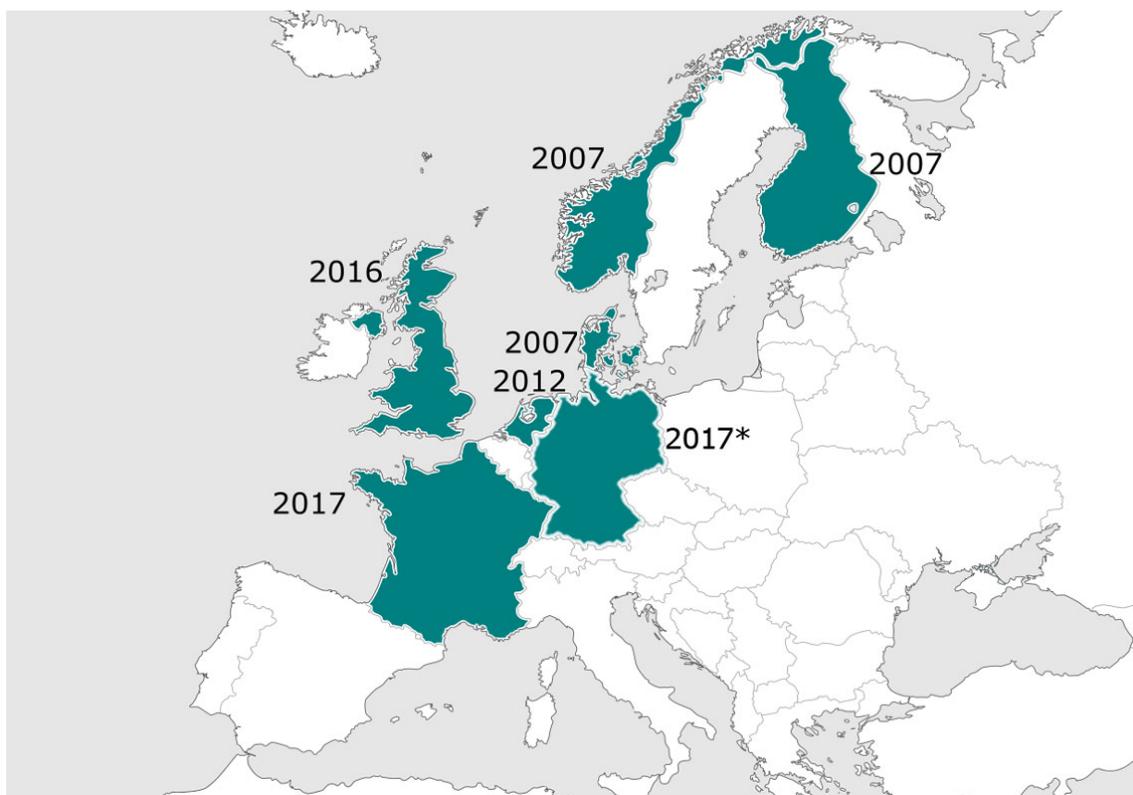


Figura 20: Paesi in cui l'implementazione BIM è già diventata parte degli atti di costruzione, incluso l'anno di trasposizione.

Fonte: <https://bimtech.cz/en/bim/>.

La Direttiva include anche altri Articoli che evidenziano l'importanza dell'utilizzo degli strumenti e della metodologia BIM nei lavori pubblici. Nell'Art. 52 è dichiarato che: *“ I mezzi elettronici di informazione e comunicazione possono semplificare la pubblicazione degli appalti e accrescere l'efficacia e la trasparenza delle procedure di appalto. Dovrebbero diventare la norma per la comunicazione e lo scambio di informazioni nel corso delle procedure di appalto [...]”*. L'UE in questo incoraggia vivamente sull'utilizzo delle nuove tecnologie per meglio gestire lo scambio delle informazioni degli appalti pubblici, al fine di semplificare e rendere interamente trasparente l'iter che sta dietro al processo edilizio.

Logicamente l'obiettivo dell'Unione Europea è quello di gettare le basi per una normativa univoca a tutti gli Stati membri nell'ambito degli appalti pubblici. Questo indurrebbe al conseguimento di un maggiore contenimento ai costi dei

progetti edili finanziati con fondi pubblici, e ad un potenziamento di competitività sul mercato europeo nell'aggiudicarsi contratti edili internazionali.

I finanziamenti che la Comunità Europea eroga per i lavori pubblici, i beni e i servizi ad essa collegati, sono supportati grazie all'utilizzo di fondi attinti dal PIL, una percentuale stimata del 18% totale, cioè un budget che ammonta alla somma di 28,41 miliardi di euro. Secondo studi condotti dal team della *Digital Built Construction Strategy* che esegue ricerche sulla riduzione dei costi, l'introduzione della normativa sui lavori pubblici, porterà entro il 2025 a una diminuzione del 20% sulle spese totali, registrando quindi un notevole risparmio per le casse dell'UE. Con queste risorse si potrebbero finanziare altre attività molto importanti nell'ambito dello sviluppo del settore edile, come ad esempio l'incremento dell'energia rinnovabile.

Si configura un interesse sempre più importate da parte della Comunità Europea a promuovere le "policy" che hanno come focus quello di incentrare il grande cambiamento digitale dell'ambiente costruito, sempre con particolare attenzione alla domanda pubblica. Con questo obiettivo non si punta solo a un risparmio dei costi di costruzione, ma anche a favorire una crescita "intelligente sostenibile e inclusiva". L'obiettivo prefissato è di cercare di avvicinarsi alle costruzioni con un approccio più etico e "green", promuovendo un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse utilizzate, favorendo una coesione sociale territoriale, che basa lo sviluppo economico sulla conoscenza e sull'innovazione. Fino ad ora l'obiettivo principale consisteva nel ottenere il prezzo più basso. Con le nuove indicazioni, anche i criteri di qualità e sostenibilità passano a essere presi più in considerazione. Ciò porterà nei contratti d'appalto a promuovere e garantire non solo il miglior rapporto qualità-prezzo, ma verranno introdotti nuovi criteri di spesa, ponendo l'accento su: richieste di considerazione ambientale, aspetti sociali e innovativi.

Italia

Le fondamenta legislative sul tema BIM, che per prime hanno dato le linee guida al settore, possiamo attribuirle all'Ente Italiano di Normazione (UNI) che ha scritto la primissima norma italiana sulla gestione digitale dei processi informatici delle costruzioni. L'incarico fu affidato nel 2014 al gruppo di lavoro UNI/CT033-GL05 (Codificazione dei prodotti e processi in edilizia) con il compito di redigere una norma tecnica riguardante l'applicazione della metodologia BIM all'interno dei confini nazionali. La **Norma UNI11337** denominata "Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni" è suddivisa in una serie di "parti" che spiegano in modo accurato tutta la procedura da seguire per utilizzare la metodologia in maniera corretta. La norma è suddivisa in 8 parti:

- **Parte 1:** Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi.
- **Parte 2:** Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi.
- **Parte 3:** Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazioni tecniche per i prodotti da costruzione (Schede informative digitali per prodotti e processi).
- **Parte 4:** Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti.
- **Parte 5:** Flussi informativi nei processi digitalizzati.
- **Parte 6:** Linea Guida per la redazione del capitolato informativo.
- **Parte 7:** Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.

- **Parte 8:** Organizzazione delle figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.

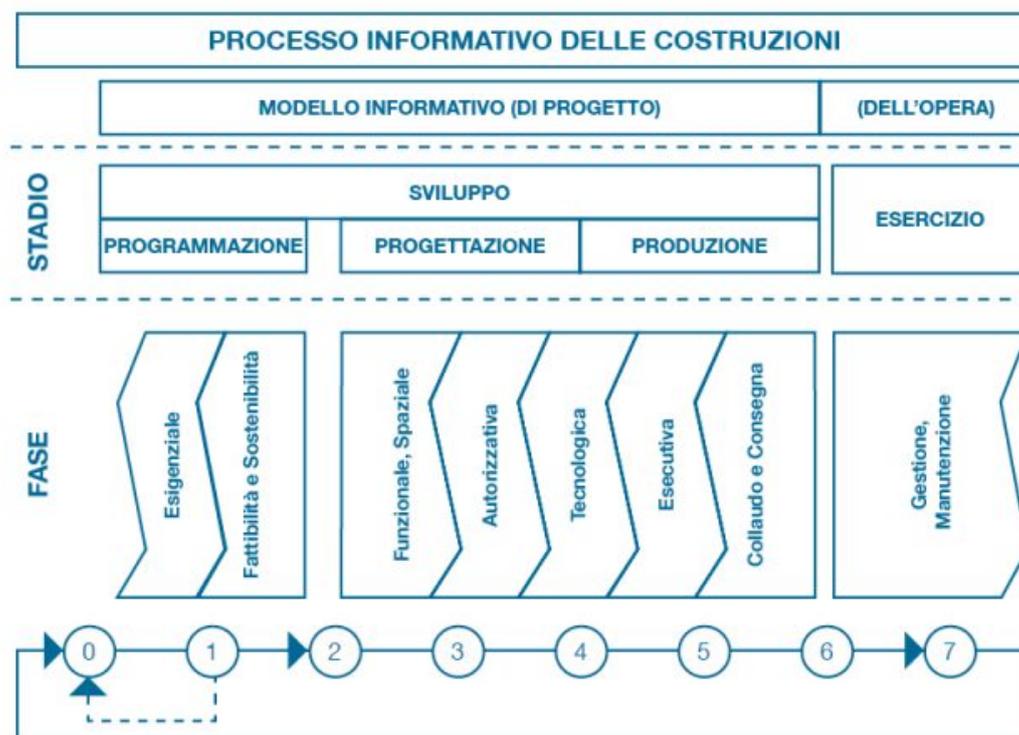


Figura 21: Schematizzazione delle Fasi .

Fonte: <http://biblus.acca.it/approvate-le-parti-1-4-e-5-della-uni-11337-2017/>

In Italia come già spiegato in precedenza, la stesura della normativa riguardante l'utilizzo del Building Information Modeling nel campo degli appalti pubblici, è stata cosa alquanto controversa e dibattuta, si è cercato di avanzare in maniera cauta e ragionata per tentare di evitare intoppi ed errori. Ciò che ha richiesto più tempo per la redazione della norma, è stato l'introduzione del BIM, alla voce “metodi e strumenti elettronici” nel **Codice degli Appalti**. Nonostante la lunga attesa, il 18 aprile 2016 il Consiglio dei Ministri ha approvato il testo unico del Nuovo Codice Appalti, dando così inizio al cosiddetto Decreto BIM.

Il passaggio fondamentale per la stesura della Normativa Nazionale, è stato il provvedimento firmato l'1 dicembre 2017 dal Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti G. Delrio. Nel decreto emanato, si disciplina l'obbligo di bandire le gare d'appalto e di progettare le opere pubbliche mediante l'utilizzo del BIM, in particolare vengono definiti i tempi e le modalità, della progressiva introduzione da parte delle stazioni appaltanti e delle amministrazioni concedenti. Inizialmente, con l'entrata in vigore del Decreto Legge era stata prevista l'introduzione obbligatoria per le gare d'appalto e di progettazione di opere pubbliche. Successivamente, in seguito ad accurate analisi si è deciso di optare per un periodo di prova da utilizzare a descrizione del progettista, escludendo i casi in cui la committenza lo richieda esplicitamente. L'obbligatorietà dell'utilizzo dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, non entrerà in vigore fino al 1° gennaio del 2019 dando così spazio a una graduale introduzione della novità. Nel **Decreto BIM DM560** dell'1 dicembre 2017 vengono anche definite le varie tempistiche per raggiungere l'obbligatorietà dell'applicazione a tutte le commesse a partire dall'inizio 2025.

Seguiranno la seguente tempistica:

- 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.
- 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.
- 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.
- Per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici (5,2 milioni di euro), a decorrere dal 1° gennaio 2022.

- Per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2023.
- Per le nuove opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025.

Il decreto BIM in attuazione dell'articolo 23, comma 13 del nuovo Codice dei Contratti Pubblici riporta:

“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 interoperabili 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.”

Nell'articolo 23 sopra citato, è espresso come l'introduzione degli strumenti elettronici sarà graduale ma obbligatorio. Tuttavia il rimando del comma 1 lettera h, non dà indicazioni specifiche circa le piattaforme che devono essere utilizzate

dal professionista, però la normativa è molto chiara sui doveri delle stazioni appaltanti che intendono utilizzarle. In particolare è richiesto massimo impegno sulla formazione e sul monitoraggio da parte della committenza stessa.

Gran Bretagna

Il Regno Unito è uno dei paesi più all'avanguardia sull'utilizzo della tecnologia. Possiamo considerarlo uno dei pionieri nel passaggio dal CAD al BIM. Già nel 2000 infatti l'AEC (UK) *Committe* definì i primi standard per la progettazione BIM, allo scopo di migliorare il processo produttivo delle informazioni. Nel 2009 il comitato fu poi ricostituito per implementare le competenze in campo BIM e fornire alle aziende britanniche ulteriori documenti che aiutassero il passaggio alla nuova tecnologia, AEC (UK) BIM Protocol.

Si può dire che un programma del Governo vero e proprio per adottare le nuove tecnologie sia iniziato nel luglio 2011 con riferimento sia al settore pubblico che a quello privato, con particolare attenzione alle aziende appaltatrici di edifici e infrastrutture. Le direttive ufficiali le troviamo nei documenti BIS BIM Strategy e Government Construction Strategy con gli obiettivi di:

- Ridurre i costi delle attività e raggiungere una maggiore efficienza operativa.
- Favorire l'efficacia della filiera delle costruzioni.
- Contribuire alla creazione di un settore lungimirante su cui si possano proiettare ambizioni di crescita.

Nel 2011 la NBS (National Building Specification) crea la National BIM Library: una libreria digitale al cui interno si può accedere a materiale e dati fruibili

gratuitamente da tutti i professionisti. La NBS inoltre si occupa di scrivere i report sullo sviluppo evolutivo della tecnologia.

Dal 2013 il BSI (British Standard Institute) ha costituito un comitato per fornire adeguate norme d'orientamento sulla tecnologia. Il documento denominato B/555 Roadmap, contiene le linee guida su cui possono orientarsi le imprese, al suo interno sono anche definiti i vari livelli per l'utilizzo del BIM i cosiddetti Maturity Model.

Dal 2016, inoltre, il governo Britannico richiede per la progettazione, l'utilizzo del formato elettronico, in cui, tutti i dati, la documentazione e le informazioni di progetto debbano essere gestite per via telematica. La realizzazione di questi obiettivi è stata resa possibile grazie al BIM Task Group che ha lo scopo di riunire tutte le varie competenze: governo, imprese, settore pubblico, istituzioni e università.

Trovandosi in una situazione privilegiata di sviluppo normativo, nettamente superiore rispetto agli altri Stati, la Gran Bretagna si è impegnata a fornire aiuto all'Unione Europea per l'adozione della tecnologia BIM e la realizzazione di protocolli, garantendo che gli standard Europei diventino in linea con quelli già attuati dal Regno Unito.

Finlandia

Anche la Finlandia, come il Regno Unito, è stata un precursore nell'adottare e sperimentare la metodologia BIM per la realizzazione di opere pubbliche. Sin dal 2001 la "Senate Properties", azienda governativa responsabile del patrimonio immobiliare dello stato, ha avviato progetti pilota per la realizzazione e lo studio di modelli parametrici BIM.

Nel 2002 è stato fondato un comitato di ricerca con il compito di sviluppare le linee guida dai risultati ottenuti dai progetti pilota.

