



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Edile

MODELLAZIONE INFORMATIVA BIM
PER LA GESTIONE DEGLI INTERVENTI DELLA
RICOSTRUZIONE

BUILDING INFORMATION MODELING BIM FOR
RECONSTRUCTION PROCEDURES
MANAGEMENT

Relatore:
Professor Berardo Naticchia

Tesi di laurea di:
Corneli Francesco Giuseppe

Anno Accademico: 2019-2020

Sommario

1 Introduzione	4
2 IL CONTESTO	7
2.1 ANALISI DELL'AEC	7
2.2 IL BIM E L'IFC	11
2.2.1 IL BIM.....	11
2.2.2 LO STANDARD IFC	14
2.3 IL BIM, IL SUO IMPIEGO	18
2.3.1 DIGITAL BUILDINGS	18
2.3.2 IL BIM NEL CONSTRUCTION MANAGEMENT.....	19
2.3.2.1 LA VISUALIZZAZIONE.....	21
2.3.2.2 IL CORDINAMENTO 3D.....	21
2.3.2.3 LA PREFABBRICAZIONE	22
2.3.2.4 PIANIFICAZIONE E MONITORAGGIO DELLA COSTRUZIONE.....	23
2.3.2.5 STIMA DEI COSTI	23
2.3.2.6 IL MODELLO COME DATABASE DI INFORMAZIONI	24
2.3.2.7 GLI APPLICATIVI DEL BIM	25
3 IL BIM, HBIM E GIS PER LA RICOSTRUZIONE	28
3.1 EVENTI SISMICI	28
3.1.2 SISMA DELL' AQUILA 2009.....	29
3.1.3 SISMA DELL'EMILIA 2012	34
3.1.4 SISMA UMBRIA-MARCHE 2016.....	39
3.2 IL BIM COME STRUMENTO PER LA RICOSTRUZIONE	46
3.2.1 PROBLEMATICHE CHE IL BIM PUO' RISOLVERE.....	46
3.2.2 LE SFIDE NELL'AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE.....	48
3.2.3 LE POTENZIALITÀ DEL BIM	49
3.3 METODOLOGIE BIM, HBIM, REVIT	50
3.3.1 METODOLOGIE BIM	50
3.3.2 HBIM.....	51
3.3.3 LE FASI DEL HBIM.....	53
3.3.4 BIM E HBIM A CONFRONTO.....	56
3.4 IL GIS	57
3.4.1 INTEGRAZIONE BIM-GIS.....	59

3.4.2 UTILIZZO CONGIUNTO BIM-GIS PER LA RICOSTRUZIONE.....	61
3.5 AMBIENTE DI CONDIVISIONE DATI- LA GESTIONE DEL MODELLO.....	64
3.6 GESTIONE DEGLI APPALTI.....	69
3.6.1 ANALISI DELLE PROCEDURE ATTUALI.....	70
3.6.2 ANALISI DELLE PROCEDURE ATTUALI.....	77
4 APPLICAZIONE DEL BIM AGLI INTERVENTI DI RICOSTRUZIONE.....	81
4.1 METODOLOGIE DI RILEVAMENTO DANNO	81
4.1.1 SCHEDE AEDES.....	81
4.1.2 CRITERI DI AGIBILITA'	84
4.2 STATO DI DANNO - DIGITALIZZAZIONE	87
4.3 L'IMPOSTAZIONE DEL MODELLO BIM	91
4.4 FAMIGLIE E TIPI	95
4.4.1 CREAZIONE DI UNA NUOVA FAMIGLIA PARTENDO DA 0.....	95
4.4.2 CREAZIONE DI UNA NUOVA FAMIGLIA A PARTIRE DA UNA ESISTENTE	99
4.4.3 CARICAMENTO DI UNA FAMIGLIA	100
4.4.4 DUPLICAZIONE DI UN TIPO ESISTENTE	101
4.5 LA REALIZZAZIONE.....	103
5 GESTIONE DEL CANTIERE IN BIM	108
5.1 LA PIANIFICAZIONE DEL CANTIERE.....	108
5.1.2 IL CANTIERE DIGITALE E LA SICUREZZA DEI LAVORATORI	109
5.1.3 LA PROGETTAZIONE INTEGRATA CON MODELLAZIONE ERGOTECNICA.....	115
5.2 METODI PER LA COMPUTAZIONE.....	119
5.2.1 LA FUNZIONE ABACO	120
5.2.2 RQUANTITIES	125
5.3 GESTIONE DEGLI APPALTI.....	127
5.3.1 VISUALIZZAZIONE DELLE PROCEDURE	127
6 CONCLUSIONI	133
Riferimenti	135
INDICE DELLE FIGURE.....	137
RINGRAZIAMENTI	139

Introduzione

In occasione di eventi drammatici come quelli sismici, ci si rende conto di come le lacune e l'inefficienza di alcune procedure possano causare difficoltà e disagi gravi, che si vanno a sommare a situazioni già di per sé complesse e critiche.

Il settore edile è quello che, superata l'immediatezza dell'emergenza, è chiamato a rispondere, a vari livelli e con vari protagonisti, al complesso scenario post-sismico che si andrà a delineare.

La ricostruzione, e prima ancora l'analisi puntuale del danno, spesso trovano risposte carenti per tempistica e strategie.

Le motivazioni di ciò sono probabilmente da ricercare nelle caratteristiche stesse del settore dell'edilizia. Le cause più probabili infatti sono:

- Il tipo di processo di progettazione non collaborativo e non supportato dai sistemi 2D CAD.
- Il fatto che il 2D CAD non aiuti l'integrazione del progetto con le parti relative alla programmazione e gestione dei costi.
- La natura stessa del settore che è frammentaria in quanto in ogni fase della vita di un edificio concorrono figure diverse per ruoli, conoscenze e attività svolte.

Tutto questo si esaspera quando ci si trova di fronte al duplice impegno di ricostruire e recuperare edifici, che non siano dati come irrecuperabili, oppure di importanza storico-artistica, e contemporaneamente pianificare la sostituzione di quelli andati distrutti, il cui recupero diventa antieconomico oppure non funzionale.

Lo strumento per affrontare questa sfida può essere il Building Information Modeling (BIM), una tecnologia nata per la modellazione e l'analisi degli edifici basata sullo standard Industry Foundation

Classes (IFC). Il sempre crescente utilizzo di questa tecnologia nel settore delle costruzioni e la recente accelerazione che il suo impiego ha subito sono gli elementi che ci fanno dire con buona probabilità che questa si rivelerà una tecnologia dirompente in termini di conseguenze, in maniera molto simile al precedente passaggio al sistema 2D CAD che obbligò ad una riorganizzazione all'interno degli studi di progettazione, garantendo però un incremento in termini di coordinamento e produttività rispetto al disegno manuale.

In questo panorama emerge la necessità di comprendere come l'AEC (Architecture, Engineering and Construction) Industry dovrà modificare il proprio approccio alla gestione delle costruzioni per potersi adattare all'introduzione di un linguaggio nuovo e di strumenti dotati di grandi potenzialità e complessità al tempo stesso.

L'introduzione del BIM non tratterà solo una modifica della tecnologia con la quale si studia il procedimento costruttivo, elemento questo che in un primo momento sarà senza dubbio quello più influente, ma, in seconda istanza, influirà anche su tutti i processi andando completamente a stravolgere le procedure di gestione dei vari momenti della vita di un edificio.

In questo scenario si ha come obiettivo quello di andare a sviluppare delle procedure adatte, per essere generalizzate a casi di eventi sismici, così da poter essere indicative dei cambiamenti che gli studi di progettazione e le imprese saranno costretti ad affrontare con l'introduzione del BIM nel processo costruttivo.

I diversi aspetti in cui il BIM potrebbe apportare delle migliorie in tutte le fasi da gestire sono:

- Centralità del dato e interoperabilità, velocità di programmazione
- Modellazione 3d e restituzione grafica
- Elaborazione analitica dei dati di progetto
- Pianificazione e programmazione interventi
- Controllo dell'esecuzione e monitoraggio, quindi dei costi

In questo lavoro si sono analizzate le procedure inerenti l'elaborazione analitica dei dati di progetto e quelle riguardanti la centralità del dato e l'interoperabilità.

Tutte le procedure sono state schematizzate secondo i formalismi del Business Process Modeling e lo studio delle procedure è avvenuto applicando l'introduzione del BIM nel campo delle costruzioni. Lo stesso studio sulle procedure è applicato all'interoperabilità, resa possibile dal BIM nel caso di lavori in team di professionisti.

Si è fornito un contributo su quella che può essere la gestione del cantiere con metodologie BIM.

Tutto questo va inserito nella dualità che da sempre vive il termine BIM dal momento che specialmente in passato veniva inteso sia come Building Information Model che Building Information Modeling.

Ad oggi l'acronimo BIM viene comunemente inteso come Modeling ma è rimasta insita nel termine questa doppia natura intesa come due significati distinti: il primo riguardante il *processo* (Modeling) e il secondo una tipologia di *software* (Model).

Quest'ultima visione si riferisce a tutta una serie di programmi affermatasi negli ultimi anni e commercializzati come efficienti strumenti per produrre un sistema perfettamente coordinato di informazioni relative al prodotto.

La definizione del BIM come processo, invece, va ben al di là della visione elementare che vuole la potenza di rappresentazione 3D come unico o prevalente aspetto positivo di questa nuova tecnologia, focalizzando l'attenzione sulla possibilità di gestire tutto il ciclo di vita di un edificio attraverso un database di informazioni ben strutturate.

Questa concezione ci pone quindi in uno scenario in cui le informazioni sul ciclo di vita di un edificio, potrebbero includere informazioni commerciali, test, indicatori di performance e istruzioni sulla manutenzione per tutti i pacchetti e i materiali del costruito, rendendolo un'evidente vantaggio sia nell'applicazione ricostruttiva che in quella programmatica.

Analizzando la situazione da questa prospettiva, la vera sfida sarà come mantenere queste informazioni reperibili ed accessibili per tutta la durata di vita di un edificio se paragoniamo l'estensione di quest'ultima rispetto al decorso di un qualsiasi software in grado di poter leggere e manipolare quei dati.

Non ultimo l'approccio tramite BIM sin dalle fasi valutative pre-ricostruzione offrirà la possibilità di delineare un quadro d'insieme più completo, oggettivo ed efficace, facilmente consultabile dai vari attori che si trovino a dover operare per la ricostruzione.

Infine l'implemento costante delle informazioni e la diminuzione degli errori, caratteristica intrinseca del BIM, permetteranno da una parte un controllo più puntuale ed una migliore gestione delle risorse, dall'altra un database implementabile atto a garantire informazioni utili per decisioni strategiche.

IL CONTESTO

2.1 ANALISI DELL'AEC

L'industria AEC (Architecture Engineering and Construction) ha registrato un graduale calo della produttività a partire dai primi anni '60.

Verosimilmente in seguito allo slancio post-bellico, man mano che si assestavano le esigenze della ricostruzione e della riconversione industriale la domanda nel settore delle costruzioni scemava, al contrario le industrie non facenti parte del settore agricolo come l'industria manifatturiera hanno aumentato la loro produttività lavorativa.

La riduzione della produttività del settore delle costruzioni ha significato nel tempo più ore di lavoro proporzionalmente agli importi di contratto. Tutto ciò indica che nel settore delle costruzioni manca lo sviluppo di strategie di ottimizzazione del lavoro, e questo si ripercuote negativamente nella qualità del prodotto realizzato.

Non a caso gli edifici che, durante gli eventi sismici, per primi hanno subito danni ingenti e conseguentemente messo a repentaglio la vita degli stessi occupanti sono spesso risalenti proprio a detto periodo.

Dove ad una considerevole accelerazione della domanda e ad un notevole implemento delle tecnologie utilizzate non è corrisposto un altrettanto attento studio delle metodologie di approccio progettuali.

Tale mancanza sistemica può essere definita come la causa della difficoltà nello sviluppo qualitativo delle costruzioni che poi è fonte di mancata crescita del settore.

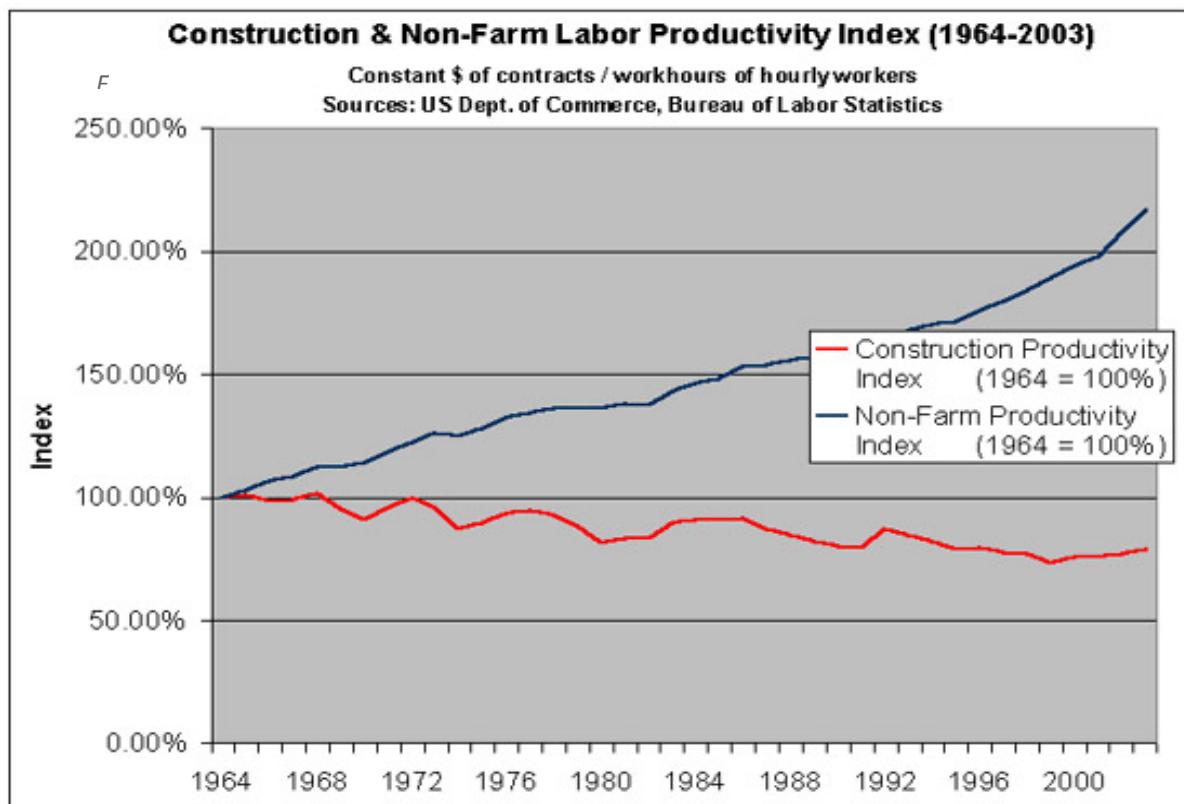


Figura 1 - Divario di produttività tra industria manifatturiera e delle costruzioni

Le principali cause di questa mancata crescita risiedono probabilmente in questi tre aspetti che contraddistinguono il settore dell'edilizia:

- Il processo di costruzione edile, con il quale intendiamo tutte le fasi dalla progettazione allo smantellamento, è di tipo collaborativo tra più figure diverse e non è aiutato dalla tecnologia 2D CAD dal momento che attualmente ogni professionista lavora alla sua parte di progetto separatamente, con il rischio di una perdita di coerenza tra gli elaborati insieme ad una ridondanza di alcune informazioni, andando a perdere la visione complessiva del costruito durante la fase di progettazione.
- La tecnologia 2D CAD non promuove l'integrazione del progetto (inteso come disegno) con la parte di programmazione e gestione dei costi.
- La natura frammentaria dell'industria AEC che nelle diverse fasi di costruzione interessa figure diverse per ruoli, conoscenze e attività svolte.

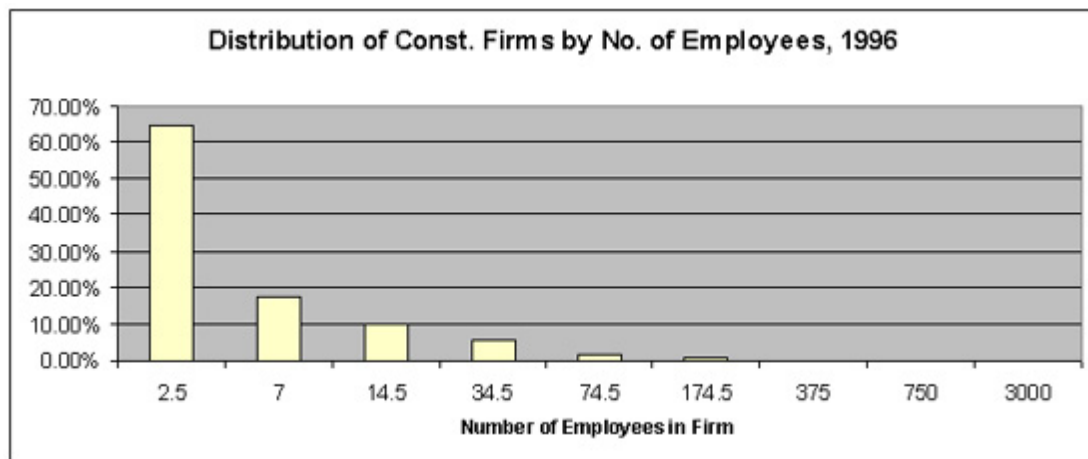


Figura 2 - Distribuzione di imprese di costruzione in base al numero di impiegati

Oltre a tutto ciò a causa di fluttuazioni della domanda e requisiti dipendenti dal sito di costruzione la maggior parte delle imprese di costruzioni sono molto piccole e specializzate.

C'è anche da sottolineare che i lavoratori edili in media hanno salari più bassi rispetto all'industria manifatturiera, pertanto le imprese non hanno né incentivi né risorse per investire denaro in ricerca e sviluppo della tecnologia, anche a causa degli elevati rischi e costi.

Nei casi in cui si utilizzino nuove tecnologie e nuovi metodi, questi vengono inizialmente applicati a progetti piccoli o campione ed impiegano tempi lunghi per essere implementati nel settore delle costruzioni.

Uno dei primi passi verso l'uso della tecnologia 3D nell'industria delle costruzioni ha riguardato la modellazione di solidi 3D alla fine del 1970.

In quel periodo l'industria manifatturiera ha sviluppato software 3D per la progettazione, l'analisi e le simulazioni riguardanti i prodotti.

La modellazione 3D nel settore delle costruzioni è stata in seguito ostacolata dal costo della potenza informatica richiesta e in un secondo momento dal successo che ebbe l'adozione dei sistemi CAD.

L'industria manifatturiera, invece, comprendendo le potenzialità della rappresentazione 3D ha impiegato più risorse nello sviluppo di questa tecnologia e ha quindi afferrato tutti i potenziali benefici della funzionalità delle analisi integrate, della riduzione degli errori e dello spostamento verso l'automazione di fabbrica. Si è lavorato insieme ai fornitori degli strumenti di modellazione per ridurre ed eliminare le carenze dei software tecnologici. La modellazione parametrica è stata perciò ampiamente adottata dalle aziende con lo scopo di ideare, progettare e produrre i prodotti e ad oggi l'industria manifatturiera ha pienamente fatto

proprio il concetto di progettazione e produzione virtuali all'interno di una piattaforma collaborativa.

L'industria delle costruzioni ha fondato le basi della realizzazione del prodotto edilizio come un insieme di oggetti solo negli anni 90 e inizialmente soltanto alcuni settori di mercato, come l'acciaio strutturale, utilizzavano la modellazione 3D parametrica.

Recentemente gli strumenti BIM sono diventati facilmente disponibili in tutto il settore delle costruzioni e questo è dovuto alla dedizione che l'AEC Industry ha dedicato allo sviluppo del BIM (Building Information Modeling) negli ultimi 20 anni. L'industria delle costruzioni ha, a questo punto, realizzato i veri benefici apportati dall'avanzamento tecnologico di cui ormai ha urgente bisogno per colmare quel divario cresciuto negli ultimi decenni e che il concetto di modellazione alla base del BIM potrebbe riempire.

2.2 IL BIM E L'IFC

2.2.1 IL BIM

Il Building Information Modeling (BIM) è una delle tecnologie più innovative nell'industria delle costruzioni.

Non esiste una definizione univoca del termine; si riporta quella del National Building Information Modeling Standard (NBIMS), risalente all'anno 2008:

«Il BIM è un processo di programmazione, progettazione, costruzione e manutenzione che utilizza un modello informativo di un edificio, nuovo o esistente, che contiene tutte le informazioni che riguardano il suo intero ciclo di vita».

La definizione pone l'accento sull'oggetto che viene creato in ambito BIM. Si tratta di un modello tridimensionale parametrico dell'edificio, nel quale ogni elemento possiede delle proprietà e si relaziona con gli altri elementi.

La differenza che quindi distingue maggiormente il BIM dal tradizionale approccio CAD-2D sta nella possibilità di associare informazioni agli oggetti come ad esempio materiali, proprietà geometriche, strutturali, energetiche o che riguardano il costo.

Nei modelli 2D i file digitali sono costituiti da oggetti vettoriali ai quali sono associati solo parametri di visualizzazione, come stili di linea, colore e spessore.

Nel BIM le entità geometriche create sono di tipo parametrico e questo porta ad una serie di considerazioni:

- le dimensioni sono associate a regole parametriche definite;
- il cambiamento del valore di un parametro provoca il cambiamento di tutte le entità collegate ad esso;
- le varie viste di modello, siano esse 2D o 3D, sono coerenti tra loro perché fanno riferimento allo stesso modello informativo.

Non possono essere considerati software BIM quelli che permettono di creare solamente un modello 3D dell'edificio, senza la definizione di attributi degli oggetti. Essi sono adatti solo alla visualizzazione del modello, ma non forniscono la possibilità di ulteriori analisi.

L'adozione della metodologia BIM ha una grande influenza sull'andamento del processo progettuale.

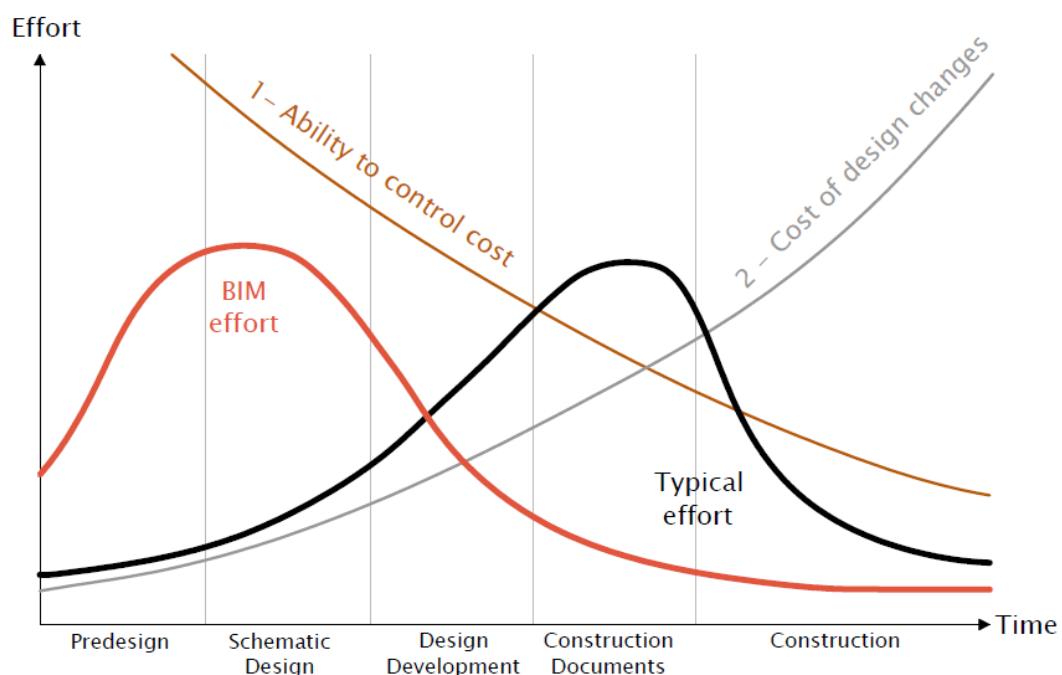


Figura 3 - Curva di MacLeamy

Nella figura è presente la curva di MacLeamy che mette in relazione la quantità di lavoro, in termini di tempo e costo, alle fasi del processo progettuale.

Nella pratica tradizionale, nelle prime fasi solamente uno o pochi studi progettuali sono coinvolti. Procedendo la quantità di lavoro aumenta fino ad arrivare ad un massimo in corrispondenza della produzione della documentazione.

Il BIM permette di velocizzare l'attività di produzione dei documenti, spostando il picco di quantità di lavoro nelle prime fasi progettuali. Questo accade perché tutte le varie discipline collaborano all'inizio del processo per prendere le decisioni in modo condiviso.

Le curve 1 e 2 mostrano rispettivamente la capacità delle decisioni progettuali di influire sui costi e sulle funzionalità del progetto e il costo delle variazioni progettuali in funzione del tempo.

Il vantaggio del BIM è proprio il fatto che le decisioni progettuali sono prese all'inizio, tenendo conto della molteplicità di fattori che influenzano il progetto e quindi non ci sono variazioni sostanziali nelle fasi successive che farebbero lievitare i costi.

Attualmente il processo progettuale risulta molto frammentato e si avvale di uno scambio di informazioni tra le parti coinvolte, spesso basato su documentazione cartacea.

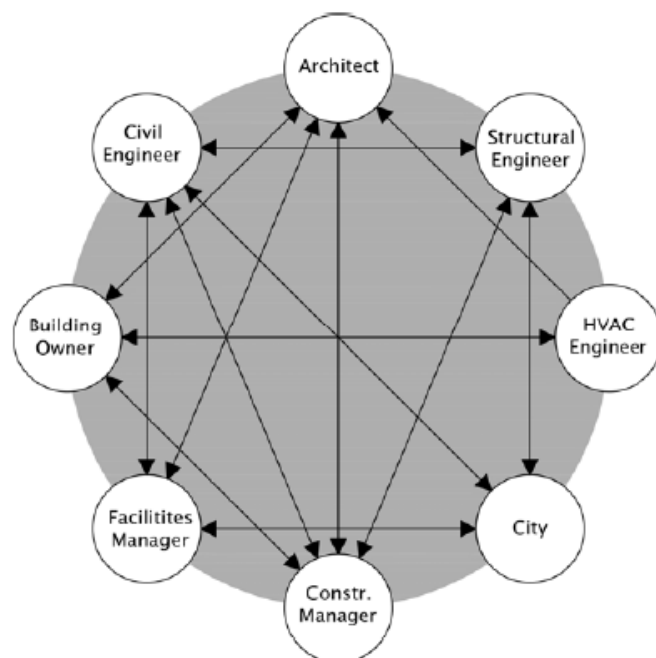


Figura 4 - Modello tradizionale di scambio di informazioni nel processo progettuale

L'adozione di questa pratica porta inevitabilmente ad errori, aumento di tempi e costi di progetto e molto spesso provoca l'insorgere di azioni legali.

Attraverso la tecnologia BIM tutte le figure che partecipano al processo progettuale lavorano in modo simultaneo condividendo uno stesso modello informativo. In questo modo si riduce al minimo la perdita di informazioni e si snellisce il flusso di lavoro.



Figura 5 - Modello di scambio di informazioni con l'adozione del BIM

Le analisi preliminari attuate attraverso degli strumenti complementari al BIM forniscono delle preziose indicazioni di massima che offrono un importante aiuto ai progettisti.

Nella pratica tradizionale invece le analisi afferenti alle varie discipline sono eseguite in un momento successivo, quando oramai le scelte sostanziali sono già state prese.

A metà degli anni '80 con l'avvento del BIM e dell'ingente quantità di informazioni da scambiare nasce la questione dell'interoperabilità e dei formati di scambio. Dopo diversi tentativi, l'ISO (International Organization for Standardization) sviluppò un progetto di standardizzazione noto come STEP (STandard for the Exchange of Product model data).

Uno dei prodotti più importanti dell'ISO-STEP è il linguaggio EXPRESS che supporta la modellazione in diversi campi dell'industria oltre a quello delle costruzioni.

2.2.2 LO STANDARD IFC

l'IFC (Industry Foundation Classes) è l'unico standard di modellazione integrale ed intelligente di dati per edifici.

Negli anni '90 le aziende leader decisero di cooperare in un progetto a favore dell'interoperabilità. Venne così creata l'International Alliance for Interoperability (IAI), dal 2008 building- SMART, definita come un'organizzazione non a scopo di lucro che ha come obiettivo la realizzazione di un formato di scambio standard neutrale da utilizzare nel mondo delle costruzioni.

Il formato in questione si chiama Industry Foundation Classes (IFC) e si basa sullo stesso linguaggio di modellazione dell'ISO-STEP. L'IAI si avvale del lavoro di molti membri in tutto il mondo, raggruppati in Capitoli a seconda della localizzazione geografica o della lingua.

L' Industry Foundation Classes è un modello di gerarchizzazione delle informazioni, aperto e neutrale, non collegato ad alcun produttore specifico di software e progettato per sostenere l'interoperabilità tra le singole applicazioni che operano all'interno del settore delle costruzioni.

A differenza degli altri tentativi compiuti con il linguaggio ISO-STEP, l'IFC si pone come formato specificatamente pensato per riprodurre tutti gli aspetti che riguardano il ciclo di vita di un edificio, dagli studi di fattibilità alla progettazione, costruzione e manutenzione.

Il lavoro di sviluppo di questo formato è in atto da molti anni con rilascio regolare delle nuove versioni. La prima versione, l'IFC 1.0, risale al 1997.

L'IFC nasce come formato di scambio di informazioni tra diversi software privati che devono poter essere definiti IFC compliant, cioè capaci di importare ed esportare file IFC. Le applicazioni possono ottenere tag IFC compliant passando attraverso un processo di certificazione.

La specificazione del modello IFC è divulgata in forma pubblica ed è accessibile a chiunque, in modo che gli sviluppatori possano liberamente costruire le impostazioni IFC da implementare nelle loro applicazioni.

La complessità del mondo delle costruzioni si riflette ovviamente sul formato IFC che a sua volta deve implementare una grande varietà di entità, proprietà e relazioni tra gli elementi. Esso infatti non rappresenta solo elementi tangibili come muri, porte, travi ma anche entità astratte come attività, spazi, costi di costruzione.

Il formato IFC è composto dalla struttura gerarchica, divisa in quattro grandi livelli, ognuno dei quali contiene a sua volta diverse categorie grazie alle quali sono definite le entità.

La struttura funziona in modo che un'entità di un dato livello può relazionarsi o fare riferimento solamente ad un'altra entità dello stesso livello o un livello inferiore.

Questa configurazione è predisposta ad una crescita continua e permette alle entità di un livello basso di essere combinate per realizzare definizioni di livello superiore.

Inoltre in questo modo è implementata la distinzione per disciplina delle singole entità, rendendo possibile la fruizione del modello da parte degli strumenti propri di ogni disciplina.

I quattro livelli sono:

- Resource layer: contiene categorie di entità che rappresentano le proprietà di base come ad esempio geometria, materiali, costo, in modo da essere generali e non specifiche per gli edifici. Queste sono utilizzate come risorsa per definire le entità di livello superiore.
- Core layer: questo livello contiene entità astratte anche non relative al mondo delle costruzioni, utilizzate nei livelli successivi.
- Interoperability layer: comprende entità facenti parti dell'edificio denominate Shared Object. Ad esempio ci sono gli shared building elements, come pilastri, travi, porte, ecc. oppure gli shared facilities elements che sono proprietà relative alla manutenzione.

- Domain layer: costituiscono le discipline di afferenza delle varie entità come architettonico, strutturale, manutenzione, ecc. Per capire meglio l'organizzazione di un'entità IFC si espone l'esempio di un muro e di un locale, definito come spazio chiuso tra muri perimetrali. Di interesse è capire sia come è rappresentato l'elemento singolo, ma soprattutto come sono rappresentate le relazioni con il resto delle entità.

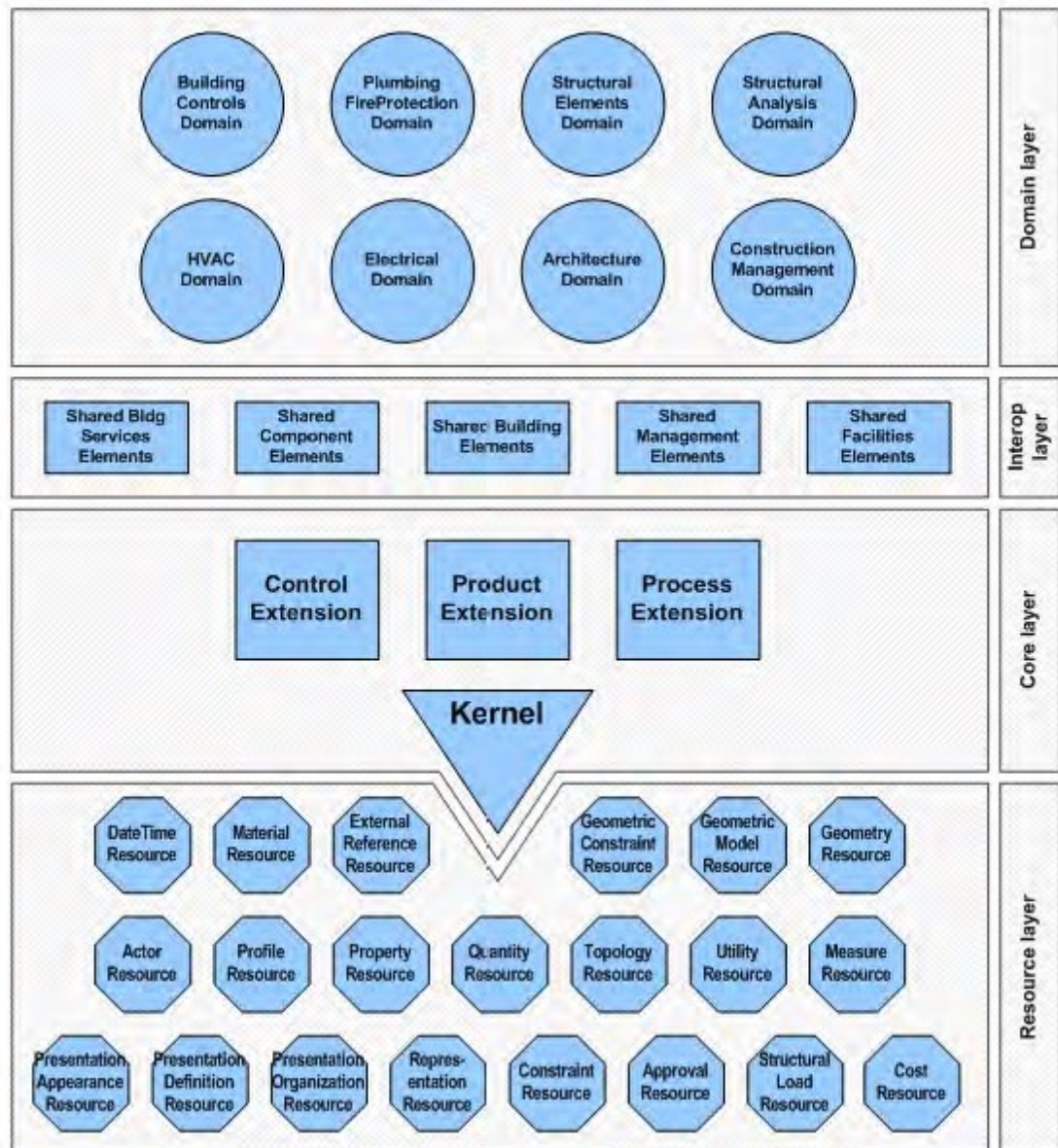


Figura 6 - Struttura dello standard IFC

Ad esempio un muro (IFCWall) è un elemento che rientra nella categoria degli elementi della costruzione (IFCBuildingElement), che a loro volta rientrano nella categoria degli elementi (IFCElement) e così via fino alla più grande categoria che comprende gli IFCRoot, le entità di base

che costituiscono entità e non relazioni. Gli attributi della singola istanza sono collocati al livello dell'IFCElement.

Alla base della struttura ci sono 26 definizioni EXPRESS generiche, adattabili ad ogni tipo di prodotto. Le entità base sono poi combinate tra loro per generare gli oggetti appartenenti all'industria delle costruzioni, denominati Share Object. Questi oggetti sono suddivisi in sottocategorie in base anche alla disciplina di competenza.

L'IFC predispone una struttura ad albero per ogni entità. Ogni livello rappresenta le proprietà dell'elemento e le relazioni con altre entità.

Originariamente l'IFC è stato creato per trasferire entità geometriche parametriche semplici come ad esempio muri, solai, coperture, ecc. Con le successive versioni è ora in grado di codificare forme complesse, come solidi estrusi o superfici parametriche.

Molta cura è stata inoltre impiegata per fare in modo che l'IFC codificasse tutti i variegati tipi di relazioni che intercorrono tra gli oggetti di un edificio.