Nel 2007 la “Senate Properties”, per i nuovi progetti, ha imposto alle imprese, l'utilizzo di modelli BIM conformi agli standard IFC. Dal medesimo anno già il 93% degli studi di progettazione utilizzava parzialmente il BIM per la realizzazione dei loro progetti.

Nel 2012 la normativa viene aggiornata e disciplinata dai requisiti COBIM (New Common BIM Requirements) con l'intento di definire nei minimi dettagli la modellazione. L'ordinamento articolato in tredici parti, analizza tutti i punti problematici riscontrabili nella progettazione:

- Principi generali.
- Modellazione delle condizioni di partenza.
- Progettazione architettonica.
- MEP.
- Progettazione Strutturale.
- Garanzia di qualità.
- Quantity take-off.
- Utilizzo dei modelli per la visualizzazione.
- Utilizzo dei modelli per calcoli MEP.
- Utilizzo dei modelli per le analisi energetiche.
- Gestione di un progetto BIM.
- Utilizzo dei modelli nei Facility Management.
- Utilizzo dei modelli nelle fasi di costruzione.

Olanda

In olanda che com'è noto è dominata dall'acqua, la RWS (direzione generale per i lavori pubblici e della gestione delle acque) reparto che fa a capo al Ministero delle Infrastrutture e dell'Ambiente, ha impostato un programma realizzato fra il 2012-2014 per coinvolgere le parti interessate, sullo sviluppo del BIM.

L'agenzia degli edifici governativi (RGD) già dal 2011 impone la prima normativa RGD BIM Norm, un documento di 30 pagine in cui si analizzano gli aspetti del BIM e del Facility Management. La norma impone l'utilizzo della metodologia riguardo i progetti di almeno 7.000.000 mq.

Nel 2012 il Ministro dell'Interno ha richiesto l'utilizzo del BIM per la manutenzione e la gestione di grandi edifici di proprietà statale.

Spagna

Nel 2013 si è svolto a Valencia il congresso EUBIM che ha proiettato il paese nella rivoluzione BIM. La Spagna si è subito prodigata per sviluppare una manualistica per conformarsi in tempi brevi con gli altri Stati.

Nell'ottobre del 2014 nasce uBIM, progetto nato dall'iniziativa successiva al congresso. UBIM propone una guida in castigliano suddivisa in 13 parti basata sui documenti finlandesi dei New Common BIM Requirements (COBIM).

Nel 2015 il Ministro de Fomento istituisce una commissione nazionale BIM con lo scopo di controllare e sviluppare l'utilizzo della tecnologia. Nasce il Formato de Intercambio Datos Edificaciòn (FIDE), uno standard basato sui sistemi di costruzione spagnola e utilizzato per l'interscambio di dati da parte degli attori del settore.

Norvegia

Un altro Paese all'avanguardia circa l'utilizzo del BIM è proprio la Norvegia. Il governo già dal 2000 ha iniziato a lavorare attivamente a favore di questa tecnologia, sostenendola attivamente nel 2013 con la stesura del manuale Statsbygg BIM Manual. Documento in cui vengono illustrati i requisiti indispensabili per l'utilizzo del BIM e degli standard IFC. La Statsbygg società del settore pubblico, consulente del governo è stato affidato il compito di promuovere l'utilizzo della tecnologia in tutto il ciclo dell'edificio, imponendo dal 2010 l'utilizzo degli standard IFC per tutti i progetti.

Danimarca

Parallelamente alla Norvegia anche il Governo Danese ha iniziato i suoi progetti sperimentali già nel 2001, arrivando nel 2007 a far partire il progetto Digital Construction. L'obiettivo del progetto era quello di fornire i requisiti necessari per produrre un documento guida denominato Information and Communication Technology (IT), in cui si definisce l'obbligatorietà dell'utilizzo di strumenti digitali, metodi e procedure per partecipare agli appalti pubblici.

Nel 2013 il governo emana una norma: il Danish BIM Mandate che sancisce l'utilizzo dell'Information and Communication Thechnology in tutti i progetti locali superiori a 700.000 euro e ai progetti a partecipazione o con finanziamento pubblico, superiori i 2,7 milioni di euro. Il Danish BIM Mandate si suddivide in sette punti:

- Coordinamento ICT.
- Gestione dei modelli digitali durante la realizzazione.
- Creazione di un modello digitale di collaborazione, durante lo sviluppo del progetto.
- Utilizzo di modelli digitali anche a seguito della consegna del progetto.
- Sviluppo di appalti digitali.
- Consegna digitale dei documenti relativi alla progettazione.
- Controlli e verifiche digitali.

Svezia

In Svezia lo studio di una progettazione digitale parte già dal lontano 1991 ad opera dello Swedish Standards Institute (SIS), commissione composta di membri sia pubblici che privati. Lo scopo era quello di definire i requisiti per la produzione di un manuale di progettazione, attraverso una serie di guide suddivise in otto documenti, chiamate Bygghandlingar 90; le quali non saranno pubblicate fino al 2013.

Nel 2010 la “SIS” insieme a altre società e alla “SBUF” organizzazione che si occupa d’innovazione in campo edile, ha realizzato un insieme di guide pratiche rivolte alle piccole e medie imprese con il fine di aiutarle a conoscere e introdurre la tecnologia BIM nei loro progetti.

Nel 2012 la BIM-strategy ha ulteriormente imposto che il progetto richiesto dal committente sia revisionato e approvato tramite l’utilizzo di modelli tridimensionali e supportato da elaborati 2D.

Germania

La Germania, a differenza dei Paesi scandinavi, è rimasta un po’indietro sotto il profilo della sperimentazione. Nonostante si contino numerosi produttori software BIM sul territorio, è solo nel 2010 che la BBSR (Bundersinsstitut fur Bau, Stadt und Raumforschung), l’Istituto Federale per la ricerca edilizia e del territorio, ha istituito un progetto di ricerca specifico, che ha chiamato “BIM Potential and Barriers”, il cui obiettivo era quello di verificare la diffusione della metodologia sul territorio, analizzandone le potenzialità e gli ostacoli che si andavano a rilevare. Dai dati emersi si è quindi riscontrato un approccio abbastanza scettico da parte delle imprese, le cui cause principali sono state attribuite ad una certa scarsità di diffusione di conoscenza della tecnologia stessa.

Nel 2011 il Governo Tedesco affida BIM aec3 (una società di consulenza), il compito di elaborare un documento che sancisca le linee guida in materia, né risulterà la “BIM Guide for Architects and Engineers”. Tale elaborato, redatto in conformità alle linee guida del BBSR costituisce un programma avanzato di sviluppo BIM per la Germania, anche se non è richiesta l’obbligatorietà per la realizzazione di progetti pubblici.

Belgio

Nel 2015 la Vrije Universiteit di Bruxelles istituisce una Task group promossa dall’Associazione degli appaltatori con la partecipazione dell’Ordine degli architetti e degli ingegneri. La Task group ha il compito di divulgare un protocollo generico

che non ha valore normativo, ma vuole solo essere un'indicazione per il settore edile. Il protocollo è suddiviso in tre parti:

- Funzioni del BIM, l'elaborato fornisce tutte le informazioni riguardanti il BIM e gli attori coinvolti nel processo.
- Responsabilità e adattamenti.
- Regole generali in merito alla collaborazione, requisiti generali per la condivisione dei documenti e organizzazione delle informazioni.

Stati Uniti

Gli Stati Uniti sono stati i precursori nell'utilizzo di questa tecnologia. La diffusione del BIM è avvenuta infatti già agli inizi del 2000. Da questo momento l'America è diventato dei paesi maggiormente all'avanguardia , con il più alto tasso di prodotti BIM.

Nel 2003 La GSA (general Service Administration), per conto della Public Building Service (PBS) e dell'Office of Chief Architect (OCA), ha realizzato una guida nazionale che fornisce la descrizione dell'impiego della metodologia a livello lavorativo.

Uno dei compiti più importanti che non riguarda solo gli utenti americani, ma anche tutti i fruitori di BIM degli altri paesi, è rivestito dal National BIM Standard-US Project Committee, comitato di lavoro che fa capo alla BuildingSMART. Il compito di quest'organizzazione è di fornire un formato condivisibile per tutte le piattaforme, introducendo un formato standardizzato che racchiuda tutte le informazioni utili dell'edificio.

Dal 2007 La GSA richiede l'uso del BIM per la Spatial Program Validation, che deve essere presentato nei progetti della gara d'appalto.

3.7 Interoperabilità

Nei paragrafi precedenti parlando delle caratteristiche che contraddistinguono il BIM abbiamo insistito sull'importanza dell'**interoperabilità**. Ovvero come questa pratica sia ampiamente vantaggiosa e rappresenti una delle innovazioni maggiori nella progettazione. Quando parliamo d'interoperabilità, ci riferiamo alla capacità di comunicazione tra programmi di diversi produttori. Ciò permette di scambiare informazioni e utilizzarle in molteplici piattaforme.

Sappiamo molto bene noi studenti volti a un futuro da progettisti, come, nel processo di progettazione costruttiva, sia necessario l'utilizzo di diversi programmi per lo sviluppo del progetto. Quindi la possibilità di poter disporre di un formato universale che consenta la comunicazione tra tutte le piattaforme sembra si rivela ampiamente proficuo per un professionista. Questo formato in realtà esiste già e stiamo parlando dello standard IFC (Industry Foundation Classes), generato nell'ottica del pensiero BIM e sviluppato dallo IAI (Industry Alliance for Interoperability), predecessore dell'attuale Building SMART.



Figura 22: BuildingSMART

Fonte: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>

L'attuale buildingSMART nasce nel 1994 dal volere di Autodesk. All'epoca la softwarehouse si fece carico di riunire dodici società e fondare un consorzio: di carattere neutrale, internazionale e unico, senza fine di lucro, allo scopo di organizzare e supportare il BIM. L'operato del consorzio, era quello di valutare i benefici che si potevano ottenere tramite una collaborazione tra varie aziende, cercando di sviluppare un protocollo universale che potesse interagire fra le varie

piattaforme avvalendosi anche dell'integrazione di dati provenienti da applicativi differenti. Si diffuse rapidamente una notevole risonanza sia sul mercato che tra società e professionisti, per cui l'anno successivo, fu istituita l'Industry Alliance for Interoperability (IAI). Lo scopo principale che s'imposero, era quello di sviluppare un "formato" di comunicazione in grado di contenere tutte le informazioni fondamentali degli elementi coinvolti nella produzione edilizia, con l'ambizione di gestire al meglio l'eterogeneità delle informazioni. L'IAI venne rinominata nel 2007 BuildingSMART e conta attualmente sedi regionali in Europa, Nord America, Australia, Asia e Medio Oriente.

Se è pur vero che nella teoria tutte le applicazioni BIM che supportano IFC possono leggere, creare e scambiare informazioni con altri programmi, molte volte, la realtà delle cose non è come ci vorrebbero far credere. Ci sono ancora vari problemi che intercorrono fra le varie piattaforme, la compatibilità non è totale tra le applicazioni, e spesso volte ci si imbatte in "bugs" o perdite di dati. Nonostante ci siano delle piccole avversità, questi problemi rimangono solo una questione di tempo per raggiungere le piene potenzialità del formato IFC, che rimane indubbiamente uno strumento molto valido ed efficace quando si tratta di sviluppare un progetto a larga scala su più software; consentendo di risparmiare tempo e ottenere un processo progettuale di alto profilo.

I dati relativi al modello di costruzione vengono definiti una sola volta da ciascun agente e quindi condivisi dagli altri agenti coinvolti nel processo. La metodologia di approccio cooperativo alla progettazione, viene denominata dalla BuildingSMART openBim. Un processo "open" che consente ai soggetti che lavorano come parte del progetto di condividere dati con qualsiasi applicazione BIM che fa uso di standard IFC.

La complessità che si può raggiungere avendo un solo file per progetto, fa sì che stanno nascendo nuove figure professionali che si occupano di gestire il progetto in tutte le eventuali fasi:

- **Bim Specialist:** è una figura professionale che si occupa di tutto ciò che riguarda la creazione e lo sviluppo del modello 3D e dell'esportazione della documentazione (piante e prospetti, ecc.). in pratica è colui che esegue materialmente il progetto e si occupa anche delle analisi tecniche (computo, strutturale, impiantistico, di sostenibilità ambientale)
- **Bim Coordinator:** è chi si occupa di aggiornare e sviluppare i contenuti BIM (standard e librerie) ed ha la funzione di coordinare i Bim Specialist coinvolti nel progetto che dovranno garantire l'applicazione degli standard e dei processi.
- **Bim Manager:** ha il compito di dirigere e aggiornare il modello Bim in toto, intervenendo nel monitorare tutte le discipline che lo compongono e coordinando le attività delle altre due figure. Garantisce inoltre il coordinamento del progetto, attraverso la gestione dei ruoli e delle fasi previste, individua le eventuali interferenze riassegnando all'interno del team di progetto la relativa correzione.

L'utilizzo del formato IFC esportato per esempio dalla modellazione con REVIT, potrebbe essere utilizzato per essere importato con programmi di render 3dmax o LUMION, ma anche in programmi che creano diagrammi di Gantt, per la programmazione dei progetti o programmi come Acca Primus, o per la realizzazione di computi e preventivi.¹⁵

¹⁵ Osello, *Il futuro del disegno con il Bim per ingegneri e architetti*, Dario Flaccovio Editore, 2012.

Per garantire uno scambio d'informazioni tra applicativi la BuildingSmart si basa su una tecnologia che si appoggia su cinque standard di base:

- **Process Standard – Information Delivery Manual (IDM)**

BuildingSMART processes (IDMs) capture (and progressively integrate) business process whilst at the same time providing detailed specifications of the information that a user fulfilling a particular role would need to provide at a particular point within a project.

To further support the user information exchange requirements specification, IDMs also propose a set of modular model functions that can be reused in the development of support for further user requirements.

- **Data Standard – Industry Foundation Class (IFC)**

Industry Foundation Classes (IFC) BuildingSMART is all about the sharing of information between project team members and across the software applications that they commonly use for design, construction, procurement, maintenance and operations. Data interoperability is a key enabler to achieving the goal of a buildingSMART process. BuildingSMART has developed a common data schema (IFC) that makes it possible to hold and exchange relevant data between different software applications

- **Change Coordination – BIM Collaboration Format (BCF)**

BCF is a 'simplified' open standard XML schema that encodes messages to enable workflow communication between different BIM (Building Information Modeling) software tools. Developed by Tekla Corporation and Solibri Inc, it is currently a pre-release that has been submitted to buildingSMART under the new "Affiliation Scheme" to become an official buildingSMART specification.

- **Mapping of Terms – International Framework for Dictionaries (IFD)**

The Data Dictionary is one of the core components of the buildingSMART technology. The bSDD is a reference library based on the IFD standard and intended to support improved interoperability in the building and construction industry.

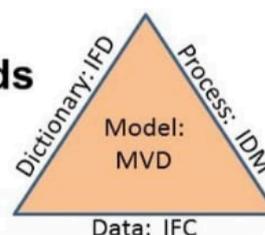
The bSDD provides a flexible and robust method of linking existing databases with construction information to a buildingSMART based Building Information Model (BIM).

- **Process Translation – Model View Definition (MVD)**

Model View Definitions (MVDs) define the subset of the IFC data model that is necessary to support the specific data exchange requirements of the AEC industry during the life-cycle of a construction project

A Model View Definition provides implementation guidance (or implementation agreements) for all IFC concepts (classes, attributes, relationships, property sets, quantity definitions, etc.) used within a particular subset. It thereby represents the software requirement specification for the implementation of an IFC interface to satisfy the exchange requirements

Technical Principles: Basic Standards



There are five basic methodology standards

What it does	Name	Standard
Describes Processes	IDM Information Delivery Manual	ISO 29481-1 ISO 29481-2
Transports information / Data	IFC Industry Foundation Class	ISO 16739
Change Coordination	BCF BIM Collaboration Format	buildingSMART BCF
Mapping of Terms	IFD International Framework for Dictionaries	ISO 12006-3 buildingSMART Data Dictionary
Translates processes into technical requirements	MVD Model View Definitions	buildingSMART MVD

© 2014 buildingSMART

Figura 23: BuildingSMART

Fonte: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>

3.8 Le dimensioni del BIM: 4D,5D,6D,7D

Le dimensioni del BIM sono l'elemento peculiare che ha reso così importante questa metodologia. Per "dimensioni", in BIM, s'intende tutti i tipi d'informazione che possono essere gestite mediante l'utilizzo dei vari applicativi sotto un determinato aspetto. Per spiegarlo meglio in altre parole, come già detto precedentemente: il BIM non è altro che un modello tridimensionale in cui possiamo aggiungere delle informazioni. Tuttavia a questo modello di dati integrato (3D) possono essere aggiunte più dimensioni come: il tempo, i costi, la gestione, le verifiche.

- **BIM 4D:** Al modello viene aggiunta la dimensione del tempo. Cioè, una sequenza di costruzione può essere assegnata a ciascun elemento. Ci consente di controllare le dinamiche del progetto, eseguire simulazioni delle diverse fasi di costruzione, progettare il piano di esecuzione e anticipare le possibili difficoltà, aumentando così la produttività e facilitando il rispetto delle scadenze inizialmente pianificate.
- **BIM 5D:** Questa dimensione riguarda il controllo dei costi e la stima delle spese di un progetto, esercitando così un maggiore controllo sull'informazione contabile e finanziaria e quindi migliorando la redditività del progetto e facilitando l'adempimento dei budget inizialmente previsti.
- **BIM 6D:** La sesta dimensione del BIM (detta anche Green BIM), è legata a un fattore di fondamentale importanza, la sostenibilità dell'edificio. Ciò ci dà l'opportunità di sapere quale sarà il comportamento del progetto prima della realizzazione. Prendendo in considerazione preventivamente la posizione, l'orientamento, la conduttività termica dei materiali, si potranno

effettuare scelte progettuali più ponderate a favore della sostenibilità. Eseguendo queste analisi energetiche con un software specifico, il progetto può ridurre significativamente il consumo energetico.

- **BIM 7D:** o Facility Management, è la dimensione utilizzata per le operazioni di manutenzione degli impianti durante la vita utile degli edifici, si tratta di un modello *as-built* della costruzione, ovvero la descrizione dell'opera com'è nella realtà. Questo permette di conoscere lo stato delle strutture, le specifiche sulla loro manutenzione, i manuali d'uso, le date di garanzia, ecc. E' appunto tenendo sotto controllo l'edificio che si riesce a garantire ed ottimizzare la gestione dell'edificio fino alla sua demolizione a fine vita. Una volta che l'edificio è stato costruito, il produttore inserisce le informazioni di costruzione, e via via che si realizzano lavori, sostituzioni, modifiche il modello viene aggiornato in contemporanea.

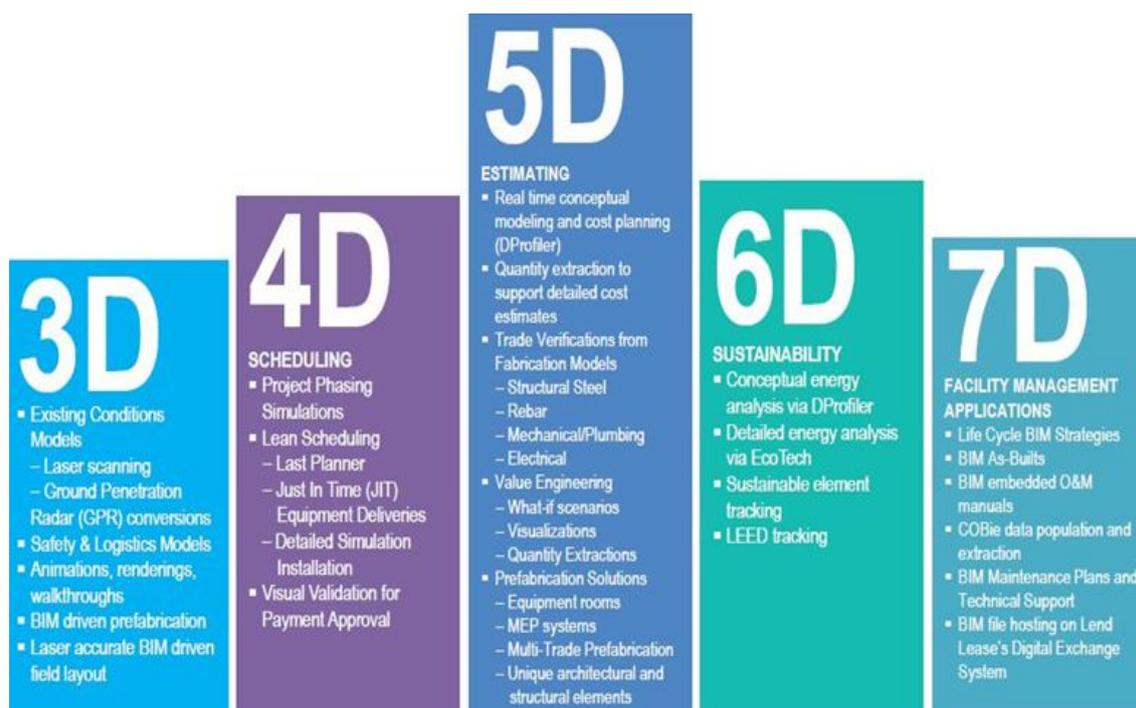


Figura 24: Dimensioni del BIM

Fonte: http://bimtalk.co.uk/bim_glossary:bim_dimensions

LOD

Come ripetutamente evidenziato, quando realizziamo un progetto con la metodologia BIM, tutti gli elementi sono racchiusi in un unico modello che viene utilizzato da tutti gli attori coinvolti nella progettazione. Questo è considerato uno dei cavalli di battaglia di questa metodologia, ma come per la progettazione 2D, anche qui è fondamentale scegliere un grado di dettaglio per la realizzazione del modello tridimensionale, cercando di raggiungere un'integrità di progetto non contrastante fra gli elementi utilizzati da tutte le discipline.

Se nella progettazione 2D il livello di dettaglio veniva dettato dalla scelta della scala grafica e dalle convenzioni utilizzate, o nella peggiore delle ipotesi in caso non fosse specificata la scala, da un particolare del disegno e dalle sue parti quotate; qui le cose si complicano un po', difatti non è possibile capire il grado di complessità di un progetto solo prendendo un elemento singolo, ma si dovrà sottostare ad altre specifiche convenzioni.

A prescindere dal software impiegato per la progettazione, il livello di dettaglio è definito in base all'inserimento di un'accurata e dettagliata descrizione delle informazioni. Più un modello è dettagliato d'informazioni, e più ci permette di stabilire la complessità del progetto, riuscendo così a comprendere quali sono le limitazioni o le eventuali potenzialità che possiamo sfruttare. In questo modo sapendo quali sono gli obiettivi da raggiungere nel progetto, riusciremo a definire un livello di dettaglio consono.

Con quest'ottica di pensiero non sarà più compito di una sola persona redigere un unico elaborato scegliendo il grado di dettaglio, ma verrà espresso chiaramente per tutti gli autori. Questo dà la possibilità di raggiungere così un grado di affidabilità maggiore, che permetterà una più facile cooperazione fra i vari addetti nella realizzazione del processo edilizio.

Per far fronte all'esigenza di raggiungere preventivamente un grado di dettaglio unico del progetto, l'American institute of Architects (AIA), anche non

ufficialmente, ha voluto specificare una sola gerarchia di standard di definizione del modello, al fine di garantire in ogni progetto un Level of Development (Livello di sviluppo, LOD) ben preciso. Tale Livello ci permette di stabilire a priori quali debbano essere le quantità, il grado di approfondimento e di precisione delle informazioni inserite nel piano di lavoro. Lo standard ha anche il compito di assicurare che le risorse impiegate per il compimento delle richieste della programmazione, vengano raggiunte efficientemente, senza correre il rischio di dissipare più energie del dovuto, comportando così una perdita di denaro inutile.

L’AIA con il documento E202 – 2008 ha definito distintamente i livelli di sviluppo, e tramite il sito Bimforum sulla quale si appoggia, fornisce nella sezione “LOD Specifications”, tutte le informazioni dettagliate su ogni tipo livello e su come questi debbano essere usati nelle diverse fasi di un progetto: dal concept alla costruzione. Nella descrizione sul sito, l’AIA tiene a sottolineare le differenze che ci sono nel acronimo LOD, che stanno a indicare rispettivamente due concetti ben diversi: **Level of Detail** (Livello di Dettaglio) e **Level of Delovpment** (Livello di sviluppo). Il primo acronimo introdotto dall’azienda Vico Software, pioniera nel campo della computazione parametrica, indica la quantità di dettagli che sono inseriti nella modellazione; livelli di dettaglio grafico considerati come input.

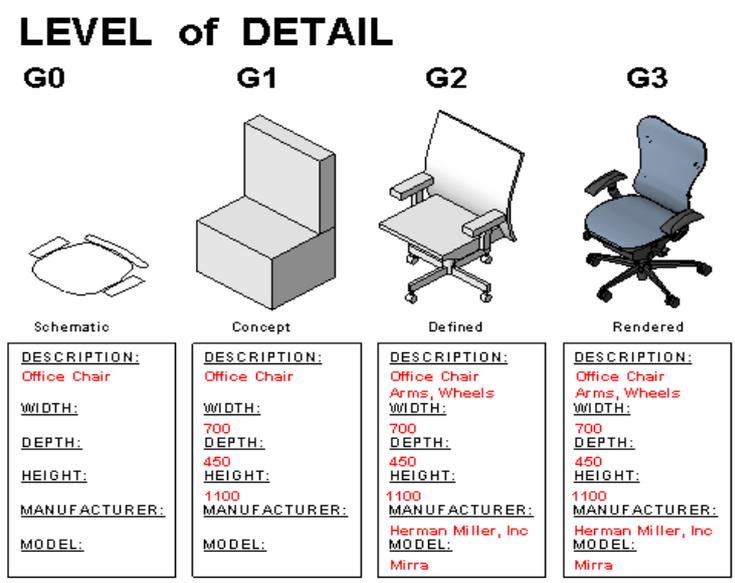


Figura 25: Level of Detail.

Fonte: <http://www.ebarchitects.eu/blog/lod-drives-bim-roi-2/>

Mentre il secondo, non indica solo la geometria in se dell'elemento, ma anche tutte le informazioni che sono state inserite relativamente al modello. Questa è la ragione che spinge gli utenti BIM a cercare, un modello affidabile e completo in cui si possano ricavare le informazioni, ecco perché è considerato come un modello che fornisce output.

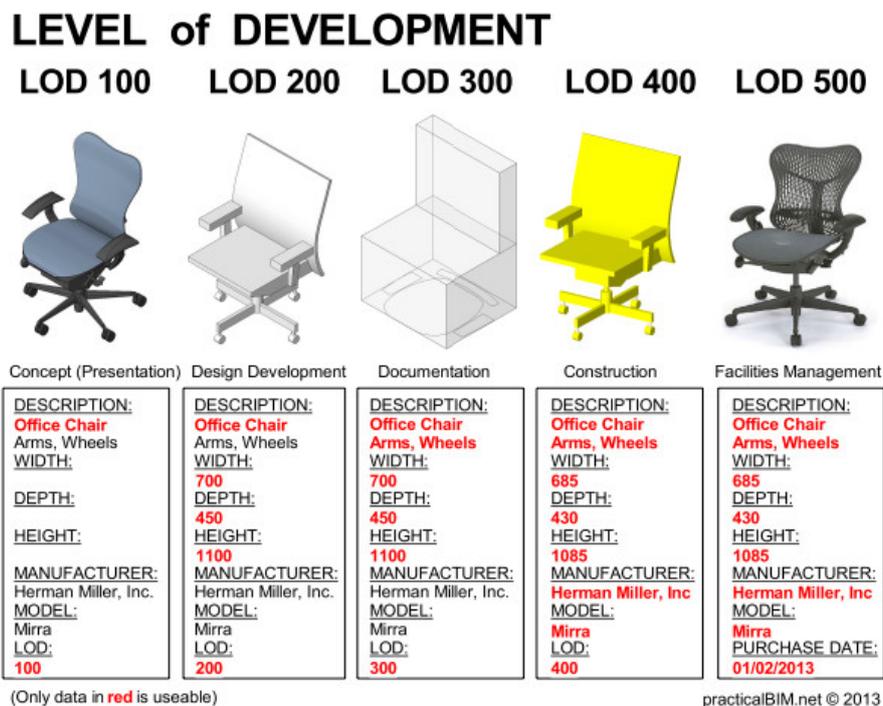
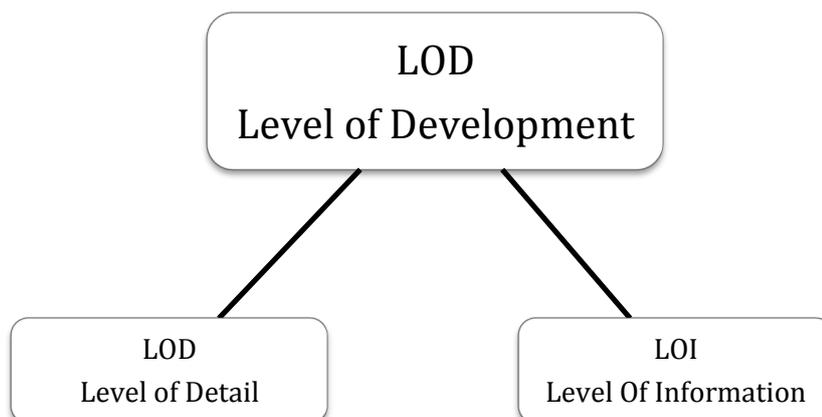


Figura 26: Level of Development.
 Fonte: <http://www.ebarchitects.eu/blog/lo-drives-bim-roi-1/>



Ovviamente ogni modello che si rispetti, non contiene un unico grado di LOD che descrive l'opera, ma è composto dall'insieme di diversi elementi con grado di dettaglio e di sviluppo differenti. Nel documento fornitoci dall'AIA, i livelli che possono comporre un progetto sono descritti e classificati in maniera minuziosa e vanno dal livello 100 al 500:

- **LOD100:** Nel primo livello, il modello è costituito da una rappresentazione concettuale. La struttura è composta principalmente da volumi, altezze, aree, dall'orientamento e dalla posizione nello spazio. Questo volumetrico è la base di partenza del progetto, e da esso, già si è in grado di realizzare una stima approssimativa dei costi, in base alle superfici e ai volumi, nonché una stima generale sul tempo d'esecuzione dell'opera. Ovviamente questo livello non può essere considerato come un vero e proprio progetto, ma può essere molto utile come fase per uno studio previo di fattibilità da parte dei progettisti, e come modello decisionale da mostrare al cliente. Gli elementi utilizzati per la realizzazione, sono quelli predefiniti già forniti dal software. Ad esempio gli elementi muro, pilastro, plinto. Dall'informazione del volume di tutti gli elementi utilizzati, possiamo stimare benissimo un costo per m² costruito.
- **LOD 200:** Gli elementi di questo modello forniscono una vista generale d'insieme e possono essere rappresentati graficamente. Parliamo di: sistemi, oggetti e componenti generici, a cui vengono immesse quantità, dimensioni, forme, posizione e orientamento approssimativo. In questo livello, è anche possibile allegare agli elementi informazioni di natura non grafica, di solito utilizzate per eseguire analisi preliminari semplificate delle prestazioni. Il livello LOD 200, non si discosta molto da quello precedente, anzi, è pressoché identico, le uniche due differenze sono date dalla possibilità di determinare eventuali finiture esterne e scandire in maniera

più chiara e dettagliata la divisione temporale di ciascuna fase del processo. Durante questa fase, vengono aperti i vuoti approssimativi per il passaggio della struttura e delle scale dell'edificio.