2.3 IL BIM, IL SUO IMPIEGO

2.3.1 DIGITAL BUILDINGS

La società attualmente affronta molte sfide legate alle attuali condizioni economiche e alla pressante necessità di affrontare i cambiamenti climatici e i suoi effetti, insieme con la sostenibilità di tutti i campi in cui si opera e entrambi gli argomenti si trovano costantemente all'ordine del giorno. Notevoli aspettative sono riposte per quanto riguarda l'industria AEC nel miglioramento dell'efficienza e della risposta alle preoccupazioni ambientali dal momento che, nel panorama complessivo, il settore civile (residenziale più terziario) è fortemente coinvolto nel consumo energetico con un contributo medio relativo alle fonti energetiche tradizionali che si attesta, in Europa, intorno al 40%.

Ma l'edilizia è stata ampiamente riconosciuta come un settore che presenta molti e intrattabili problemi. Il settore è attualmente in piena transizione per il passaggio a modelli digitali, i digital buildings.

Ad oggi gli edifici moderni sono sempre di più controllati con sistemi digitali volti a monitorare degli aspetti che sono diventati preponderanti negli edifici quali l'ambiente, il clima, la gestione delle risorse, il riciclo e le effettive prestazioni dell'edificio. È in questo contesto che nasce il termine digital buildings inteso come una serie completa di informazioni altamente strutturate che potenzialmente definiscono tutti gli aspetti del corrispondente edificio reale, compresa la sua infrastruttura digitale. Con la capacità dei software 3D che usano la tecnologia BIM di rappresentare l'edificio come un'entità virtuale contenente tutte le informazioni come attributi agli oggetti, tali edifici digitali dovrebbero poter rispecchiare il ciclo di vita della reale costruzione: il modello nascerà insieme alla nascita del bisogno della struttura, costituendo in seguito il centro di acquisizione e conservazione di tutte le informazioni utili fino a che la costruzione fisica non esisterà più.

Nella figura successiva vengono illustrate le 4 fasi principali della vita di un edificio, dal design (creazione) fino alla fase modify (che intende sia il cambiamento di destinazione d'uso, che il recupero, che la demolizione) e il ruolo centrale dei digital buildings in tutti questi momenti come collettore centrale di informazioni.

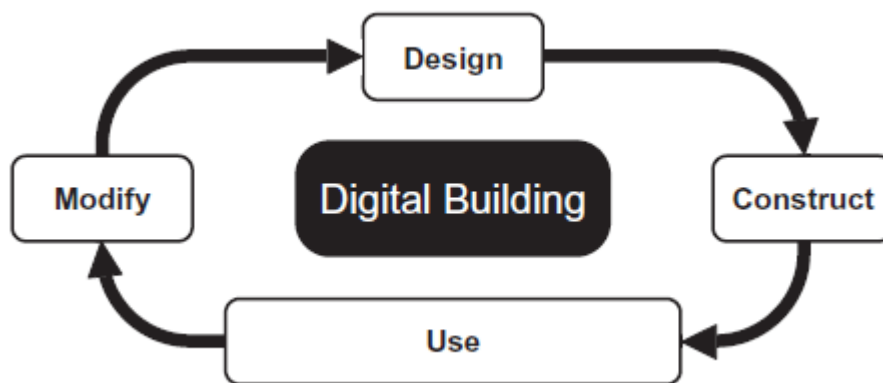


Figura 7 - Ruolo dei digital buildings nel life-cycle degli edifici

Il Building Information Modeling rappresenta proprio una prima imperfetta approssimazione del concetto di digital buildings.

2.3.2 IL BIM NEL CONSTRUCTION MANAGEMENT

Esistono diversi usi del BIM dipendenti dallo specifico ruolo del soggetto coinvolto nella progettazione che si sta valutando. La figura di seguito illustra i possibili utilizzi per la pianificazione, la progettazione (pre-costruzione), le fasi di costruzione e di esercizio (post -costruzione).

PLAN	DESIGN	CONSTRUCT	OPERATE
Existing Conditions Modeling			
Cost Estimation			
Phase Planning			
Site Analysis			
Programming			
	Design Reviews		
	Code Validation		
	LEED Evaluation		
	Other Eng. Analysis		
	Mechanical Analysis		
	Lighting Analysis		
	Structural Analysis		
	Energy Analysis		
	Design Authoring		
		3D Coordination	
		3D Control and Planning	
		Digital Fabrication	
		Construction System Design	
		Site Utilization Planning	
			Record Model
			Disaster Planning
			Space Mgmt/Tracking
			Asset Management
			Building System Analysis
			Maintenance Scheduling

Figura 8 - Uso del BIM all'interno del ciclo di vita di un edificio

Durante la fase di progettazione, l'uso del BIM è in grado di dare tutto il suo apporto positivo al progetto, poiché la capacità delle prime fasi di influenzare il costo finale è la più alta. Il team di progetto in questa fase creativa può fornire idee e trovare soluzioni ai problemi che si riscontrano nel metterle in atto prima che diventino di impatto notevole sul budget di progetto. Per realizzare ciò è ovviamente necessario un facile coordinamento e una buona collaborazione di tutti i personaggi coinvolti. L'uso del BIM senza dubbio rende meno laboriosi gli sforzi di collaborazione della squadra. L'architetto e l'ingegnere possono testare le proprie idee progettuali, tra cui l'analisi energetica. Il direttore dei lavori è in grado di comprendere la costruibilità dei componenti e il sequenziamento, i costi e le relazioni tecniche. Il proprietario può capire subito e visivamente se il disegno rispecchia quello che ha richiesto al progettista. Nel complesso, il BIM promuove la collaborazione di tutti i partecipanti alla progettazione. Ci sono benefici anche nell'usare il BIM durante la fase di edificazione, sebbene la capacità di controllare i costi diminuisce man mano che la costruzione progredisce. Nella fase post-costruzione la programmazione della manutenzione, l'analisi del sistema costruttivo, la gestione e il monitoraggio delle risorse e dello spazio, la gestione delle emergenze e la conservazione di tutte le informazioni possono aiutare nella buona conservazione di un edificio per tutto il suo ciclo di vita.

Idealmente i sistemi di automazione dell'edificio (BAS), che controllano e monitorano l'uso di apparecchiature meccaniche ed elettriche, possono essere collegati al modello e fornire un programma di manutenzione di successo. Inoltre, le analisi sull'edificio che comprendono l'energia, l'illuminazione e parti meccaniche possono essere utilizzate per misurare le prestazioni.

Considerando tutti gli aspetti fin qui elencati è chiaro che la tecnologia BIM va ben oltre la potenza di rappresentazione grafica, esaltando altri aspetti della progettazione quali la coerenza del progetto e la coordinazione degli elementi, l'incremento della prefabbricazione, il supporto alla pianificazione e al monitoraggio del processo costruttivo, alla stima dei costi e l'immagazzinamento e la conservazione delle informazioni.

2.3.2.1 LA VISUALIZZAZIONE

Il Building Information Modeling (BIM) è un grande strumento di visualizzazione. Esso fornisce una rappresentazione tridimensionale virtuale dell'edificio. Durante la fase di preparazione dell'offerta, il progettista è in grado di fornire, attraverso il 3D BIM, rendering, procedure dettagliate e il sequenziamento del modello così da poter comunicare meglio con la committenza. La visualizzazione 3D fornisce una migliore comprensione di come il prodotto sarà realmente, eliminando il processo progettuale di scomporre l'edificio nelle sue viste 2D (prospetti, piante e sezioni) e fornendo una visione più minuziosa, specialmente per certi dettagli o parti, con la vista tridimensionale. Inoltre sia il progettista che il committente possono utilizzare il mock-up dell'edificio inserito nel contesto per avere una visione globale dell'intervento.

Tutto ciò contribuirebbe a visualizzare, comprendere meglio e prendere decisioni per l'estetica e la funzionalità dello spazio in maniera più consapevole. I modelli virtuali aiutano a comunicare e collaborare tra i partecipanti al progetto promuovendo al contempo la pianificazione e il corretto sequenziamento della costruzione.

2.3.2.2 IL CORDINAMENTO 3D

La collaborazione del team di costruzione con l'architetto, ingegnere e il proprietario dovrebbe essere avviata nei primi stadi della fase di progettazione attraverso l'ausilio del BIM. Se c'è un solo architetto nella progettazione questi creerà i disegni 2D che lo strutturista dovrà poi trasformare in un modello 3D per poter effettuare i calcoli e le verifiche. Passando poi agli specialisti, in particolare a coloro che si occupano di impianti, questi avranno bisogno di collocare in maniera univoca il loro lavoro nello spazio attraverso delle coordinate. Il totale coordinamento delle operazioni può essere avviato sin dall'inizio con un modello 3D in modo da garantire che qualsiasi interferenza sia risolta nell'immediato e non solo a valle di un processo di progettazione. Nel complesso, gli sforzi di coordinamento tra le varie figure coinvolte, specialmente nelle fasi iniziali, contribuiscono a ridurre gli errori di progettazione enormemente e permettono una migliore comprensione del lavoro da fare.

2.3.2.3 LA PREFABBRICAZIONE

La prefabbricazione riduce i costi e i tempi della costruzione e aumenta la precisione assicurando una certa qualità. La prefabbricazione richiede estrema precisione nel disegno. Il Building Information Modeling può fornire questo livello di precisione, includendo le specifiche, la sequenza, le finiture e la vista 3D per ciascun componente. Tuttavia, il team di costruzione deve assicurarsi che il BIM sia interoperabile con il software utilizzato dai costruttori così da permettere ai fornitori di inserire i dati riguardanti i componenti direttamente nel loro software di fabbricazione e utilizzare il Computer Numerical Control per la produzione. In questo modo attacchi in acciaio complessi generati nel modello potranno essere saldati in officina risparmiando tempo e denaro. Il BIM aiuta anche a modificare tempestivamente il progetto nel caso di interferenze, specialmente quelle tra struttura e impianti evitando il problema di componenti impiantistiche che si trovano a passare dentro travi o altri elementi e che in alcuni casi articolati possono essere risolti solamente con il taglio degli stessi. L'utilizzo del BIM, permettendo l'immediata individuazione di questa sovrapposizione, rende possibile la prefabbricazione anche dei cavedi impiantistici laddove strettamente necessari, dando la possibilità di realizzare questi ultimi in officina con un grande risparmio di tempi e sforzi. Anche nei sistemi per facciate continue sia a pannelli che a sistema traverso-montante si può utilizzare la modellazione 3D per descrivere al meglio i vari componenti. Mentre nei sistemi traverso-montante sarà comunque richiesta una parte di lavorazioni in cantiere, con i sistemi a pannelli si potrebbe pensare di progettare tutte le componenti, quindi anche le parti degli impianti elettrico, idraulico, di riciclo dell'aria ecc. e lasciare al lavoro manuale solo i collegamenti MEP finali. Nel complesso, il Building Information Modeling può aiutare nel lavoro di implementazione nella struttura del MEP promuovendo la collaborazione e lo scambio di informazioni tra i subappaltatori. Quello che si va ad attuare con l'ausilio del modello è una sgrossatura di tutte quelle lavorazioni che si possono trasferire in officina. Sulla base di ciò, i prodotti possono essere estremamente dettagliati utilizzando poi per produrli software di fabbricazione. Una volta che il materiale è prefabbricato e arriva in cantiere, il responsabile di quel settore di specialità (pannelli prefabbricati, impianto idraulico, ecc.) si coordinerà con il direttore dei lavori per far sì che sia realizzata la versione reale di quel modello virtuale.

2.3.2.4 PIANIFICAZIONE E MONITORAGGIO DELLA COSTRUZIONE

La pianificazione della costruzione prevede la pianificazione e sequenziamento del modello per coordinare la costruzione virtuale nel tempo e nello spazio. E' possibile integrare il calendario delle lavorazioni previsto in una costruzione virtuale passando da un modello 3D ad un modello 4D. La pianificazione attraverso l'utilizzo del BIM migliora l'utilizzo del sito, la coordinazione degli spazi e le informazioni sul prodotto finito. Il modello deve includere componenti provvisori come gru, camion, ecc. e le vie di accesso stradale per veicoli industriali (gru, ascensori, escavatori, ecc.) devono essere incorporate nel BIM, nell'ambito del piano della logistica. Inoltre, l'utilizzo del sito si compone di stabilire le aree di utilizzo e le posizioni, durante i progressi del cantiere, di rimorchi, attrezzature di assemblaggio e di sollevamento. Il 4D BIM può essere utilizzato anche come uno strumento di visualizzazione per identificare le caratteristiche di sicurezza richieste in tempi diversi a seconda delle fasi.

Una volta che il modello viene utilizzato come strumento di pianificazione per la sicurezza, questo potrà essere utile anche per monitorare le misure adottate nel luogo di lavoro. Un'altra questione rilevante è quella riguardante i tempi di consegna dei materiali, da prevedere adeguatamente in modo che ci siano i giusti tempi di installazione o assemblaggio. Esistono poi tutta una serie di sistemi di acquisizione dei dati in campo, come ad esempio la scansione laser o l'RFID, che permettono di tenere traccia in tempo reale dei progressi del cantiere, registrando i tempi di consegna del materiale e anche la messa in opera. Gli stessi sistemi possono essere utilizzati anche per controllare la corretta messa in opera di diverse componenti degli edifici, compresi gli impianti. Questo proattivo approccio di controllo di qualità eviterebbe eventuali conflitti successivi o errori nella realizzazione, difficilmente risolvibili in cantiere. La pianificazione e il monitoraggio sono parti essenziali nella buona riuscita di un progetto. Con questi sistemi integrati nel modello 4D sarà molto più semplice per il direttore dei lavori verificare in maniera puntuale ed efficiente il processo costruttivo.

2.3.2.5 STIMA DEI COSTI

I due elementi principali di un preventivo di spesa sono le quantità e i prezzi. È possibile estrarre in automatico i quantitativi da un modello BIM in maniera assolutamente precisa rispetto ai sistemi attuali con il 2D CAD. Esistono anche dei metodi per inserire i prezzi direttamente nel modello

seppur risulti laborioso ricavare automaticamente un computo a partire dal modello senza l'ausilio di specifici applicativi. Nel caso di lavorazioni non contenute nei prezziari regionali o casi particolari risulta poi necessaria un'analisi nuovi prezzi per la quale sono necessarie le competenze di un progettista per analizzare i componenti di un materiale, come installarlo e i costi relativi a noleggi, manodopera e sicurezza.

Se il prezzo per una certa attività non è disponibile nella banca dati, per calcolare il costo potrebbe essere necessario un'ulteriore ripartizione dell'elemento. Il modello comprenderà al suo interno tutti i dettagli, ma non tutte le parti saranno poi necessarie per la redazione del computo; starà quindi al progettista andare ad individuare quali parti sono necessarie per la composizione di un nuovo prezzo.

Nel BIM il database fornito come output, contenente anche le quantità, è strettamente dipendente dai dati di input che dovranno essere quindi accurati e precisi, sottendendo anche una buona collaborazione dei professionisti partecipanti alla progettazione al fine di ottenere una certa coerenza nell'elaborato. Nel complesso, la tecnologia BIM è un ottimo strumento per ottimizzare la produttività delle stime attraverso l'estrazione automatica delle quantità dal modello, soprattutto se la costruzione e la progettazione sono frutto di un lavoro di squadra collaborativo.

2.3.2.6 IL MODELLO COME DATABASE DI INFORMAZIONI

Uno dei documenti diventati oramai fondamentali per poter effettuare la manutenzione degli edifici, specialmente per quanto riguarda gli impianti, è l'as-built. Il direttore dei lavori sarà in grado di fornire al proprietario alla fine del progetto un modello BIM contenente tutti gli as-built, compresi quelli delle lavorazioni date in subappalto. Inoltre, ogni oggetto nel modello può anche includere collegamenti a informazioni riguardanti la garanzia, la manutenzione e altri aspetti dell'elemento in questione. Questo tipo di database centralizzato può aiutare chi si occuperà della gestione del bene a trovare le informazioni più facilmente, specialmente in edifici di grandi dimensioni e nel settore pubblico. Il modello potrà essere utilizzato per gestire la sicurezza e tutte le informazioni necessarie al suo coordinamento quali l'illuminazione e l'alimentazione di emergenza, le uscite, gli estintori, l'allarme antincendio, i rilevatori di fumo e i sistemi di spegnimento automatici degli incendi. Oltre a ciò, chi si occuperà di gestire i servizi sarà in grado di pianificare attraverso il modello tutte le operazioni per conservare e rinnovare gli edifici tracciando una serie di informazioni come la

catalogazione di arredi, attrezzature e di tutte le connessioni e i componenti della parte MEP (impianti meccanici, elettrici e idraulici).

Infine si potranno generare valutazioni sull'impatto di tempi e costi per la manutenzione e la ristrutturazione. Nel complesso, il modello comprensivo di tutti gli as-built potrà essere utilizzato per ottimizzare la gestione degli impianti e la manutenzione.

La generazione di questi modelli come database di informazioni è un aspetto ancora in via di sviluppo, dal momento che per ottenere dei modelli funzionali va inserita un'ingente quantità di informazioni che sottende periodi lunghi per aggiornare il modello.

Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione sarà l'interoperabilità, anche futura, del modello con tutta una serie di applicativi utili per effettuare delle valutazioni o delle verifiche in campi specifici.

Chiaramente, per rendere il BIM una tecnologia utilizzabile, non va trascurato l'investimento economico e di tempo che inizialmente dovrà essere stanziato per formare i professionisti, ma anche aggiornare e conservare il modello dell'edificio. D'altro canto, non appena saranno chiari i vantaggi nel conservare questo tipo di database dell'edificio, la committenza diventerà molto più esigente nella giusta redazione del modello, che qualora accurato, sarà in grado di aiutare attivamente il gestore a conservare l'edificio in maniera adeguata.

2.3.2.7 GLI APPLICATIVI DEL BIM

Interoperabilità efficace è un aspetto fondamentale per lavorare con il BIM. Specialmente per quanto riguarda le discipline specifiche, i software per la modellazione BIM sono supportati da applicativi specifici che dovranno essere in grado di interagire direttamente con il modello.

Ad oggi esistono due tipologie di applicativi per il BIM: quelli in grado di interagire direttamente con i software e quelli che lavorano indirettamente.

I primi utilizzano gli stessi standard dei software e, una volta installati, la maggior parte di questi si va ad insediare direttamente nella barra degli strumenti del programma. Questi applicativi sono perfettamente in grado di ricavare direttamente dal modello le informazioni di cui hanno bisogno senza alcuna rielaborazione.

I secondi invece non sono in grado di interagire direttamente con il programma, ma lavorano con formati standard di file esportabili dal modello (ad esempio file IFC), rendendo necessaria una rielaborazione dei dati esportati.

In figura è rappresentato un particolare software BIM che è in grado di relazionarsi direttamente con due applicazioni BA#1 e BA#2 e indirettamente con A. La freccia grande rappresenta la possibilità di trasmettere un modello modificato in base alla disciplina particolare, pronto per essere utilizzato per altre valutazioni.

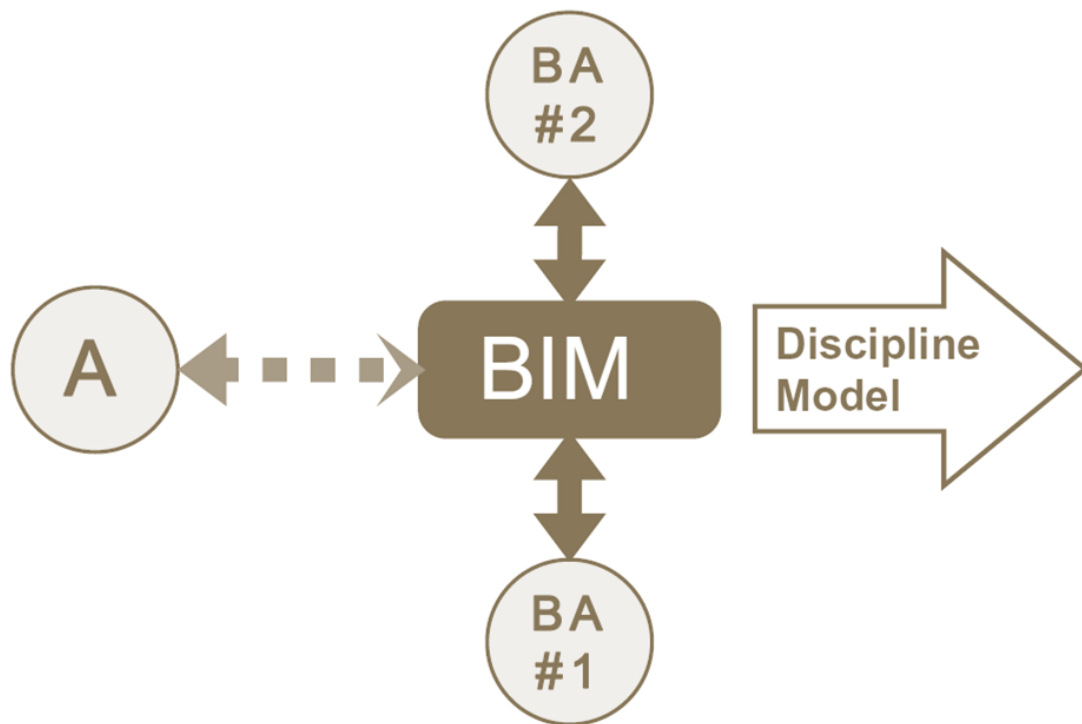


Figura 9 - Uso del BIM all'interno del ciclo di vita di un edificio

Nella progettazione, a meno che non sia stato utilizzato un modello BIM, alla fine si avranno diversi modelli per discipline separate. L'interoperabilità con la fase successiva sarà possibile quindi solo se si impiegherà lo stesso software. Questa frammentazione è illustrata nella figura seguente che evidenzia, tramite l'intensità delle frecce, il livello attuale di utilizzo del software BIM per ogni fase.













Discipline	Lifecycle Phase			
	Design	Construct	Use	Modify
Architect				
Structural				
Services				

Figura 10 -Tipico uso attuale del BIM attraverso le fasi della costruzione

La soluzione sarebbe per tutti i fornitori BIM di adottare un unico set di standard di interoperabilità, ma sia questioni tecniche che commerciali rendono tutto ciò improbabile, almeno nel prossimo futuro.

In realtà ad oggi esiste uno standard per trasmettere i file tra programmi BIM ed è l'IFC che i venditori di software attualmente supportano, ma in misura diversa a seconda del loro particolare interesse commerciale. L'IFC potrebbe costituire la base per un futuro standard universale per tutte le specifiche applicazioni del Building Information Modeling, ma a lungo termine sembra più probabile un suo ruolo al confine tra i domini BIM.

Inoltre, sembra probabile che l'IFC sarà utilizzato per l'archiviazione a lungo termine dei modelli. Le considerazioni sull'interoperabilità sono fondamentali per la pratica realizzazione del concetto di costruzione digitale. L'importanza e il ruolo chiave dell'interoperabilità si riflettono nel progressivo emergere di standard di settore per la diffusione del BIM e di tutti gli strumenti già incorporati nei software per la pre-valida e il monitoraggio nel trasferimento delle informazioni.

IL BIM, HBIM E GIS PER LA RICOSTRUZIONE

3.1 EVENTI SISMICI

Un Terremoto ha origine quando lo scontro tra due zolle crostali causa una rapida vibrazione della crosta terrestre capace di sprigionare quantità elevatissime di energia, indipendentemente dagli effetti che provoca. Ogni giorno sulla Terra si verificano migliaia di terremoti: sperimentalmente si osserva che la maggioranza di terremoti al mondo, così come di eruzioni vulcaniche, avviene lungo la cosiddetta cintura di fuoco pacifica, le dorsali oceaniche e le zone di subduzione o di confine tra placche tettoniche e quindi interessa spesso la crosta oceanica come zona di innesco o fratturazione. Solo qualche decina sono percepiti dalla popolazione e la maggior parte di questi ultimi causano poco o nessun danno. La durata media di una scossa è molto al di sotto dei 30 secondi; per i terremoti più forti può però arrivare fino a qualche minuto. La sorgente del sisma è generalmente distribuita in una zona interna della crosta terrestre.

Nel caso dei terremoti più devastanti questa può avere un'estensione anche dell'ordine di un migliaio di chilometri ma è idealmente possibile identificare un punto preciso dal quale le onde sismiche hanno avuto origine: questo si chiama "ipocentro" e qui si è originato il movimento a partire dalla frattura preesistente (faglia) o la sua improvvisa generazione. La proiezione verticale dell'ipocentro sulla superficie terrestre viene invece detta "epicentro", ed è il punto in cui di solito si verificano i danni maggiori.

Le onde elastiche che si propagano durante un terremoto sono di diverso tipo e in alcuni casi possono risultare in un movimento prevalentemente orizzontale (scossa ondulatoria) o verticale del terreno (scossa sussultoria).

Alcuni terremoti si manifestano o sono preceduti da sciame sismici (foreshocks) più o meno lunghi e intensi, caratterizzati da più terremoti ripetuti nel tempo e particolarmente circoscritti in una determinata area, altri invece si manifestano subito e improvvisamente con una o più scosse principali (main shock); un'altra forma sono le sequenze sismiche, caratterizzate ciascuna da più terremoti sprigionati in successione ravvicinata e non circoscritti in una determinata zona. I terremoti di maggiore magnitudo sono di solito accompagnati da eventi secondari (non necessariamente meno distruttivi) che seguono la scossa principale e si definiscono repliche (aftershocks, spesso definite erroneamente scosse di assestamento). Quando più eventi si verificano contemporaneamente o quasi, può trattarsi di terremoti indotti (il sisma innesca la fratturazione di altra roccia che era già prossima al punto critico di rottura).

Di seguito andremo a riportare i principali eventi sismici che hanno interessato l'Italia, allo scopo di delineare il contesto in cui la ricostruzione deve operare, non tralasciando particolari che devono far immediatamente riflettere su come siano coinvolti vasti territori e intere comunità, per meglio comprendere come efficienza e velocità possono migliorare e risolvere situazioni tanto drammatiche.

3.1.2 SISMA DELL' AQUILA 2009

Col nome di terremoto dell'Aquila del 2009 si intende una serie di eventi sismici, iniziati nel dicembre 2008 e terminati nel 2012, con epicentri nell'intera area della città, della conca aquilana e di parte della provincia dell'Aquila (bassa Valle dell'Aterno, Monti della Laga e Monti dell'Alto Aterno).

Il nome si riferisce principalmente alla scossa principale, verificatasi il 6 aprile 2009 alle ore 3:32, che ha avuto una magnitudo momento (M_w) pari a 6,3 (5,8 o 5,9 sulla scala della magnitudo locale), con epicentro nella zona compresa tra le frazioni di Roio Colle, Genzano di Sassa e Collefracido (località Colle Miruci a Roio), interessando in misura variabile buona parte dell'Italia Centrale.

A evento concluso, il bilancio definitivo è di 309 vittime, oltre 1.600 feriti e oltre 10 miliardi di euro di danni stimati.

La città e l'intera conca aquilana, fin dal XIV secolo, è sempre stata soggetta a eventi tellurici di grave o media intensità. Nella sua storia due gravi terremoti si abbatterono sulla zona prima del 2009 con una periodicità di circa 300 anni.

Terremoto dell'Appennino centro-meridionale del 1349 di magnitudo 6,7, si generò nel Regno di Napoli, coinvolgendo varie faglie, tra cui una a L'Aquila, il terremoto generò danni gravi e distruzione nella città già gravata dalla peste, come testimonia lo scrittore e poeta Buccio di Ranallo, testimone oculare dei fatti, tanto che nel 1362 scrisse la sua Cronica rimata. Nella ricostruzione, la città si fregiò delle belle facciate romaniche delle principali chiese.

Il terremoto del 26 novembre 1461 di magnitudo 6,5 con epicentro nella zona tra Paganica e Roio, danneggiò molti edifici in città, già per altro gravati da un terremoto che coinvolse più faglie nella zona centrale del Regno di Napoli, verificatosi nel 1457, che aveva provocato la rovina di vari edifici a Sulmona. Il terremoto costrinse la città a un restauro totale in stile rinascimentale. Tra questi si ricordano il restauro del Duomo da parte di Girolamo Pico Fonticulano, opere purtroppo perdute con la distruzione del 1703, e la basilica di San Bernardino, già avviata nel 1444, ma con la facciata completata da Cola dell'Amatrice.

Il terremoto del 14 gennaio 1703, soprannominato "Grande terremoto", per la gravissima devastazione portata nella conca, di magnitudo 6,8. La prima grande scossa distruttiva si ebbe in gennaio, l'altra più forte di magnitudo si verificò il 2 febbraio, per questo il sisma venne ricordato anche col nome "della Candelora". L'epicentro fu l'area tra Barete, Montereale e Campotosto. Si pensa che il sisma sia stato generato da un sistema di faglie attivate già dal 1699 col terremoto di Amatrice e nel 1702 col terremoto di Norcia. Gran parte della città fu rasa al suolo, si ricorda che col terremoto del 2 febbraio il soffitto della chiesa di San Domenico venne giù uccidendo centinaia di persone in preghiera. Non ci fu edificio che non era danneggiato o distrutto, il Duomo rimase in piedi solo per mezzo di un muro su via Roio, le chiese principali ebbero salva solo la facciata, gran parte degli interni dovettero essere ripristinati, eccettuati i casi di Santa Maria di Collemaggio, San Pietro di Coppito e San Silvestro. I palazzi cinquecenteschi rovinarono quasi tutti, solo alcuni conservarono il chiostro interno porticato, reminiscenza del rinascimento fiorentino. Molti furono ricostruiti daccapo dai proprietari, come i Cappelli, i Benedetti, i Bonanni, i Lucentini, i Tatozzi. La città fu ricostruita nei canoni tardo barocchi e gli edifici rinascimentali ricostruiti ex novo. Furono mantenute soltanto alcune facciate di chiese, come Collemaggio, San Bernardino, San Silvestro, Santa Giusta, San Flaviano, San Quinziano, e le mura medievali, anche se Porta Castello fu spostata dal luogo originario. La ricostruzione barocca, benché l'antico patrimonio medievale e rinascimentale fosse andato perso, permise ad architetti romani e lombardi di sperimentare vari impianti tipici dell'arte barocca e rococò, come le nuove chiese di Sant'Agostino, dei Gesuiti, di San

Paolo di Barete, il Duomo, Santa Caterina e soprattutto Santa Maria del Suffragio detta "le Anime Sante" in Piazza Duomo, mentre tra i palazzi spiccarono il Palazzo Persichetti e il Palazzo Centi.

Anche i centri fuori la città risentirono molto del terremoto, le antiche fortificazioni in alcuni di essi, come a Paganica, Roio, Bazzano, Sassa, scomparvero del tutto. Le testimonianze scritte dallo storico Anton Ludovico Antinori raccontano come i nobili e i principi del Regno si adoperarono per la ricostruzione, dato che la città per la devastazione rischiò l'abbandono.

Terremoto della Marsica del 1915, verificatosi a circa 80 km dalla città, nell'area del Fucino, esso distrusse quasi tutte le città della conca fucense, compresa soprattutto Avezzano. Il terremoto, che raggiunse i 7 gradi della scala Richter, si fece sentire anche a L'Aquila, con danni alle strutture, ma non crolli significativi, eccettuata la rovina parziale della facciata della basilica di Collemaggio, tra i danni più rilevanti, ripristinata poi nel 1920. In alcune foto storiche sono visibili i baraccamenti davanti all'Emiciclo, corso Vittorio Emanuele (puntellamenti ai palazzi), il mercato boario del Castello.

La scossa della notte del 6 aprile fu preceduta da una lunga serie di scosse o sciame sismico.

La sequenza si aprì con una scossa di lieve entità (magnitudo 1,8) il 14 dicembre 2008 e poi riprese con maggiore intensità il 16 gennaio 2009 con scosse inferiori a magnitudo 3,0 per poi protrarsi, eponimontensità e frequenza lentamente ma continuamente crescente, fino all'evento principale. Inizialmente, oltre alla zona dell'aquilano, fu interessata, come epicentro dell'attività, anche la zona di Sulmona (17 e 29 marzo 2009, magnitudo 3,7 e 3,9).

La scossa distruttiva si verificò il 6 aprile 2009 alle ore 3:32.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, registrò un sisma di magnitudo momento 6,3 Mw. Secondo la scala di magnitudo locale (la cosiddetta scala Richter, poco adatta a descrivere sismi di questo tipo) il valore registrato dai sismografi fu di 5.9 ML risultando così un sisma di moderata intensità rispetto ai valori massimi reali raggiungibili da tale scala sismica.

In termini di scala Mercalli di misurazione dei danni, la stima iniziale dell'INGV fu tra l'ottavo e il nono grado.

Vi fu una certa confusione sul valore della magnitudo, sia per l'uso di scale di magnitudo diverse, sia per poca chiarezza nella loro presentazione. Ad esempio, una sezione del sito Internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) riporta una registrazione di una magnitudo locale 6.2 mentre in altre sezioni fu presente per circa un anno il dato 5.8 ML. In realtà il Peak ground acceleration, ovvero il picco massimo di accelerazione al suolo, durante la scossa del 6 aprile, arrivò fino a 0,68 g, valore teoricamente attribuibile a sismi che raggiungono magnitudo fino a 7,2–7,4.

In ogni modo, per un sisma di questa intensità, la misura della magnitudo locale ha scarsissimo interesse, al contrario del valore della magnitudo momento (M_w), per la quale non vi è mai stato dubbio sul valore 6,3.

Nelle 48 ore dopo la scossa principale, si registrarono altre 256 scosse o repliche, delle quali più di 150 nel giorno di martedì 7 aprile, di cui 56 oltre la magnitudo 3,0 ML. Tre eventi di magnitudo superiore a 5,0 avvennero il 6, il 7 e il 9 aprile. Dall'esame dei segnali della stazione INGV aquilana (AQU, ubicata nei sotterranei del Forte spagnolo) furono conteggiate oltre 10 mila scosse.

Nei giorni successivi alla scossa principale altri intensi focolai sismici si svilupparono a sud-est del capoluogo (Valle dell'Aterno, epicentro Ocre: scosse del 7 e dell'8 aprile 2009 con magnitudo tra 3,0 e 5,6 M_w) e poco più a nord (zona del Gran Sasso, epicentro Campotosto: scosse del 6, 7, 8, 9, 10 e 13 aprile 2009 con magnitudo tra 3,1 e 5,4 M_w). Lo sciame sismico successivo all'evento principale del 6 aprile si sposta dunque in zone limitrofe a nord-ovest della città e in generale della conca aquilana (Pizzoli, Campotosto e Montereale).

Un altro evento di magnitudo 4,7 M_w (4.5 ML) avvenne alle ore 22:58 del 22 giugno, con epicentro vicino all'abitato di Pizzoli, a 11 km dall'Aquila. Nella stessa giornata e soprattutto nella mattinata immediatamente successiva ci furono anche numerose scosse minori.

Altre scosse rilevanti si verificarono il 3 luglio (magnitudo 4,1 ML alle ore 13:03 con epicentro tra L'Aquila e Pizzoli, preceduta da altri due eventi di magnitudo 3,4 ML alle ore 03:14 e 3.6 ML alle ore 11:43), il 12 luglio (magnitudo 4,0 ML alle ore 10:49 con epicentro tra L'Aquila e Roio Poggio) e il 24 settembre (magnitudo 4,1 ML alle ore 18:14 con epicentro tra L'Aquila e Pizzoli). Le scosse di assestamento si prolungarono per circa un anno dall'evento principale e repliche di magnitudo 3 si protrassero almeno fino al 2012. Ad esempio, il 30 ottobre 2011 e il 30 ottobre 2012 si registrarono due scosse entrambe di magnitudo 3,6 ML.

Nel 2010 l'INGV dichiarò di aver registrato circa 18.000 terremoti in tutta l'area della città dell'Aquila.

L'area interessata dall'innesco del sisma è una delle tante aree sismiche dell'Appennino, classificata a livello 2 della scala di riferimento del rischio sismico, con presenza di diverse faglie attive note.

Lo studio storico sulla sismologia locale nell'ultimo millennio evidenzia ciclicità sismiche con periodo di circa 300-350 anni essendo gli ultimi terremoti significativi avvenuti nel Quattrocento e nel Settecento con magnitudo momento fino quasi a 7 M_w .

L'evento sismico del 2009 si colloca perfettamente all'interno di tale intensità e ciclicità e per il quale era nota la maggiore probabilità di occorrenza nella zona aquilana da parte della comunità

sismologica rispetto ad altre zone dell'Appennino secondo il metodo scientifico di previsione sismica che è attualmente ritenuto il più concreto ovvero quello di natura statistico-temporale, sebbene logisticamente non utilizzabile a scopi di Protezione civile italiana in quanto temporalmente troppo esteso.

Studi antecedenti tramite microzonazione sismica sulla sismicità del territorio aquilano, nei pressi del capoluogo stesso, avevano inoltre evidenziato la capacità di amplificazione delle onde sismiche, tramite i cosiddetti effetti di sito, fino a un fattore 10 da parte del sottostante terreno geologico esponendo quindi il territorio a un maggiore pericolo sismico; tali effetti, sul fronte della rilevazione e misurazione, sono comunque tenuti in debita considerazione dalla Scala Mercalli che valuta gli effetti del sisma sul territorio e le opere civili/edili.