- **LOD 300:** In questo terzo livello le informazioni e le geometrie del modello sono molto dettagliate, sebbene esso sia privo di dettagli costruttivi. Tale accuratezza ci dà però la possibilità di creare i documenti necessari per la realizzazione di un progetto definitivo, definendo tutti i requisiti richiesti dalla normativa e fornendo una precisa giustificazione tecnica dei lavori. Inoltre possiamo computare con precisione i materiali utilizzati e fornire una programmazione per unità di lavoro. Anche le distribuzioni interne sono terminate, così come gli strati che compongono le mutature e le finiture. Grazie alle numerose informazioni presenti, si è in grado di eseguire simulazioni prestazionali dei sistemi modellati.
- **LOD 350:** Questo è un livello di sviluppo intermedio tra il LOD 300 e il LOD 400 che dà più specifiche tecniche rispetto al livello precedente. Se prima avevamo un modello già molto ricco d'informazioni, qui si entra ancora più nel particolare, riuscendo ad avere anche i dettagli costruttivi. Esaminando per esempio un pilastro, nel LOD 300 potevamo avere le informazioni riguardanti la forma, la struttura interna, il materiale e le dimensioni. Nel LOD 350 invece abbiamo anche le informazioni sul calcolo strutturale, dati che ci permettono di conoscere quali sono i rinforzi necessari e la loro distribuzione nel pilastro.
- **LOD 400:** Con questo livello, il modello raggiunge la specificità di dettaglio necessario per la realizzazione del progetto esecutivo dell'opera. Esso ci fornisce elementi fondamentali quali: informazioni dettagliate sulla

fabbricazione, montaggio, assemblaggio e tutti i dettagli necessari per la costruzione dell'edificio. Possiamo verosimilmente realizzare una stima basata sugli elementi presenti nel modello molto simile alla realtà, e grazie all'accuratezza e chiarezza delle informazioni presenti, anche la programmazione temporale raggiungerà una precisione tale da avvicinarsi a quella reale. Dal modello si potrà estrapolare tutta la documentazione architettonica, strutturale, impiantistica, nonché la possibilità di eseguire la verifica delle eventuali interferenze fra elementi di costruzione e i diversi impianti (Clash detection). Indichiamo un esempio concreto prendendo in considerazione un muro con più strati. Nel LOD 300 il muro è un unico elemento nel quale le informazioni che abbiamo specificano solo la composizione dei materiali, nel LOD 400 invece il muro viene analizzato come composto di vari strati che uniti lo compongono, e per ogni elemento viene specificato il produttore, e tutte le informazioni dettagliate del materiale.

- **LOD 500:** Con questo livello possiamo considerare terminata la fase progettuale dell'opera e passare alla fase di gestione. Qui abbiamo il progetto già costruito verificato e controllato in loco, per ciò che riguarda geometrie, dimensioni, posizione, quantità e orientamento. Questo è considerato lo strumento più affidabile e preciso che il Facility Management può adoperare per la gestione e la manutenzione della struttura. In esso vengono inseriti e registrati tutti i cambiamenti che la struttura ha riportato durante la sua vita. Grazie al LOD 500 siamo in grado di avere tutte le informazioni riguardanti i fornitori, i materiali utilizzati, il costo di ogni singolo elemento, la data di scadenza delle garanzie e dei rinnovi delle licenze. Sarà una copia virtuale e fedele della realtà.

- **LOD 600:** Recentemente, anche se nel documento E202 – 2008 fornitoci dall’AIA non viene specificato, si sente sempre di più parlare del livello LOD 600, riferito alla sostenibilità dell’opera. Grazie alla raccolta delle informazioni fornitoci dal modello è possibile eseguire un’analisi energetica dettagliata e ottenere una valutazione. Chiaramente per ottenere le migliori prestazioni, è necessario che i livelli precedenti siano stati ben eseguiti e contengano informazioni verificabili ed attendibili.
- **LOD 50:** Si tratta di un livello poco utilizzato in campo architettonico, ma più a livello urbanistico e per valutazioni energetiche di massima. Fornisce solo una rappresentazione composta da volumi concettuali, escludendo le informazioni sui materiali e gli elementi tecnici che lo compongono.

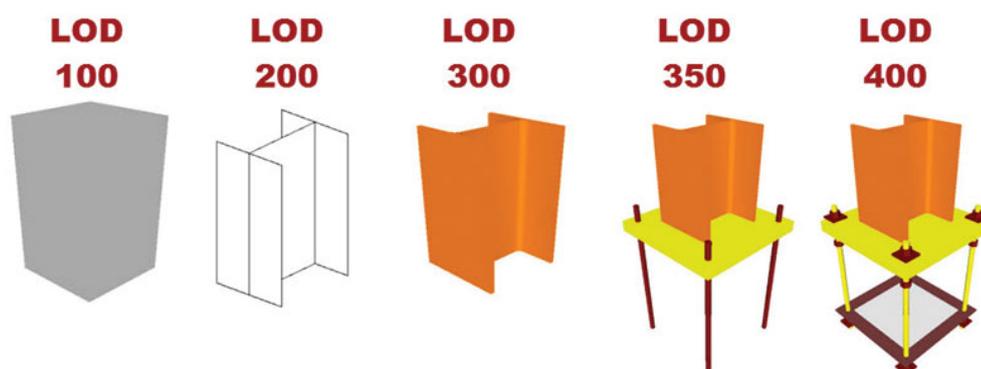


Figura 27: Framework del LOD.

Fonte: <http://www.ibimi.it/lod-livello-di-dettaglio-per-il-bim/>

<u>LOD 100</u>	<u>LOD 200</u>	<u>LOD 300</u>	<u>LOD 350</u>	<u>LOD 400</u>
<p>Geometria</p> <p>Elemento architettonico verticale rappresentato mediante un simbolo 2D.</p>	<p>Geometria</p> <p>Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale con forma, spessore e posizione approssimata</p>	<p>Geometria</p> <p>Elemento architettonico verticale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica</p>	<p>Geometria</p> <p>Elemento architettonico verticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie.</p>	<p>Geometria</p> <p>Elemento architettonico verticale 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>Rappresentazione</p> <p>Grafica 2D (linee e <u>campiture 2D</u>)</p>	<p>Rappresentazione</p> <p>Solido 3D</p>	<p>Rappresentazione</p> <p>Solido 3D strutturato</p>	<p>Rappresentazione</p> <p>Solido 3D complesso</p>	<p>Rappresentazione</p> <p>Solido 3D complesso</p>
<p>Attributi</p> <p>Posizionamento di massima</p>	<p>Attributi</p> <p>Semplici geometrie d'ingombro</p>	<p>Attributi</p> <p>Definizione del sistema architettonico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spessore • Lunghezza • Larghezza • Volume • Definizione materiali • Definizione delle stratigrafie principali 	<p>Attributi</p> <p>Dettaglio dei componenti per gruppi e senza riferimenti a singoli prodotti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definizione stratigrafie dettagliate • Spessori componenti • Struttura • Isolamento • Camera d'aria • Sottofondo supporto • Finitura • Dettagli costruttivi 	<p>Attributi</p> <p>Dettaglio dei componenti con singolo prodotto. Informazioni di montaggio</p> <p>Schede tecniche singoli prodotti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo finitura interna • Superficie finitura interna • Tipo finitura esterna • Superficie finitura esterna • Composizione Materiale/Componente • Presenza certificazioni • Capacità strutturale • Trasmissione acustica

Figura 28: Framework del LOD.

Fonte: <http://www.ibimi.it/lod-livello-di-dettaglio-per-il-bim/>

3.9 Vantaggi e svantaggi

Dopo aver eseguito un'analisi in maniera abbastanza approfondita per comprendere la situazione del settore delle costruzioni, e dopo aver dato uno sguardo pressoché unitario a tutto ciò che riguarda la metodologia BIM in senso lato; Ora, abbiamo gli strumenti necessari che ci consentono di affrontare e sviluppare una metodologia BIM. Ciò ci consente di realizzare e gestire tutte le fasi di un processo edilizio: dalla fase di programmazione, progettazione, gestione e smantellamento. Come detto più e più volte, tutte le informazioni che ci permettono di sfruttare questa metodologia sono contenute in un unico modello che ci consente di estrapolare output di progetto.

Per sfruttare a pieno le potenzialità della tecnologia BIM, prima della creazione del modello, dobbiamo tenere ben a mente quali sono gli obiettivi che vogliamo raggiungere e stabilire quale sarà il livello di sviluppo appropriato. Questo può variare in base alla necessità che abbiamo di eseguire un progetto preliminare o un progetto esecutivo.

Consapevoli di ciò, possiamo riassumere brevemente quali sono le potenzialità e le limitazioni che emergono dall'analisi fin qui condotta, tirando così le somme finali su questa prima parte della nostra ricerca.

VANTAGGI

La metodologia BIM presenta notevoli vantaggi in tutte le fasi del processo e per tutti gli agenti che vi intervengono. In sostanza emergono tre concetti fondamentali che apportano al progetto un contributo sostanziale: risparmio economico, risparmio di tempo, una migliore visualizzazione e comprensione del progetto.

- **Coerenza delle informazioni:** Tutta la documentazione del progetto è contenuta in un unico modello, evitando errori derivanti da revisioni o copie eseguite a posteriori del modello. Qualsiasi modifica apportata al

modello verrà aggiornata in tutte le viste e calcoli, rendendola sempre aggiornata, contenendo anche informazioni che non sono visibili nelle piante, come: costi, materiali e programma di esecuzione dei lavori.

- **Collaborazione:** Lo scambio delle informazioni fra i diversi agenti che realizzano il modello è facilitato. Favorisce una collaborazione tra diverse discipline, evitando contraddizioni ed errori.
- **Visualizzazione 3D:** Il modello 3D è un ottimo strumento che dà l'immediatezza di comprensione dell'edificio ed è essenziale in fase di decisione progettuale prima dell'esecuzione dell'opera in quanto contiene già: materiali di finitura, elementi, ecc. Inoltre è autonomamente in grado di eseguire l'analisi dei conflitti fra gli elementi, arrivando a rilevarli ed anticiparli, correggendo le incoerenze del disegno prima della realizzazione. E' molto utile per la comprensione del progetto da parte del cliente e delle persone che non hanno familiarità con il settore.
- **Gestione:** Va da sé che tutti i vantaggi sopra elencati consentono un'amministrazione più efficiente durante la vita dell'edificio, facilitandone la riparazione e lo smantellamento. Ciò si traduce in una significativa riduzione dei costi e del tempo utilizzato nell'esecuzione dei lavori.

LIMITAZIONI

Sebbene abbiamo visto che la tecnologia BIM ha molti vantaggi rispetto alla tecnologia tradizionale, è vero anche che presenta alcune criticità. Queste difficoltà ovviamente saranno risolte negli anni ad avvenire, ma per chi è a contatto

con BIM nel quotidiano possono rappresentare un enorme perdita di tempo e di risorse .

- **Cambiamento di mentalità:** Ogni volta che avviene un cambiamento a livello lavorativo o di pensiero, non è facile intraprendere un nuovo modo di approcciarvisi abbandonando le vecchie abitudini. Ciò può rappresentare un ostacolo non da poco. Entrare nella filosofia BIM a discapito delle vecchie tecnologie è sicuramente uno sforzo considerevole, che si prefigura acquirerà solidità non prima di una decina d'anni.
- **Formazione richiesta:** Per entrare nella sfera del BIM e familiarizzare con questi nuovi strumenti, è quindi necessario impiegare numerose risorse sia economiche che temporali, investendo in macchine più performanti e acquistando licenze e corsi dei programmi.
- **Interoperabilità da perfezionare:** Sebbene l'interoperabilità sia il cavallo di battaglia della metodologia BIM, non possiamo ignorare che non ha ancora raggiunto un grado di efficienza tale da interagire con tutti i programmi coinvolti nel processo, in quanto si presentano ancora molte incompatibilità che costringono l'utente a passare da varie versioni del modello utilizzando diversi software. Questo comporta un calo delle prestazioni nel corso delle procedure e una perdita d'informazioni importanti.

I limiti di cui abbiamo parlato, riguardano in misura maggiore le piccole imprese, che sono meno competitive sul mercato e sono radicate alla metodologia tradizionale. Anche se il passaggio da CAD a BIM sta avvenendo lentamente, siamo fiduciosi di assistere ad una crescita esponenziale in tempi brevi, così come è successo con la tecnologia CAD.

SEZIONE II

Progetto computazione parametrica Torre della
Regione Piemonte.

4.0 Piani economici e finanziari

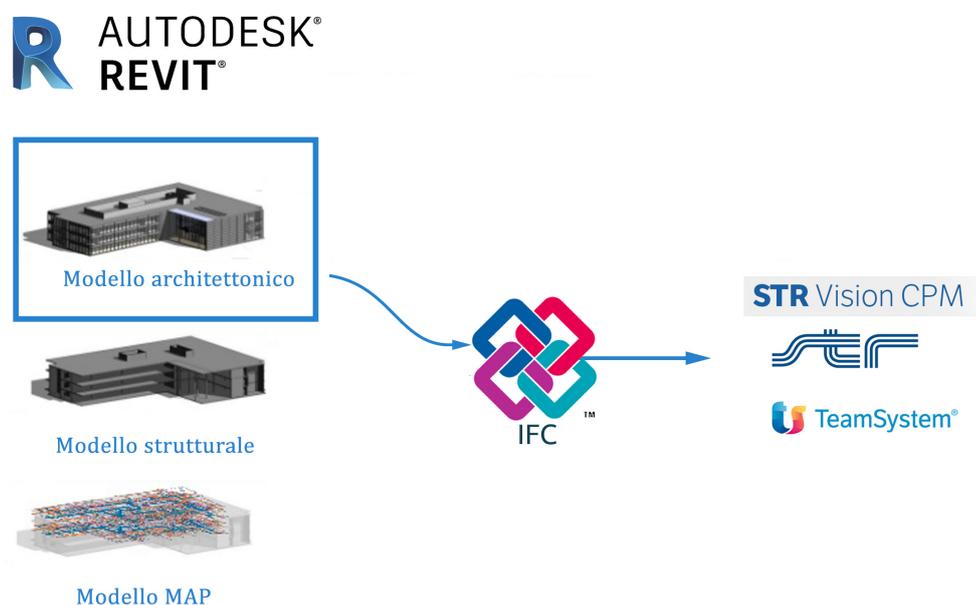
Il piano economico è basato sull'analisi costi/ricavi, ed è studiato per valutare la convenienza economica alla realizzazione di un'opera. L'analisi viene elaborata in una prima fase dal committente e poi dalle imprese incaricate nella costruzione dell'opera. Il committente verifica in base alla sua disponibilità, i benefici che l'opera apporta e in quanto tempo avviene il ritorno economico, mentre le imprese verificano che l'operazione produca dei ricavi e conseguentemente elabora l'offerta da esibire in sede di appalto.