Le aree maggiormente coinvolte dalla potenza del sisma sono state proprio quelle soggette a tali effetti di sito per la presenza di terreno alluvionale incoerente che ha amplificato le onde sismiche superficiali (onde di Rayleigh) per quanto riguarda le zone vicino al fiume Aterno (ad esempio Onna, San Gregorio, Paganica), e di altre particolari condizioni geologiche per la zona del centro storico dell'Aquila e i quartieri a nord-ovest della città (Pettino), le quali tutte hanno riportato danni spesso anche maggiori rispetto alle zone più direttamente epicentrali.

Dati di GPS e interferometria radar-satellitare (SAR) misurano inoltre dopo il sisma un abbassamento di circa 15 cm della zona est aquilana interessata.

Il numero definitivo è di 309 morti, circa 1600 feriti di cui 200 gravissimi ricoverati negli ospedali di Teramo, Avezzano, Chieti, Pescara, Ancona, Roma, Rieti, Foligno e Terni, circa 65.000 gli sfollati, alloggiati momentaneamente in tendopoli, auto, alberghi lungo la costa adriatica.

Il terremoto fu avvertito su una vasta area comprendente tutto il Centro Italia, fino a Napoli, causando panico tra la popolazione, e inducendola a riversarsi in strada. La regione più colpita fu l'Abruzzo, seguita dal Lazio. Alcuni lievi danni si riscontrarono nella zona di Ascoli Piceno, nelle Marche. Secondo le stime inviate dal Governo Italiano alla Commissione Europea per accedere al Fondo Europeo di Solidarietà, il danno ammonta a circa 10,212 miliardi di euro avendo il sisma colpito direttamente una città e non una semplice zona rurale.

La Protezione Civile dichiara colpita dal sisma un'area, o cratere sismico, che comprende tutti i comuni in cui il terremoto ha fatto sentire i suoi effetti dal 6° grado in su della Scala Mercalli, lista di comuni che viene poi allargata di qualche unità dopo protesta di alcuni che dichiarano di aver subito danni rilevanti.

Il sisma ha apportato danni notevoli al patrimonio storico-artistico di cui era particolarmente ricca la città dell'Aquila; tutte le chiese (più di un centinaio), a partire dalle più importanti basiliche, sono state dichiarate immediatamente inagibili per lesioni o crolli importanti assieme a palazzi storici nel centro storico compreso il Forte spagnolo, uno dei simboli della città.

Alla luce dei danni e delle vittime il sisma risulta il quinto terremoto più distruttivo in Italia in epoca contemporanea dopo il terremoto di Messina del 1908, il terremoto di Avezzano del 1915, il terremoto del Friuli del 1976 e il terremoto dell'Irpinia del 1980.

Il terremoto fu così forte al punto da creare danni lievi fino a Roma. Qui, il sisma delle 3:32 fece riversare moltissimi cittadini nelle strade. La scossa principale fu seguita da altre due, una verificatasi alle 4:37 e una seconda alle 18:38. Un primo bilancio parla di danni parziali alle Terme di Caracalla, di crepe su di un palazzo in via Andrea Doria (con conseguente evacuazione precauzionale di 8 appartamenti) e di chiusura della scuola "Figlie della Sacra Famiglia" in viale della Primavera, nel quartiere periferico di Centocelle, per problemi di staticità. Altre tre scosse furono poi avvertite nella capitale, una alle 1:15, una alle 11:27 e una alle 19:47 del 7 aprile le quali furono piuttosto forti (rispettivamente di magnitudo 4,8, 4,7 e 5,6 Mw). Viene segnalata la morte di un uomo anziano per infarto miocardico, indotto dallo spavento in seguito alla seconda forte scossa (quella della sera del 7 aprile) che interessò la capitale. L'ultima scossa avvertita fu quella del 9 aprile alle ore 21:38 (magnitudo 5.4 Mw).

Il terremoto fu inoltre avvertito nel Viterbese e nelle città di Rieti, Latina, Tivoli, Guidonia Montecelio e Frosinone e in altri comuni della Provincia di Frosinone e della zona del Cicolano, dove molti abitanti si riversarono nelle strade a seguito della forte scossa delle 3:32.

Anche alcune scosse di assestamento piuttosto forti furono avvertite distintamente, contemporaneamente ad altre scosse avvenute nel reatino e una scossa di magnitudo 3,2 colpì la provincia di Roma alle 9:04 dell'11 aprile (epicentro: Moricone, ipocentro: 25 km). Venne nitidamente avvertita nella capitale anche la scossa del 22 giugno delle ore 22:58; tuttavia non si riscontrarono danni a cose o persone.

3.1.3 SISMA DELL'EMILIA 2012

Il terremoto dell'Emilia del 2012 è stato un evento sismico costituito da una serie di scosse localizzate nel distretto sismico della pianura padana emiliana, prevalentemente nelle province di Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Bologna e Rovigo, ma avvertite anche in un'area molto

vasta comprendente tutta l'Italia Centro-Settentrionale e parte della Svizzera, della Slovenia, della Croazia, dell'Austria, della Francia sud-orientale e della Germania meridionale.

Già tra il 25 e il 27 gennaio 2012 si ebbero in zona fenomeni significativi, ma la prima scossa più forte, di magnitudo 5.9 è stata registrata il 20 maggio 2012 alle ore 04:03:52 ora italiana (02:03:52 UTC), con epicentro nel territorio comunale di Finale Emilia (MO), con ipocentro a una profondità di 6,3 km.

Il 29 maggio 2012 alle ore 09:00:03 ora italiana (07:00:03 UTC), una nuova scossa molto forte di magnitudo 5.8 è stata avvertita in tutta l'Italia Settentrionale, creando panico e disagi in molte città come Ferrara, Modena, Reggio Emilia, Bologna, Mantova e Rovigo; l'epicentro è situato nella zona compresa fra Mirandola, Medolla e San Felice sul Panaro. A quella delle 9:00 sono seguite altre tre scosse rilevanti: una alle 12:55 di magnitudo 5.5, una alle 13:00 di magnitudo 5.0 e un'ulteriore scossa alla stessa ora di magnitudo 4.9.

Il 31 maggio 2012 alle 16:58 una scossa di magnitudo 4.0 con epicentro a Rolo e Novi di Modena, ha colpito la zona della bassa reggiana e del Oltrepò mantovano, già molto provate dalle scosse dei giorni precedenti che avevano avuto come epicentro la vicina area della bassa modenese. Sempre la sera del 31 maggio alle ore 21:04 si è verificata una scossa di magnitudo 4.2 con epicentro a San Possidonio.

Queste scosse sono state seguite da uno sciame sismico con scosse di magnitudo variabile di minore entità scala Richter. Un'altra scossa di magnitudo 5.1 è stata avvertita in tutto il Nord Italia il 3 giugno 2012 alle ore 21:20:43 ora italiana (19:20:43 UTC), con epicentro in Novi di Modena.

Le accelerazioni di picco registrate dall'accelerometro di Mirandola durante le scosse più forti del 20 maggio e del 29 maggio sono state rispettivamente di 0,31 g e di 0,29 g, valori che in base alle carte vigenti di pericolosità sismica renderebbero stimabile in circa 2500 anni il tempo di ritorno di ciascun evento nella medesima area.

I due eventi sismici principali hanno causato un totale di 27 vittime (22 nei crolli, tre per infarto o malore e due per le ferite riportate), in maggioranza dipendenti di aziende distrutte. Il 4 giugno 2012 è stato proclamato giornata di lutto nazionale per le vittime del terremoto.

L'intensità massima dei terremoti, stimata come cumulo degli effetti della sequenza, è stata pari a VIII, secondo la Scala Macrosismica Europea (EMS-98).

Nel territorio interessato dalla sequenza sismica del 2012 si sono verificati in passato diversi forti terremoti. Documenti storici registrano infatti terremoti di magnitudo stimata di 5.5 che si verificarono vicino a Ferrara nel 1346, 1561 e 1570, mentre nelle zone di Finale Emilia e Bondeno

avvennero nel 1574, 1639, il 15 dicembre 1761 (causando danni anche a Mirandola), 1908 e 1986. Altri terremoti avvennero a Mantova nel 1901 e Cento nel 1922.

L'attività sismica più rilevante fu il terremoto di Ferrara del 1570, che culminò in una scossa di magnitudo 5.4, mentre la sequenza sismica durò quattro anni, causando gravi danni alla città di Ferrara e dintorni. Nel 1639 si registrò un terremoto del VII-VIII grado della scala Mercalli nei pressi di Finale Emilia.

L'ultimo evento con media energia (M_w 5.4) avvenne invece il 15 ottobre 1996 con il terremoto di Reggio Emilia del 1996, che causò danni moderati alle murature non rinforzate di Reggio Emilia e altre piccole città della Pianura Padana. La sismicità più significativa e recente precedente al 2012 si verificò nei mesi di aprile-giugno 1987 in tutta la struttura geologica del Cavone-Mirandola, con una sequenza di eventi di bassa magnitudo (ad una profondità di meno di 4 km). Questa sequenza di terremoti superficiali bassa energia è stata caratterizzata da meccanismi di faglia normale.

Il 17 luglio 2011 si verificò una scossa di magnitudo 4.8 con epicentro vicino a Sermide. Il 25 e 27 gennaio 2012 si verificarono due sismi, rispettivamente di M 4.9 a Poviglio (Reggio Emilia) e di M 5.4 tra Berceto e Corniglio (Parma). A seguito di ciò, la Commissione Grandi Rischi emanò un comunicato stampa in cui rilevava un "significativo aumento" dell'attività sismica negli otto mesi precedenti, ipotizzando che sarebbero potute avvenire nelle stesse zone della pianura padana anche scosse "a profondità più superficiali" e con "danni potenziali più gravi", raccomandando pertanto la Regione Emilia-Romagna di continuare le verifiche strutturali sugli edifici e di sensibilizzare le associazioni di categoria e i cittadini, incrementando anche le esercitazioni della Protezione Civile.

Il terremoto è stato avvertito dai sismografi di tutta Italia, ma le regioni in cui è stato avvertito dalla popolazione sono: Emilia-Romagna, Veneto, Lombardia, Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Toscana, Marche, Umbria.

Il sisma ha provocato 7 morti accertati, circa 50 feriti, 5000 sfollati e ingenti danni al patrimonio culturale a causa dei molti crolli di palazzi storici, aziende agricole e fabbriche.

Si sono verificati fenomeni diffusi di liquefazione delle sabbie, che hanno interessato ampie aree a San Carlo di Sant'Agostino, Mirabello, Finale Emilia e San Felice sul Panaro. Tali fenomeni si sono verificati anche a seguito delle scosse del 29 maggio nelle aree di Cavezzo e Moglia, causando il crollo di alcuni edifici anche di recente costruzione.

Successivamente ci sono state nuove scosse: due di 5.0 (alle 04:06, a 14 secondi di distanza l'una dall'altra con epicentro a Finale Emilia), di 5.1 (alle 04:07, epicentro: Bondeno), di 4.4 (alle 04:11 e alle 04:12, epicentri: Bondeno e Finale Emilia), di 4.3 e 4.1 (alle 04:35 e alle 04:39, epicentri: Vigarano

Mainarda e Finale Emilia). Una nuova forte scossa tellurica di 5.0 è stata avvertita a partire da San Felice sul Panaro alle ore 05:02 (ora italiana).

Altre scosse di notevole intensità si sono avvertite alle ore 11:13, 15:18 e 15:21 rispettivamente di 4.3, 5.2 e 4.2 a Finale Emilia, Vigarano Mainarda e Bondeno. Alle 19:37 dello stesso giorno si è verificata inoltre una nuova scossa di magnitudo 4,5 con epicentro nei pressi di Bondeno. Un'altra scossa di 4.5 si è fatta sentire il 21 maggio alle 19:37 con epicentro in Finale Emilia, seguita un minuto dopo da un'altra di magnitudo 4.6. Il 23 maggio alle 23:41 un'altra scossa moderata di magnitudo 4.1 fa tornare il panico tra la gente. Il 25 maggio alle 15:14 un'altra scossa più debole, di 4.0 gradi della scala Richter è stata avvertita dalla popolazione.

Una forte scossa della durata di 18 secondi, di magnitudo 5.9 e definita superficiale (profondità ipocentro: 8.1 km) è stata registrata alle 09:00:03 del 29 maggio 2012. L'epicentro è nella zona di Medolla e Cavezzo in provincia di Modena.

Un primo bilancio provvisorio riporta crolli in edifici anche di interesse storico-artistico, tra quelli già danneggiati dall'evento sismico del 20 maggio, 20 vittime (due decessi avvenuti in data 5 giugno ed uno il 12 giugno) e almeno 350 feriti. Gli sfollati salgono a circa 15.000.

Successivamente alla scossa delle 09:00 si sono verificate altre due scosse di entità rilevante: alle 12:55 di intensità 5.5 e alle 13:00 di intensità 5.0 con la durata di 30 secondi.

Queste due scosse hanno provocato i danni più ingenti nelle zone comprese tra Carpi, Rovereto sul Secchia, Novi di Modena e Moglia. A Mantova è stato chiuso il Palazzo Ducale e a Pisa è stato chiuso per inagibilità il Palazzo della Sapienza. Successivamente, una sessantina di scosse si sono registrate nella notte fra il 29 e il 30 maggio. Il terremoto è stato avvertito in quasi tutta la Slovenia, in particolare nelle regioni occidentali del Paese, in Svizzera nel Canton Ticino e nell'Istria, in Croazia, ma senza provocare né feriti, né danni, come riferito dai media sloveni.

Una nuova forte scossa di magnitudo 4.9 alle 21:20 del 3 giugno 2012 con epicentro a Novi di Modena e avvertita in tutto il nord Italia ha nuovamente colpito tutta la zona della bassa modenese e del Oltrepò mantovano. La torre dell'orologio di Novi di Modena è crollata durante la scossa.

L'area interessata dall'innescò del sisma è una delle tante aree sismogeniche prossime alle zone dell'Appennino, classificata a livello 3 della scala di riferimento del rischio sismico. Il complesso sistema di faglie che si diramano nella bassa pianura emiliana è quello della dorsale di Ferrara, che si raccorda a ovest con quella di Mirandola.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) non ha escluso che la seconda scossa di magnitudo 5.9 del 29 maggio, avvenuta a distanza di nove giorni dal primo evento che fu di

magnitudo 6.1, possa essere scaturita dall'apertura di una nuova faglia. Secondo questa ipotesi non si tratterebbe di una forte scossa di assestamento del primo terremoto, bensì di un secondo terremoto.

Da un'analisi del meccanismo focale delle scosse di terremoto, risulterebbe che i processi cinematici di tutte le scosse registrate siano concordanti e che non ci siano state attivazioni di faglie discordi. I terremoti sono avvenuti lungo piani di faglia orientati all'incirca in direzione Est-Ovest e con movimento compressivo con una significativa componente trascorrente in direzione Nord-Sud. Tale orientazione è concordante con le strutture regionali di tipo appenninico aventi, in questo settore di catena, un senso di trasporto con vergenza NNE. In particolare la sismicità della sequenza dei terremoti dell'Emilia ha interessato i fronti compressivi più esterni, quali il Fronte Ferrarese ed il Fronte di Mirandola. Quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di una struttura anticlinale, detta appunto anticlinale di Mirandola.

Il movimento delle faglie durante il terremoto ha provocato l'accavallamento delle falde appenniniche sepolte, al di sopra della placca adriatica, causando sollevamento del terreno e raccorciamento crostale. Grazie alle immagini radar acquisite e utilizzando l'interferometria differenziale, è stato possibile valutare la deformazione del terreno dopo le scosse del 29 maggio. Con questi dati è stato possibile misurare che il suolo si è sollevato di massimo 12 centimetri nell'area epicentrale, mentre si è abbassato di circa 2-3 centimetri nella zona di Finale Emilia. Queste ultime deformazioni sono probabilmente imputabili a movimenti superficiali di acqua nel sottosuolo.

Per lo studio delle sorgenti sismogenetiche i geologi dell'INGV hanno utilizzato dati geomorfologici e geologico-geofisici con particolare attenzione allo studio dell'idrografia della regione, quest'ultima in quanto elemento sensibile ai più piccoli cambiamenti indotti dall'attività tettonica. Attraverso lo studio del reticolo idrografico sono state rilevate anomalie del drenaggio di origine certamente non antropica. Tali anomalie, confrontate con le strutture delle anticlinali sepolte note dalla letteratura geologica, hanno reso possibile di ipotizzare l'origine di parte di esse e di identificare le strutture attive nel sottosuolo. Dall'ulteriore confronto con le serie storiche relative ai terremoti avvenuti nell'area interessata si può concludere che queste strutture sono sismogenetiche, ossia capaci di generare terremoti. In diversi casi è stato possibile osservare la coincidenza tra la posizione di una anomalia del drenaggio, la presenza di una anticlinale sepolta e la localizzazione di alcuni terremoti riportati nei cataloghi.

Una notevole anomalia del drenaggio nei pressi di Mirandola fu messa in evidenza già dal 2000 rilevandone la correlazione con una importante faglia attiva sepolta. La sequenza sismica con i forti terremoti del 20 e del 29 maggio 2012 ha riattivato porzioni delle sorgenti identificate come ITCS050-Poggio Rusco-Migliarino e ITCS051-Novì-Poggio Renatico. Si ipotizza che queste sorgenti siano all'origine dei terremoti e che siano state la causa in passato del sollevamento delle dorsali di Ferrara e Mirandola che in passato causarono lo spostamento del corso dei fiumi Po, Reno, Secchia e Panaro. In particolare i geologi dell'INGV ipotizzano che la scossa del 29 maggio sia stata originata dalla sorgente ITIS107-Mirandola.

3.1.4 SISMA UMBRIA-MARCHE 2016

Gli eventi sismici del Centro Italia del 2016 e 2017, definiti dall'INGV sequenza sismica Amatrice-Norcia-Visso, hanno avuto inizio ad agosto 2016 con epicentri situati tra l'alta valle del Tronto, i Monti Sibillini, i Monti della Laga e i Monti dell'Alto Aterno.

La prima forte scossa si è avuta il 24 agosto 2016, alle ore 3:36 e ha avuto una magnitudo di 6.0, con epicentro situato lungo la Valle del Tronto, tra i comuni di Accumoli (RI) e Arquata del Tronto (AP). Due potenti repliche sono avvenute il 26 ottobre 2016 con epicentri al confine umbro-marchigiano, tra i comuni della provincia di Macerata di Visso, Ussita e Castelsantangelo sul Nera (la prima scossa alle 19:11 con magnitudo 5.4 e la seconda alle 21:18 con magnitudo 5.9).

Il 30 ottobre 2016 è stata registrata la scossa più forte, di magnitudo momento 6.5 con epicentro tra i comuni di Norcia e Preci, in provincia di Perugia.

Il 18 gennaio 2017 è avvenuta una nuova sequenza di quattro forti scosse di magnitudo superiore a 5, con massima pari a 5.5, ed epicentri localizzati tra i comuni aquilani di Montoreale, Capitignano e Cagnano Amiterno. Questo insieme di eventi provocò in tutto circa 41 000 sfollati, 388 feriti e 303 morti, dei quali 3 morirono per via indiretta (causa infarto per lo spavento).

La prima scossa è avvenuta alle ore 3:36:32 (UTC+2) del 24 agosto 2016, con epicentro nel comune di Accumoli e ipocentro alla profondità di 8 km.

La durata è stata di 15-20 secondi. Per quanto concerne l'accelerazione del suolo, nota come peak ground acceleration, si sono registrati valori di 0,45 g, con un picco massimo di 0,86 g registrato nella sola Amatrice (il che ha amplificato la violenza del sisma e aggravato i danni al patrimonio edilizio).

Durante la notte sono state registrate numerose scosse nella zona norcina e in quella reatina, tra queste, varie superiori ai 4 gradi. Alle ore 4:33:29 (UTC+2) una scossa di 5,3 gradi è stata registrata a Norcia in provincia di Perugia. Nei comuni di Amatrice e Arquata del Tronto si sono raggiunti danni pari al X grado Scala macrosismica europea (EMS).

Il sisma e le scosse di replica sono state avvertite in gran parte dell'Italia centrale e in parte dell'Italia settentrionale, incluse Terni, Roma, Teramo, Pescara, Chieti, Napoli, Foggia, Campobasso, Benevento, Ancona, Pesaro e Urbino, Firenze, Piacenza, Perugia, Bologna e addirittura Trento, Bolzano e Gorizia.

La zona dell'evento sismico si trova in un'area sismologica molto attiva dell'Italia che comprende anche L'Aquila, dove il terremoto del 6 aprile 2009 (Mw 6.3) provocò oltre 300 morti e circa 65 000 sfollati, oltre alle Marche e all'Umbria stessa, che subirono il terremoto del 26 settembre 1997 (Mw 6.0).

Le osservazioni e le analisi preliminari elaborate dall'INGV attraverso rilevazioni sismologiche geodetiche e geologiche e sulla scorta delle informazioni scientifiche dei processi sismogenetici e della storicità sismica dell'area hanno permesso una prima interpretazione dell'evento.

In particolare emerge chiaramente l'orientamento NNO-SSE della struttura sismogenetica, che si estende in maniera congrua con l'orientamento della catena appenninica, per circa 25–30 km di lunghezza e per circa 10–12 km di larghezza tra i comuni di Norcia e Amatrice, interessando una fascia crostale che si estende dalla superficie alla profondità di 10 km.

L'area sismogenetica, sempre secondo le osservazioni dell'INGV, sarebbe caratterizzata dalla presenza di diversi segmenti di faglia con elevata complessità strutturale. La scossa principale avrebbe causato una rottura di un segmento di faglia orientato in direzione NNO-SSE e immergente verso SO. La rottura generata in corrispondenza della città di Accumoli sembrerebbe essersi propagata in direzioni opposte verso Amatrice (direzione S-SE) e verso Norcia (direzione N-NE). Non sarebbe ancora chiaro se esista continuità tra le due parti di faglia, ovvero se la rottura abbia interessato due segmenti distinti e tra loro separati. L'analisi della sismicità nel settore a NO (in corrispondenza dei comuni di Accumoli e Norcia) parrebbe confermare l'ipotesi dell'attivazione di diversi segmenti di faglia come conseguenza dell'evento sismico principale.

Già dalla mattina del 24 agosto, a seguito dei primi rilievi sul territorio condotti da INGV, sono state scoperte e cartografate alcune fratture superficiali (effetti cosismici) che mostrano una continuità per almeno 1,8 km sul versante del Monte Vettore. Il massimo della deformazione cosismica parrebbe essere riscontrato nei pressi di Accumoli.

L'andamento delle repliche, secondo quanto riportato nel primo documento di analisi sismologica dell'INGV, parrebbe dimostrare l'attivazione del segmento di faglia del Monte Vettore e di diverse strutture antitetiche immergenti verso NE, con interessamento del sistema di faglie dei Monti della Laga, già attivato durante la sequenza del terremoto dell'Aquila del 2009.

Secondo i dati elaborati da INGV, ottenuti anche tramite rilevazioni satellitari, lo spostamento della faglia alle 03:36 del 24 agosto avrebbe causato, a livello di superficie, un abbassamento del terreno di 15–20 cm, lungo un'ampia fascia di territorio allungata e parallela alla direzione della faglia.

Sui due lati di rottura del piano di faglia lo scorrimento dei due lembi di crosta terrestre, secondo le rilevazioni effettuate e i modelli 3D elaborati da INGV, sarebbe compreso tra 0 e 1,3 metri.

Il 26 ottobre 2016, alle ore 19:11:36 (UTC+2) una nuova forte scossa di magnitudo momento 5.4 è stata registrata nel comune di Castelsantangelo sul Nera (provincia di Macerata), seguita da una ancora più intensa di magnitudo momento 5.9 alle ore 21:18:05 (UTC+2) con epicentro nel comune di Ussita. Le due scosse, durate circa 30 secondi, hanno provocato innumerevoli crolli e diversi feriti lievi.

Il 30 ottobre, alle 07:40 (UTC+1) si è verificata una scossa di magnitudo momento 6.5, percepita in gran parte della penisola italiana, in Austria (nella regione di Salisburgo e in Carinzia) e sulle coste balcaniche, risultando la più forte scossa di terremoto in Italia dal sisma dell'Irpinia del 1980.

Il sisma si è originato a 9,4 chilometri di profondità, con epicentro in provincia di Perugia tra i paesi di Norcia, Preci e Castelsantangelo sul Nera.

In questo caso, i valori relativi all'accelerazione del suolo sono stati di 0,48 g, con picchi massimi di 0,76 g registrati ad Arquata del Tronto (anche se valori così elevati possono essere riconducibili a effetti secondari, come cadute di oggetti o crolli).

Si sono registrati diversi crolli ma nessuna vittima. In seguito si sono verificate repliche di magnitudo compresa tra 3.5 e 4.8. A Norcia sono crollate la basilica di San Benedetto e la concattedrale di Santa Maria Argentea; la frazione Castelluccio di Norcia – con circa il 60% delle case crollate – è stata ampiamente distrutta.

In seguito a questa nuova forte scossa e in aggiunta al sisma di magnitudo 5.9 del 26 ottobre, i danni riportati dai comuni di Amatrice e Arquata del Tronto hanno raggiunto, cumulativamente, l'XI grado della Scala macrosismica europea.

Il sisma ha provocato uno spostamento di due lobi: uno verso est di 40 cm nell'area di Montegallo e l'altro verso ovest di 30 cm nella zona di Norcia.

La scossa del 30 ottobre ha prodotto non trascurabili effetti idrogeologici nella zona: la portata del fiume Nera è notevolmente aumentata mentre nei pressi di Norcia il torrente Torbidone è riemerso, tornando a scorrere dopo decenni di assenza nella piana di Santa Scolastica.

Nel fermano si sono formati dei vulcanelli di fango. Sul Monte Vettore si è aperta un'enorme spaccatura causando una frana.

Il 18 gennaio del 2017 si sono verificate quattro scosse molto intense in un arco di tempo poco superiore alle quattro ore: la prima alle 10:25 di magnitudo 5.1 con epicentro a Montereale; la seconda di magnitudo 5.5 alle 11:14 con epicentro a Capitignano; la terza alle 11:25 di 5.4 con epicentro a Pizzoli; la quarta di magnitudo 5.0 alle 14:33 con epicentro a Cagnano Amiterno. Queste nuove scosse hanno coinvolto tutti i paesi già colpiti dagli scorsi eventi sismici dell'Abruzzo, delle Marche, del Lazio e in parte dell'Umbria.

Ad Amatrice, simbolo del terremoto del 24 agosto, è crollato il campanile della chiesa di Sant'Agostino. I danni hanno soprattutto colpito le province di Ascoli Piceno, Teramo, L'Aquila e Rieti. La situazione è stata notevolmente complicata dalla violenta ondata di freddo che perdurava già da inizio mese, con abbondantissime nevicate e accumuli superiori al metro e mezzo; i soccorsi hanno avuto moltissime difficoltà a raggiungere le popolazioni nuovamente colpite, e molte persone non sono state in grado di uscire da casa in seguito alle scosse. Le scosse sono state avvertite anche a Terni, Perugia, Roma, Viterbo, Pescara, Chieti, Ancona, Firenze, Arezzo, Napoli, Avellino, Isernia e Termoli.

Non si può escludere una correlazione, anche se non vi sono prove certe, con una valanga che si è prodotta nelle ore seguenti il sisma e che alle 17:40 circa si è abbattuta sull'Hotel Rigopiano a Farindola, in provincia di Pescara, distruggendolo e intrappolando 40 persone al suo interno. Le operazioni di soccorso, iniziate nella notte tra il 18 e il 19 gennaio, si sono protratte per una settimana. Il numero definitivo è di 11 sopravvissuti (di cui 2 scampati alla valanga e 9 estratti vivi) e 29 morti.

In base ai dati rilasciati dall'INGV sulla sequenza sismica che ha interessato l'Italia centrale, il numero di eventi registrati dal 24 agosto 2016 al 28 aprile 2017 è stato di circa 65 500 (di cui 3 500 con magnitudo uguale o superiore a 2,5), superando di gran lunga il numero medio di terremoti che si verificano in un anno in Italia, pari a circa 1 700/2 500 eventi di magnitudo uguale o superiore a 2,5. Le aree più colpite dagli eventi sismici sono l'alta valle del Tronto, sede del sisma di magnitudo 6,0 avvenuto il 24 agosto, e la zona dei monti Sibillini, tra Umbria e Marche, dove sono avvenute le

scosse del 26 e del 30 ottobre. Ingenti sono i danni agli edifici residenziali, agli edifici pubblici, alle imprese, alle vie di comunicazione e ai beni culturali della zona.

La protezione civile riporta che le vittime sono state 299, mentre sono state estratte vive dalle macerie 238 persone (alcune delle quali sono decedute in seguito), 215 dai Vigili del Fuoco e 23 dal Soccorso Alpino nazionale e della Guardia di Finanza. I feriti portati in ospedale sono invece 388.

Il numero delle vittime è stato particolarmente alto perché i territori colpiti, che d'inverno sono abitati da un modesto numero di residenti, erano in quel momento nel pieno della stagione turistica e ospitavano un numero molto maggiore di persone (specialmente Amatrice, dove tre giorni dopo si sarebbe dovuta tenere la sagra dell'Amatriciana).

Tra le vie di comunicazione hanno subito danni: la strada statale 4 Via Salaria, che comunque è rimasta percorribile e ha costituito la principale direttrice per l'afflusso dei soccorsi, dove alcuni viadotti hanno subito spostamenti e in vari tratti la carreggiata è ristretta dalle frane;

la strada regionale 260 Picente, che è stata chiusa dopo Configno per il danneggiamento del ponte Tre Occhi, con il traffico tra Amatrice e L'Aquila deviato sulla regionale 577 del Lago di Campotosto; inoltre sono stati chiusi ampi tratti della strada statale 685 delle Tre Valli Umbre.

Buona parte della viabilità secondaria, tra cui molte delle strade di accesso ai paesi colpiti, è rimasta invece del tutto interrotta, costituendo un importante ostacolo all'arrivo dei soccorsi.

Il terremoto ha causato anche vasti danneggiamenti al patrimonio culturale della zona.

Ad Amatrice la via principale del corso umbertino è diventata il simbolo della devastazione della scossa del 24 agosto: soltanto la torre civica con le campane è rimasta in piedi, assieme alla chiesa di Sant'Agostino, alle porte del centro, benché con la facciata parzialmente crollata. Ad Accumoli ci sono stati vari crolli nel centro storico, tra i quali quello più gravoso del campanile della chiesa parrocchiale. Molte frazioni del comune amatriciano sono risultate gravemente danneggiate. Anche il borgo di Arquata del Tronto è risultato gravemente danneggiato, con il crollo della chiesa parrocchiale e delle case del centro storico. Soltanto la Rocca di Arquata è stata interessata in maniera meno grave, con la caduta delle merlature delle torri.

In Abruzzo risultano inagibili delle case a Valle Castellana e Cortino, con il crollo di alcuni casali abbandonati.

A Roma, distante più di 100 km dall'epicentro, si sono create delle crepe nelle Terme di Caracalla, che avevano già sofferto degli effetti del terremoto dell'Aquila del 2009.

Secondo l'allora presidente del Consiglio dei ministri Matteo Renzi, i danni complessivi subiti sono quantificabili in una somma non inferiore a 4 miliardi di euro.

Le due maggiori scosse di 5.4 e 5.9 hanno causato gravi danni ai comuni di Castelsantangelo sul Nera (con il crollo di alcune case, e parziale del campanile della chiesa di San Vittorino), Visso (crollo di alcune case al centro), Ussita (crollo di un complesso di cappelle del cimitero, e di parte della facciata della chiesa di Santa Maria Assunta), crollo totale della chiesa di Santa Maria delle Grazie e della chiesa abbaziale di San Salvatore in frazione Campi di Norcia.



Figura 11 Chiesa di San Salvatore all'indomani del crollo

Danni rilevanti ci sono stati anche nei comuni limitrofi. A Camerino crolla il campanile del santuario di Santa Maria in Via, abbattendosi sopra una casa in cui, fortunatamente, al momento del crollo non vi era nessuno.

La successiva scossa del 30 ottobre, ha creato danni gravissimi al patrimonio artistico di Norcia, e infrastrutturale, come l'esondazione del fiume Nera sulla strada statale della Valnerina. Il simbolo dei danni di Norcia è la rovina quasi totale della Basilica di San Benedetto, di cui resta in piedi solo la facciata, così come le mura medievali, la Cattedrale, la distruzione della frazione di Castelluccio di Norcia e della Chiesa di Sant'Andrea di Campi.

A causa delle frequenti scosse di terremoto, ad Amatrice vengono prodotti nuovi danni, come il collasso del palazzo municipale, rimasto in piedi, e della sommità della torre civica al corso. Anche un lato della chiesa di Sant'Agostino crolla, mentre una frana inghiotte una porzione del borgo di Arquata del Tronto, già pesantemente danneggiato dal sisma del 26 ottobre. Con la scossa del 30 ottobre, inoltre, viene danneggiato l'Ospedale "Vittorio Emanuele II" di Amandola, già danneggiato dalla scossa del 24 agosto, è dichiarato inagibile con la conseguente evacuazione e chiusura.

Il sisma del 18 gennaio 2017, ha creato danni contenuti nei comuni di Montereale, Campotosto, Capitignano, Cortino e Valle Castellana. Campotosto è risultato il comune più colpito, con il crollo della torretta del palazzo municipale degli anni '50 e danni alla facciata della chiesa parrocchiale, già lesionata dal terremoto del 2009 e mai restaurata. Alcuni capannoni e rimesse di campagna sono crollate a Castel Castagna, dove si è registrata l'unica vittima del sisma uccisa dal crollo della sua stalla, complice il peso delle abbondanti nevicate avvenute in quei giorni.

I primi soccorsi sono arrivati sui luoghi del sisma già a poche ore dalla scossa del 24 agosto, seppur con un certo ritardo nel raggiungere le frazioni più isolate a causa dei numerosi ponti crollati e delle strade ostruite dalle macerie. Il giorno seguente il numero totale di soccorritori messi in campo ammontava a 5 400 unità.

Il coordinamento nazionale della Protezione Civile è avvenuto inizialmente a Roma tramite il Comitato Operativo, e dal 28 agosto tramite la Direzione di comando e controllo (DI.COMA.C) istituita a Rieti, nell'edificio dell'INPS adiacente alla Questura.

Il 1º settembre il presidente del Consiglio Matteo Renzi nomina commissario straordinario per la ricostruzione Vasco Errani, che aveva già ricoperto questo incarico a seguito del terremoto dell'Emilia del 2012.

Ad aprile del 2017 la DI.COMA.C. ha terminato le proprie attività, passando la gestione del post-terremoto alle quattro amministrazioni regionali.

Nella gestione della ricostruzione, il governo italiano ha scelto sin dall'inizio di allontanarsi dal cosiddetto "modello Bertolaso" (impiegato nel precedente terremoto dell'Aquila, caratterizzato da una gestione centralizzata e dal frequente ricorso a poteri straordinari), e di fare ricorso alle ordinarie procedure amministrative, decentrando le decisioni nei territori.

Un'altra decisione, presa dietro forte richiesta dei sindaci del cratere, è stata quella di ricostruire i centri abitati dove erano, evitando la costruzione di new town per l'alloggiamento degli sfollati.

3.2 IL BIM COME STRUMENTO PER LA RICOSTRUZIONE

3.2.1 PROBLEMATICHE CHE IL BIM PUO' RISOLVERE

Nel rapporto *Rethinking Construction (1998)*, anche se antecedente alla piena introduzione del BIM nel panorama del settore edilizio, si sono poste le questioni a cui l'edilizia stava andando incontro e che si doveva impegnare a risolvere.

Questo studio ha evidenziato in primo luogo la necessità di lavorare alla costruzione in maniera coerente e unitaria dalla progettazione, passando per la costruzione fino alla messa in opera e al mantenimento della struttura. Un'altra questione sulla quale si è posta l'attenzione è stata l'utilizzo di modelli per la valutazione delle prestazioni degli edifici e per la minimizzazione delle problematiche riscontrabili in sito durante la costruzione. Inoltre dal capitolo *Project Process* emergono una serie di problematiche che ad oggi il BIM sta affrontando con successo.

Gli argomenti trattati sono stati:

- **PROCESSI RIPETITIVI:** alcune inefficienze significative nei processi di costruzione suggeriscono che ci sia ancora un potenziale inutilizzato per l'automatizzazione di alcuni processi i quali potrebbero essere resi molto più sistematici e integrati, apportando una significativa riduzione di sprechi riguardanti i tempi e una maggiore qualità. Il BIM fornisce una solida base per rendere i processi più integrati e strutturati, specialmente nel caso di progetti simili.