Il piano finanziario serve a verificare le disponibilità delle risorse necessarie per mandare a buon fine l'opera. Anche in questo caso il piano è elaborato prima dal committente e poi dalle imprese partecipanti. Con tale strumento il committente deve assicurarsi che i pagamenti alle imprese siano disponibili nei tempi e nei modi prestabiliti nel capitolo d'appalto. Ciò prevede quindi la possibilità di accendere dei mutui o altre forme di finanziamento. Nel costo complessivo dell'intervento, il committente deve inserire anche le risorse per l'acquisto del suolo o dell'immobile oggetto d'intervento. Le imprese, ugualmente, devono assicurarsi che ci sia disponibilità economica per il pagamento di mezzi, materiali e manodopera. Anche in questo caso devono provvedere per poter disporre di strumenti finanziari volti alla copertura dell'anticipo delle spese. Per effettuare tutte queste previsioni, è indispensabile valutare con precisione le risorse necessarie per costruire l'opera (computo estimativo) e come verranno distribuite nel tempo. Sotto questo aspetto, la metodologia BIM costituisce un formidabile ausilio per determinare le scelte progettuali e costruttive in funzione dell'ottimizzazione dei costi.

4.0 Il caso studio; finalità dell'applicazione

Il computo metrico estimativo è stato realizzato sulla parte architettonica dei bagni del decimo piano della Torre della Regione Piemonte, situato nella zona del Lingotto a Torino. Parte della documentazione utilizzata è stata fornita dal dipartimento DISEG del Politecnico di Torino.

L'intento di questo lavoro è quello di stabilire se l'utilizzo della metodologia BIM, a discapito di quella tradizionale, sia davvero in grado di portare concretamente un sostanziale risparmio di risorse, pur mantenendo un livello di affidabilità di progetto tale da garantire una coerenza con il modello tradizionale. Entrando più nello specifico del progetto, si realizzerà la compilazione di un computo metrico estimativo utilizzando in prima battuta il modello tradizionale, per poi avvalersi dell'utilizzo di un modello BIM realizzato con Autodesk Revit, e ottenendo in tal modo una computazione parametrica mediante il software STRvision CPM. Lo scopo sarà di verificare se i due computi riscontrati saranno congruenti oppure no. Se in caso contrario, fossero divergenti, approfondiremo quali possono essere le possibili motivazioni che portano a questa incongruenza. Verificheremo inoltre l'interoperabilità che c'è fra il programma Autodesk Revit 2017 e il software per la gestione economica del processo edilizio STRvision CPM.



4.2 Inquadramento

Il Grattacielo denominato: “Torre della Regione Piemonte”, progettato dallo studio Fuksas, è stato realizzato per ospitare gli uffici amministrativi della Regione Piemonte, allo scopo di unificare tutte le circa 27 sedi presenti sul territorio, in un unico edificio. Fatta accezione per la sede del consiglio regionale che sarà lasciata nella storica sede di Palazzo Lascaris.



Figura 29: Render Torre Regione Piemonte.
Fonte: http://www.sedeunica.regione.piemonte.it/la_torre.php

Il luogo scelto per il progetto s’inserisce nella zona di riassetto e riqualificazione urbana dell’area Avio-Oval di Torino, zona che comprende le ex Fiat Avio. L’area prescelta è situata nel quartiere di Nizza Millefonti ed è delimitata fra via Nizza a est e via Passo Buole a sud, la Stazione Ferroviaria Torino Lingotto ad ovest e li centro commerciale e fieristico del Lingotto a nord. [Fig. 30] La torre diventerà un nuovo simbolo e un nuovo fulcro cittadino, ridando lustro a questa zona post industriale, abbandonata e dismessa da anni. Gli uffici della regione occuperanno soltanto 95 mila metri quadrati dell’ ex aria Fiat Avio. Nei restanti 158 mila,

verranno realizzati nuovi edifici residenziali, che avranno una capacità abitativa di circa 5000 persone, comprendendo anche l'inserimento di esercizi commerciali e di servizi per rilanciare lo sviluppo del quartiere. Verrà inoltre realizzato un grande parco che si estenderà per 25 mila metri quadri, collegando i nuovi complessi residenziali al Lingotto Fiere. [Fig. 31] Nell'area Avio-Oval sarà anche collocato il "Nuovo Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione di Torino", opere che faranno parte del complesso Città della Salute già esistente.

Il grattacielo è il terzo più alto in Italia, con un'altezza di 209 metri; il progetto subì numerose modifiche in fase progettuale, altezza venne ridotta di 11 metri rispetto al progetto originale di 220 metri. La struttura è composta da una base quadrata di lato 45 metri con al centro un nucleo in cemento armato. La torre è composta da 42 piani di cui due interrati che comprendono i parcheggi per i dipendenti (1300), 41 destinati agli uffici: con capienza per 2600 persone. Al piano terra sarà collocata la hall che ospiterà la reception e lo spazio espositivo della Regione, con ingresso da via Nizza, mentre il 43 piano, dov'è situato l'attico sarà destinato per un bosco pensile fruibile al pubblico. Il progetto è stato concepito con un approccio altamente sostenibile per fronteggiare il notevole dispendio energetico richiesto dall'edificio. Sulla facciata sud è prevista l'installazione di 1000 metri quadrati di pannelli fotovoltaici, di silicio amorfo semitrasparente, che servono a garantire una parziale autosufficienza energetica: producendo annualmente 76,5MWh di elettricità, e riducendo così le emissioni di anidride carbonica di 40 tonnellate. Per garantire un ulteriore livello di sostenibilità, l'edificio sarà completamente rivestito in vetro, al fine di minimizzare l'utilizzo di luci artificiali che comporterebbero a un considerevole aumento del consumo energetico.



Figura 30: Inquadramento territoriale
Fonte: Google-maps.

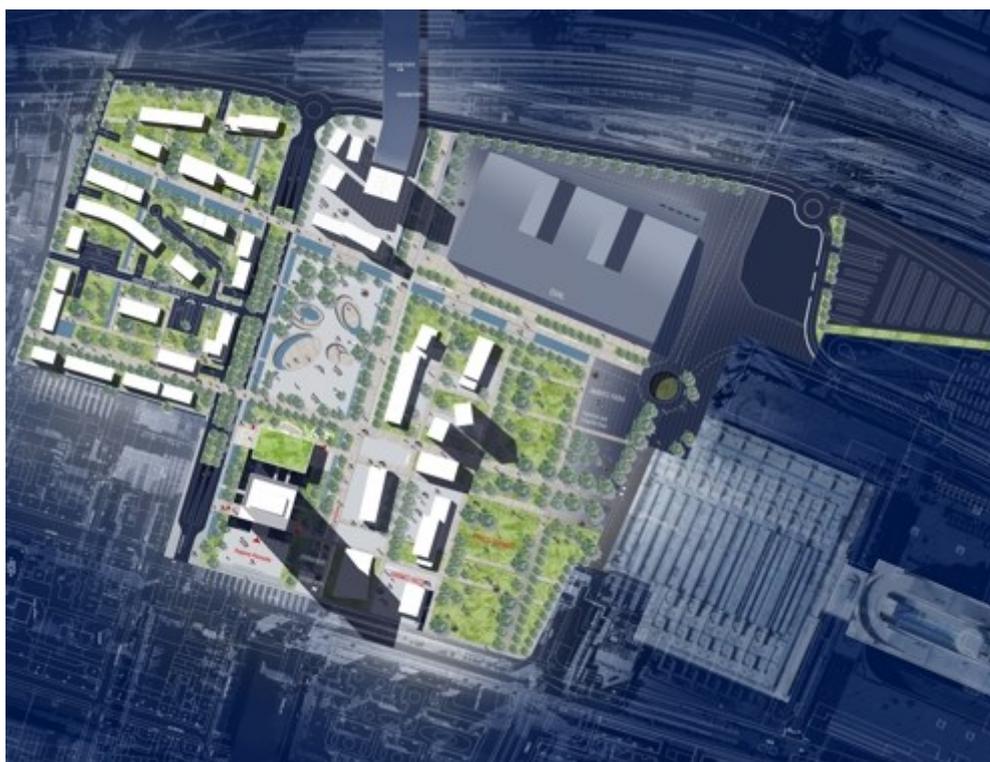


Figura 31: Masterplan Torre Regione Piemonte.
Fonte: <http://www.vicini.to.it/vicini/2013/01/un-nuovo-quartiere/>

4.3 Principali software per computo metrico

Il computo metrico estimativo è il documento con il quale si determina il costo di costruzione di un'opera edile.

Nella sua forma più semplice consiste in una tabella formata da N° righe e N° colonne comprendenti: articolo da listino, prezzi di riferimento, descrizione del lavoro, unità di misura, quantità (determinata da dimensioni, pesi), prezzo unitario e importo.

Esistono molteplici software sul mercato che realizzano computi metri, qui di seguito cercheremo brevemente di riportare i più rilevanti:



Uno dei software più conosciuti è senz'altro PriMus, realizzato dalla compagnia Acca Software. Un programma con cui è possibile creare computi metrici e contabilità dei lavori. La suite dei prodotti Acca presenta però una piccola pecca, ovvero non fa parte della lista dei

programmi certificati dalla Buiding Smart International home of openBIM. Ciò significa che se il modello BIM non è stato modellato con uno dei programmi che fanno capo alla casa madre Acca software, si presenta il rischio che il file possa non essere compatibile con il programma, e quindi non può essere utilizzato per le analisi. Questo problema d'interoperabilità fra programmi, porta molti utenti a preferire altre soluzioni; il che significa andare contro principio della metodologia.



Mosaico, software distribuito dalla Digicorp, permette la gestione integrata della commessa attraverso la quale è possibile controllare ogni fase di sviluppo, assicurandosi così che i risultati siano privi di contraddizioni rispetto al progetto. Anche questo come PriMus non fa parte dei programmi certificati dalla Buiding

Smart International home of openBIM. Il programma non ha bisogno di essere installato su un computer, ma dà la possibilità di gestire tutto il lavoro online, in cloud da qualsiasi dispositivo(PC, tablet, smartphone) e da qualsiasi piattaforma (Windows, OSX, Linux). La grande potenzialità di questo programma è quella di archiviare tutto in un data center, per cui avendo una connessione internet a portata di mano, una volta loggati con le proprie credenziali, è possibile visualizzare e modificare i dati al suo interno. Un sistema innovativo che però non garantisce l'interoperabilità con software diversi da quelli forniti da Digicorp. E' possibile inoltre esportare i documenti nel formato Windows Office.



Tekno è un programma distribuito dall'Italsoft Group. Esso viene impiegato per la contabilità nei lavori edili. Il programma non è compreso nelle liste dei programmi certificati dalla Building Smart International home of openBIM. Non offre la possibilità di realizzare computazioni parametriche, consente l'esportazione e l'importazione in formato, xls.



STR Vision CPM (Construction Project Management) è un software distribuito dal gruppo Team System STR. Considerato uno dei più completi in circolazione sul mercato, permette di realizzare la computazione parametrica, la gestione dei tempi, la pianificazione, la programmazione dei lavori, nonché realizzare analisi economico finanziarie in tutti gli ambiti della costruzione.

Anch'esso come gli altri programmi visti non rientra nei software presenti nelle liste dalla Building Smart International home of openBIM, ma a differenza degli altri, STR garantisce un ottimo grado d'interoperabilità grazie all'utilizzo del formato IFC. Proprio per questo motivo abbiamo scelto di utilizzare questa piattaforma per realizzare il nostro computo metrico parametrico.

4.4 Funzionalità STRvision CPM

Dal 3D al 5D

Il programma ci permette di interagire con un modello 3D, integrando informazioni generiche, che in seguito potremo estrapolare sfruttando le funzioni di Quantity Take Off. In altre parole, STR ci permette di quantificare analiticamente e dettagliatamente i costi relativi a ogni genere specifico (materiali, manodopera) in modo da gestire con massima precisione i vari aspetti di un processo edilizio: preventivazione, pianificazione, gestione e contabilizzazione della commessa.

Il programma è in grado di supportare molteplici file in standard IFC, riferito a differenti discipline del settore (impiantistico, architettonico e strutturale), fornendo una visione d'insieme completa per analisi e computazioni.

Con CPM il modello 3D può essere aggiornato via via che si va avanti con il progetto senza che ci sia bisogno di modificare i dati inseriti.

Funzionalità specifiche:

- Automatizzare il calcolo delle quantità delle opere tramite la creazione di algoritmi di computo, nonché eventuale applicazione del calcolo delle quantità nel caso di varianti d'opera, compreso variazioni nell'articolo o anche in differenti progetti.
- Sfruttare le proprietà e le misure disponibili negli oggetti tridimensionali dei modelli IFC per creare regole di calcolo delle quantità relative agli articoli di preventivo.
- Memorizzare le regole di calcolo in librerie strutturate, riutilizzabili con altri articoli e in altri progetti.

- Associare le regole ad articoli di elenco prezzi per automatizzare la generazione del computo: gli articoli di elenco prezzi potranno contenere le regole di calcolo della quantità, costituendo una libreria di regole di computazione.

4D Cronoprogramma dei lavori

STR ci permette di gestire la quarta dimensione programmando e pianificando i lavori, attraverso l'integrazione tra il modulo programmazione fornito dall'esperienza del progettista e i dati geometrici del progetto. Mettendo in relazione gli articoli e la Wbs (work breakdown structure) di progetto si potrà esercitare un maggior controllo sull'avanzamento dell'opera.

- La programmazione può essere realizzata dal computo, dagli articoli di elenco prezzi oppure liberamente.
- E' possibile sviluppare il piano attività secondo più livelli fino alle singole righe di preventivo, oppure definirne uno più sintetico.
- La durata delle attività può essere ottenuta dal tempo di esecuzione calcolato col modulo analisi.
- La programmazione può avvenire sia utilizzando i vincoli tra le attività (Inizio-Fine) sia assegnando direttamente le date di inizio e di fine, ma anche "trascinando" le barre di Gantt direttamente sull'interfaccia grafica "cronoprogramma lavori edili".

4.5 Dal CAD al Modello 3D Revit

Partendo dalla planimetria del decimo piano della “Torre” fornitaci dal dipartimento DISEG, siamo andati a modellare la parte architettonica dei bagni utilizzando il software Revit. Il nostro modello BIM è stato realizzato con un livello di sviluppo equivalente al LOD 400.