- **PROCESSI INTEGRATI:** il team che interviene nel processo costruttivo apporta le proprie competenze per fornire valore alla committenza, ma l'efficienza è strettamente vincolata alla mancanza di continuità che esiste tra le fasi di pianificazione, progettazione e costruzione che inibisce lo sviluppo di innovazione e competenze avanzate. Il BIM sta sempre di più supportando processi integrati, coinvolgendo tutti i partecipanti incluso il committente. E' anche previsto per il BIM lo sviluppo verso una piattaforma che permetta di apprendere da progetti precedenti condivisi, dal momento che esso costituisce un'infrastruttura efficiente per questo scopo.
- **SVILUPPO DEL PRODOTTO:** lo studio ha anticipato il continuo sviluppo delle costruzioni che ad oggi richiedono la conoscenza dettagliata delle esigenze a monte della progettazione, l'apporto costante di innovazione e la conoscenza, da misure oggettive, dell'effettivo stato di avanzamento dei lavori. Il BIM è già stato identificato come un integratore di misure di performance del completamento degli edifici.
- **IMPLEMENTAZIONE DEL PRODOTTO:** l'inserimento di un prodotto generico all'interno di un progetto specifico prevede l'individuazione dei componenti chiave e la pianificazione della produzione, costruzione e messa in servizio. Il BIM può dare un concreto contributo sostenendo la trasformazione di soluzioni generiche in soluzioni particolari e agevolando la partecipazione attiva del team di progetto (anche se dislocato geograficamente). Inoltre il BIM può incoraggiare attivamente l'utilizzo di componenti standard (librerie di oggetti) mentre il modello geometrico fornisce la necessaria accuratezza e la precisione per il corretto assemblaggio di componenti prefabbricati.
- **COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE FORNITURE:** campo non semplice ma fondamentale per guidare l'innovazione e supportare dei miglioramenti. La tecnologia BIM, in particolare la filosofia ad essa associata, può permeare lungo la catena degli approvvigionamenti rendendola più efficace e solida.
- **SALUTE E SICUREZZA:** questo è un settore che sempre più spesso si viene a trovare sotto i riflettori e in cui sono stati compiuti notevoli progressi. Il BIM ha il potenziale per facilitare un ulteriore salto di qualità in tutte le fasi del ciclo di vita utile di un edificio mediante l'attuazione di un approccio integrato sui temi di salute e sicurezza che permea attraverso la pianificazione, la progettazione e l'esecuzione ed è assistito da una maggiore consapevolezza delle condizioni fisiche.

3.2.2 LE SFIDE NELL'AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE

Oggi giorno ci troviamo di fronte a sfide molto importanti ed impegnative nel settore della ricostruzione.

I molteplici e spesso conflittuali requisiti che i progettisti si trovano a soddisfare richiedono un cambiamento sostanziale. La sfida più grande sarà quindi quella di identificare le soluzioni più appropriate relazionandole ai rischi ambientali, fisici e di sostenibilità.

Guardando al futuro, questo tipo di sfide potranno essere ben gestite dagli edifici digitali, attraverso lo strumento fornito dal BIM anche nella sua visione duale di processo e software. I produttori BIM hanno già intuito questo cambiamento e perciò sono già disponibili molti applicativi che permettono una serie di analisi e verifiche, ma un approccio più globale alle problematiche richiederà ancora molti di questi strumenti, un elevato livello di integrazione e una progettazione BIM fortemente strutturata che sia così in grado di individuare le soluzioni ottimali in un complesso spazio di progettazione. Ciò richiederà considerevoli investimenti e innovazioni ed è probabile che per vedere davvero un'ottimizzazione dei processi, saranno necessarie tecniche pienamente integrate con la filosofia BIM.

I temi sui quali ci si concentrerà di più saranno:

- **AMBIENTE:** i requisiti ambientali, tra cui i più tradizionali temi di sostenibilità, inquinamento e riduzione delle risorse sembrano trovarsi sempre all'ordine del giorno anche a causa dei continui cambiamenti climatici. Questo comporterà sforzi per ridurre le cause e mitigare gli effetti di questi mutamenti. Ad oggi c'è un proliferare di soluzioni costruttive ecologiche e i clienti richiedono sempre di più edifici progettati per ricadere in determinate classificazioni ambientali.
- **COMPRENSIONE DEI BISOGNI:** comprendere le esigenze per le quali l'edificio dovrebbe essere progettato è una sfida cruciale che si sta facendo sempre più complessa dato l'inevitabile spostamento della prospettiva dal breve periodo a tutto il ciclo di vita delle costruzioni. Potrebbe risultare difficile considerare in maniera adeguata le esigenze a lungo termine del cliente senza valutare anche quelle di tutte le parti interessate. Le due questioni più immediate saranno raggiungere una maggiore prevedibilità dei costi e dei tempi e migliorare la costruibilità e la manutenibilità; e per fare ciò probabilmente sarà necessario ricorrere ad un approccio probabilistico.

- CICLO DI VITA: facendo riferimento alle quattro fasi del ciclo di vita di un edificio e la lunga durata della fase di utilizzo che crea una discontinuità nelle informazioni. Chiaramente il ruolo dell'edificio digitale sarà quello di informare e interconnettere le varie attività che si svolgono all'interno di queste fasi per consentire di prendere decisioni più appropriate e più a lungo termine per ogni fase.

3.2.3 LE POTENZIALITÀ DEL BIM

La natura delle sfide che attendono il settore delle costruzioni implica un maggiore utilizzo degli strumenti informatici.

Esistono tre aspetti particolari del potenziale del BIM che potrebbero essere la risposta:

- IL BIM COME STRUMENTO DI CAMBIAMENTO: il BIM è stato ampiamente riconosciuto come il mezzo più importante che guiderà il settore delle costruzioni sulla via del necessario cambiamento. Sono stati pubblicati negli Stati Uniti diversi studi che portano l'attenzione sull'importanza del Building Information Modeling come "Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the US Capital Facilities Industry", "National Building Information Modeling Standard" che promuove l'adozione di standard aperti di informazione e "Integrated Project Delivery: A Guide". Come si evince, l'implementazione del BIM è stata fortemente promossa negli Stati Uniti. I software BIM sono ancora in gran parte rivolti alla fase di progettazione dove la distribuzione si sta avvicinando a livelli importanti. Mentre le aziende stanno comprendendo il modo migliore per sfruttare i software e le sue funzionalità che continuano ad aumentare, è prevista una rapida crescita nella sua distribuzione.
- L'EVOLUZIONE DEL BIM: mentre i venditori BIM si iniziano a concentrare verso il ciclo di vita dell'edificio, le capacità del software si stanno muovendo verso la progettazione di dettaglio e la prefabbricazione. La vera evoluzione che il BIM dovrà affrontare sarà quella riguardante l'interazione dei modelli con sistemi per pianificare e controllare la costruzione e per stimare i tempi e i costi, fornendo così al contraente capacità in 4D e 5D. Già si stanno vedendo sperimentare soluzioni per l'aggiornamento del modello direttamente dal cantiere attraverso device portatili con applicativi perfettamente in grado di relazionarsi con il

progetto. Questo permetterà una creazione dettagliata di modelli as-built e l'aggiunta di notevoli pacchetti di informazioni supplementari. Uno sviluppo più strategico, ma ancora atteso è quello che permetterà con particolari sensori di conoscere e tenere sotto controllo il comportamento e le performance dell'edificio.

- L'INTEROPERABILITÀ: godere di un'efficace interoperabilità è fondamentale per poter progredire nella tecnologia BIM. Questa dovrà riguardare sia gli applicativi con i quali i software interagiscono sia i programmi di modellazione in generale. Per quanto riguarda le prime sarà necessario creare delle applicazioni che siano sempre più integrate con i vari software di modellazione, bypassando l'esportazione di file in formato compatibile all'applicazione stessa. Tra i programmi che utilizzano il Building Information Modeling poi dovrà essere unificato lo standard per il passaggio delle informazioni così da rendere veramente libero il mercato dei software. Questo punto ovviamente contrasta con interessi economici e questioni tecniche dei produttori di software così da rendere difficile la sua risoluzione.

3.3 METODOLOGIE BIM, HBIM, REVIT

3.3.1 METODOLOGIE BIM

Il BIM è una metodologia per la realizzazione di modelli tridimensionali che non siano limitati alla sola informazione di tipo grafico. La geometria viene ora accompagnata con informazioni e dati riguardanti l'oggetto rappresentato.

Si riferisce alla creazione di un accurato modello virtuale di un edificio al quale vengono associate informazioni che riguardano il suo intero ciclo di vita, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione, definisce la metodologia che accorpa le varie discipline riferite all'edificio, attraverso la gestione di ogni informazione relativa alla sua realizzazione. Dentro questo modello si possono trovare, specifici elementi costruttivi, costi e programmi manutentivi, permette una riproduzione delle caratteristiche tecniche e funzionali dell'edificio, questa metodologia facilita le scelte decisionali durante il ciclo di vita dell'edificio perché costituisce una rappresentazione digitale condivisa, garantita dall'interoperabilità tra *software*.

Da queste definizioni si può dedurre come gli strumenti e i *software* che si interfacciano a questa metodologia siano molteplici.

Nel nostro caso ci interfacciamo con il BIM attraverso il *software* Autodesk Revit, che ci permette di curare maggiormente la modellazione geometrica e grafica che ci porta a fare riferimento alla definizione del *Building Information Modeling*.

Uno dei notevoli vantaggi che offre la metodologia BIM è quella della collaborazione tra le diverse figure interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura.

Attraverso il BIM l'edificio viene modellato prima della sua realizzazione fisica, e mediante questo modello virtuale collaborano le varie figure coinvolte nel progetto.

Questo approccio risulta altamente strategico, offrendo la possibilità di analizzare l'edificio e valutare le sue prestazioni già in fase progettuale.

L'adozione di questo sistema di progettazione permette un miglior lavoro di team. I progettisti di un'impresa edile possono collaborare su un progetto centralizzato occupandosi ognuno della propria disciplina, lavorando su un modello locale.

La condivisione di un unico modello riduce infatti drasticamente il tasso percentuale di errori e incongruenze, abbassando come conseguenza il numero di modifiche, le tempistiche e i costi di progettazione, rendendo il tutto più economicamente sostenibile.

La metodologia BIM consente, inoltre, la produzione di un *database*, un contenitore di informazioni, aggiornabili e estraibili dal modello stesso, a seconda delle necessità contingenti.

3.3.2 HBIM

Il termine HBIM è l'acronimo di *Historic Building Information Modeling* o *Heritage Building Information Modeling*. La metodologia BIM nasce per essere applicata a progetti *ex novo*, ovvero per la creazione da zero di nuovi edifici. Con l'HBIM invece si va ad applicare questa metodologia a edifici già esistenti, questo permette la realizzazione di modelli tridimensionali che consentono sia un'accurata della

rappresentazione geometrica di un manufatto già costruito, sia la possibilità di associare a esso le informazioni sul manufatto stesso.

Oltre alla rappresentazione grafica, in questo frangente il modello diventa anche un *database* interrogabile per analizzare l'edificio allo stato attuale e per reperire i dati utili nella previsione di interventi futuri.

Applicando la metodologia BIM agli edifici esistenti, e ai beni architettonici, si riesce ad avere una precisa conoscenza geometrica del manufatto, che viene modellato grazie alla realizzazione di accurati rilievi, ottenendo una solida base per lo sviluppo della progettazione.

Per la modellazione tridimensionale dell'edificio, a partire dalla nuvola di punti, possono essere utilizzati software come Autodesk Revit, uno dei più diffusi per la progettazione in ambiente BIM.

Autodesk Revit, è un *software* sviluppato da Autodesk che offre una piattaforma BIM per la realizzazione di un modello informativo tridimensionale.

L'organizzazione di questo programma consente di creare un *file* di progetto dove realizzare un elaborato attraverso tutte le funzioni che vengono predisposte. Principalmente la modellazione avviene attraverso elementi predefiniti noti come famiglie, ma con la possibilità di personalizzare nel dettaglio ogni particolare in base alle situazioni dello specifico caso studio. Oltre la progettazione grafica consente anche l'inserzione di dati a livello informativo, che fanno dell'elaborato grafico un effettivo modello BIM. Il *software* inoltre consente la possibilità di esportare i dati su un vasto numero piattaforme, per esempio Microsoft Access gestione delle base di dati, o più semplicemente in ambiente CAD, o ancora, è possibile esportare anche immagini e video.

L'HBIM è un processo applicato agli edifici esistenti, monumentali e non, che aumenta enormemente le potenzialità del metodo BIM, estendendo il suo utilizzo anche alla creazione di modelli del costruito esistente, e non solo come loro restituzione digitale e geometrica in 3D, ma come modelli intelligenti ricchi di informazione, in cui tutte le parti che li compongono sono oggetti anch'essi intelligenti, parametrici e con una semantica ben definita.

La nuova frontiera della progettazione digitale passa attraverso il BIM applicato al recupero degli edifici esistenti, in particolare, a quelli con alto valore storico.

Si tratta, in verità, di una disciplina tuttora poco esplorata nel nostro Paese, ma dalle enormi potenzialità, tenuto conto della ricchezza del nostro patrimonio artistico.

Il termine Historical o Heritage Building Information Modeling è stato utilizzato la prima volta nel 2009 in un articolo scientifico del professore Maurice Murphy.

Il BIM è nato per la progettazione delle nuove costruzioni, quindi tutti i processi e gli strumenti collegati a questa metodologia, come i diversi software basati sul linguaggio BIM, sono basati su

questo presupposto fondamentale e che, in passato, una delle principali critiche rivolte a questo metodo di lavoro riguardava infatti la possibilità di applicarlo esclusivamente ai nuovi progetti.

Invece, con l'affermarsi dell'HBIM, soprattutto all'estero, lo scenario è radicalmente cambiato e le potenzialità di questa metodologia sono notevolmente aumentate.

Le prime sperimentazioni finalizzate a restituire un modello BIM di un edificio esistente si sono svolte su manufatti storici e monumentali: l'obiettivo principale era creare un database dove inserire i modelli creati contenenti una serie di informazioni tecniche e divulgative.

Per progettare il recupero o il restauro di una struttura storica l'approccio in ottica BIM segue un percorso diverso rispetto a quello tradizionale: si parte innanzitutto dall'approfondita conoscenza della storia e dell'evoluzione che ha avuto nel tempo ogni singola caratteristica dell'edificio e, in seguito, si passa alla fase della modellazione.

Tutto comincia quindi dallo studio dei processi costruttivi che hanno portato alla realizzazione di un particolare manufatto.

L'edilizia storica è per sua natura il risultato di diverse stratificazioni e modifiche architettoniche nel corso degli anni. Se a questo si aggiunge la mancanza di una chiara documentazione di progetto tipica delle nuove realizzazioni, è facile comprendere quanto sia complesso ogni intervento di riqualificazione e restauro.

3.3.3 LE FASI DEL HBIM

Affinché un intervento di recupero in BIM sia il più possibile rispettoso delle caratteristiche architettoniche, strutturali e della storia di un edificio è necessario acquisire il più elevato numero di dati e informazioni specifiche.

A monte, in sostanza, è fondamentale svolgere una accurata indagine storica, geometrica e materica del manufatto, senza la quale non sarebbe possibile pianificare al meglio i successivi interventi di recupero.

Una fase che consiste nel rilievo e nella successiva restituzione di tutte le informazioni con metodi di acquisizione capaci di mettere a fuoco e descrivere ogni singolo dettaglio in modo efficace e completo.

In un secondo tempo, saranno questi dati a fornire una base di conoscenza adeguata per svolgere le necessarie analisi diagnostiche sull'edificio ed evidenziare sia i dettagli dei contenuti dell'intervento di recupero, sia, in seconda battuta, il successivo piano di manutenzione.

Per la raccolta di informazioni nell'HBIM vengono utilizzate le tecnologie della fotogrammetria digitale ad alta definizione e la rilevazione laser scanner (terrestri o aeree con l'impiego di droni), che anche grazie alla possibilità di associare le informazioni geometriche a immagini consentono di ottenere un modello virtuale particolarmente fedele alla realtà.

Il rilievo laser scanner nel tempo potrà facilitare i vari interventi successivi, perché è in grado di mettere a disposizione tutte le informazioni e di tracciare la storia del manufatto.

Quella dell'elaborazione dei dati è la seconda fase dell'HBIM.

I metodi di rilievo ad alta definizione consentono di generare nuvole di punti a elevata risoluzione.



Figura 12 – Nuvola di punti

Con i droni vengono realizzate riprese foto e video dalle quali ricavare immagini ad alta qualità georiferite che, combinate con rilievi a terra e opportune tecniche, vengono “tradotte” in nuvole di punti: queste ultime costituiranno la base per la modellazione dei manufatti e dei terreni.

Si tratta di strumenti che consentono di evidenziare le diverse misure e la volumetria, rendendo più semplice la modellazione dei vari elementi e dei suoi componenti.

Siccome i punti rappresentati sono tantissimi (si parla in questo caso di “nuvola densa”) la percezione è estremamente realistica, molto più di quanto possa essere con le metodologie tradizionali.

La nuvola di punti è di fondamentale supporto alla modellazione, in particolare nell’ambito dell’edilizia storica caratterizzata da una complessità di elementi, forme e particolari costruttivi intrinsecamente aggregati tra di loro.

Dall’elaborazione in base ai dati del rilievo si passa, in seguito, alla creazione di librerie con oggetti parametrici che rappresentano tutte le componenti del manufatto. A partire da dati non strutturati, come la nuvola di punti, il software genera dati strutturati, la *mesh*, o *tessitura*.

In sostanza, da una miriade di punti si arriva alla definizione di superfici, con la creazione delle mesh (attraverso specifici software) si passa da un insieme disordinato di punti a una superficie continua che compone il modello 3D vero e proprio.

Il passaggio per arrivare alla vera digitalizzazione del modello consiste nella ricostruzione del modello BIM di quanto rilevato.

Si tratta certamente della fase più delicata e complessa. Infatti, da una superficie tridimensionale (costituita dalla tessitura) che raffigura l’opera rilevata è necessario creare un modello 3D parametrico. Considerando poi che gli edifici esistenti quasi mai presentano caratteristiche di regolarità e ripetitività, diventa un’operazione alquanto complessa il riconoscimento automatico di tali oggetti.

Attraverso la fusione dei dati viene così costruito un modello HBIM, che racchiude tutte le informazioni relative alla storia dell’edificio, dal quale deriverà la produzione di disegni tecnici, documentazione in 3D, proiezioni ortografiche, sezioni, dettagli e abachi.

Un modello che deve dare la possibilità di accedere a tutte le informazioni specifiche di ogni singolo dettaglio architettonico del manufatto, con una definizione molto precisa del dettaglio.

E’possibile anche evidenziare i dati attraverso un codice di colori, molto utili per esempio a identificare i vari livelli di degradi di una parete attraverso le diverse tinte.

3.3.4 BIM E HBIM A CONFRONTO

Nell'HBIM la suddivisione in parti è molto più spinta rispetto al BIM.

Ad esempio, un pilastro non può essere considerato un'unica entità, ma sarà necessario suddividerlo in base, fusto e capitello. Quest'ultimo, a sua volta, verrà ripartito in relazione ai singoli elementi che lo compongono e che magari lo differenziano da un altro capitello.

L'HBIM non è soltanto un modello o una rappresentazione di un manufatto esistente, perché uno degli aspetti più importanti, quando si lavora su un edificio storico, sono le sue caratteristiche strutturali, tenuto conto che si tratta di costruzioni che nel tempo possono aver subito traumi ed essere stati stressati da terremoti.

L'uso di dati storici offre l'opportunità di sviluppare i dettagli dietro la superficie dell'oggetto per quanto riguarda i suoi metodi di costruzione e composizione dei materiali.

In ambiente HBIM l'alto livello di interoperabilità è ancora più importante che nel BIM tradizionalmente inteso.

Questo perché si lavora utilizzando un elevato numero di software specifici che devono interfacciarsi in open BIM e condividere tutte le informazioni.

Trattandosi di opere che fanno parte del nostro patrimonio storico, tutti i dati che vengono inseriti nel modello 3D devono poter essere fruibili da una serie di figure diverse (dallo storico, agli operatori della conservazione, ai progettisti, fino ai visitatori) in modo semplice e intuitivo, navigando per esempio all'interno di una chiesa, cliccando su un quadro, una statua o un capitello per poter accedere a tutte le possibili notizie storiche e artistiche.

Si tratta di informazioni che devono essere utilizzabili per tutto l'arco di vita dell'edificio e devono servire a conoscere e conservare al meglio il patrimonio architettonico. Per esempio, è di estrema importanza valutare le reazioni di un immobile storico al variare della temperatura e del tasso di umidità nell'aria nel caso in cui siano presenti degli affreschi. Questo significa che il progetto di restauro dovrà privilegiare gli aspetti prestazionali dell'edificio dal punto di vista energetico, quindi la necessità di coibentazione per preservare al meglio le pareti affrescate.

Se già l'adozione della filosofia BIM presenta diverse complessità ma anche numerosi vantaggi, lavorare in ottica HBIM è ancora più difficile, tuttavia anche i benefici sono decisamente maggiori. Infatti, la possibilità di sezionare il manufatto in qualunque modo e sotto ogni profilo ne migliora la comprensione e garantisce un approccio ottimale sul piano della manutenzione.

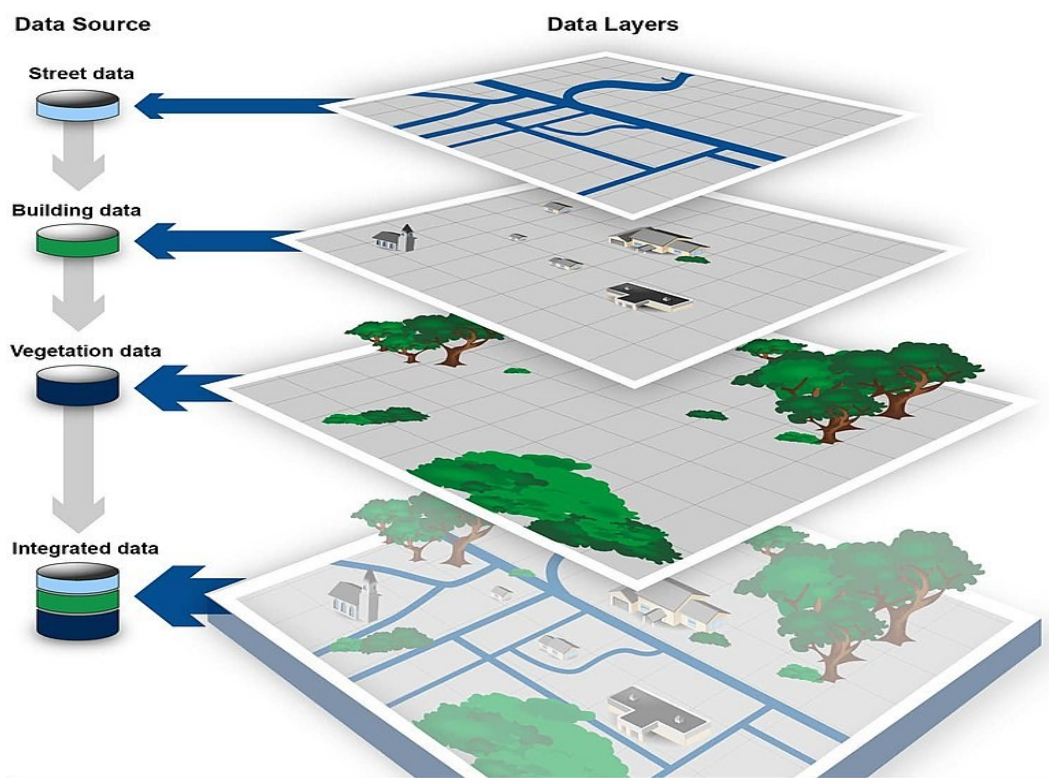
Oggi anche in Italia i tempi sono maturi per l'adozione dell'HBIM e cresce l'attenzione nei confronti di questa metodologia da parte del demanio, consapevole che la conoscenza approfondita del nostro patrimonio ne migliora la conservazione nel tempo e la condivisione e diffusione di tutte le informazioni.

In pratica, i modelli geometrici ottenuti attraverso i rilievi devono costituire degli indici di contenuti, con dati consultabili che riguardino storia e caratteristiche tecniche dei singoli componenti, stato di degrado delle diverse parti dell'opera, nome delle imprese che hanno eseguito i diversi interventi nel tempo.

Un ampio ventaglio di informazioni, quindi, tutte inserite in un data base (nel tempo sempre implementabile) e fruibili a più livelli di interesse anche dalla committenza e dalla cittadinanza.

3.4 IL GIS

Il GIS, acronimo di Geographical Information System o sistema informativo geografico, è uno strumento che permette di analizzare il territorio raccogliendo moltissimi dati di diversa natura. I GIS sono strumenti informatici studiati per la gestione e la pianificazione del territorio: permettono di effettuare analisi e rappresentazioni dello spazio e degli eventi che si verificano in esso. Sono stati sviluppati diversi software in grado di svolgere diverse operazioni e rilievi, utili ai fini delle pianificazioni urbanistiche e della realizzazione di piani di Protezione Civile o di cartografie tematiche.



Source: GAO. | GAO-15-193

Figura 13 - GIS

I sistemi geografici si distinguono da qualsiasi altro sistema informatico: nei software geografici, alle comuni operazioni che si possono svolgere sui database (come ricerche, analisi statistiche, grafici etc.) si aggiungono le funzionalità proprie di un GIS, come la memorizzazione di dati territoriali, il loro trattamento e soprattutto la loro rappresentazione sotto forma di cartogrammi o tabelle ritagliati su porzioni di territorio più o meno estese.

In questo modo, gli utenti hanno uno strumento che consenta di visualizzare e analizzare le informazioni per spiegare eventi, pianificare strategie o progettare infrastrutture territoriali. Ad esempio, si può localizzare qualsiasi oggetto presente sul terreno oppure studiare l'evoluzione del paesaggio agricolo, o ancora studiare i percorsi dei fiumi attraverso il tempo. GIS e BIM sono rimasti a lungo due realtà separate, pur rientrando entrambi nel processo di digitalizzazione dei dati di pianificazione e progettazione. Oggi però è chiaro che insieme possono determinare importanti evoluzioni nel campo della progettazione sia nel settore pubblico che privato.

Il BIM come abbiamo già precedentemente illustrato può essere inteso come un contenitore digitale di informazioni, mentre il GIS è il sistema informativo geografico che mostra gli eventi che si verificano in un determinato territorio.

Viene quindi naturale in un contesto come quello della ricostruzione l'integrazione tra i due sistemi di modellazione, per poter usufruire di uno strumento ancora più potente, che definisca i possibili scenari con rapidità e coerenza di informazioni.

3.4.1 INTEGRAZIONE BIM-GIS

L'integrazione di BIM e GIS trasformerà il futuro del settore delle costruzioni, grazie agli innumerevoli vantaggi che l'uso combinato di queste due metodologie di lavoro può portare alla realizzazione delle opere infrastrutturali e non solo.

I vantaggi più significativi sono relativi alla possibilità di integrare il contesto per creare una più ampia e profonda comprensione dell'opera, attingendo le informazioni territoriali da basi dati GIS già disponibili e le cui caratteristiche sono documentate.

Avendo come riferimento le basi geografiche collegate, è possibile acquisire rapidamente i dati rilevati in campo e osservarli nei propri progetti in tempo reale, nonché analizzare i dati territoriali rilevanti per il progetto attraverso funzionalità GIS, supportando il processo decisionale e il coinvolgimento degli stakeholder.

Inoltre, le molteplici informazioni contenute in un modello BIM possono essere utilmente integrate e declinate a scale superiori rispetto a quelle della singola opera, trovando applicazione nella progettazione e programmazione urbana e territoriale, contesto in cui tale approccio può rappresentare un vero e proprio cambio di paradigma finalizzato a gestire in maniera più efficace la complessità dei processi urbani.

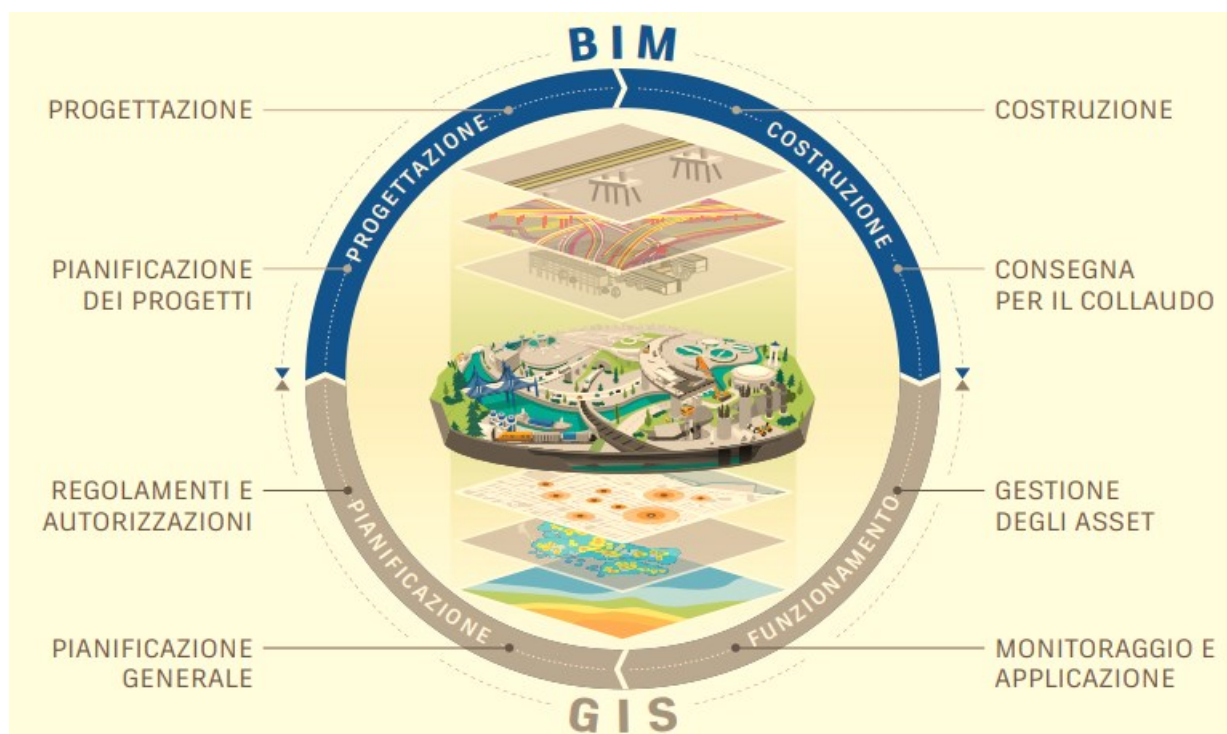


Figura 14 - Integrazione BIM-GIS

Il metodo BIM può ottenere grandi benefici dall'integrazione con i dati geografici e con gli strumenti GIS, così come i sistemi GIS possono essere arricchiti dalle informazioni provenienti dai progetti BIM. I vantaggi dell'integrazione BIM-GIS risiedono nella completezza delle informazioni che si possono interrogare e quindi utilizzare per un approccio progettuale completo.

Con l'integrazione tra BIM e GIS è possibile valorizzare il dato informativo come elemento centrale dell'intero processo: nonostante abbiano esigenze diverse, le due parti hanno bisogno di interrogare i dati all'interno di un unico database. Le informazioni fornite dai sistemi GIS permettono di progettare edifici ed infrastrutture all'interno di un contesto molto più realistico.

I progettisti possono evitare molti errori, soprattutto nella fase preliminare e di piano di fattibilità, integrando il progetto BIM con il DB topografico e cartografico, ed inquadrando il progetto in un sistema di coordinate.

Dall'altra parte le informazioni di progetto, e soprattutto quelle sull'effettiva realizzazione dell'opera (il cosiddetto "as built"), sono di fondamentale importanza per l'aggiornamento dei sistemi GIS, che in questo modo possono essere aggiornati in modo molto preciso. Basti pensare al recente Archivio Nazionale Informativo delle Opere Pubbliche, nato in seguito ai

recenti crolli di ponti: le informazioni richieste per monitorare le opere trovano grande beneficio dalla realizzazione di un modello BIM.

I benefici di questa interazione sono riscontrabili anche in altri ambiti oltre alla progettazione, ad esempio in architettura e in tutti i campi in cui la componente territoriale viene presa in considerazione in fase decisionale o manutentiva.

3.4.2 UTILIZZO CONGIUNTO BIM-GIS PER LA RICOSTRUZIONE

La sintesi delle tecnologie è già in atto. Un esempio calzante arriva dallo studio di progettazione internazionale Mott MacDonald impiega già l'integrazione tra GIS e BIM nell'ambito di un progetto newyorkese a supporto delle opere di ristrutturazione dell'acquedotto inferiore di Catskill.

Il lavoro digitale prodotto che ne deriva fornisce le informazioni in maniera progressiva in modo che possano essere registrate, indicizzate e recuperate facilmente ai fini della riuscita del progetto.

Massimizzare il valore a lungo termine di nuove strade, ponti e strutture significa fornire progetti migliori per risolvere molti dei problemi di sostenibilità e resilienza che le città di oggi devono affrontare. Ciò richiederà l'ottimizzazione dello scambio dinamico di dati tra BIM, CAD (progettazione assistita da computer) e le informazioni geospaziali fornite da GIS.

Collocare un progetto digitale in un luogo reale, all'interno della geografia reale, elimina gran parte del rischio nell'interfaccia di progettazione e costruzione. I maggiori ritardi nei grandi progetti infrastrutturali derivano dalle fasi di pianificazione e autorizzazione, che comportano numerose valutazioni di impatto sociale, economico e ambientale. Ingegneri e pianificatori eseguono gran parte di questa valutazione al di fuori del processo di progettazione utilizzando dati geospaziali; è così che si studiano le mappe delle aree a rischio esondazione o si localizzano i servizi sotterranei.

L'integrazione tra GIS e BIM è altrettanto utile una volta costruita una struttura. Piuttosto che semplificare eccessivamente i dati finali messi a disposizione per la gestione delle strutture, il modello flessibile, collegato al GIS, fornisce tutto ciò che serve per il loro utilizzo. I clienti hanno la possibilità di riutilizzare tali dati durante tutto il ciclo di vita della struttura.

Ad esempio, far funzionare una strada nel mondo reale significa gestire i servizi pubblici, gestire l'installazione di guardrail, fare la manutenzione delle strisce segnaletiche e supervisionare le

squadre di manutenzione. Ciò comporta una lunga serie di attività di retrofitting e di rinnovamento. Se si collegano i dati GIS, CAD e BIM, si migliora l'operatività e si eliminano gli errori.

Questa convergenza tecnologica avrà un ruolo importante anche nella manutenzione predittiva.

Per creare città più intelligenti, abbiamo bisogno di affrontare le decisioni di pianificazione in maniera più intelligente, ed è per questo che il collegamento tra BIM e GIS è così cruciale.

Basti pensare a cosa può fare l'integrazione di questi sistemi per l'evoluzione dei veicoli:

i sensori per auto raccolgono costantemente informazioni in tempo reale. Tuttavia, essi si affidano alla mappa dettagliatissima di un navigatore per circolare nella geometria locale e creare il loro orizzonte elettronico.

La mappa della macchina, che può essere interpretata dai computer, è descritta al meglio come un file di progettazione di autostrade in 3D arricchito con informazioni geospaziali reali.

Poiché i veicoli autonomi di domani raccolgono informazioni aggiornate sulla geometria stradale, come la chiusura di corsie o deviazioni per lavori in corso, essi identificheranno le aree ad alto rischio, che potranno essere restituite ai pianificatori che progettano e mantengono le strade del futuro. L'intero processo diventerà più fluido e il Ministero dei Trasporti diventerà più reattivo quando si tratterà di aggiustare le strade in via di deterioramento.

La connessione tra sistemi di sensori in tempo reale, dati geografici e dati di modellazione migliora la comprensione di tutti, portando a più adeguate decisioni nella progettazione dell'infrastruttura a qualsiasi scala.

Viste le potenzialità dei due strumenti, la naturale inclinazione nell'interagire e completarsi, l'utilizzo congiunto può essere determinante per qualsiasi fase della ricostruzione.

Si pensi come la sovrapposizione mirata darebbe luogo ad un controllo informativo senza precedenti.

Dalle prime fasi dell'emergenza la localizzazione delle situazioni più urgenti, il rilievo della situazione sul campo anche per mezzo di droni, la possibile applicazione di sensori mirati al monitoraggio dello sciame sismico, e via via percorrendo tutte le fasi tipiche di queste situazioni, potrebbero essere gestite con metodologia BIM-GIS.

Volutamente mi sono precedentemente dilungato nella narrazione dei tre maggiori eventi sismici che hanno colpito il nostro Paese nell'ultimo decennio.

Questo perché nel rileggere gli eventi, alla luce delle tecnologie e metodiche qui descritte, risulta immediato comprendere come molte tempistiche sarebbero state drasticamente ridotte, come si

sarebbero potuti prontamente individuare percorsi alternativi per i soccorsi, siti idonei e di immediato utilizzo per gli alloggi provvisori.

Tutto questo si sarebbe tradotto, non in un virtuosismo fine a sè stesso, ma in un'efficienza maggiore e in minor costi.

Capire la portata, sia in termini di tempo che economici, significa conoscere.

Tutti gli aspetti finora evidenziati dell'approccio BIM proprio su questo si basano: sulla conoscenza. Sulla possibilità di avere un numero adeguato di informazioni non frammentarie ma congiunte e coordinate, facilmente reperibili e utilizzabili.

In quest'ottica una pianificazione con metodologie BIM-GIS è la chiave di volta per un'efficace gestione dell'emergenza in primis e successivamente della ricostruzione vera e propria.

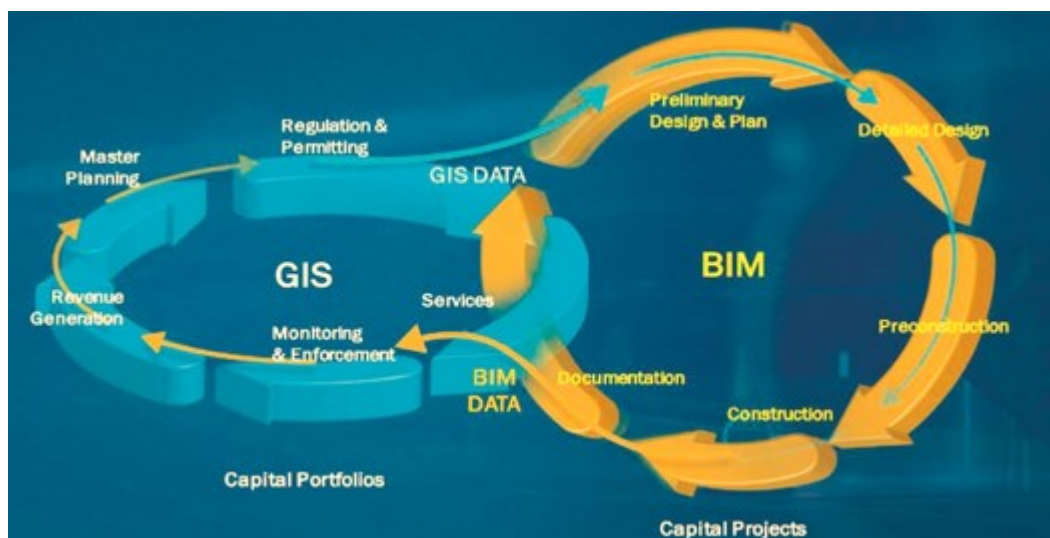


Figura 15 – Metodologie integrate BIM-GIS

3.5 AMBIENTE DI CONDIVISIONE DATI- LA GESTIONE DEL MODELLO

Nelle gare di appalto, lo scenario più comune è quello di avere un team di progettisti che lavora contemporaneamente, ma spesso non nello stesso luogo. Ciò comporta l'alto rischio di una mancanza di coerenza negli elaborati e la possibilità di una ridondanza di alcune informazioni contemporaneamente alla mancanza di altre, talvolta importanti. Tutto questo avviene soprattutto per l'impossibilità di lavorare nello stesso luogo, cosa che eviterebbe tempi di attesa per gli elaborati e l'opportunità di un continuo confronto tra le varie figure partecipanti.

In secondo luogo, uno dei motivi delle carenze nella progettazione è dovuto all'impostazione della progettazione stessa. Questa infatti prevede le redazioni degli elaborati relativi alle varie parti della struttura (strutturale, impiantistico, mep, ecc) quasi totalmente indipendenti le une dalle altre, atteggiamento suggerito anche dal metodo di disegno del 2D CAD.

Attraverso software BIM, che prevedono la realizzazione di un unico modello, queste problematiche possono essere risolte. Sarà possibile lavorare sullo stesso file centrale con la convenienza che interferenze e incongruenze saranno immediatamente segnalate, migliorando di molto anche la fase finale di revisione degli elaborati.

Per rendere possibile lavorare in più professionisti su un unico modello sarà però necessaria l'attivazione dei Workset.

I Workset sono definiti come delle "collezioni di oggetti modello", quindi di istanze di progetto come ad esempio muri, finestre, pavimenti, piani di riferimento, griglie, livelli, ecc.

Attraverso l'attivazione di questi spazi virtuali sarà possibile permettere a utenti scelti la modifica di alcune parti o di tutto il modello.

Questo permetterà la condivisione del modello tra progettisti in tempo reale e la notifica delle modifiche effettuate.

Vediamo nel dettaglio la procedura necessaria per attivare i workset:

1. Dalla finestra del menù 'Collabora' è possibile attivare i workset.

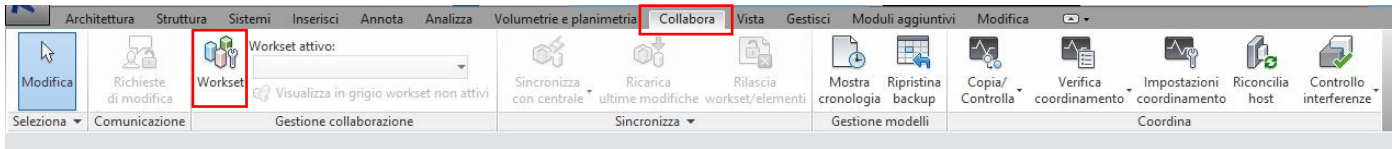


Figura 16 - Attivazione collaborazione

2. Si apre così la finestra di condivisione del lavoro con dei workset predefiniti creati automaticamente dal programma che possono però essere personalizzati dall'utente.



Figura 17 - Workset predefiniti

3. La finestra dei workset che si apre ci permette di creare altri workset e di gestire le impostazioni per la collaborazione e visualizzazione tra i vari utenti.

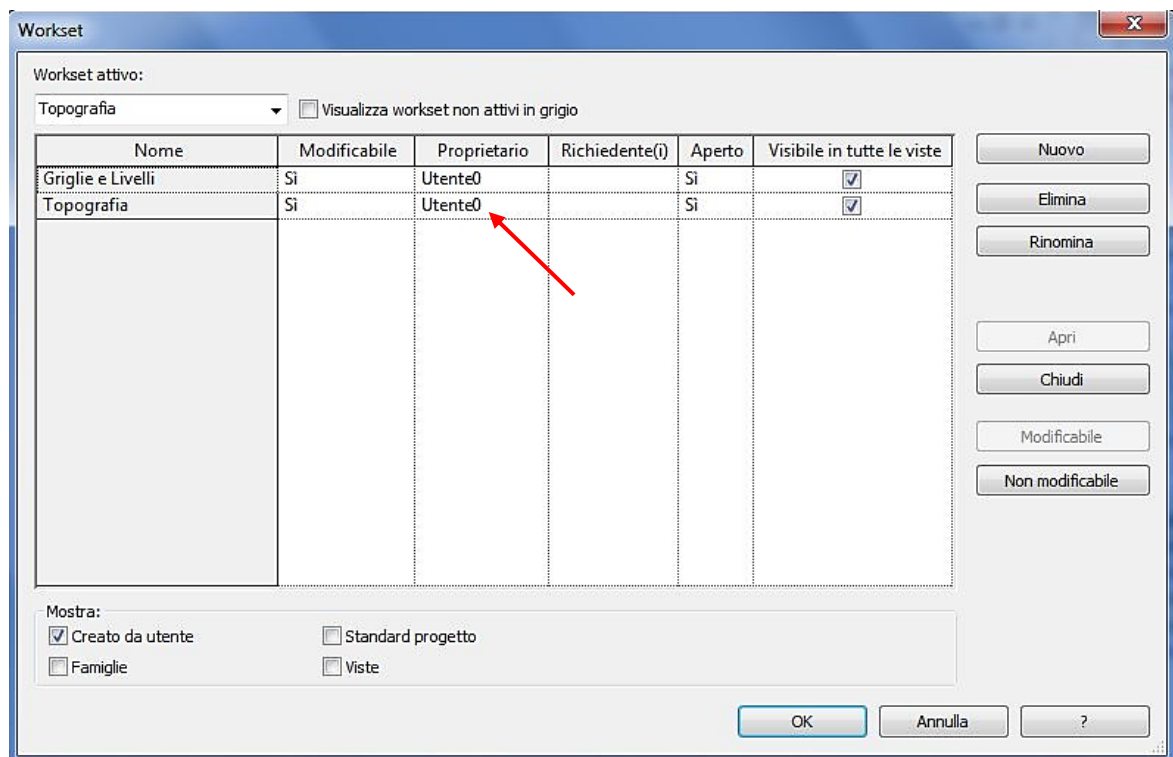


Figura 18 - Gestione impostazioni workset

- Una volta creati i workset procediamo al salvataggio del file di progetto. Per la condivisione del lavoro è necessario che il file sia salvato in una rete locale o in un server.

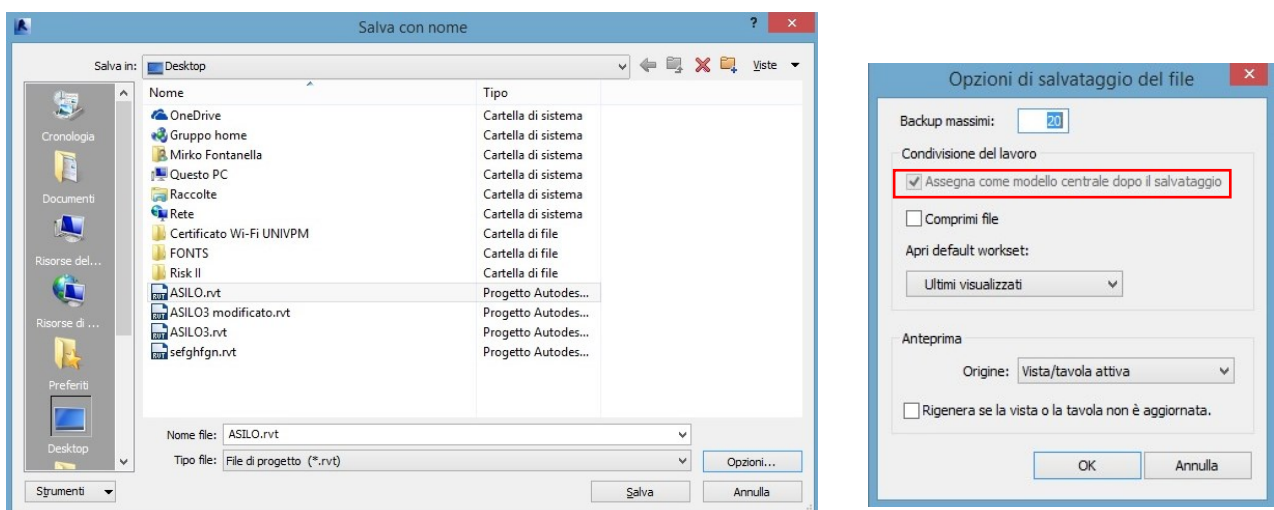


Figura 19 - Salvataggio del file centrale

5. Una volta salvato il file centrale verrà creato il 'modello centrale' e una cartella di backup contenente le informazioni di backup e di autorizzazione alla modifica per il modello centrale. La cartella 'Revit_temp' contiene i file che forniscono informazioni sull'avanzamento delle operazioni, quali la sincronizzazione con il modello centrale.

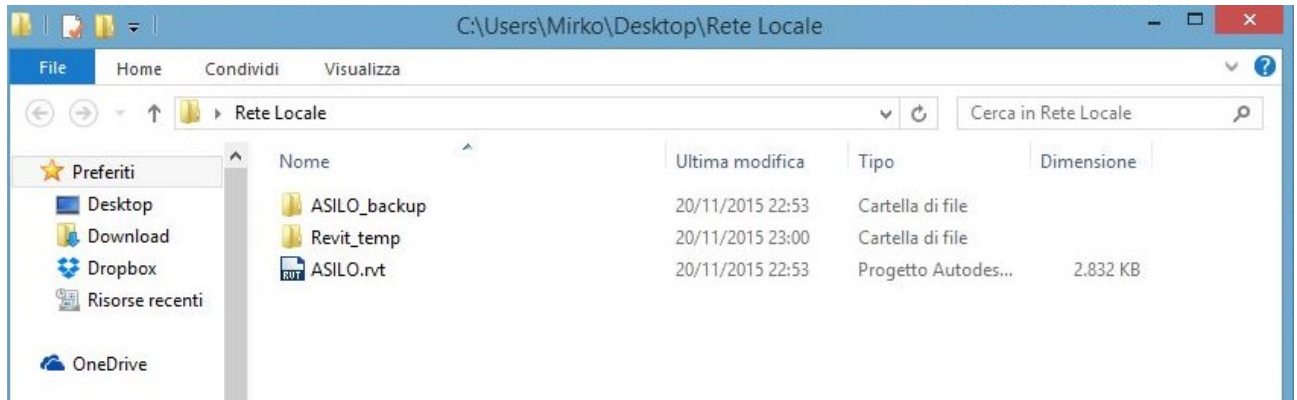


Figura 20 - Cartella di backup

6. Il modello centrale può essere aperto dall'utente come copia locale e secondo le impostazioni assegnate al momento della prima creazione.

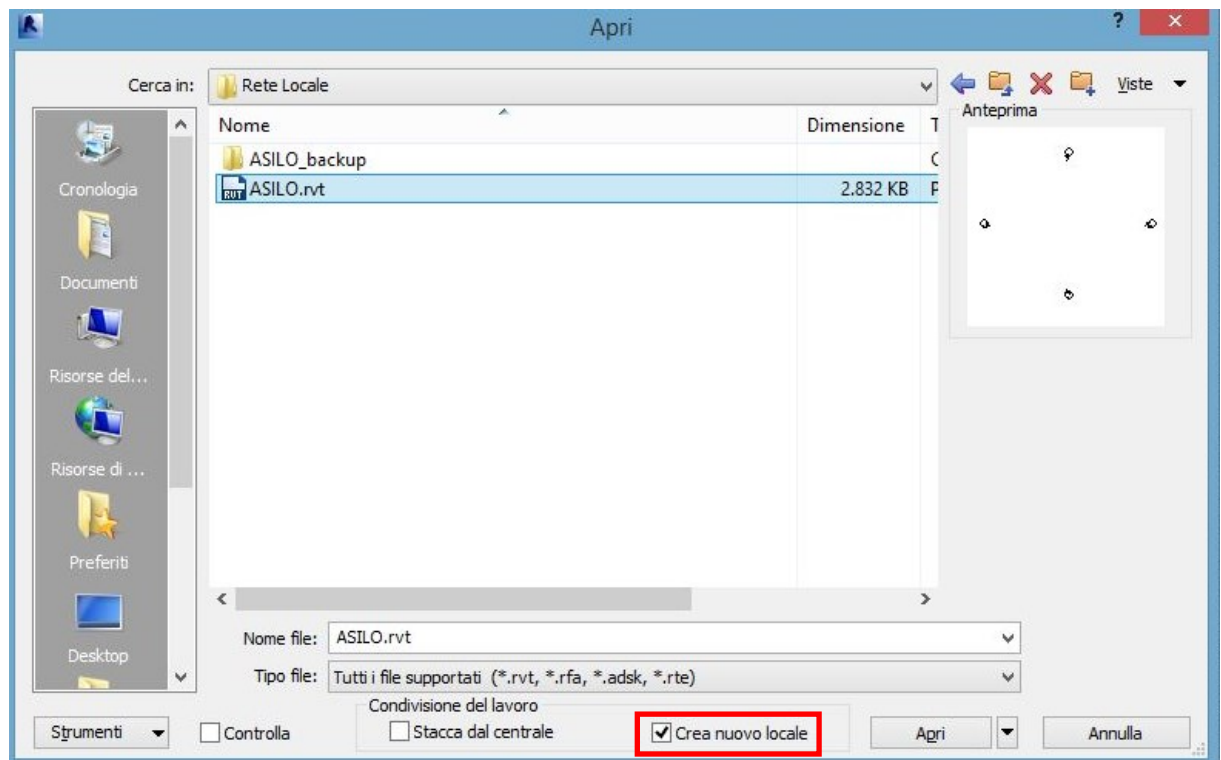


Figura 21 - Apertura del modello in copia locale

7. Una volta aperta la copia locale si attivano nuovi comandi per la condivisione del lavoro tra i vari utenti.

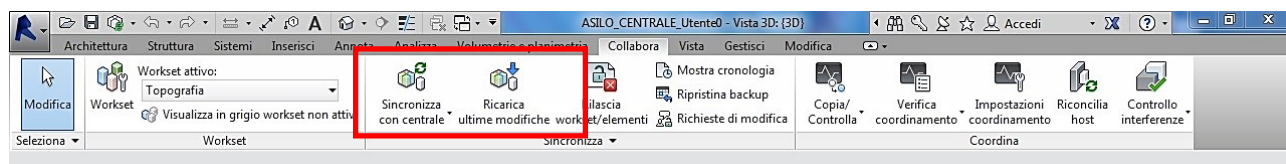


Figura 22 - Comandi di condivisione del lavoro

‘Sincronizza con centrale’ serve per trasferire il proprio lavoro al modello centrale così da renderlo disponibile agli altri utenti.



‘Ricarica ultime modifiche’ serve per ottenere le modifiche trasferite al modello centrale dagli altri utenti, per essere sempre aggiornato sullo stato di avanzamento



Nel caso un utente non proprietario di un workset lo apra e voglia apporvi delle modifiche dovrà richiedere la possibilità di modifica per l’oggetto in questione all’utente proprietario del workset.

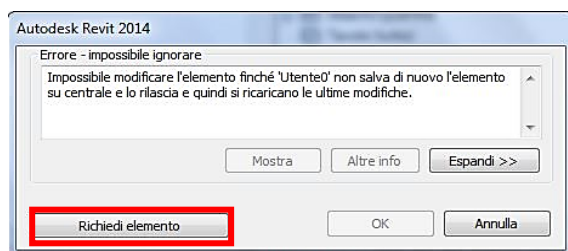


Figura 23 - Invio della richiesta di modifica

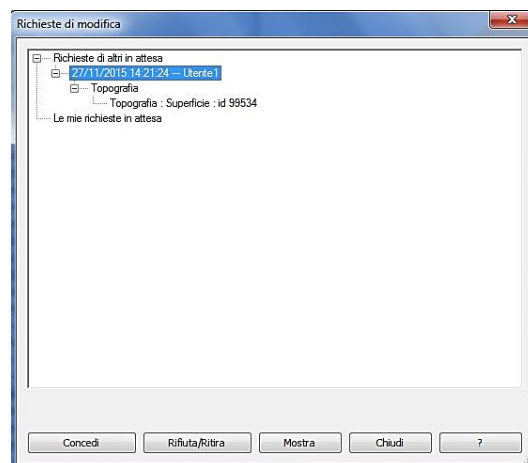
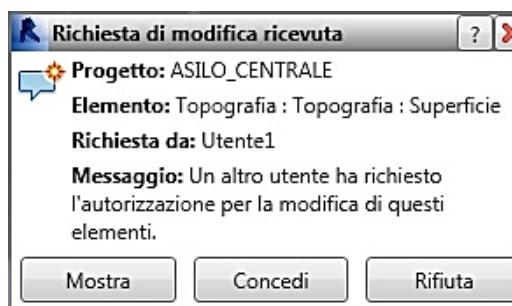


Figura 24 - Notifica automatica della richiesta di modifica

3.6 GESTIONE DEGLI APPALTI

L'introduzione del BIM non sarà utile solamente negli appalti con criterio della media dei ribassi, grazie ai sistemi di computazione automatica, ma il suo apporto potrà essere sfruttato anche negli appalti integrati. Infatti nella gestione degli appalti integrati occorre tener conto di come varia la progettazione.

Proprio per questo motivo una delle funzionalità di Revit che è l'interoperabilità.

Alcune tra le parti più onerose in termini di tempi e risorse impiegate in questo tipo di appalti sono i controlli e le verifiche effettuate a valle della progettazione. Queste fasi con l'ausilio del BIM potrebbero essere notevolmente semplificate in quanto:

1. Il controllo sul progetto si avrebbe in maniera continua durante tutta la progettazione grazie alla possibilità di lavorare su un unico modello. In questo modo molti dei conflitti verrebbero risolti in corso d'opera e non a valle, quando la loro risoluzione diventa molto più onerosa.
2. La tecnologia BIM mette a disposizione degli applicativi e dei software che permettono in certi campi il controllo automatico del rispetto di requisiti, prescrizioni di legge o prestazioni. L'automazione di questa fase non potrà che ridurre i tempi e migliorare la qualità, specialmente per grandi progetti in cui è più alto il rischio di mancare delle parti o dei componenti durante il controllo.

Oltre a valutare gli aspetti riguardanti i controlli e le verifiche, una delle questioni fondamentali ha riguardato l'efficienza della progettazione su un unico modello. Si sono quindi verificate le potenzialità del lavorare sullo stesso file centrale anche in termini di visualizzazione delle modifiche apportate. Per questo motivo in questo caso, prima di poter passare all'analisi delle procedure con l'ausilio del BIM, sono stati valutati una serie di scenari possibili, anche relativamente alla possibilità di utilizzare i workset nel caso di molti soggetti coinvolti.

3.6.1 ANALISI DELLE PROCEDURE ATTUALI

Attraverso il linguaggio BPM sono state divise le procedure attuali in macrofasi.



Figura 25 - Descrizione sintetica della procedura attuale per appalti integrati

In una prima fase si valuterà la partecipazione alla gara e se l'esito di queste considerazioni risulterà positivo si stabiliranno le milestones del progetto e i momenti in cui effettuare degli incontri intermedi. Seguirà la seconda fase che vede svilupparsi tutto il progetto sia nell'offerta tecnica che economica.

FASE 1



Figura 26 - Fase 1 in dettaglio (prima parte) procedura attuale per appalti integrati

Nella prima fase verranno individuate, attraverso gli elaborati grafici e le relazioni tecniche, le competenze necessarie alla redazione del progetto e in base a queste si valuterà la partecipazione o meno alla gara. Verranno prese in considerazione le competenze già presenti all'interno dell'azienda e quelle invece che è possibile contattare esternamente.

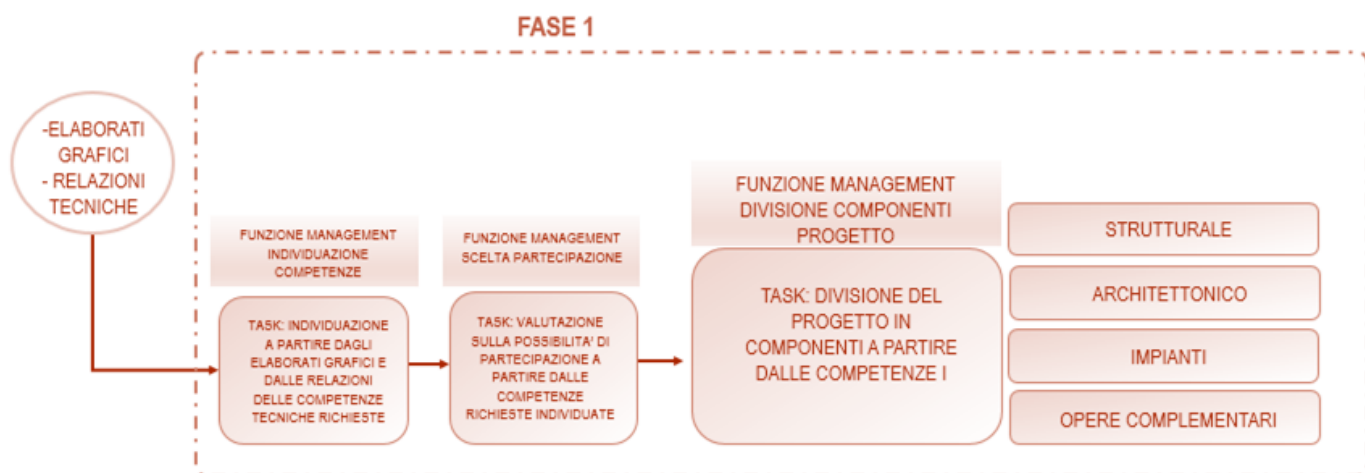


Figura 27 - Fase 1 in dettaglio (seconda parte) procedura attuale per appalti integrati

Successivamente il progetto viene diviso in componenti anche per permettere una divisione più semplice del lavoro. In questo caso le parti del progetto sono state raggruppate in strutturale, architettonico, impianti e opere complementari; è chiaro però che la divisione è fortemente dipendente dal tipo di progetto e dalle opere richieste.

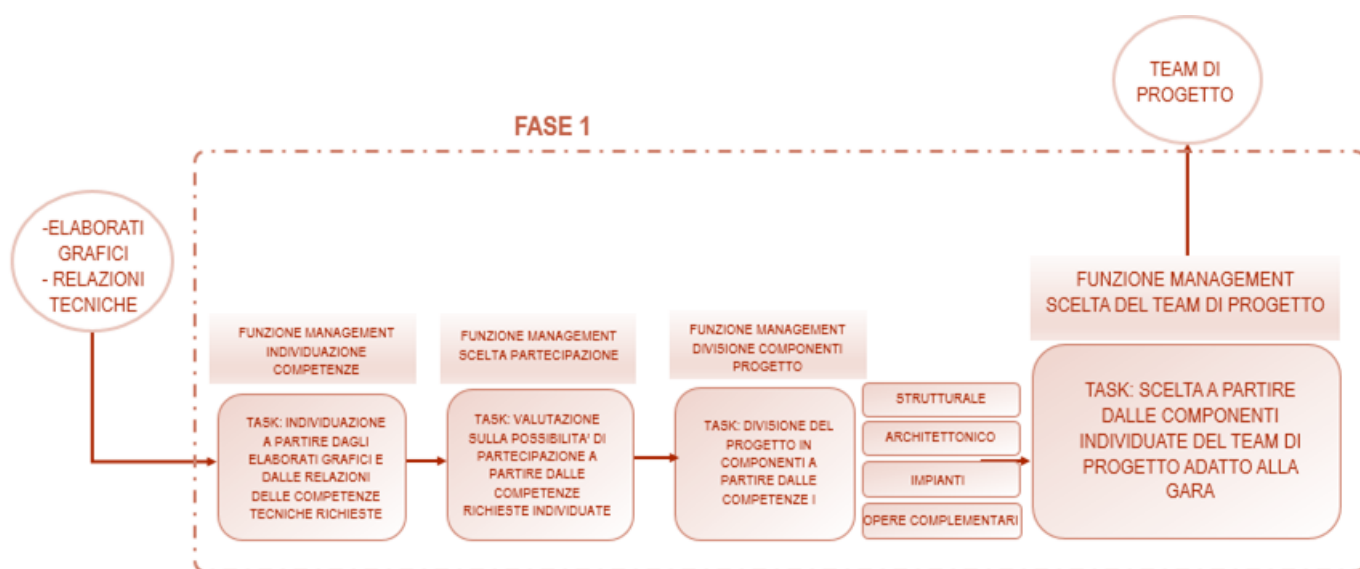


Figura 28 - Fase 1 in dettaglio (terza parte) procedura attuale per appalti integrati

Una volta individuate competenze e componenti si potrà passare alla vera e propria formazione del team di progetto.

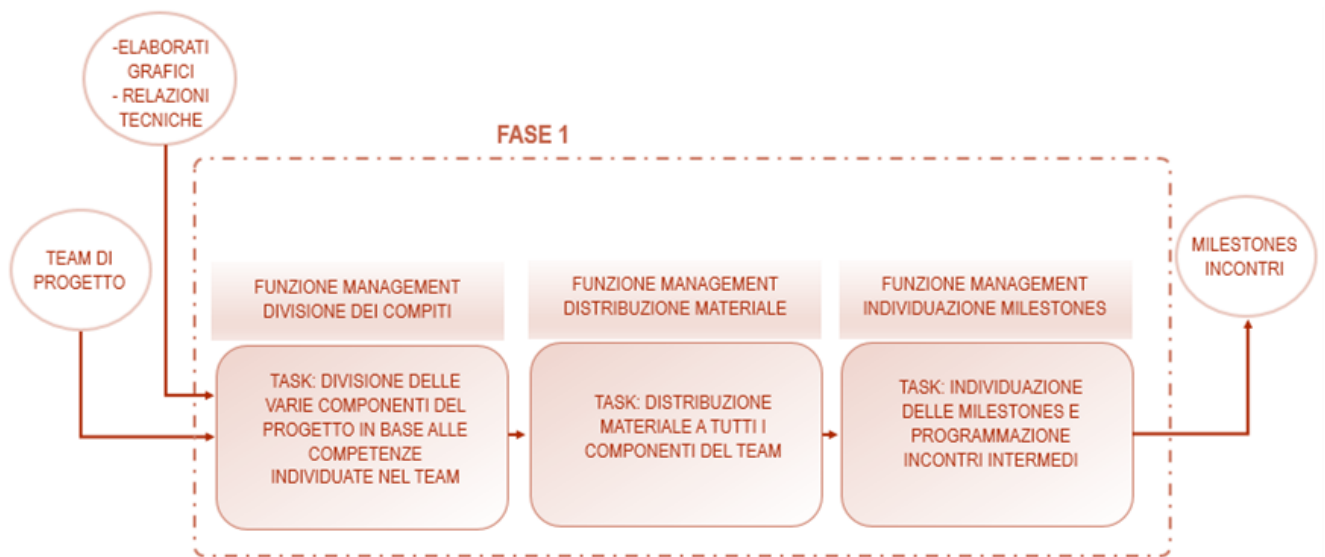


Figura 29 - Fase 1 in dettaglio (quarta parte) procedura attuale per appalti integrati

Una volta definito il team di progetto si potranno consegnare ai vari componenti i compiti e i relativi materiali. Verranno poi stabilite delle milestones del progetto e degli incontri intermedi utili per il confronto e il passaggio di informazioni.

FASE 2

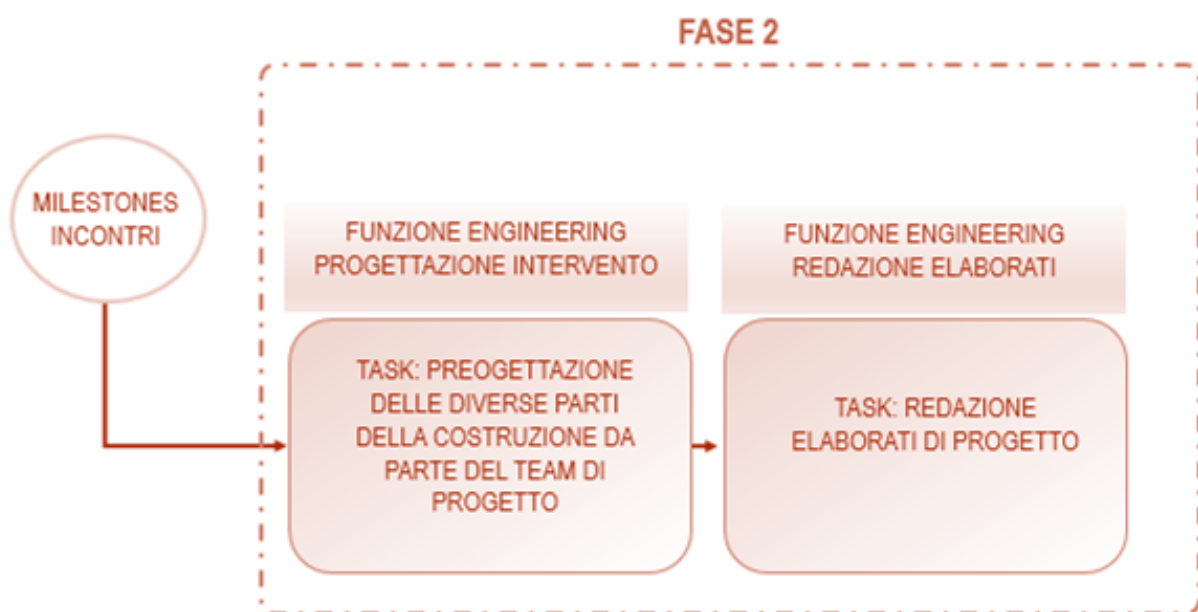


Figura 30 - Fase 2 in dettaglio (prima parte) procedura attuale per appalti integrati

Nella seconda fase si passerà alla vera e propria progettazione dell'intervento e si curerà la redazione degli elaborati.

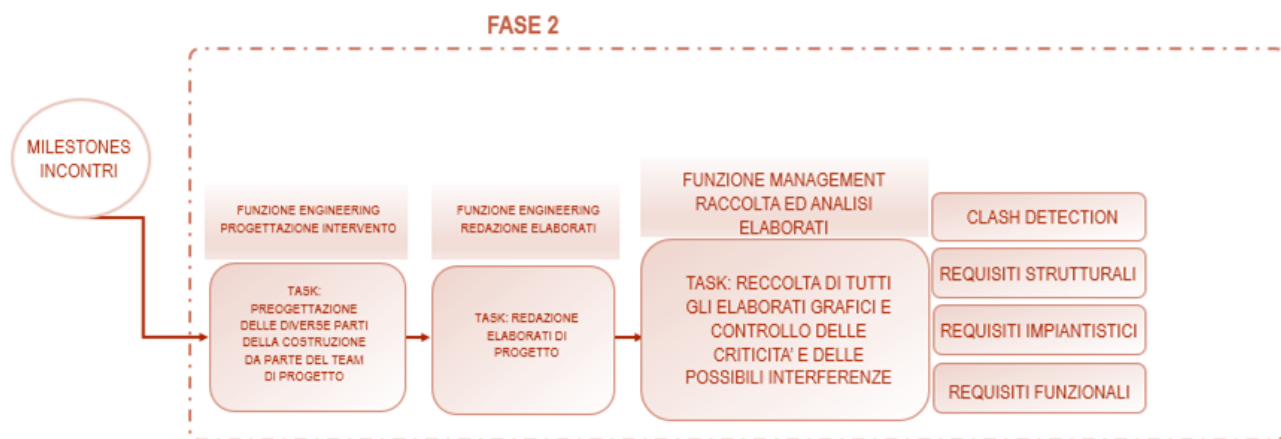


Figura 31 - Fase 2 in dettaglio (seconda parte) procedura attuale per appalti integrati

A valle della progettazione si trova la fase di raccolta e controllo degli elaborati. Il controllo avverrà sui requisiti del progetto in termini strutturali, impiantistici e funzionali e sull'interferenza, specialmente tra le varie componenti impiantistiche e tra gli impianti e la struttura.

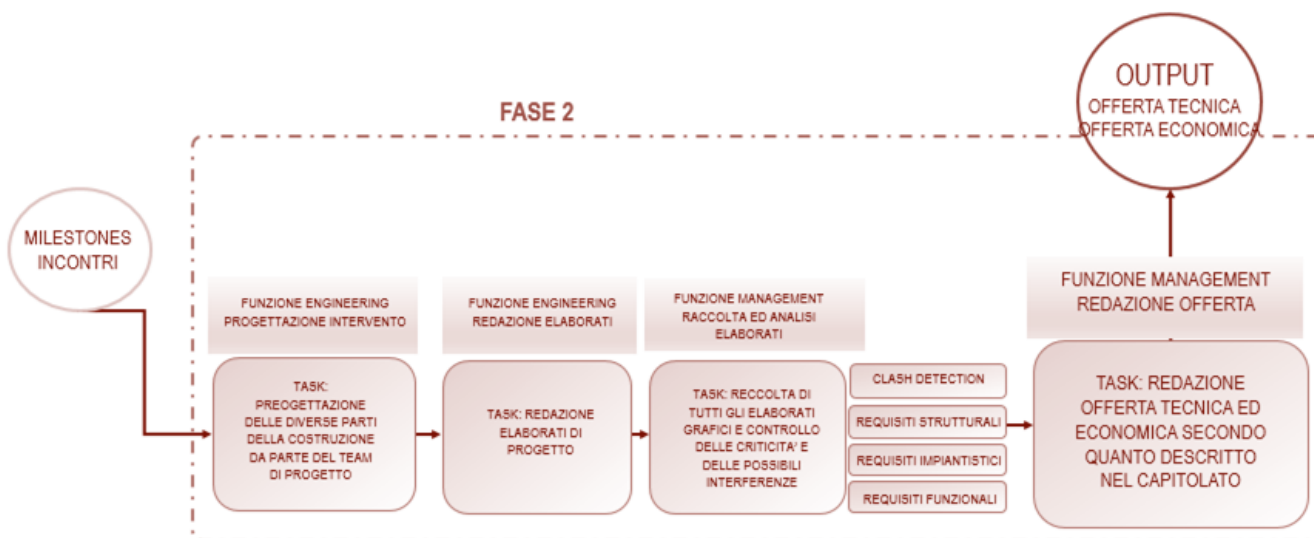


Figura 32 - Fase 2 in dettaglio (terza parte) procedura attuale per appalti integrati

Una volta che tutte le verifiche e i controlli risulteranno soddisfatti sarà possibile passare alla preparazione dell'offerta tecnica ed economica da consegnare alla pubblica amministrazione.



Figura 33 - Descrizione sintetica della procedura con BIM per appalti integrati

Con l'introduzione del BIM a cambiare sarà soprattutto la seconda parte dei processi. Infatti la prima parte che permette di valutare la convenienza nella partecipazione rimarrà identica. Oltre a ciò cambieranno ovviamente gli input. Per far sì infatti che si possa veramente parlare di integrazione del BIM nei processi, la pubblica amministrazione dovrà fornire essa stessa un modello BIM. Avrebbe poco senso, ai fini della semplificazione e della maggior qualità delle procedure, continuare a fornire tavole CAD o PDF da trasformare in un secondo momento in un modello BIM.