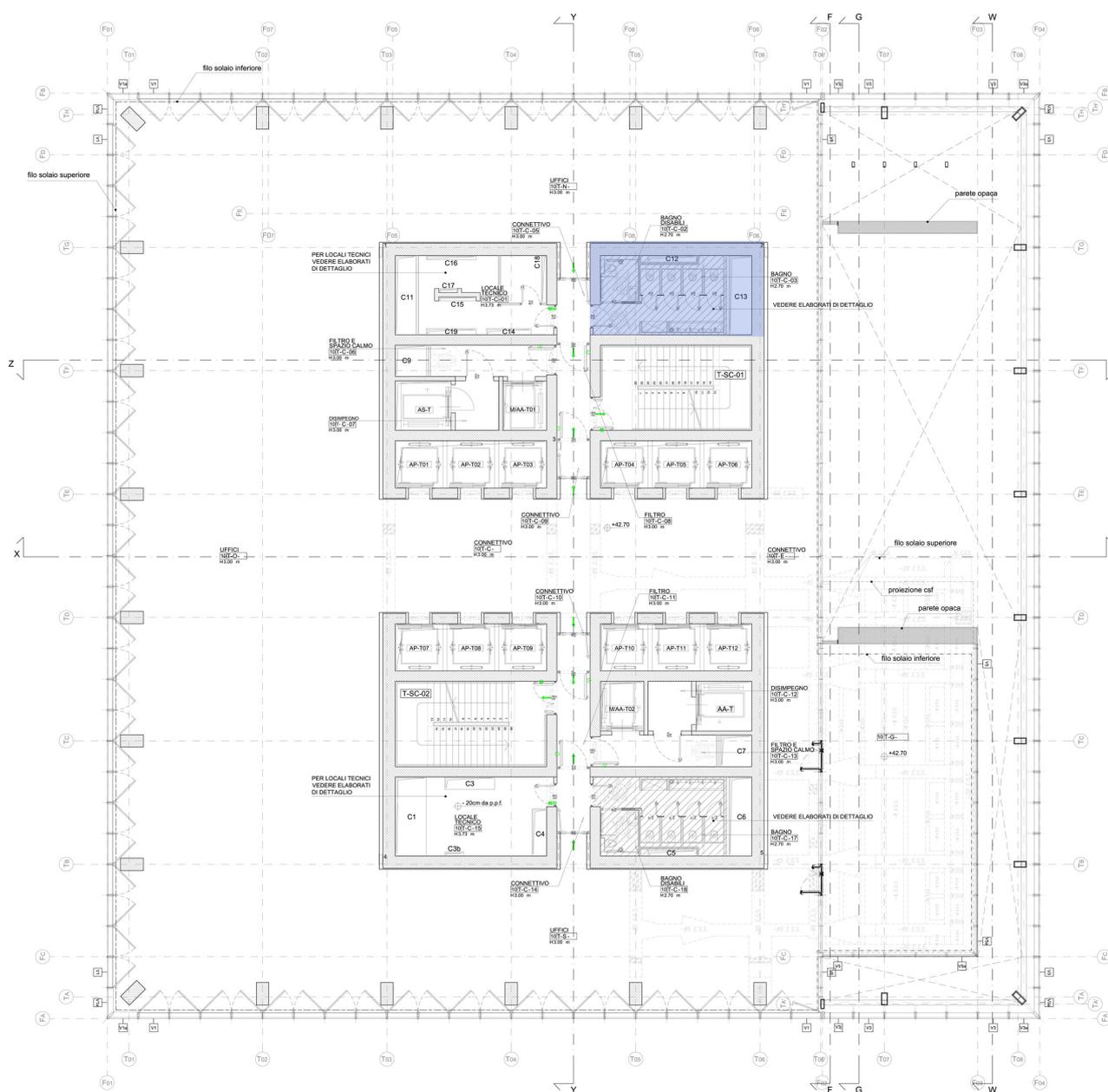


Figura 32: Planimetri Piano 10 Torre Regione Piemonte.

Ogni elemento del progetto è caratterizzato nell'essere identificato includendo quantità, dimensioni, posizione e il materiale di cui è costituito. Il modello fornisce anche dati analitici relativi alle proprietà dei materiali come: coefficiente di scambio termico, resistenza termica, assorbimento .

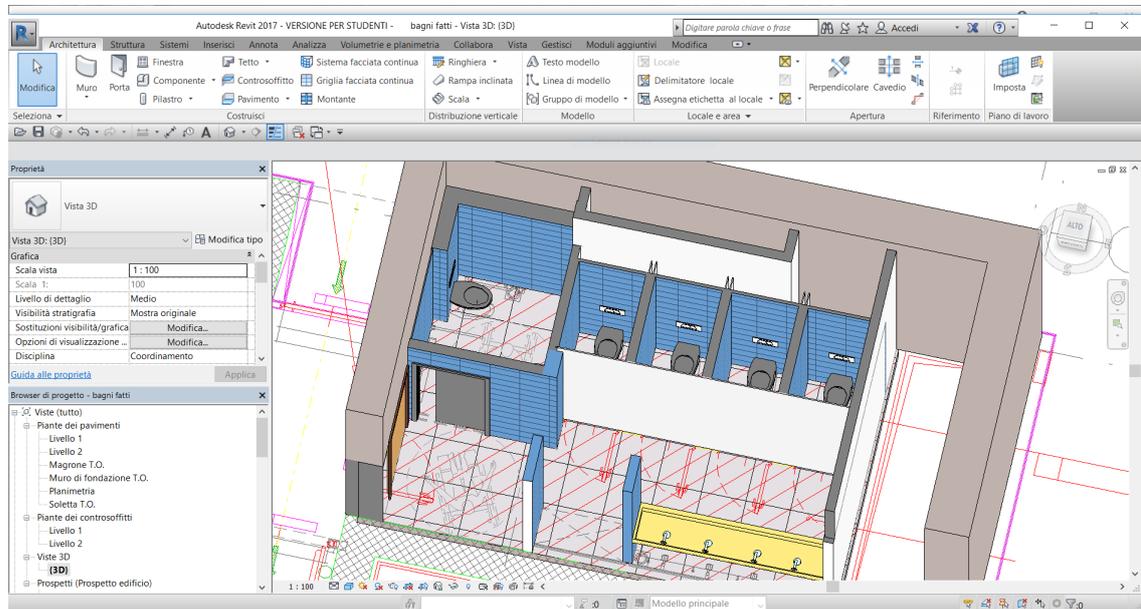


Figura 33:Modello BIM dei Bagni realizzato con Revit.

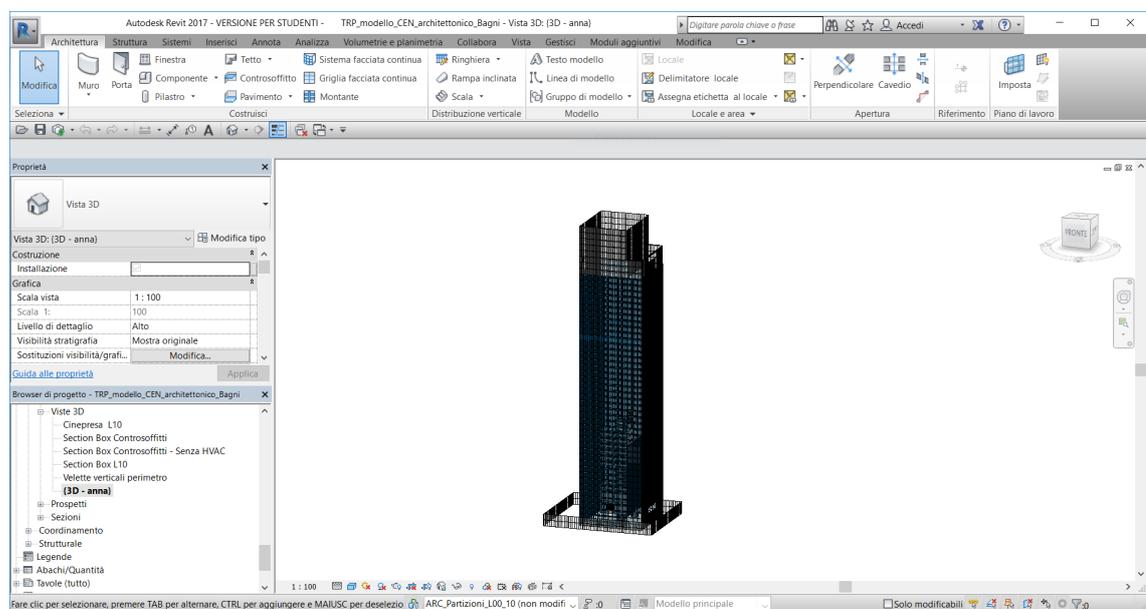
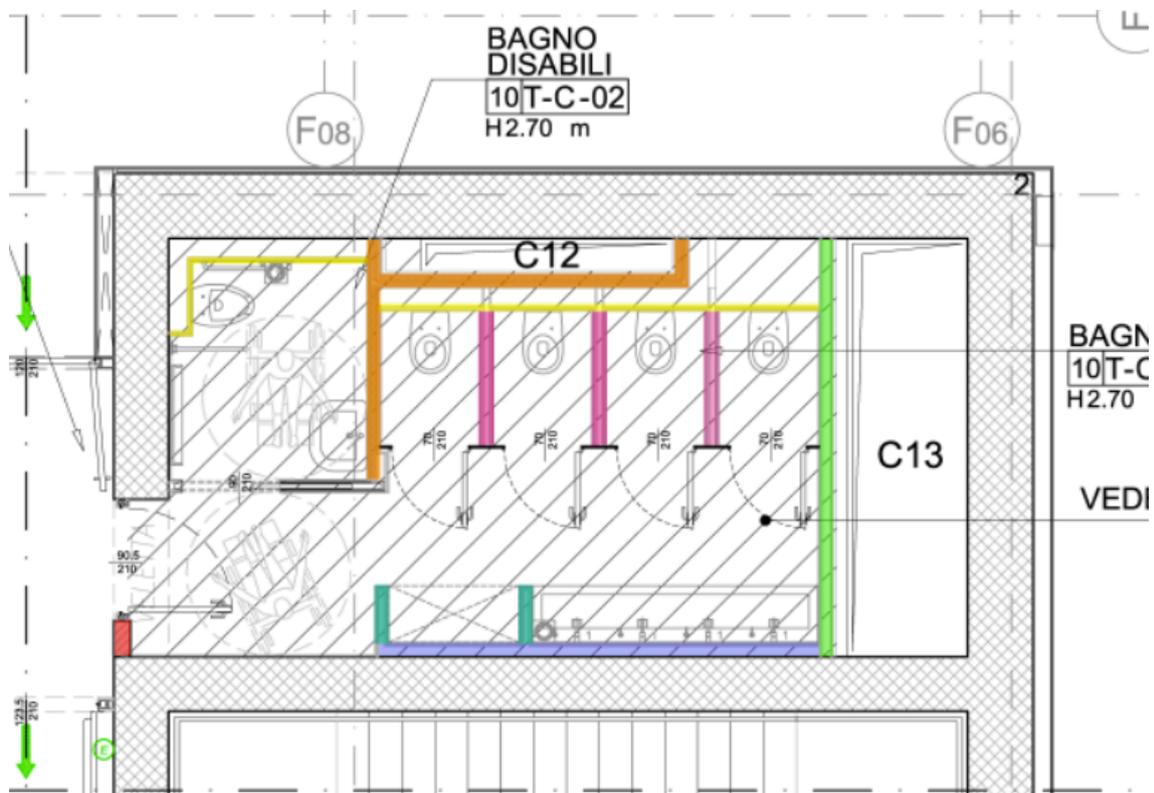


Figura 34:Modello BIM della Torre della Regione Realizzato con Revit.

4.6 Computo metrico tradizionale

Il computo metrico tradizionale è stato realizzato suddividendo gli elementi costruttivi secondo la nomenclatura fornitaci dai progettisti. Il computo dell'elemento muro è stato calcolato in base alla composizione della stratigrafia.



- Muro F3b
- Muro F2c
- Muro Base T*
- Muro F1c
- Muro F3c
- Muro F1e
- Muro F2b

Figura 35:Legende suddivisione elemento muro.

Per eseguire il computo metrico dei bagni della Torre, abbiamo tenuto conto unicamente degli elementi architettonici (porte, pareti in cartongesso, rivestimenti, sanitari, controsoffittature), tralasciando la parte impiantistica e strutturale. Per preventivare i lavori da eseguire ci siamo basati sull'edizione 2018 del Prezzario regionale, in conformità alle recenti disposizioni normative di cui al decreto legislativo 19 aprile 2017, n. 56 (cosiddetto "*Correttivo al Codice Appalti*"). Documento che costituisce l'aggiornamento annuale dell'elenco prezzi applicati dalla Regioni quale strumento operativo di riferimento per la stima preventiva, la progettazione e la realizzazione di opere pubbliche. Il prezzo finale che abbiamo calcolato è di 15.303,94€; relativo alla superficie dei bagni di 23,76 m², per un valore di 644,10 €/ m².

Porta box bagni						
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.P08.B15	Porte interne e divisori per box di servizi igienici delle scuole materne, formate da lastre di stratificato plastico in colori anche forti, compresa la ferramenta occorrente per il fissaggio e la chiusura in ottone od acciaio cromato e l'opera del falegname per l'assistenza alla posa				
1	01.P08.B15.005	per ogni mm di spessore	m ²	13,28		140,768 140,77
Porta in PHL						
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.P08.B10	Porte interne complete di telaio, stipse e controstipse, n.3 cerniere, serratura, maniglie, pannello bilaminato nobilitato dello spessore di mm 20, tamburato spessore mm 45 circa oppure con vetro interno stampato, nelle misure standard				0,00
1	01.P08.B10.005	in PVC antiurtro	m ²	140		548,80 548,80
WC sanitari						
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.P22.A62	Vaso sospeso in vitreous-china a cacciata, con scarico a parete, fissaggio a parete				
	01.P22.A62.005	cm 57x37x36	cad.	97,05		485,25 485,25
Muro di base finitura c						
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizie; escluso il sottofondo o il rinzafo				0,00
	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	29,62	29,48	297,38 297,38
Lavabo singolo						
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.P22.A20	Lavello in gres ceramico smaltato, con troppo pieno, per montaggio singolo				
1	01.P22.A20.005	cm 60x45x21-a un bacino	cad.	81,17		81,17 81,17

Lavabo multiplo						
SEZ.	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
		Lavello in gres ceramico smaltato, con troppo pieno, per montaggio singolo				
		cm 260 x 52 a un bacino	cad.	178,53		178,53
						178,53
Muro di base T* - 15 cm						
SEZ.	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.P05.A15	Blocchi forati in cls (REI 90) e in cls leggero di argilla espansa (REI 120) delle dimensioni di cm 15X20X50				
1	01.P05.A15.005	in cls (REI 90) grezzi	m ²	12,23		8,68
						8,68
Muro di base cartongesso F2b						
SEZ.	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	PREZZO TIPO
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (paraspigoli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm				
1	01.A06.A60.005	lastra in cartongesso dello spessore di 12,5 mm	m ²	39,07	26,15	497,75
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinzaffo				
1	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20	m ²	29,62	29,48	198,16
						695,91

Muro di base cartongesso Fic 12,5cm								
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
1	01.P09.B09	Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 60 kg/m³ e lamda pari a 0,035 W/mK. Per l'isolamento termo-acustico di pareti e solai e trattata con resine termoisolanti, euroclasse A1						0,00
1	01.P09.B09.015	spessore 50 mm	m²	4,67			18,18	84,90
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (paraspigoli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm						
1	01.A06.A60.005	lastra in cartongesso dello spessore di 12,5 mm	m²	39,07	26,15	66,92%	73,01	2852,50
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinzauffo						
1	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m² 0,20	m²	29,62	29,48	99,52%	6,81	201,71
								3139,11

Muro di base cartongesso F3b								
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (paraspigoli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm						
1	01.A06.A60.005	lastra in cartongesso dello spessore di 12,5 mm	m²	39,07	26,15	66,92%	20,79	812,27
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinzauffo						
1	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m² 0,20	m²	29,62	29,48	99,52%	10,25	303,61
								1115,87

Muro di base cartongesso F1e								
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (parasigilli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm	m ²	39,07	26,15	66,92%	57,44	2.244,18
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinzaiffo	m ²	29,62	29,48	99,52%	8,2	242,88
								2.487,06

Muro di base cartongesso F3c								
SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (parasigilli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm	m ²	39,07	26,15	66,92%	33,57	1.311,58
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinzaiffo	m ²	29,62	29,48	99,52%	22,58	668,82
								1.980,40

SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
Muro di base cartongesso F2c 10cm								
1	01.A06.A60	Esecuzione di tramezzi mediante fornitura e posa in opera di parete divisoria in cartongesso conforme alla norma UNI 11424/2011, costituita da una struttura modulare metallica in lamiera di acciaio zincata di spessore 6 mm composta da guide orizzontali superiori e inferiori e montanti verticali collocati ad un interasse di 600 mm e da due lastre di gesso protetto, una per faccia, conformi alla norma UNI 520/2009, con reazione al fuoco in Euroclasse A2-s1,d0. Sono compresi nastro, viti, tasselli di fissaggio, bande armate (parasigilli), stuccatura e rasatura dei giunti e montante singolo da 50 mm	m ²	39,07	26,15	66,92%	58,16	2272,31
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinza	m ²	29,62	29,48	99,52%	26,56	786,71
1	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20						3059,02

SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
Controsoffitto								
1	01.P09.E32	Controsoffitto costituito da pannelli fonoassorbenti e tagliafuoco composti da agglomerato di fibre minerali e resine sintetiche, ricoperti da pellicola di poliestere lavabile e disimpeffabile, compresa l'orditura di sostegno	m ²	27,23				0,00
1	01.P09.E32.005	dim. mm 305x305x15 e orditura non apparente					18,27	497,49
								497,49

SEZ	CODICE	DESCRIZIONE	U.D.M.	PREZZO UNI	MANO LORDA	%	DIMENSIONE	PREZZO TIPO
Pavimentazione gres 60X60								
1	01.A12.B70	Posa in opera di pavimento eseguito in piastrelle di gres ceramico anche con fascia lungo il perimetro e anche disposto a disegni, dato in opera con malta cementizia; escluso il sottofondo o il rinza	m ²	29,62	29,48	99,52%	23,42	693,70
1	01.A12.B70.005	Per una superficie di almeno m ² 0,20						693,70

15303,94 TOTALE

4.7 Da Revit a STRvision

Il primo step è stato quello di esportare il modello di Revit in formato IFC (industry Foundation Classes). Il formato che ha lo scopo di descrivere i dati e gli oggetti del modello rendendolo interoperabile con il programma STRvision.