FASE 1

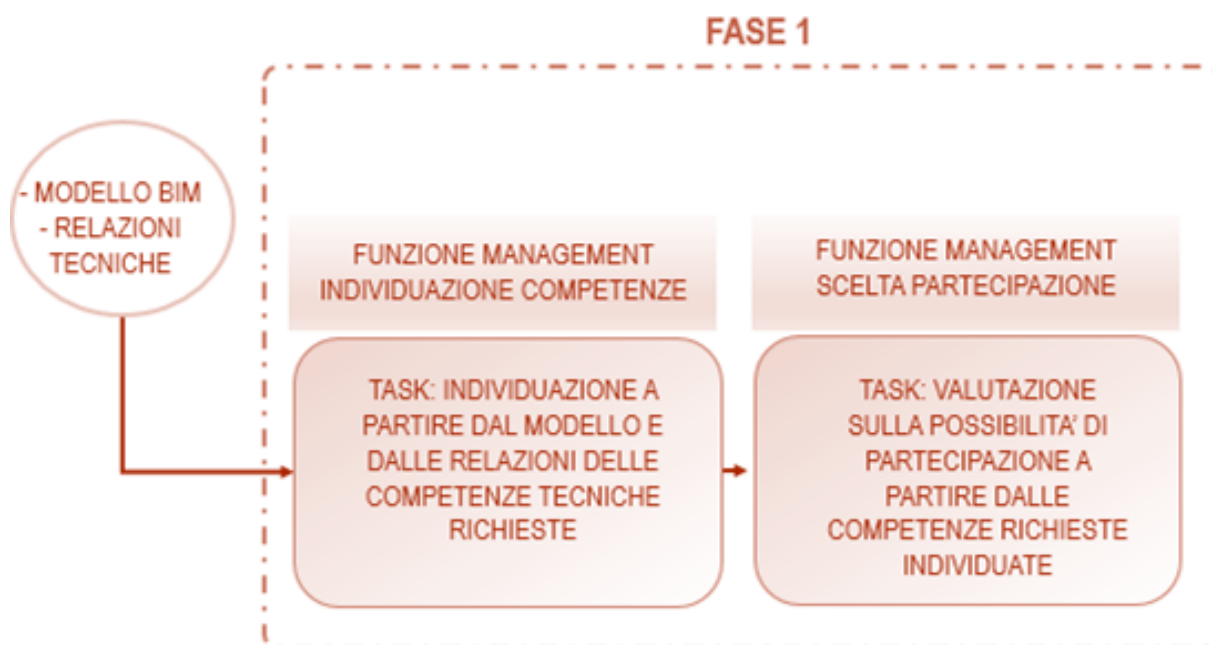


Figura 34 - Fase 1 in dettaglio (prima parte) procedura con BIM per appalti integrati

Anche in questo caso i primi compiti saranno quelli di individuare le competenze e in base a queste valutare la convenienza nella partecipazione.

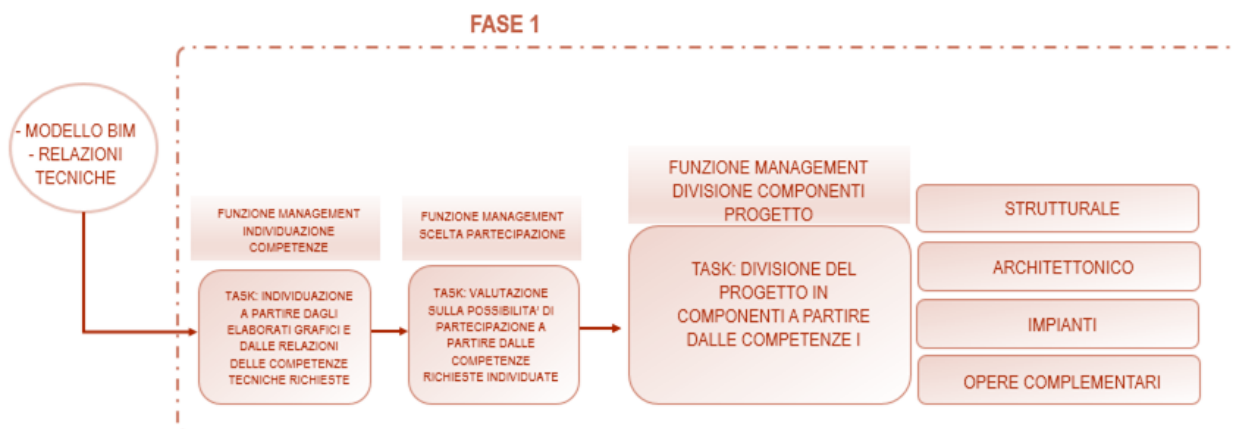


Figura 35 - Fase 1 in dettaglio (seconda parte) procedura con BIM per appalti integrati

Si passerà poi alla divisione del progetto in componenti e alla scelta del team più adatto.

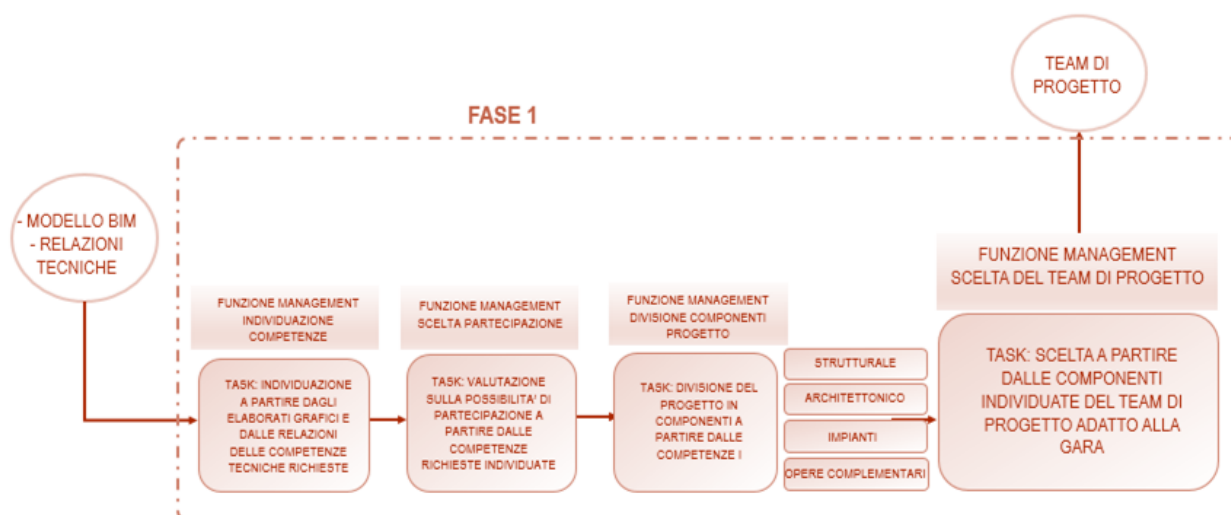


Figura 36 - Fase 1 in dettaglio (terza parte) procedura con BIM per appalti integrati

FASE 2

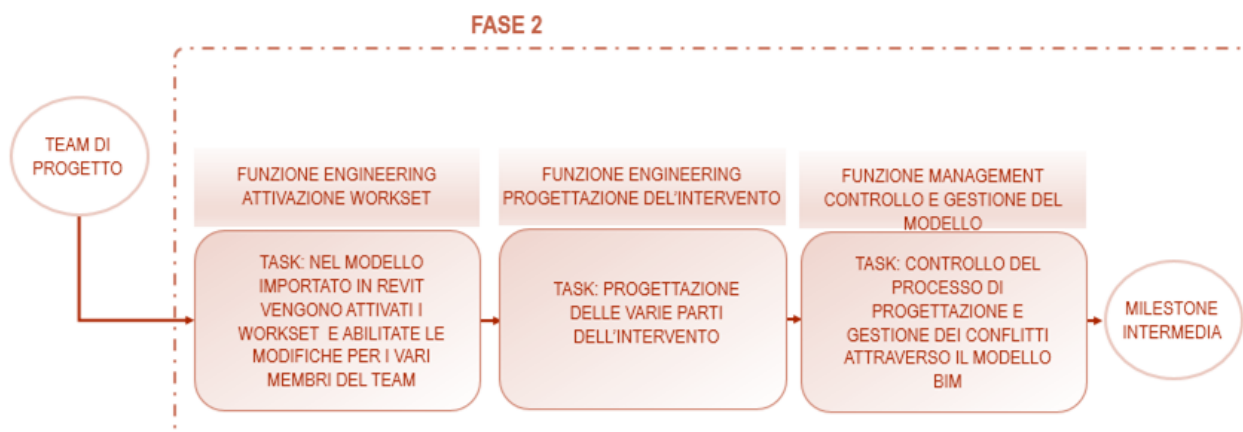


Figura 37 - Fase 2 in dettaglio (prima parte) procedura con BIM per appalti integrati

La fase 2 sarà quella che verrà totalmente modificata. In primo luogo verranno attivati i workset, gli spazi virtuali per permettere le modifiche del progetto. A questo punto le varie figure facenti parte del team potranno passare alla realizzazione delle loro componenti lavorando su un unico modello che necessiterà di un unico server su cui appoggiarsi. Durante la fase di progettazione, specialmente per grandi progetti, sarà fondamentale la figura del model manager che supervisionerà l'operato degli altri membri del team risolvendo conflitti e gestendo già in questa fase le interferenze. Lavorando in questo modo verranno snellite di molto le fasi finali e si garantirà una maggior qualità dell'elaborato finale. Per progetti di grandi dimensioni o complessi potrebbe comunque essere necessario stabilire una o più milestones intermedie. Per quanto riguarda gli incontri questi potranno essere eliminati o, se ritenuti indispensabili, ridotti ad un numero minimo.

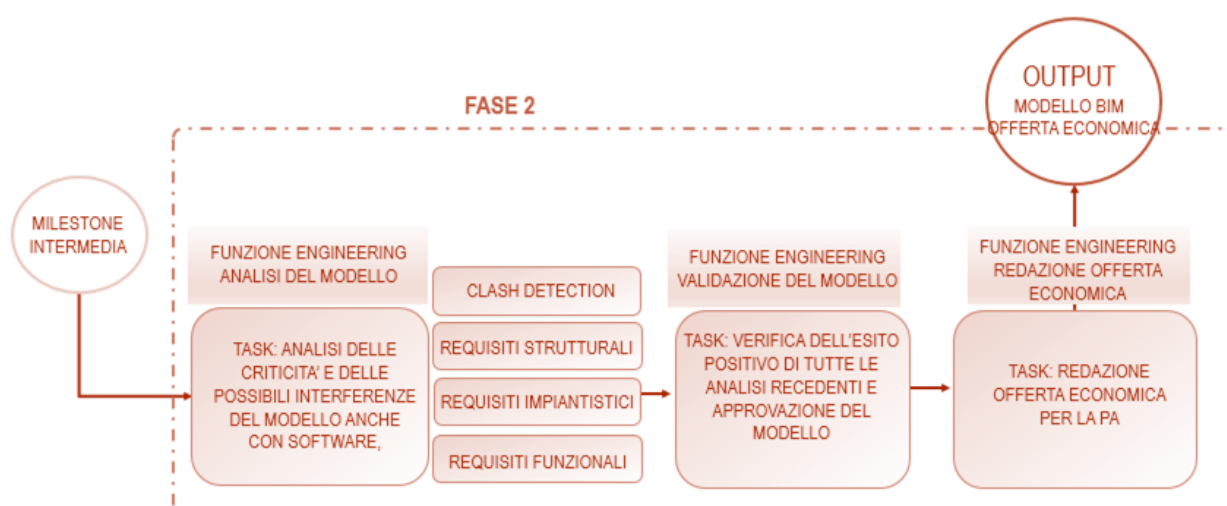


Figura 38 - Fase 2 in dettagli (seconda parte) procedura con BIM per appalti integrati

Le ultime parti saranno quelle destinate ai controlli e alle verifiche finali, anche eventualmente supportate da applicazioni integrate o software appositamente studiati per effettuare il checkup in determinati ambiti. Una volta che le verifiche saranno risultate tutte positive si potrà passare alla preparazione delle offerte tecnica ed economica da consegnare alla pubblica amministrazione.

3.6.2 ANALISI DELLE PROCEDURE ATTUALI

Uno degli aspetti che cambieranno maggiormente con l'introduzione del BIM sarà quello riguardante la redazione delle tavole di progetto. Questa pratica, con l'utilizzo di modelli di edifici digitali, dovrebbe sparire per lo meno fino alla cantierizzazione, dal momento che il modello contiene al suo interno tutte le informazioni necessarie.

Per questo motivo ci si è chiesti come cambierà la fase di progettazione delle migliorie o semplicemente di modifica di parti del progetto, in particolar modo considerando il lavoro in team effettuato dalle varie figure scelte.

In questi casi si potrà utilizzare una funzionalità già presente in Revit che è quella delle fasi.

Le fasi ci permettono di creare un ordine nella realizzazione dei vari elementi; non solo, queste ci sono utili nella fase di redazione del programma dei lavori e nella visualizzazione nel modello dei momenti della costruzione in maniera separata.

Proprio grazie a quest'ultimo aspetto sarà possibile inserire nel caso dell'apporto di migliorie o modifiche una fase denominata per esempio 'Modifiche' in cui, andando ad intervenire sulla visualizzazione, le parti modificate appariranno di un altro colore a scelta.

In questo modo si renderà più semplice e veloce l'individuazione delle modifiche apportate.

Questa funzionalità di Revit è la stessa utilizzata nel caso di demolizioni e ricostruzioni.

Analizziamo anche in questo caso come procedere:

1. Creazione nuova fase

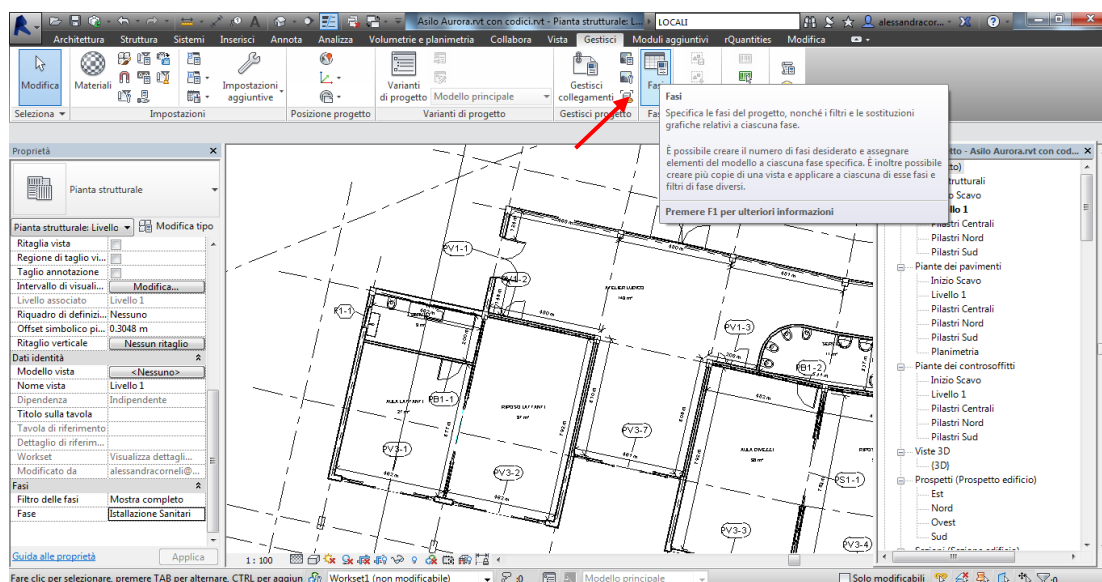


Figura 39 - Creazione di una nuova fase

2. Creazione della fase 'MODIFICA'

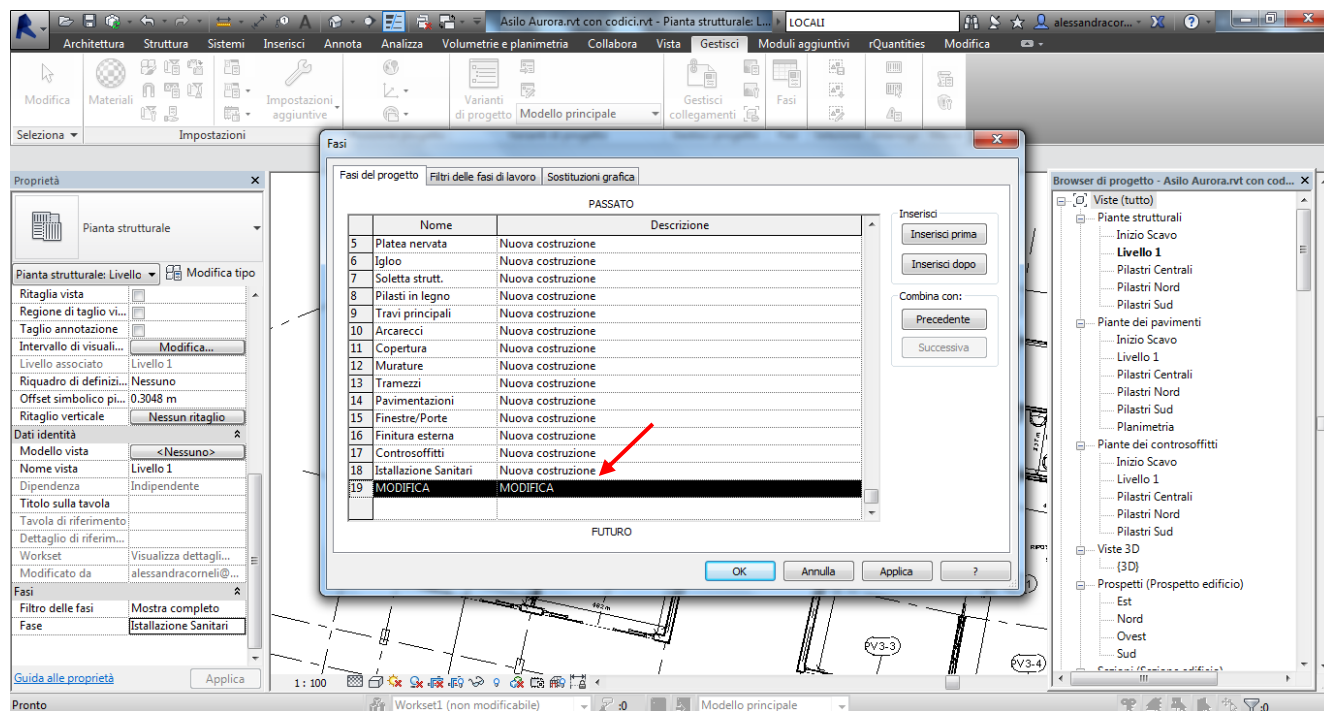


Figura 40 - Denominazione della nuova fase 'Modifica'

3. Scelta dei colori nella finestra sostituzioni grafica e impostazione del colore scelto per gli elementi definiti nuovi.

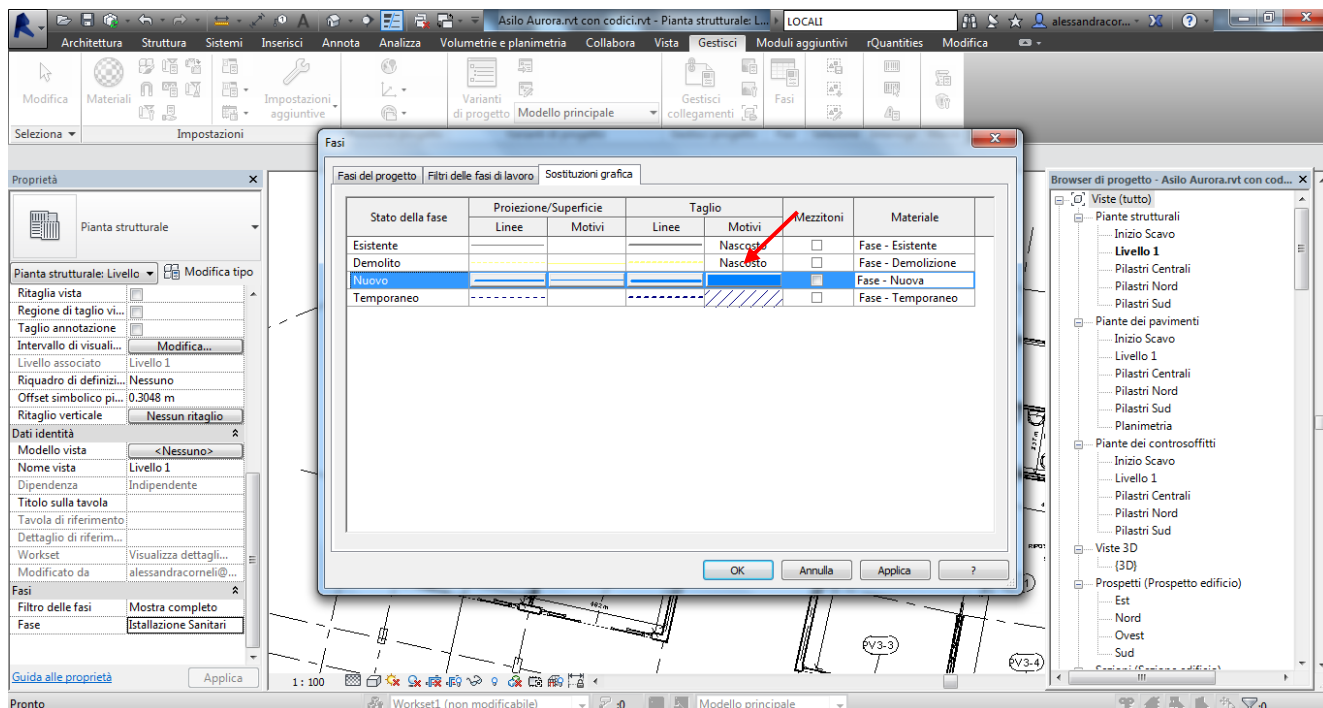


Figura 41 - Scelta delle sostituzioni grafiche

4. Duplicazione della vista di livello interessata dalle modifiche.

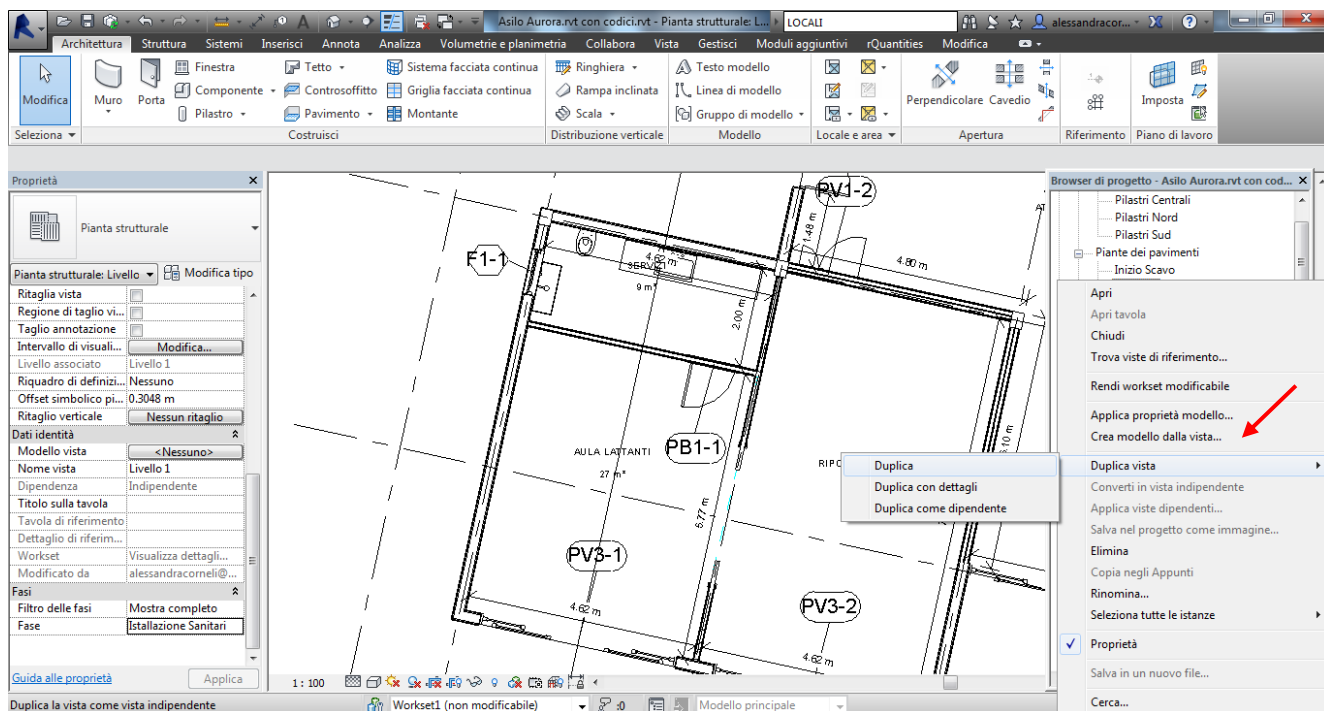


Figura 42 - Duplicazione della vista di livello

5. Selezione attraverso 'filtro delle fasi' di cosa vedere nella vista rinominata 'Livelli MODIFICHE', andando a selezionare 'Mostra precedente + nuovo'.

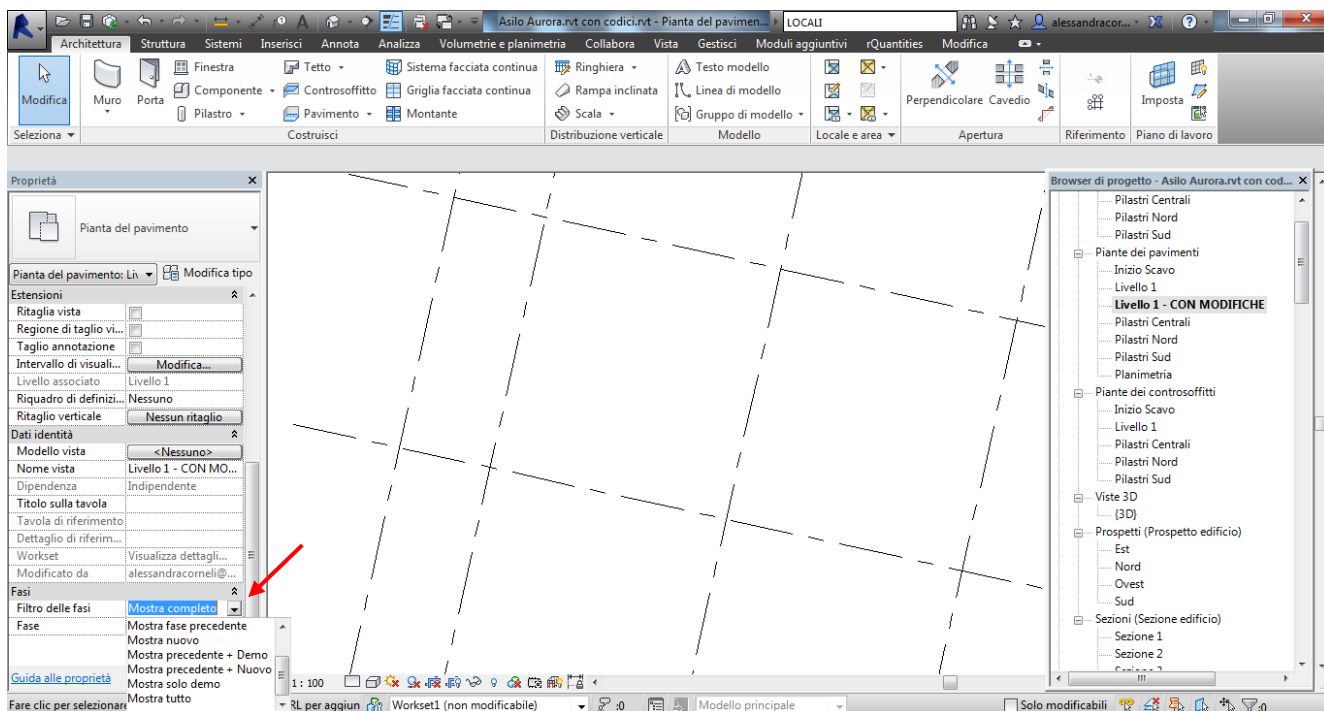


Figura 43 - Scelta della fase da visualizzare

6. A questo punto, una volta affiancate le due finestre di visualizzazione, sarà possibile vedere in tempo reale le modifiche effettuate.

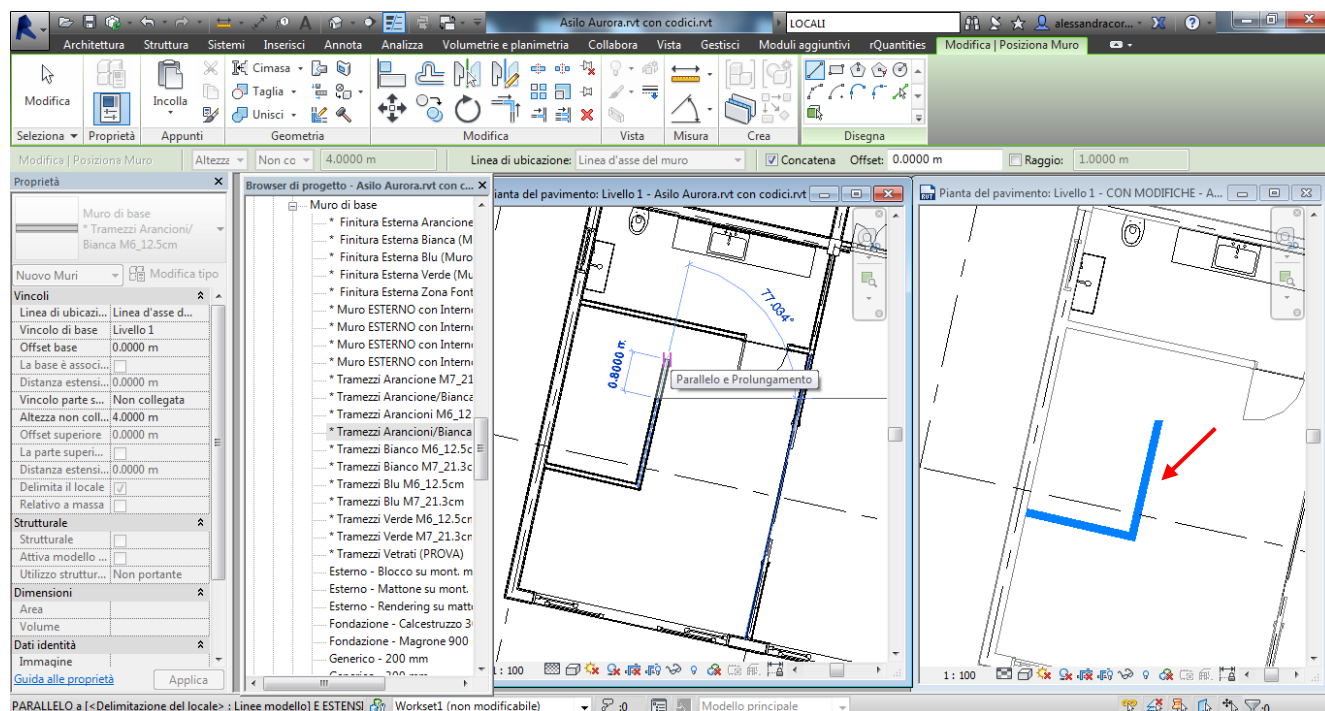


Figura 44 - Visualizzazione parti modificate

E alla fine sarà possibile inserire delle etichette per rendere più veloce la lettura del modello. In questo caso è stato scelto di vedere le parti modificate in blu

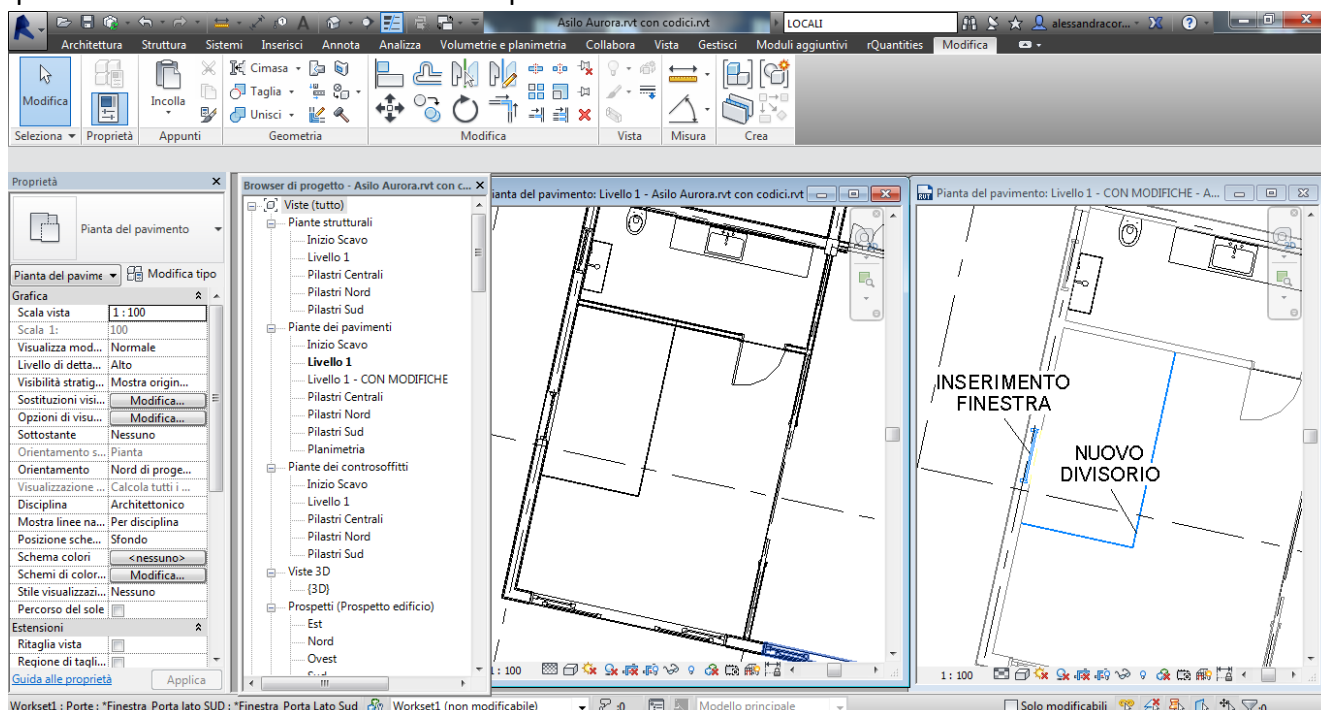


Figura 45 - Inserimento etichette

APPLICAZIONE DEL BIM AGLI INTERVENTI DI RICOSTRUZIONE

4.1 METODOLOGIE DI RILEVAMENTO DANNO

4.1.1 SCHEDE AEDES

La scheda di primo livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza sismica AeDES (Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica) è finalizzata al rilevamento delle caratteristiche tipologiche, del danno e dell'agibilità degli edifici ordinari nella fase di emergenza che segue il terremoto.

Gli edifici sono intesi come unità strutturali di tipologia costruttiva ordinaria (tipicamente quella in muratura, in c.a. o acciaio intelaiato o a setti) dell'edilizia per abitazioni e/o servizi.

E' esclusa pertanto l'applicazione della scheda agli edifici a tipologia specialistica (capannoni industriali, edilizia sportiva, teatri, chiese etc.) o monumentale.

La scheda consente di effettuare un rilievo speditivo ed una prima catalogazione del patrimonio edilizio, disponendo di dati tipologici e metrici degli edifici. Accoppiati ai dati di danno, tali dati sono utili anche ad una prima valutazione dei costi di riparazione e/o miglioramento, consentendo di predisporre scenari di costo per diversi contributi unitari associati a diverse soglie di danno.

La scheda costituisce un valido ausilio alla valutazione dell'agibilità, il cui giudizio finale resta comunque di stretta pertinenza della squadra di rilevatori. Essa, infatti, mantiene traccia dell'ispezione effettuata e del relativo esito, cerca di stabilire un linguaggio comune nella descrizione del danno e della vulnerabilità, fornisce un percorso guidato che dagli elementi rilevati indirizza alla valutazione del rischio, e quindi al giudizio di agibilità, consente una migliore informatizzazione dei dati (in buona parte acquisibili dalla scheda anche tramite lettore ottico).

La scheda è il frutto delle esperienze effettuate sul campo, attraverso l'utilizzazione di schede a diversi livelli di dettaglio nei terremoti passati.

Un suo prototipo, molto simile a quella attuale, è stato testato con buon esito nei più recenti terremoti (a partire dal sisma Umbria-Marche '97).