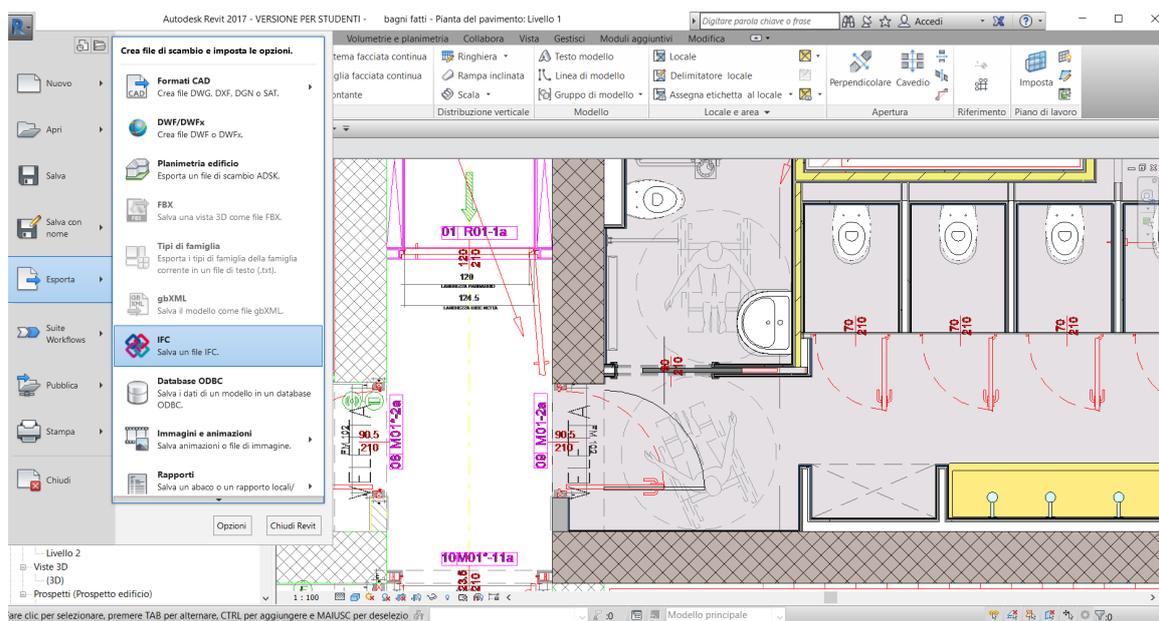


Figura 36: Revit esportazione formato IFC.

4.8 Creazione di una nuova commessa in STRvision

Per poter importare il modello IFC, è stato necessario creare un nuovo progetto commessa.

Il programma si presenta come se fosse una scatola al cui interno sono racchiuse delle sottocartelle che a loro volta contengono: i modelli, l'elenco prezzi e il preventivo.

In questa fase del programma possiamo anche inserire delle informazioni aggiuntive come: progettista, committente, responsabile dei lavori e dati di dettaglio dell'opera.

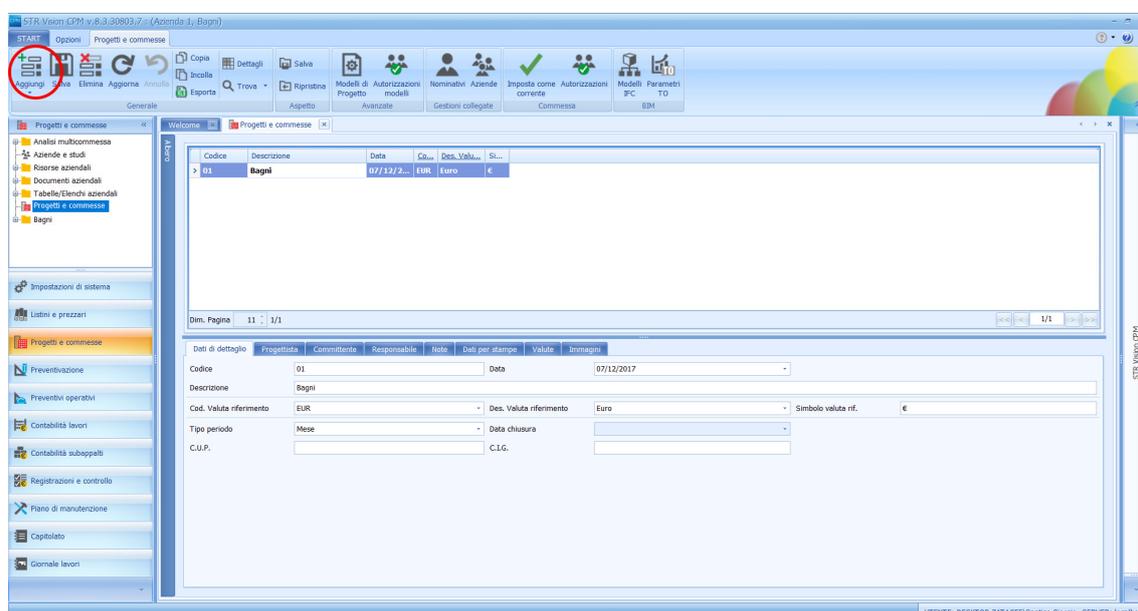


Figura 37: Creazione Commessa.

4.9 Importazione prezzario e Modello IFC

Il passo successivo è stato importare un prezzario di riferimento all'interno della commessa. Questo passaggio può essere realizzato per mezzo di due maniere distinte: tramite un formato XML (eXtensible Markup Language metalinguaggio per la definizione di linguaggi di markup), ossia un linguaggio marcato basato su un meccanismo sintattico che consente di definire e controllare il significato degli elementi contenuti in un documento o in un testo. Oppure attraverso il formato SIX, uno standard particolare simile al XML, ma con caratteristiche diverse, in grado di estendere efficacemente l'interoperabilità, in quanto può essere importato da qualsiasi software di computo. Nel nostro caso siamo andati a scaricare il prezzario inerente alla Regione Piemonte dal sito del Gruppo Team System in formato SIX.

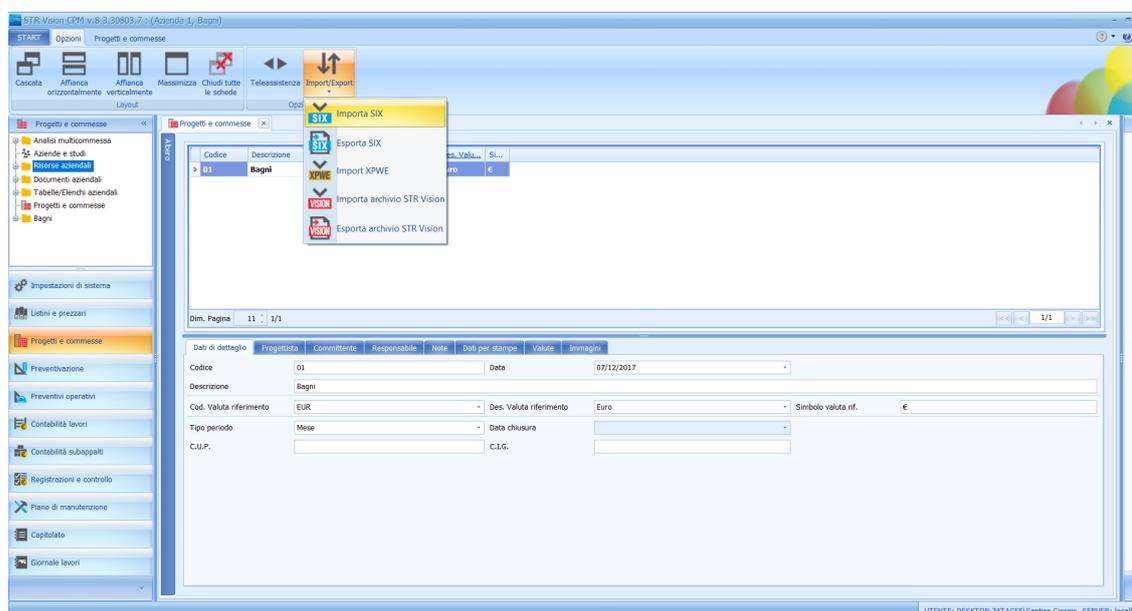


Figura 38: Revit esportazione formato formato SIX.

Importazione Modello IFC

Importare un formato IFC è semplice e intuitivo, basta aggiungere un rigo inserendo un codice identificativo e una descrizione. Successivamente si preme sull'icona importa modello IFC e si sceglie il file interessato.

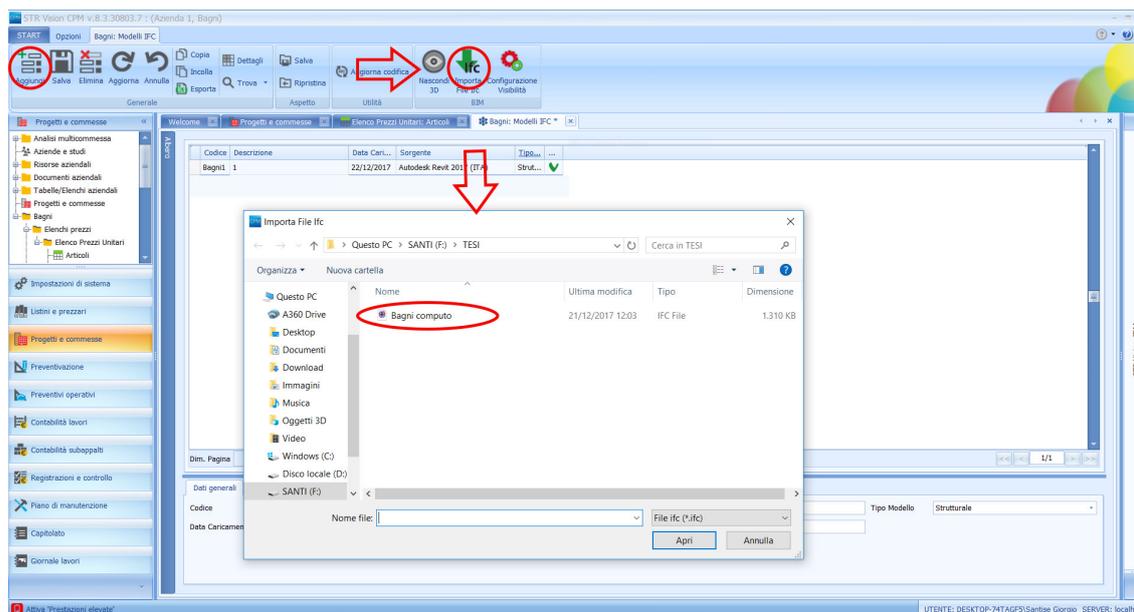


Figura 39: Importazione modello formato IFC.

Una volta importato il modello è di fondamentale importanza compiere una verifica. Il modello verrà sottoposto dal programma ad un check di controllo per rivelare eventuali anomalie.

Inoltre tramite il BIMview possiamo visionare il modello suddiviso in varie cartelle e sottocartelle che definiscono la gerarchia e gli elementi. Tale funzione è molto importante, in quanto ci sarà utile in seguito per attingere informazioni e redigere il computo.

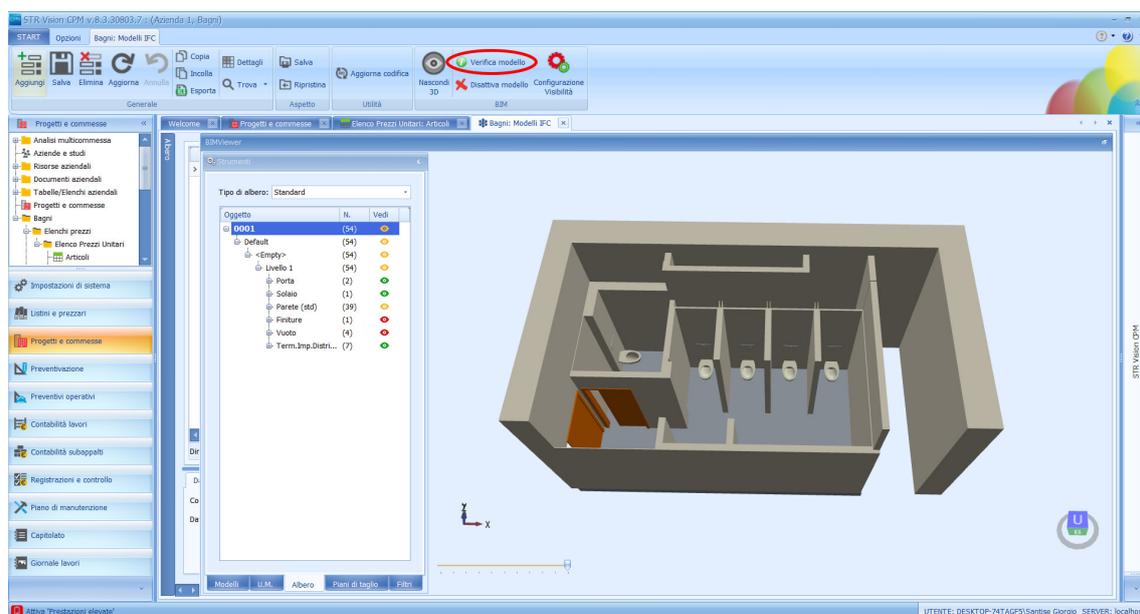


Figura 40: Verifica modello e BIMviewer.