La sua lunga elaborazione ha impegnato un gruppo di ricercatori ed esperti del GNDT e del SSN, utilizzandone l'esperienza diretta nei più recenti terremoti. La sua attuale configurazione nasce dall'esigenza di ottimizzare i diversi parametri che concorrono a rendere efficiente il percorso che va dal rilievo alla decisione finale (sia essa relativa all'agibilità, o alla valutazione economica del danno), evitando la raccolta di dati di scarsa importanza rispetto alle finalità del rilievo, o di difficile reperimento, e spesso inaffidabili, tenuto conto della finalità di pronto intervento che si vuole associare alla scheda.

È così possibile che alcune caratteristiche, che pure hanno importanza non secondaria sul comportamento sismico e la vulnerabilità di un edificio, non siano inserite tra quelle da rilevare, per evidente impossibilità o eccessive difficoltà di conoscenza.

E' stata prevista dallo stesso gruppo di ricercatori ed esperti la predisposizione di più accurate schede di secondo o terzo livello per specifiche tipologie edilizie (ad esempio gli edifici con struttura portante in c.a.), sviluppate in modo coerente da quella di primo livello, da utilizzare in periodi non di emergenza per più approfondite analisi di vulnerabilità e per una più precisa lettura e registrazione del danno, per stime di rischio sismico o a supporto di programmi sistematici per la sua riduzione.

Una caratteristica peculiare, che contraddistingue la scheda AeDES dalle schede utilizzate in passato riguarda la classificazione tipologica dei diversi elementi costruttivi. Nelle schede utilizzate fino al 1997, la tipologia era direttamente individuata sulla base delle caratteristiche specifiche dei materiali e della loro combinazione, con approccio puramente descrittivo. Questo tipo di classificazione evidenzia limiti notevoli non appena si tenti di applicare la scheda ad una realtà diversa da quella di riferimento. Sebbene, infatti, nelle versioni più recenti della scheda di 1° livello del GNDT, la classificazione tipologica degli elementi strutturali fosse molto dettagliata (ad esempio erano previsti 18 tipi di strutture verticali, e 9 tipi di strutture orizzontali), alla verifica dei fatti si sono spesso riscontrate ambiguità, imprecisioni ed errori sistematici nell'attribuzione delle tipologie.

La figura del rilevatore era sostanzialmente relegata al ruolo di riconoscitore a vista delle caratteristiche *estetiche* che più si avvicinavano a quelle descritte nella scheda, senza alcun

riferimento al giudizio sulla vulnerabilità, giudizio che poi deve invece esprimere nel momento della valutazione di agibilità. Alla base dell'approccio descrittivo era il desiderio di ottenere una fotografia oggettiva delle caratteristiche dell'opera, scevra da ogni giudizio e interpretazione personale del rilevatore. Alla verifica dei fatti quest'approccio ha denunciato importanti limiti, legati principalmente ai quattro fattori seguenti:

1. impossibilità di prevedere nella scheda tutte le possibili tipologie di elementi costruttivi, pur operando in un ambito relativamente ristretto, quale quello regionale o nazionale;
2. difficoltà di riconoscimento delle diverse tipologie;
3. variabilità delle tipologie nell'ambito dello stesso edificio;
4. variabilità del comportamento sismico di tipologie "esteticamente" simili, e dunque classificate come uguali.

La soluzione a questi fattori negativi nell'uso dell'approccio descrittivo è stata nel tempo individuata in un arricchimento delle tipologie e in una descrizione sempre più minuziosa della distribuzione delle tipologie dei vari elementi costruttivi ai vari piani. Tutto ciò, seppur necessario nell'approccio descrittivo e nella sua filosofia generale, ha portato ad un eccessivo appesantimento del rilievo, e ad una minore affidabilità del dato.

Il superamento delle problematiche sopra esposte non poteva trovare soluzione se non ribaltando la filosofia di approccio, ossia riportando la classificazione ad un'interpretazione del comportamento dei diversi elementi costruttivi sotto l'azione sismica e coinvolgendo nel giudizio lo stesso rilevatore. Si è perciò passati da un approccio descrittivo ad un approccio comportamentale. È indubbio, infatti, che a fronte delle innumerevoli varietà tipologiche di uno stesso elemento strutturale (ad esempio per le murature influiscono il materiale degli inerti, la loro forma, la loro tessitura, l'organizzazione dell'apparecchio murario, i materiali della malta, etc.), i comportamenti attesi durante un terremoto sono riconducibili a pochi. Conseguentemente, la scheda di rilievo si semplifica drasticamente se a questi pochi comportamenti si fa riferimento. La semplificazione porta in generale ad una maggiore affidabilità del dato, a condizione che la decisione di sintesi richiesta all'operatore (ossia il passaggio dalle caratteristiche *estetiche* alle caratteristiche comportamentali) sia ben guidata.

4.1.2 CRITERI DI AGIBILITA'

Malgrado non sia stata mai codificata una definizione di agibilità, questa può ritenersi legata alla necessità di utilizzare l'edificio nel corso della crisi sismica, restando ragionevolmente protetti dal rischio di gravi danni alle persone.

Per questo motivo la verifica di agibilità non mira a salvaguardare la costruzione da ulteriori danni, ma solamente la vita degli occupanti.

Una pronta e corretta risposta all'esigenza di effettuare verifiche di agibilità è di grande rilevanza per il recupero delle normali condizioni di vivibilità delle popolazioni colpite, ma di grande delicatezza e responsabilità. Rilevante perché consente di ridurre il disagio della popolazione, delicata perché implica la pubblica incolumità quando si afferma l'agibilità, mentre implica il reperimento di ricoveri alternativi nel caso contrario.

Il gran numero di richieste di sopralluogo che pervengono dopo un evento sismico, la necessità di fornire risposte in tempo breve - e più in generale lo stato di emergenza - caratterizza le ispezioni di agibilità nel senso che queste devono essere condotte in tempi molto ristretti, a partire da elementi conoscitivi immediatamente acquisibili sul posto e dall'interpretazione degli stessi. Per questo il giudizio di agibilità non rappresenta una analisi di sicurezza, né la sostituisce. Non è, in genere, giustificato da calcoli, ma si basa sul giudizio esperto; non è di carattere definitivo, ma temporaneo; non ha, infine, un obiettivo preciso in termini di rischio.

Tenuto conto di tutto questo, l'agibilità può essere definita nel seguente modo:

La valutazione di agibilità in emergenza post-sismica è una valutazione temporanea e speditiva - vale a dire formulata sulla base di un giudizio esperto e condotta in tempi limitati, in base alla semplice analisi visiva ed alla raccolta di informazioni facilmente accessibili - volta a stabilire se, in presenza di una crisi sismica in atto, gli edifici colpiti dal terremoto possano essere utilizzati restando ragionevolmente protetta la vita umana.

Tale definizione presuppone la conoscenza della massima intensità che può verificarsi al sito nel corso della crisi sismica, e cioè dell'evento di riferimento rispetto al quale formulare il giudizio di agibilità.

Mentre nel progetto di una struttura nuova è la norma che fissa l'azione sismica di riferimento, nel giudizio di agibilità l'evento di riferimento non è stato, ad oggi, codificato.

In particolare se l'evento di riferimento al sito è quello di intensità massima risentito nello stesso sito durante la crisi sismica in atto, più certo sarà il giudizio di agibilità e di conseguenza minore il

numero di edifici inagibili e di senzatetto. Questa ipotesi è generalmente abbastanza cautelativa nelle zone epicentrali, dove con minore probabilità si verificano risentimenti di intensità più elevata della scossa principale. Tuttavia nel caso di migrazione degli epicentri, come nei recenti eventi di Umbria e Marche 1997, ma anche nel terremoto del Friuli 1976, sono possibili in zone non epicentrali scosse di intensità maggiore di quelle fino al quel momento risentite. Assumere in queste zone, che sono anche le più estese, un evento di riferimento di intensità uno o due gradi superiore rispetto a quanto risentito, se, da un lato cautela maggiormente la vita umana, dall'altro comporta giudizi di agibilità meno certi ed un numero notevolmente maggiore di edifici inagibili e di senzatetto.

Poiché il giudizio di agibilità deve essere il più possibile oggettivo, l'evento di riferimento è opportuno che sia uguale per tutti i rilevatori e quindi stabilito prima del sopralluogo. Non è, infatti, ammissibile, in relazione sia alle specifiche competenze (ingegneri, architetti e geometri non hanno le competenze per poter stabilire l'evento di riferimento), sia alle responsabilità, sia, infine, alla necessaria omogeneità di giudizio, che ciascun rilevatore, almeno implicitamente, assuma un "proprio" evento di riferimento, rispetto al quale formulare il giudizio di agibilità.

Tuttavia, nel quadro dell'attuale politica di gestione dell'emergenza, l'evento di riferimento non è stato esplicitamente definito, né è stato stabilito l'Ente preposto a fornire, per ogni località, tale evento. Le procedure utilizzate in altri paesi ad alta sismicità, per esempio California e Grecia, indicano chiaramente che l'evento di riferimento per la dichiarazione di agibilità è paragonabile a quello della scossa che ha motivato le ispezioni. In questo modo l'analisi del solo danno prodotto dal sisma può essere il principale, se non l'unico, indicatore di *sicurezza*, in quanto evidenza di una più o meno importante modificazione di uno stato già 'collaudato' dal sisma.

L'osservazione e l'interpretazione del danno apparente - quello rilevabile ad un esame visivo - causato dal sisma permette di individuare le modifiche subite dagli elementi strutturali e non strutturali, nonché la gravità di tali modificazioni ai fini della riduzione della sicurezza dell'edificio.

La lettura dei danni apparenti consente nel caso di danni rilevanti (separazione evidente di paramenti murari, crolli anche parziali, rottura di nodi di telai) di dichiarare immediatamente l'inagibilità dell'edificio per manifesta carenza strutturale (e a volte anche l'inagibilità di edifici adiacenti o vicini per rischio indotto su altri spazi o manufatti). Nel caso di danni non rilevanti consente invece di comprendere quali siano stati i meccanismi resistenti attuati, le modificazioni prodotte dall'evento sulle strutture e, quindi, di stimare quanta dell'originaria resistenza sia stata ridotta dal sisma.

Sulla quantificazione del danno apparente non è possibile dare regole certe, in quanto è ovvio che su tale aspetto interviene anche la sensibilità del singolo rilevatore. Esistono però indicazioni maturate nel corso degli anni che stabiliscono regole per definire la *gravità* del danno apparente: ad esempio quelle codificate dal GNDT o quelle inserite nella recente scala macrosismica europea EMS98.

Formulare un giudizio di agibilità basandosi solamente sul danno subito dalla costruzione, in relazione alla scossa risentita, è possibile solo nel caso in cui il sisma sia stato effettivamente un *collaudo* per l'edificio.

Nelle zone non epicentrali tuttavia un danno modesto non è necessariamente indice di una costruzione sismicamente resistente, ma può essere dovuto ad un modesto risentimento sismico. In queste zone, e nel caso si accetti una possibile migrazione degli epicentri, può essere opportuno formulare il giudizio di agibilità basandosi anche su alcuni indicatori di vulnerabilità. Questi infatti possono fornire una idea del comportamento della costruzione in caso di eventi di più elevata intensità.

I principali indicatori di vulnerabilità sono codificati nella Sezione 3 della Scheda AeDES.

Completa l'insieme degli indicatori di vulnerabilità la descrizione della morfologia del sito ove sorge la costruzione.

Per facilitare una sommaria valutazione della vulnerabilità da parte del rilevatore, è previsto che gli indicatori richiesti vadano inseriti in apposite caselle su sfondo grigio, tanto più scuro quanto più l'indicatore concorre ad incrementare la vulnerabilità dell'edificio. In particolare per gli edifici in muratura i tre livelli di grigio utilizzati possono essere considerati indicazioni di massima utili per la classificazione dell'edificio nelle tre classi A, B, C di vulnerabilità decrescente prevista nella scala macrosismica europea EMS98 per gli edifici ordinari non progettati secondo criteri anti-sismici. Per le strutture non identificate la scala di grigio fa riferimento alla vulnerabilità media delle configurazioni possibili.

Gli indicatori di vulnerabilità, se particolarmente elevati, potrebbero comportare un giudizio di inagibilità anche in presenza di danni medi o lievi (o in assenza totale del danno) se il terremoto di riferimento dovesse essere di grado più alto di quello risentito dall'edificio. Questa situazione potrebbe verificarsi, ad esempio, nelle zone non epicentrali in occasione di un forte terremoto, quando ci siano ragioni per ritenere che l'epicentro di scosse successive possa migrare.

È ampiamente noto quanto siano dispendiose, sia in termini di costi che di risorse umane, le attività necessarie alla restituzione del quadro fessurativo di un edificio esistente danneggiato o semplicemente che ha subito degrado nel corso della sua esistenza. Difatti, prima di ogni intervento, è necessaria una fase di indagine dettagliata basata su rilievi in sito.

Tale fase è innanzitutto volta a validare gli elaborati grafici dell'edificio, quando presenti, e in secondo luogo alla raccolta delle informazioni utili alla definizione del quadro fessurativo. Solo a valle di tali attività si può precedere con l'elaborazione manuale di tutti i dati necessari alla definizione e restituzione del livello di danno per un dato edificio.

Il BIM rispetto alle procedure tradizionali per la gestione informatizzata del danno sismico risulta vantaggioso per ridurre i tempi e costi associati alle attività di creazione di un quadro fessurativo e di progettazione di interventi per un edificio esistente.

Viene proposta la tecnologia deep learning per l'analisi delle immagini di cantiere allo scopo di ottenere una maggiore automatizzazione del processo di definizione del quadro fessurativo.

In particolare, a partire da immagini fotografiche riprese in sito, si giunge al riconoscimento automatizzato di lesioni e alla quantificazione delle caratteristiche relative alle stesse, operazioni tutt'oggi manuali e di difficile verifica nella pratica progettuale.

La metodologia proposta è qui applicata a supporto delle procedure di restituzione del livello operativo di un edificio danneggiato.

Il Livello Operativo viene definito in base alla combinazione dello Stato di Danno e del Grado di Vulnerabilità, come le Ordinanze del Commissario Straordinario Ricostruzione Sisma.

La strategia si compone di specifiche fasi operative pianificate e organizzate come segue:

1. Progettazione architettonica.
2. Rilievo fotografico in sito, con relativi coni ottici.
3. Identificazione e Codifica del danno.
4. Restituzione del Livello Operativo.

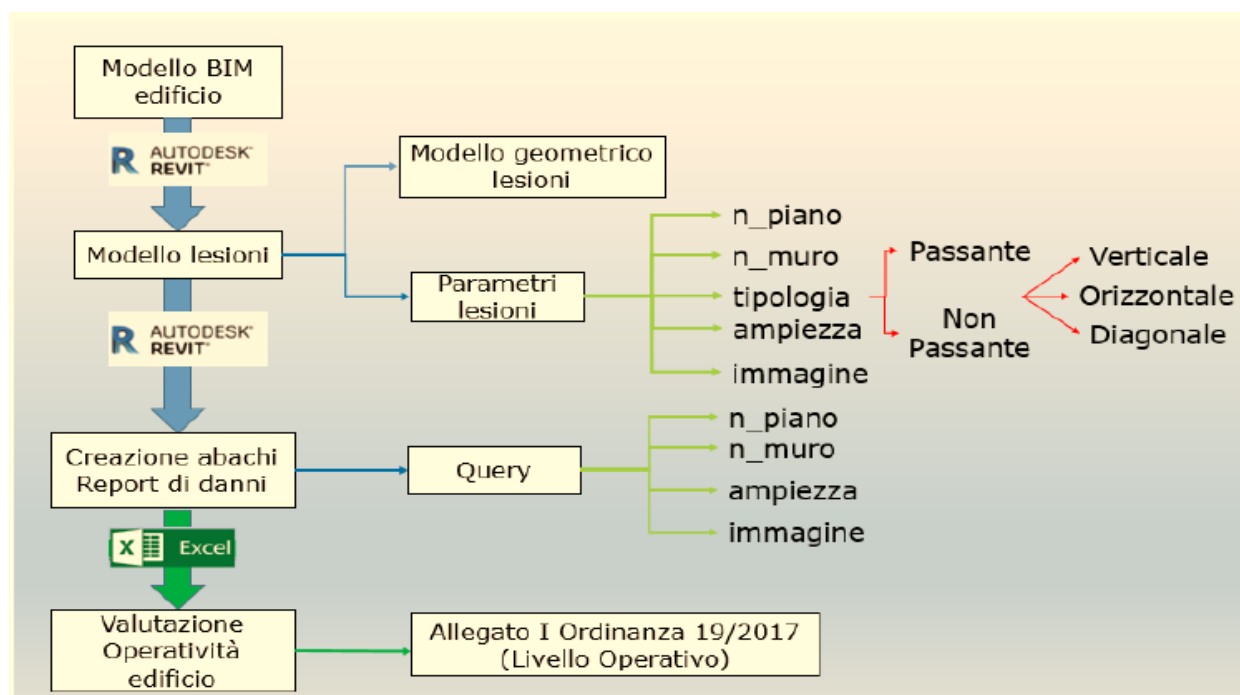


Figura 47 -

Il modello è sviluppato per finalità specifica, quale la valutazione preventiva del livello operativo. Per un completo rilievo del danno sismico è necessario spingersi a un livello di sviluppo LOD E del modello in cui a ciascun elemento corrispondono i relativi parametri meccanici.

La valutazione preventiva del livello operativo segue quanto previsto dalle ordinanze specifiche, per poi determinarne lo stato di danno e la vulnerabilità.

Per tale scopo, risulta necessaria una codifica del danno, con la definizione di nuovi parametri di progetto da associare a specifici elementi del modello.

Tali parametri sono poi assegnati, a seconda della casistica appropriata, ai diversi elementi modellati in BIM.

Realizzato quindi il modello dell'edificio, al fine di restituire un quadro fessurativo digitale, si procede alla modellazione di ciascuna lesione, definita come un "modello generico" (famiglia disponibile in Revit), ricavando a valle della modellazione uno specifico abaco.

A partire dai coni ottici a disposizione, la modellazione si articola nei seguenti step:

1. Creazione di nuove viste di sezioni in corrispondenza e in direzione dei muri lesionati.
2. Inserimento delle immagini ricavate da rilievo in situ nella vista di sezione selezionata.
3. Assegnazione dei parametri delle lesioni passanti e non passanti, sia per muri strutturali che per muri non strutturali.

4. Per identificare la superficie lesionata di ciascun piano e in ciascuna direzione è possibile applicare, in corrispondenza di ciascun muro lesionato, una colorazione differenziata: rossa per muri strutturali e verde per le tamponature ad esempio.

5. A ciascuna lesione viene associata un'etichetta "danno" che ne specifica la tipologia:

LVP_i: i_esima lesione verticale passante

LOP_i: i_esima lesione orizzontale passante

LDP_i: i_esima lesione diagonale passante

LVNP: lesione verticale non passante

LONP: lesione orizzontale non passante

LDNP: lesione diagonale non passante

LSP: lesione solaio passante

LSNP: lesione solaio non passante Indicando con _i il corrispondente numero della lesione passante.

Tale step è di notevole importanza ai fini grafici, in quanto risulta possibile ricavare, in maniera automatizzata, elaborati arricchiti dalle suddette etichette, dunque con una sintesi delle caratteristiche associate a ciascuna lesione del quadro fessurativo.

Ripetendo i procedimenti per tutte le lesioni di ciascun piano, si ottiene la restituzione del quadro fessurativo per l'intero edificio.

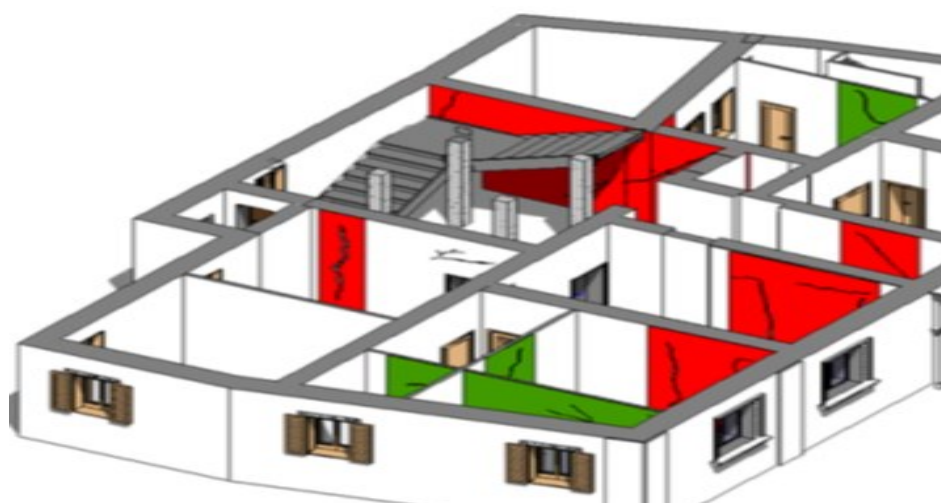



Figura 48 – Restituzione del quadro fessurativo

4.3 L'IMPOSTAZIONE DEL MODELLO BIM

Il primo passo è quello di creare un nuovo progetto architettonico che contenga tutte le informazioni per la progettazione dell'edificio, dalla geometria ai dati sulla costruzione.

1. Fare clic su  → Nuovo → Selezionare il modello da utilizzare e fare clic su OK

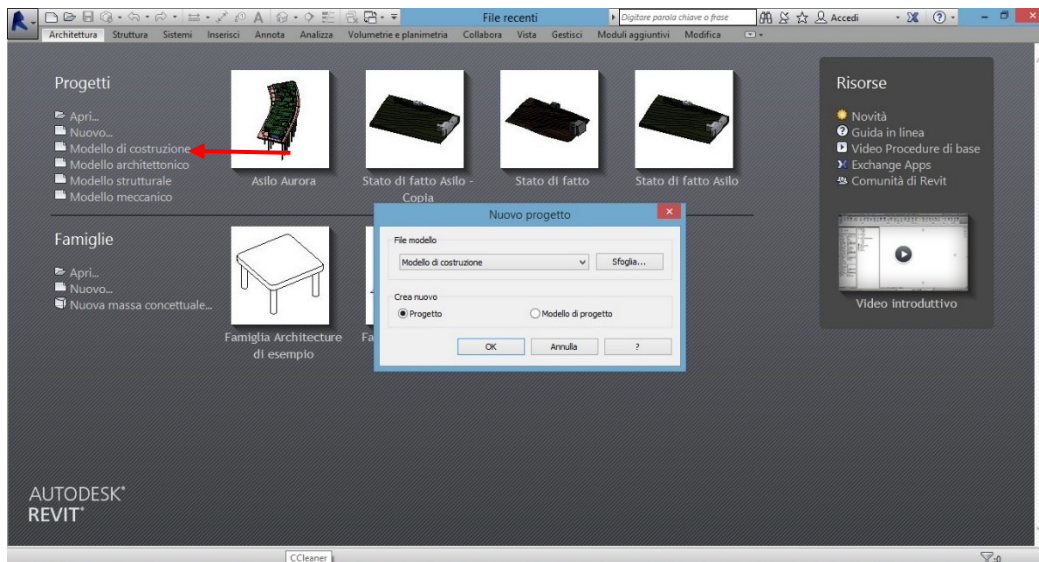


Figura 49 - Schermata iniziale per la creazione di un nuovo modello

Per questo progetto è stato opzionato su File modello → Modello di costruzione e su Crea nuovo → Progetto.

Una volta aperto il file ci troveremo di fronte l'interfaccia grafica utente che mostra:

1. BARRA MULTIFUNZIONE
2. SELETTORE DEL TIPO
3. TAVOLOZZA DELLE PROPRIETÀ
4. BARRA DI STATO
5. BROWSER DI PROGETTO
6. AREA DI DISEGNO
7. BARRA DEI CONTROLLI DELLA VISTA

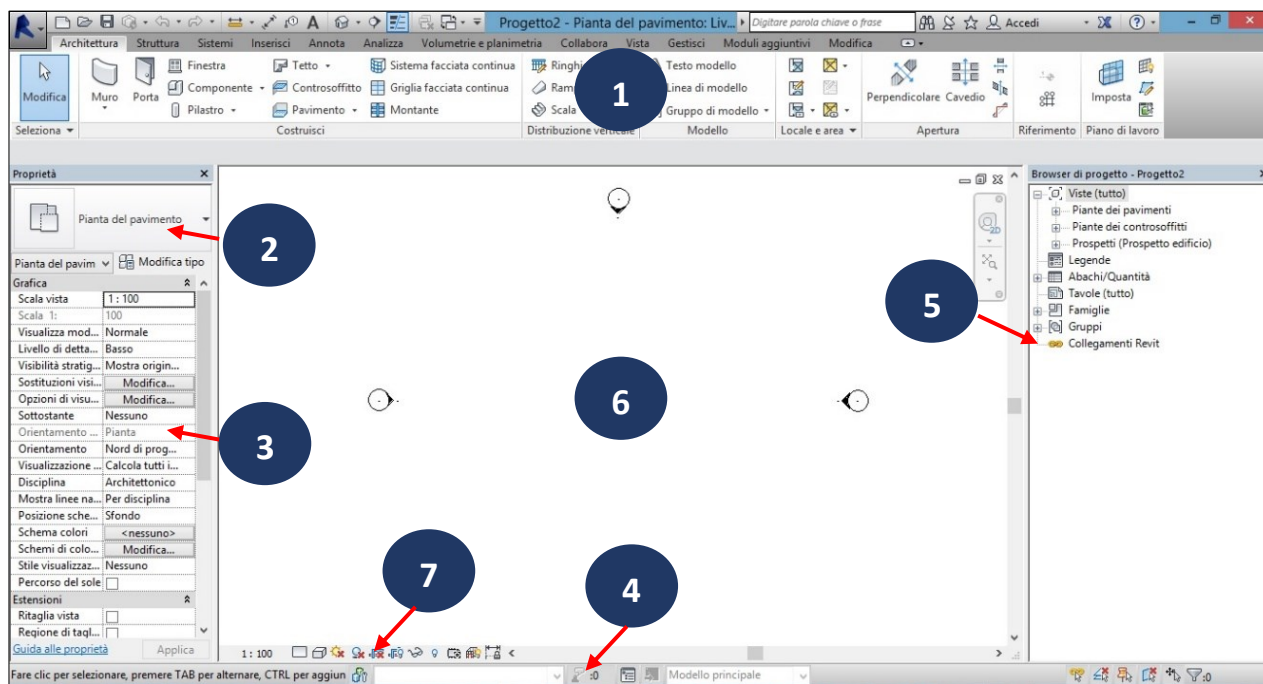



Figura 50 - Interfaccia grafica utente

Per una pianificazione del lavoro coerente e corretta occorre, prima di iniziare il progetto, fissare le idee sui concetti preliminari che interessano la scelta delle unità di misura e il grado di precisione da assegnare dopo la virgola. La scelta dell'unità di misura può essere fatta in qualunque momento durante l'esecuzione dell'elaborato, ma conviene abituarsi fin dall'inizio a procedere con ordine.

Per impostare l'unità di misura basta andare nella Barra Multifunzione → Gestisci → Impostazioni → Unità di misura  In cui possiamo scegliere l'unità di misura relativamente alla lunghezza, l'arrotondamento, il simbolo e la possibilità di eliminare gli zeri finali.

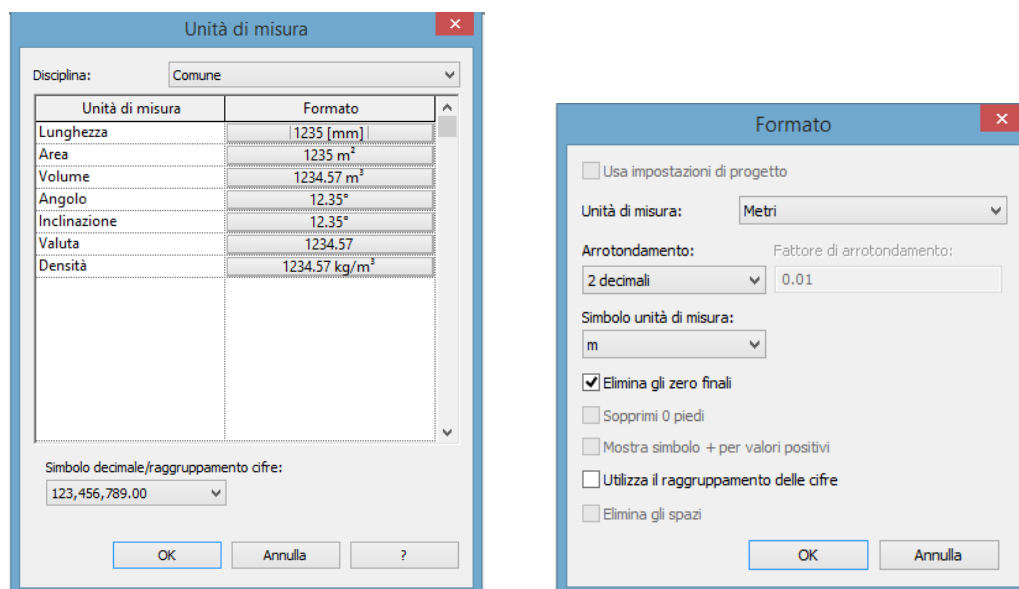


Figura 51 - Schermate per l'impostazione dell'unità di misura

Si passa poi alla definizione dei livelli. Attraverso il comando LIVELLO è possibile definire una distanza verticale con la quale si viene a creare la rispettiva vista. In questo modo si dispongono per ogni piano uno o più punti di riferimento necessari. Per aggiungere livelli è necessario che sia attiva una vista di sezione o un prospetto.

Nella Barra Multifunzione → Struttura → Riferimento → Livello

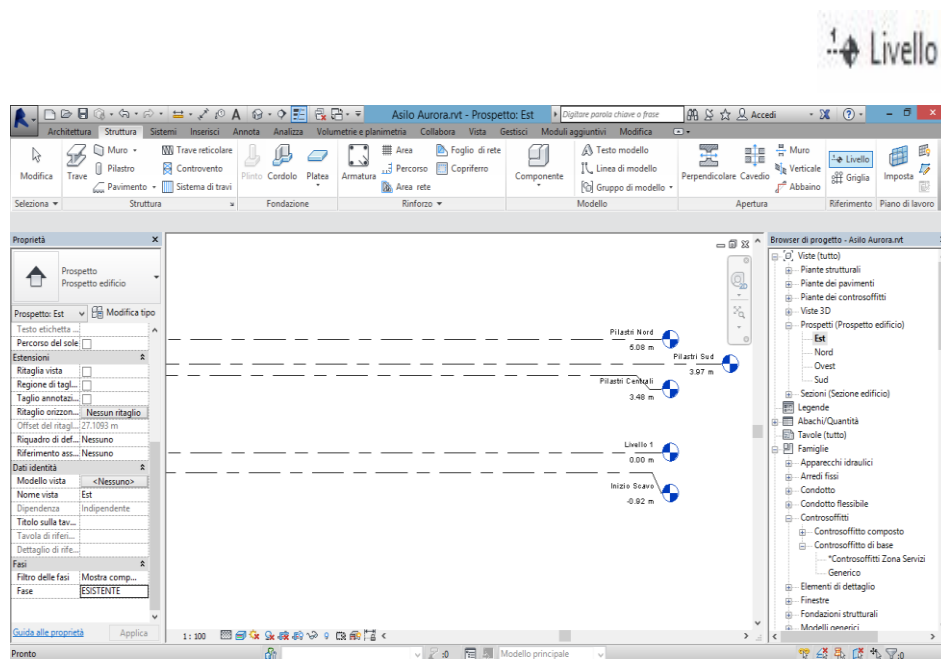



Figura 52 - Creazione e visualizzazione dei livelli

Successivamente alla definizione dei livelli, uno strumento utile per avere dei punti di riferimento durante la modellazione è griglia che ci permette di tracciare delle linee guida visibili solo nelle piante di piano, utili sia per il posizionamento degli elementi strutturali che per la definizione dell'involucro esterno.

Nella Barra Multifunzione → Struttura → Riferimento → Griglia  Griglia

Una volta definite le Unità di Misura, i Livelli e la Griglia si può passare al posizionamento degli elementi che costituiscono il modello.

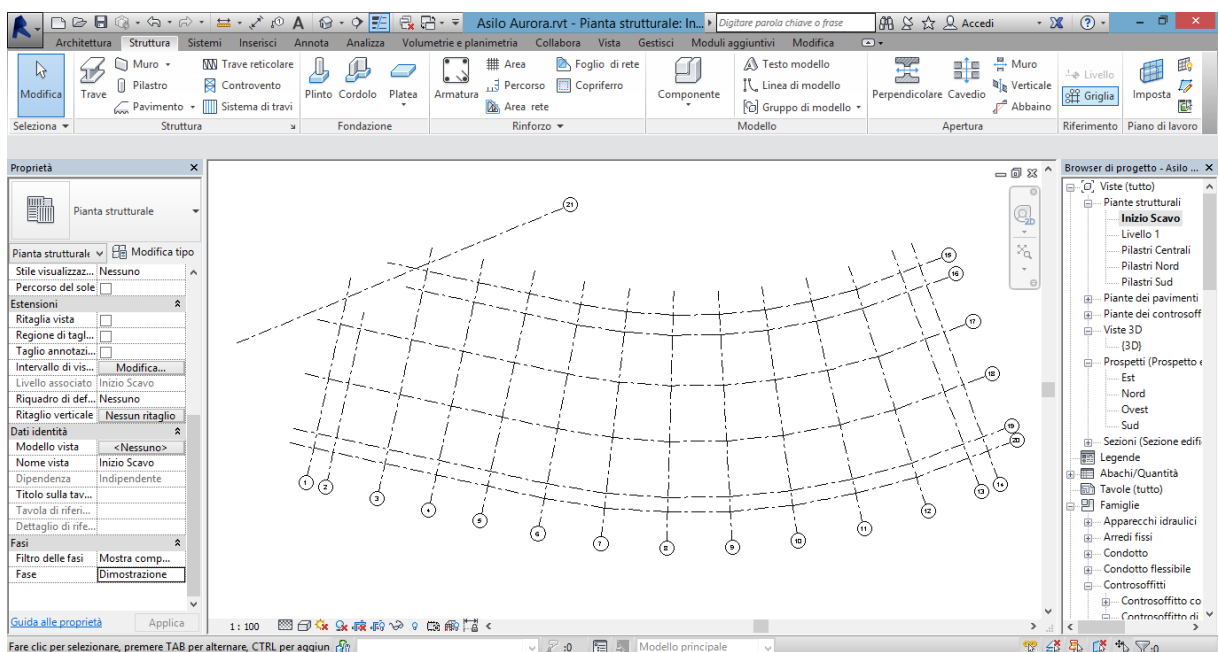


Figura 53 - Realizzazione della griglia

4.4 FAMIGLIE E TIPI

La libreria che si trova precaricata in Revit contiene già una serie di famiglie, divise per categoria di elemento, ad esempio tetti, pavimenti, fondazioni ma anche porte, finestre, arredi, ecc. Nonostante però la presenza di un buon numero di oggetti difficilmente questi saranno sufficienti per la modellazione di un'opera con tutte le sue particolarità. Per questo motivo si rende spesso necessaria la modellazione di nuove famiglie rispondenti alle caratteristiche degli elementi del progetto. Per fare questa operazione esistono diversi metodi.

4.4.1 CREAZIONE DI UNA NUOVA FAMIGLIA PARTENDO DA 0

Nei casi più particolari, ma allo stesso tempo facilmente parametrizzabili, si può partire da una famiglia più generale di Revit e procedere poi alla creazione dell'elemento di cui si ha bisogno parametrizzando caso per caso le parti necessarie a definirne le caratteristiche.

Per creare una famiglia caricabile occorre definirne la geometria e le dimensioni utilizzando un modello di famiglia contenuto in Revit. Il primo passaggio consiste nella scelta del modello da utilizzare per la creazione. Quando si crea una famiglia, viene richiesto di selezionare un modello di famiglia corrispondente al tipo di elemento che verrà creato.


Il modello funge da elemento di base e contiene le informazioni necessarie per iniziare a creare la famiglia e posizionarla nei progetti.

È possibile salvare la famiglia come un file di famiglia Revit (.rfa) distinto e caricarla nei progetti desiderati. A seconda della complessità della famiglia, il processo di creazione può richiedere molto tempo.

Esempio:

- **Categoria:** Pilastri strutturali
 - **Famiglia:** *Pilastri Nord e Sud (*Famiglia Caricabili*)
 - **Tipo:** *24x32
 - *24x32 Particolare
 - *24x36 Zona servizi
 - *24x52

Per creare una nuova Famiglia siamo partiti da un modello metrico precaricato:

Apriamo  → Nuovo → Famiglia → Revit ci apre la lista dei template di famiglia a noi disponibile e tra questi scegliamo il modello metrico più idoneo per la realizzazione dei nostri pilastri → Pilastro strutturale metrico → Apri.