5.0 Computazione degli elementi del Modello

Per iniziare la realizzazione del computo parametrico, come prima cosa si è dovuto creare un nuovo documento "Preventivo". [Fig. 41] Andando nella sezione "Preventivazione", "Aggiungi" e aggiungere un nuovo "Preventivo da modello", in tal modo siamo stati in grado di creare un nuovo documento, in cui in seguito abbiamo inserito le rivelazioni parametriche. Nel nostro caso si è realizzato un unico preventivo, ma all'occorrenza, in caso ci siano più parti differenti da computare, è possibile suddividere il preventivo in sotto parti.

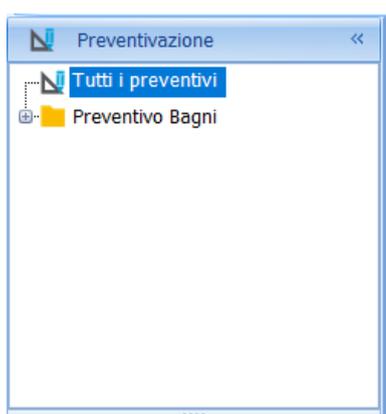
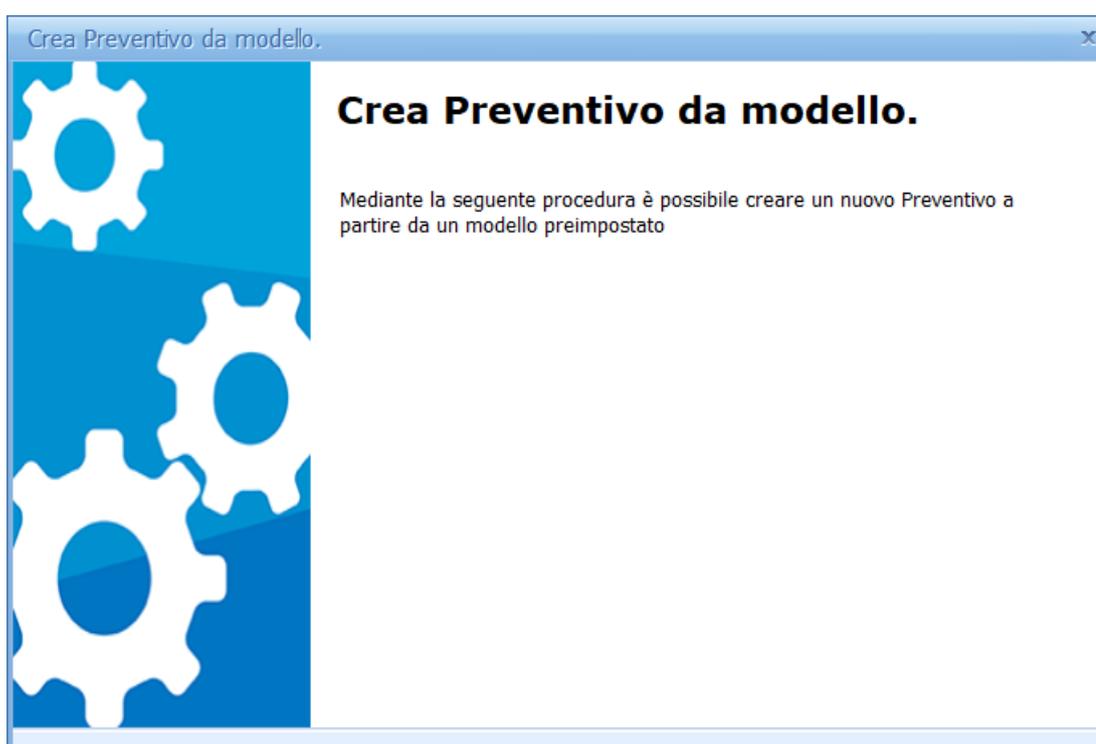


Figura 41: Creazione preventivo.

Una volta trovatici nella sezione “Preventivo” è bastato cliccare su “Aggiungi” nella barra delle opzioni per creare una nuova riga in cui è stata inserita una breve descrizione dell’oggetto computato. Per associare all’oggetto un valore del prezzario è possibile procedere tramite due modi distinti: cercando direttamente nell’apposita casella “Articolo”, o cercando nella casella di riferimento prezzario e inserendo una voce, per esempio, “serramenti”; il programma in automatico cercherà tutte le parole del prezzario contenenti tale carattere.

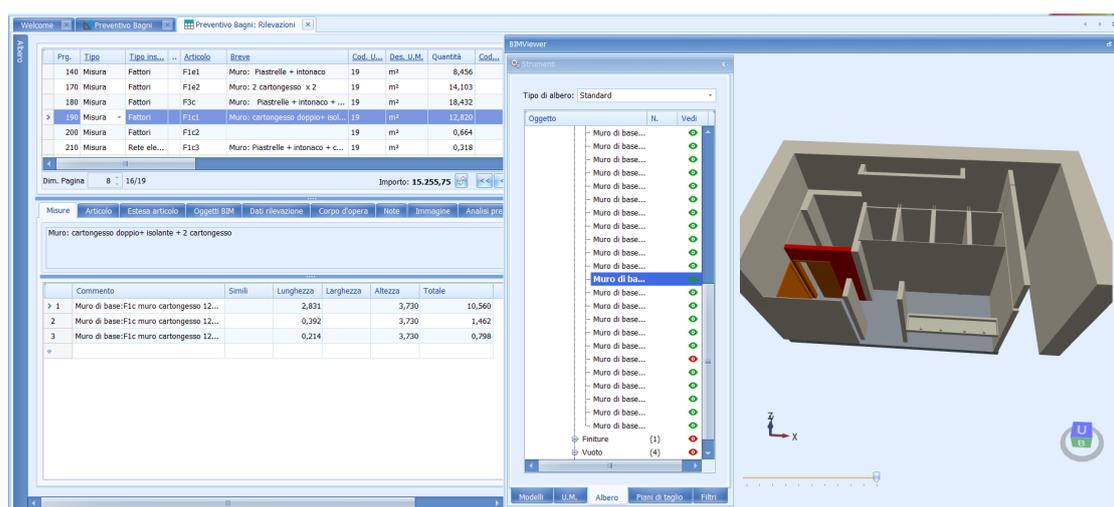


Figura 42: Creazione dell’oggetto computato tramite il Quantity Take Off.

Fatto ciò, per computare l’oggetto, non c’è restato che aprire il BIM Viewer e selezionare gli elementi del modello a cui volevamo attribuire una “voce”. Una volta selezionato l’oggetto, con un “clik” del tasto destro, è stato possibile aprire la finestra “Proprietà”, (in cui sono situate le dimensioni dell’oggetto), [Fig. 43] e tramite l’utilizzo della funzione “drag and drop” abbiamo trascinato le quantità dell’oggetto nella “voce” precedentemente creata. In tal modo il programma è stato in grado di computare in automatico l’elemento selezionato. Questo passaggio è avvenuto per tutti gli elementi del nostro modello dandoci come risultato finale il computo completo con un valore di 15.409,09 €. [Fig. 44]

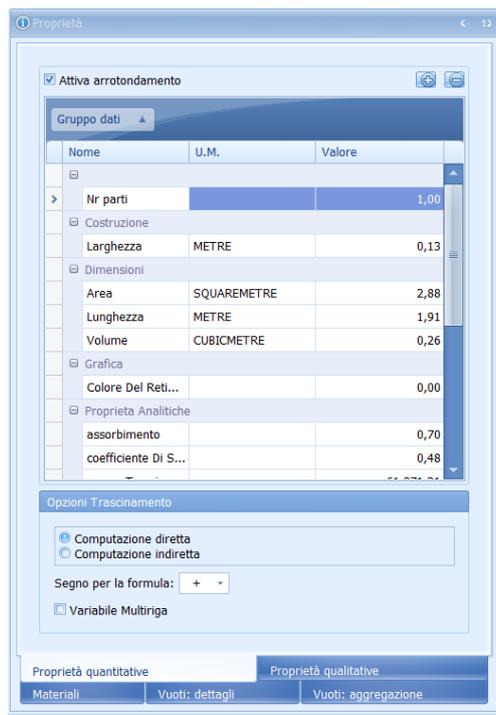


Figura 43: Finestra proprietà dell'elemento selezionato.

Prg.	Tipo	Tipo ins...	Articolo	Breve	Cod. U...	Des. U.M.	Quantità	Cod...	Des. U.M. ...	Prezzo	Importo (Prezzo)	Cod. Cat. SOA	Des. Cat. SOA
20	Misura	Fattori	01.A12.B...	Finitura C Gres ceramico	19	m²	23,374			29,62	692,34		
30	Misura	Fattori	01.P09.E...	Controsoffitto	19	m²	18,342			27,23	499,45		
40	Misura	Fattori	01.P08.B...	Porte pox bagni	19	m²	10,633			13,28	141,21		
50	Misura	Fattori	01.P05.A...	Muro in blocchi csl	19	m²	0,676			12,23	8,27		
60	Misura	Fattori	01.P08.B...	Porta phl	19	m²	3,927			140,00	549,78		
70	Misura	Fattori	01.P22.A...	WC cm 57x37x36	3	cad	5,000			97,05	485,25		
80	Misura	Fattori	01.P22.A...	Lavabo cm 60x45x21-a un bacino	3	cad	1,000			81,17	81,17		
90	Misura	Fattori		Lavabo cm 260 x 52 a un bacino	3	cad	1,000			178,53	178,53		
100	Misura	Fattori	01.A12.B...	Finitura C Gres ceramico	19	m²	10,038			29,62	297,33		
110	Misura	Fattori	F2b	Muro: Piastrelle + intonaco + 2...	19	m²	3,170			215,52	683,20		
120	Misura	Fattori	F2c	Muro: Piastrelle + intonaco + 2...	19	m²	13,153			215,52	2.834,73		
> 130	Misura	Fattori	F3b	Muro: Piastrelle + intonaco + c...	19	m²	10,949			107,76	1.179,86		
140	Misura	Fattori	F1e1	Muro: Piastrelle + intonaco	19	m²	8,456			29,62	250,47		
170	Misura	Fattori	F1e2	Muro: 2 cartongesso x 2	19	m²	14,103			156,28	2.204,02		
180	Misura	Fattori	F3c	Muro: Piastrelle + intonaco + ...	19	m²	18,432			107,76	1.986,23		
190	Misura	Fattori	F1c1	Muro: cartongesso doppio+ isol...	19	m²	12,820			160,95	2.063,38		

Figura 44: Computo definitivo degli elementi.

6.0 Conclusioni

Per l'attività di computazione, il software STRvision CPM si è dimostrato essere all'altezza delle operazioni svolte in questo progetto, in quanto è risultato preciso e versatile. Le divergenze riscontrate con il computo tradizionale non superano 1%, un valore che possiamo considerare pressoché trascurabile. Le differenze maggiori di prezzo sono state rilevate (come sospettavamo) in porzioni in cui vi è una collimazione di più muri. Nella Tabella 3 si possono vedere le variazioni di prezzo dei vari oggetti computati. In conclusione possiamo affermare che l'utilizzo del software riesce ad ottimizzare e a velocizzare la stesura di un documento, rispetto a una metodologia tradizionale. Per quanto riguarda l'interoperabilità, nell'importazione del modello in formato IFC non abbiamo riscontrato nessuna perdita d'informazione, il modello è stato importato in maniera facile garantendo un grado d'interoperabilità ottimale.

Tradizionale		Parametrico
140,77	Box	141,21
548,8	Porte	549,78
485,25	WC	485,25
297,38	Finiture	297,33
81,17	Lavabo1	81,17
178,53	Lavabo2	178,53
8,63	Muro Base T	8,27
695,91	F2b	683,2
3.139,11	F1c	3.183,91
1.115,87	F3b	1.163,81
2.487,06	F1e	2.454,49
1.980,40	F3c	1.986,23
3.059,02	F2c	2.834,95
497,49	Controsoffitto	499,45
693,70	Pavimento	692,34
15.303,94	TOTALE €	15.409,09

Tab. 3: comparazione dei valori

Pertanto l'approccio con il programma non è stato dei più facili, l'interfaccia è impostata diversamente dai software tradizionali e non è stata molto intuitiva. Per prendere padronanza con lo strumento a pieno delle sue funzionalità sarebbe necessario svolgere un corso con un docente. In questo caso grazie all'utilizzo del manuale e l'aiuto del tutor che mi è stato fornito gentilmente dall'Azienda STR, il quale si è dimostrato molto disponibile a rispondere alle mie domande, sono stato in grado di arrivare ad una padronanza dello strumento tale da condurmi ad un'autonomia di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Testi:

- ANCE, *Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni*, a cura della Direzione Affari Economici e Centro Studi, Gennaio 2017.
- ANCE, *Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni*, a cura della Direzione Affari Economici e Centro Studi, Gennaio 2015.
- BuildingSMART, *National Building Information Modeling Standard (NBIMS) 3 Version 1.0 – Part 1: Overview, Principles, and Methodology*, National Institute of Building Sciences, 2007
- C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, *BIM Handbook, A guide to Building information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractor*, J. Wiley & Sons, New Jersey, 2008.
- Ciribini, *L'information modeling e il settore delle costruzioni: IIM e BIM*, Maggioli Editore, Politecnica, 2013.
- F. Ossola, *La gestione del processo edilizio. Pianificazione progettuale ed operativa*, Levrotto e Bella, 1999.
- Osello, *Il futuro del disegno con il Bim per ingegneri e architetti*, Dario Flaccovio Editore, 2012.
- S. Pozzoli e W. Stefano Villa, *Autodesk Revit Architetture 2013. Guida avanzata*, Autodesk, 11 Ottobre 2012.
- L. Angel Tejero, *Construcción I*, Departamento de Construcciones Arquitectónicas U.P.V., Valencia

Siti:

<http://biblus.acca.it/approvate-le-parti-1-4-e-5-della-uni-11337-2017/>
http://bimtalk.co.uk/bim_glossary:bim_dimensions
<http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>
http://people.dicea.unifi.it/pcapone/MATERIALI_presentazioni/Cantiere_09_10.pdf
<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>
<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>
<http://www.ebarchitects.eu/blog/lod-drives-bim-roi-1/>
<http://www.ebarchitects.eu/blog/lod-drives-bim-roi-2/>
<http://www.ibimi.it/lod-livello-di-dettaglio-per-il-bim/>
<http://www.ibimi.it/lod-livello-di-dettaglio-per-il-bim/>
<http://www.inframod.it/servizi-di-ingegneria/consulenza-bim.html>
http://www.sedeunica.regione.piemonte.it/la_torre.php
[http://www.sperastudio.it/?page_id=2658.](http://www.sperastudio.it/?page_id=2658)
<http://www.uni.com>, Ente Italiano di Normazione
<http://www.vicini.to.it/vicini/2013/01/un-nuovo-quartiere/>
[https://bimtech.cz/en/bim/.](https://bimtech.cz/en/bim/)
<https://processinnovation.wordpress.com/2013/05/08/perche-bim/>
<https://www.autodesk.it/products/revit/overview>
<https://www.autodesk.it/products/revit/overview>
<https://www.smartcitiesworld.net/opinions/opinions/smart-buildings-creating-smarter-cities-by-frost--sullivan-consulting-director-konkana-khaund>
<https://www.str.it/focus-bim/interoperabilita>
[www.Uil/voucher-referendum.it.](http://www.Uil/voucher-referendum.it)