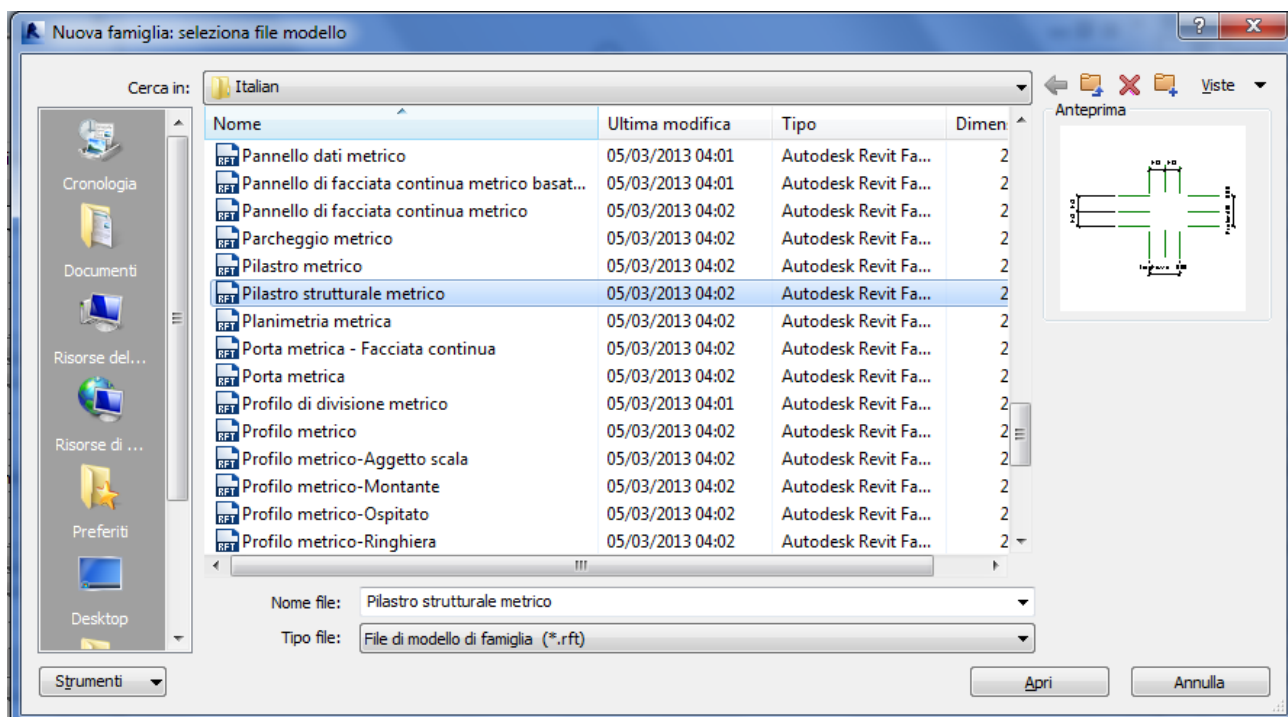


Figura 54 - Lista dei template a disposizione

La nuova famiglia viene aperta nell'Editor di famiglie. Per la maggior parte delle famiglie, vengono visualizzate due o più linee verdi tratteggiate rappresentanti i piani di riferimento o i piani di lavoro utilizzati per creare la geometria della famiglia. A questo punto è necessario creare la struttura.

La struttura è costituita da linee e parametri in base ai quali verrà creata, in seguito, la geometria della famiglia. Per creare la struttura, è innanzitutto necessario definire l'origine. Se su due piani di riferimento viene visualizzata una puntina da disegno, significa che l'origine della famiglia è stata definita. Di seguito si costruisce la struttura utilizzando gli elementi definiti quali piani e linee di riferimento. Le linee di riferimento possono essere utilizzate per creare la struttura parametrica di una famiglia a cui associare gli elementi della stessa. L'impostazione di questa proprietà o la definizione di un piano come origine consente di specificare che il piano di riferimento può essere utilizzato per la quotatura quando si posiziona una famiglia in un progetto. Mediante lo strumento quota si possono definire i parametri. I parametri definiti in questa fase generalmente controllano

le dimensioni (lunghezza, larghezza e l'altezza) dell'elemento e consentono di aggiungere tipi di famiglia.

Nel nostro caso sono stati posizionati diversi piani di riferimento e, utilizzando lo strumento quota, sono state assegnate le etichette che rappresentano i nostri parametri dimensionali.

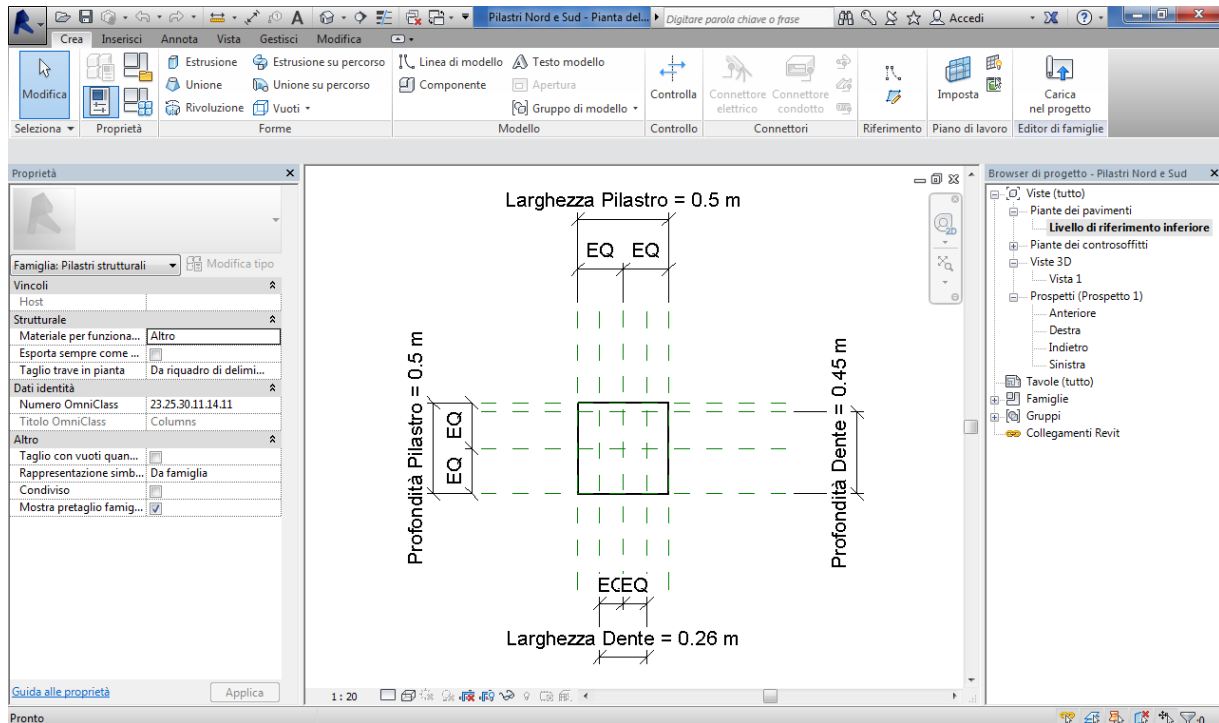


Figura 55 - Definizione dei parametri dimensionali

Una volta completata la struttura, è necessario verificarla modificando i valori dei parametri per assicurarsi che le dimensioni dei piani di riferimento cambino di conseguenza.

Abbiamo perciò creato strutture solide sulla base delle informazioni raccolte durante la fase di progettazione precedente alla creazione della geometria della famiglia e scelto i seguenti parametri:

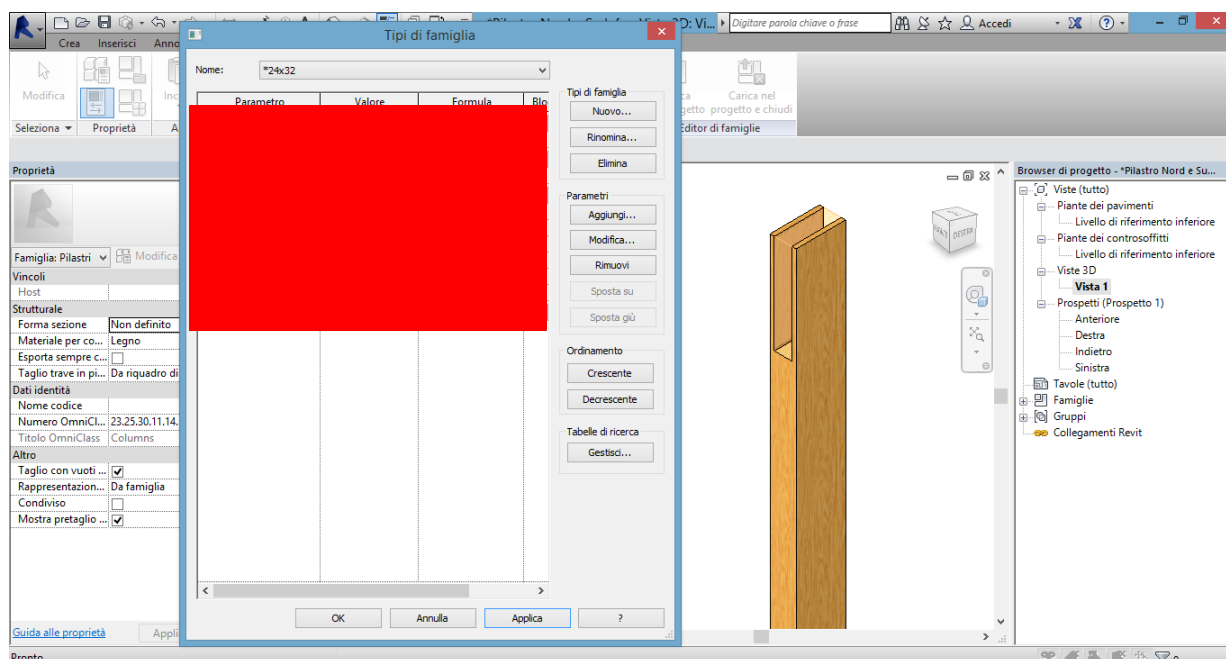


Figura 56 - Impostazione dei parametri necessari a definire l'oggetto

Questi parametri sono stati impostati di Tipo e non di Istanza per un maggior controllo nella gestione del nostro modello.

Una volta caricata la Famiglia nel Progetto e creato 4 Tipi diversi di Pilastri (*24x52, *24x32, *24x32 Particolare, *24x36 Zona servizi) è stato possibile adottare per ciascun Tipo le dimensioni, pendenze, spessori e Materiali necessari al caso di studio.

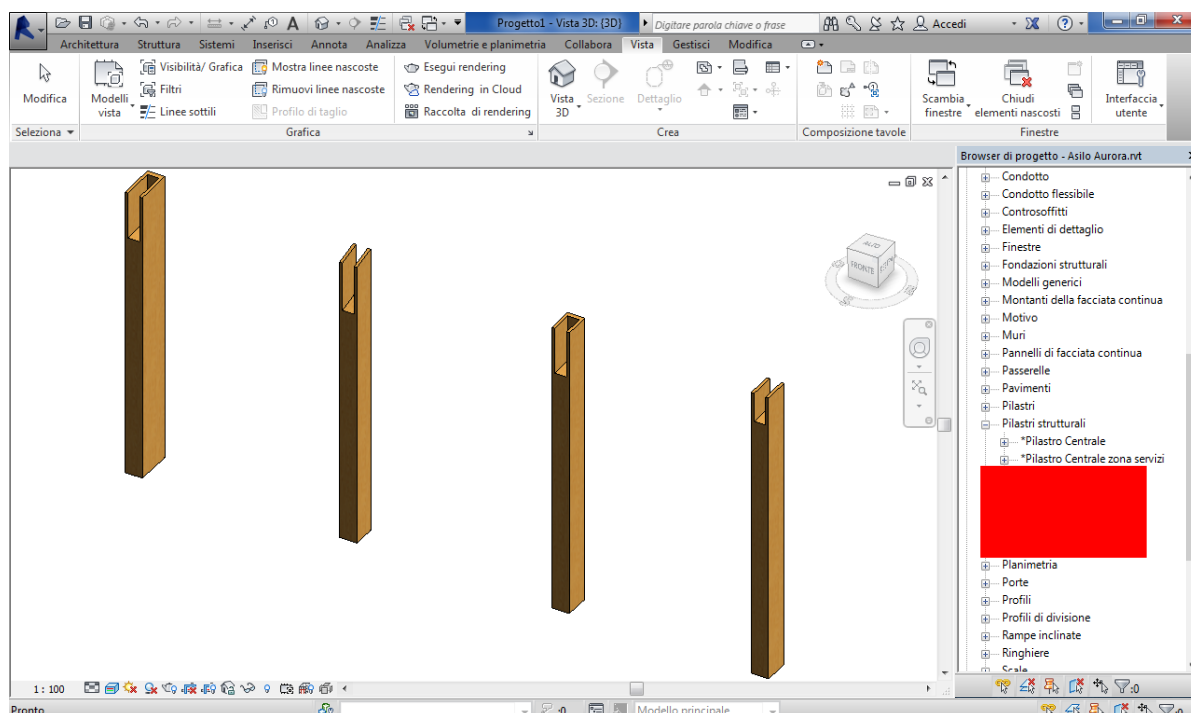


Figura 57 - Creazione dei 4 Tipi di pilastri

4.4.2 CREAZIONE DI UNA NUOVA FAMIGLIA A PARTIRE DA UNA ESISTENTE

Nel caso in cui nella libreria di Revit sia già disponibile una famiglia molto simile a quello di cui si ha bisogno e facilmente modificabile si può procedere modificando la stessa e salvandola con un nuovo nome in modo da creare a tutti gli effetti un'altra famiglia diversa da quella di partenza.

Esempio:

- **Categoria:** Fondazioni strutturali
 - **Famiglia:** Platea (*Famiglia di Sistema*)
 - **Tipo:** *Platea 30 cm

L'inserimento di questo elemento è stato possibile semplicemente duplicando un tipo di Famiglia di Sistema. Partendo dal modello:

Browser di Progetto → Famiglia → Fondazioni Strutturali → Platea → troviamo già un Tipo, ma che non corrisponde alle nostre necessità, perciò effettuiamo 'Duplica' e oltre a rinominarla gli attribuiamo i parametri corretti per quanto riguarda materiale e dimensioni.

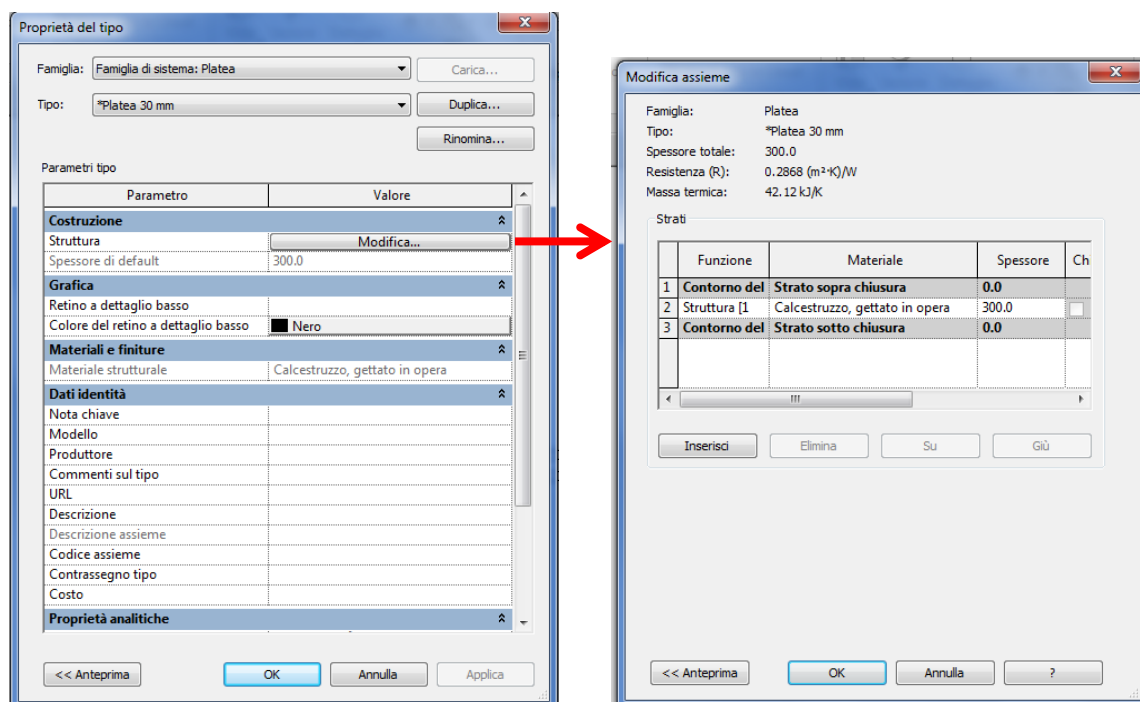


Figura 58 - Schermata di modifica della struttura dell'elemento

Una volta definite le caratteristiche della Platea la posizioniamo nel progetto:

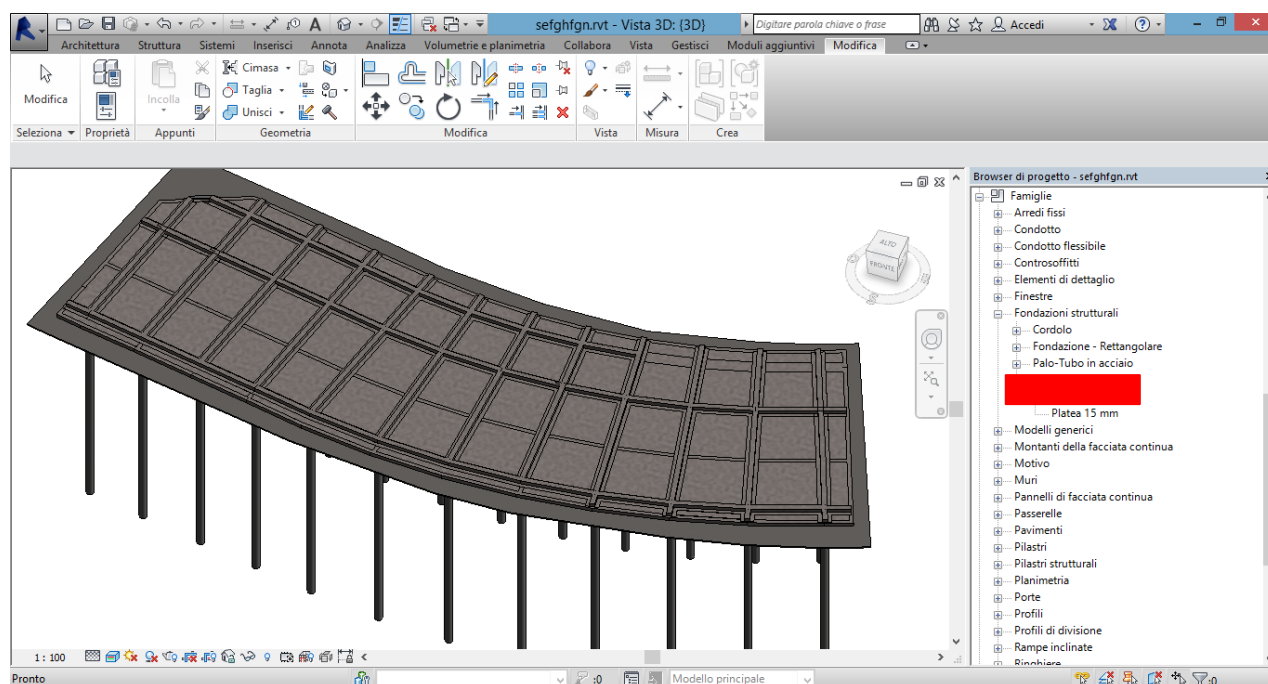


Figura 59 - Inserimento della platea nel modello

4.4.3 CARICAMENTO DI UNA FAMIGLIA

Nel caso di elementi specifici e difficilmente parametrizzabili e quando è possibile reperire gli stessi in librerie online, si può caricare la famiglia scaricata nel disegno e se possibile modificare delle caratteristiche necessarie a rendere l'elemento perfettamente rispondente al caso specifico.

Esempio

- **Categoria:** Arredi fissi
 - **Famiglia:** *Cupplex PP H13_5cm (*Famiglia Caricabili*)
 - **Tipo:** *Polipropilene Nero

L'inserimento di questo elemento è stato possibile cercando tra le famiglie caricabili disponibili tra le risorse del Web. Dal sito della Cupplex è stata scaricata la famiglia relativa all'Igloo, come vespaio di fondazione. Una volta scaricato e salvato sul Desktop, dal modello:

Carica Famiglia → selezionato la famiglia su Desktop → Apri

Una volta caricata la Famiglia nel Browser di progetto, l'abbiamo rinominata e inserita sopra la nostra Platea nervata. Le caratteristiche dell'Igloo caricato non sono idonee al nostro caso di studio e non è stato possibile modificarne i parametri. Questo perché non tutte le famiglie presenti on-line permettono la completa elasticità nella variazione delle dimensioni.

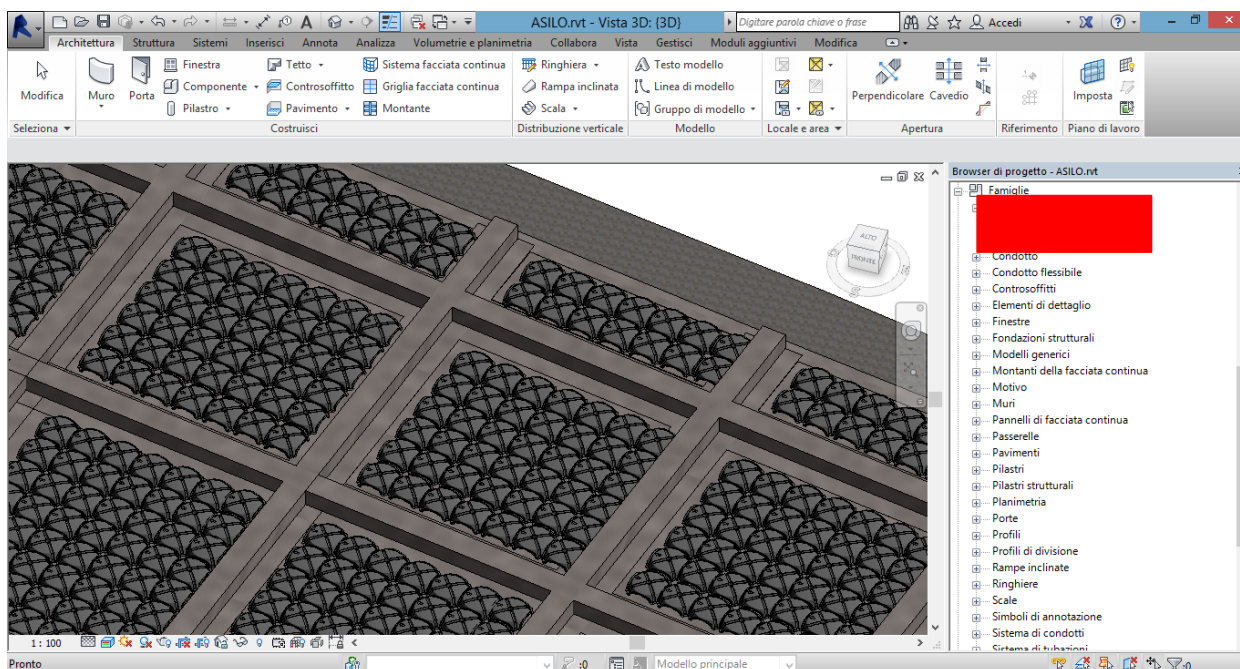


Figura 60 - Inserimento famiglia igloo

4.4.4 DUPLICAZIONE DI UN TIPO ESISTENTE

Nel caso in cui l'elemento da inserire sia già presente nella libreria con gli stessi parametri necessari nel progetto si può procedere alla duplicazione dello stesso e alla modifica delle caratteristiche in base alle nostre esigenze.

Esempio:

- **Categoria:** Tetti
 - **Famiglia:** Tetto di base (*Famiglia Caricabili*)
 - **Tipo:** *Copertura Zona Aule

La copertura nella zona aule prevede una stratificazione non presente tra le famiglie di Revit: Partendo però dal Browser di Progetto sotto Tetti → Tetto di Base → mediante il comando Duplica da un tipo Generico è stato possibile creare la copertura necessaria.

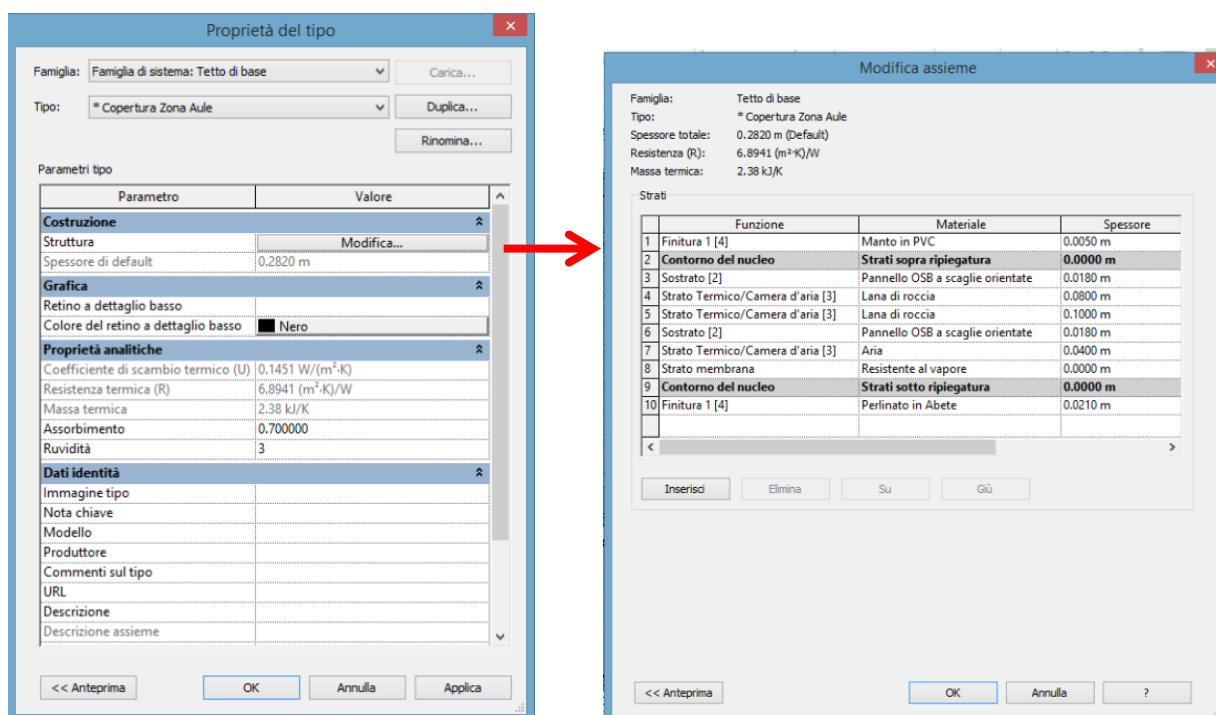


Figura 61 - Schermata di modifica della struttura dell'elemento

Sulle Proprietà del Tipo è stato possibile aggiungere strati, definirne il materiale e modificarne gli spessori. Una volta definiti gli strati del pacchetto lo abbiamo inserito nel modello definendo la posizione e la giusta inclinazione della copertura.

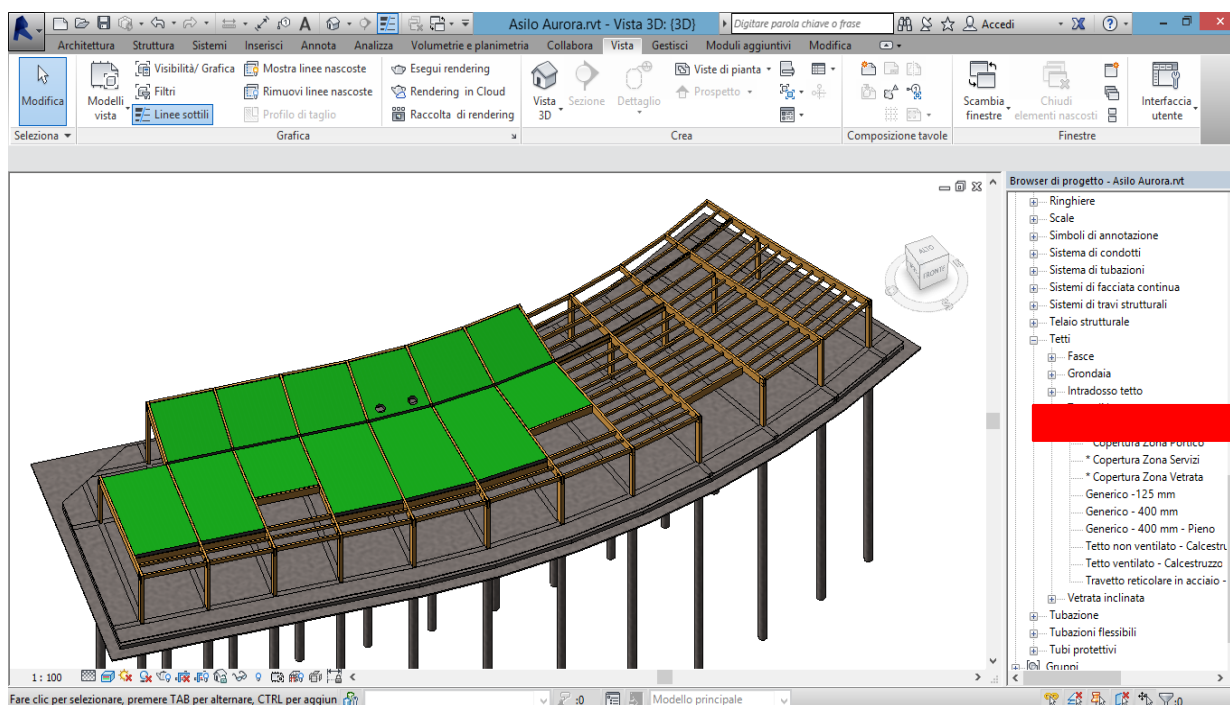


Figura 62 - Inserimento copertura nel modello

4.5 LA REALIZZAZIONE

A partire dai file CAD e PDF fornitici dall'azienda è stato possibile sviluppare il modello. Proprio per la struttura stessa del software, e del BIM più in generale, è consigliato che la progettazione segua le stesse fasi della costruzione. Di seguito sono analizzate le fasi percorse:

1. Si parte dalla realizzazione di una griglia che individui i punti di riferimento della struttura. Sono stati quindi riportati il perimetro dell'opera e gli assi della maglia strutturale così da avere una guida per l'inserimento dei pilastri nel modello.

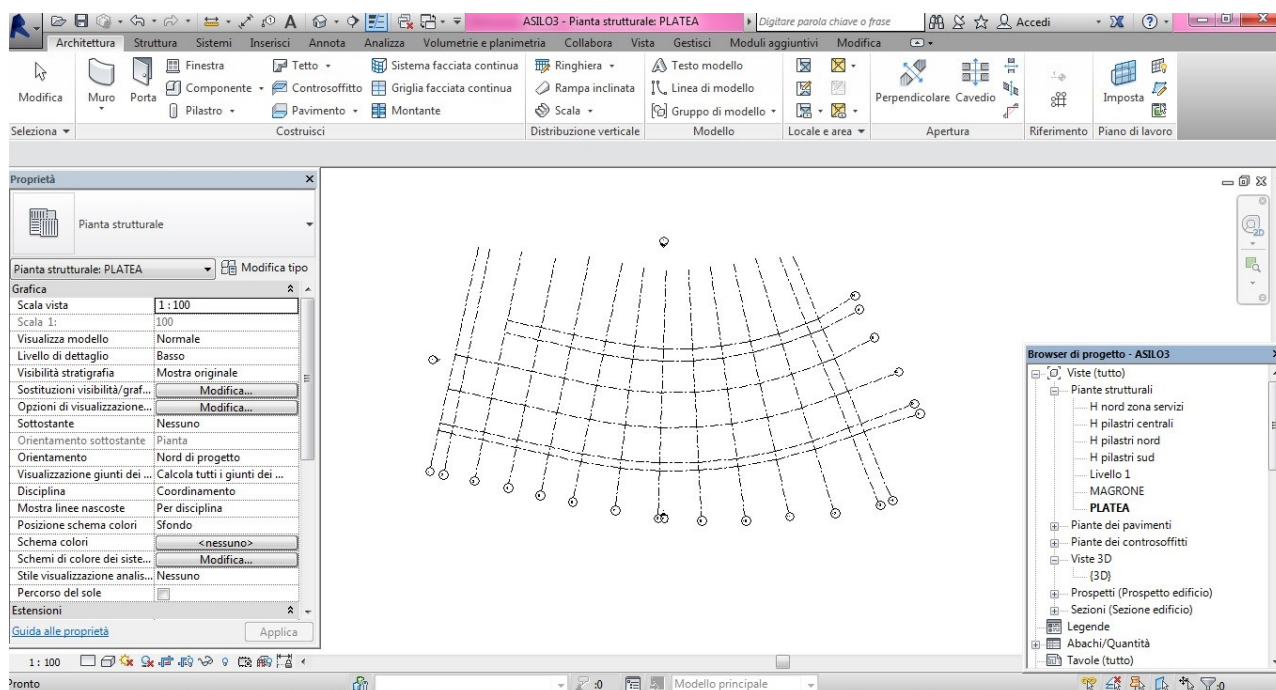



Figura 63 - Realizzazione griglia di riferimento

2. In seguito si è passati alla modellazione dell'andamento del terreno, ottenuta riportando le varie curve  altimetriche nel modello e poi assegnando ad ognuna una quota. Infine attraverso il comando si crea una superficie con le caratteristiche precedentemente impostate.

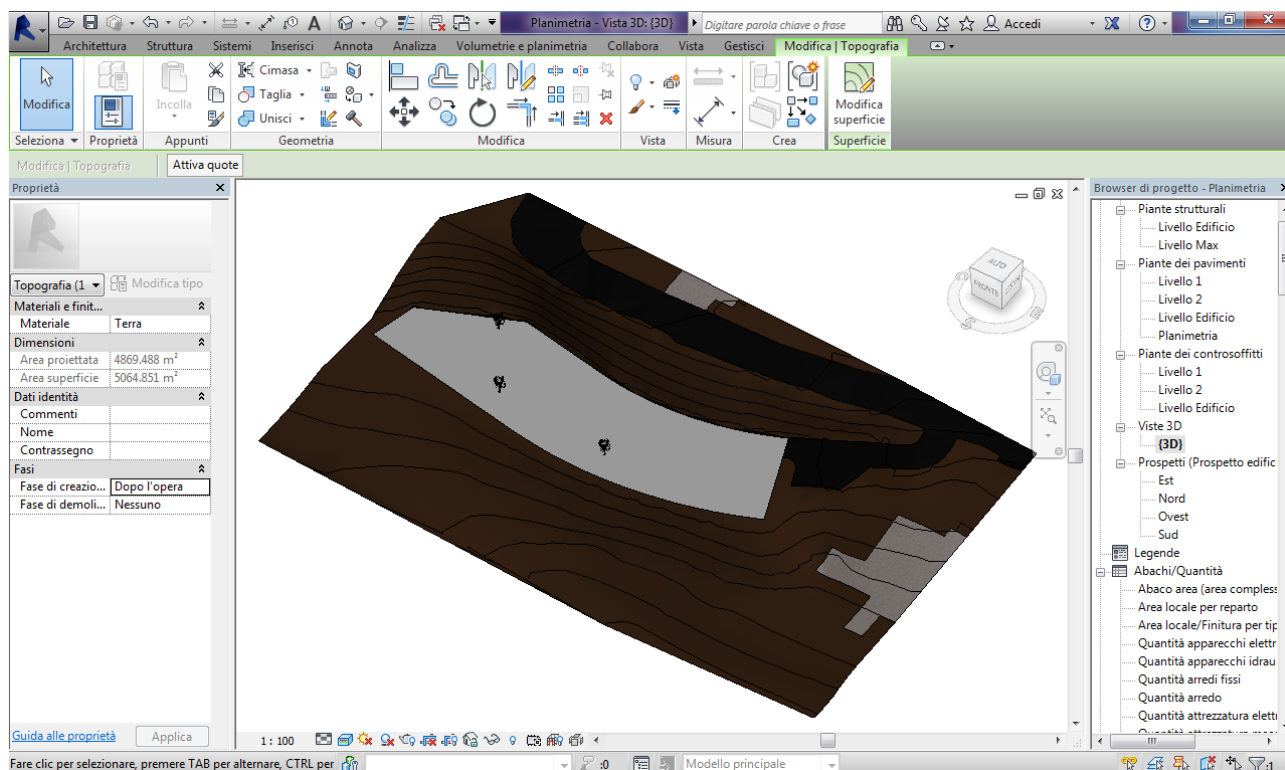


Figura 64- Fase2: Modellazione del terreno

3. Per la modellazione del sistema di fondazioni si è iniziato dai pali di fondazione, sopra ai quali è stato posto il magrone e in seguito la platea nervata con travi a T. A questo punto gli spazi tra una trave e l'altra sono stati riempiti con gli igloo. L'ultima stratigrafia inserita è quella del solaio di fondazione.

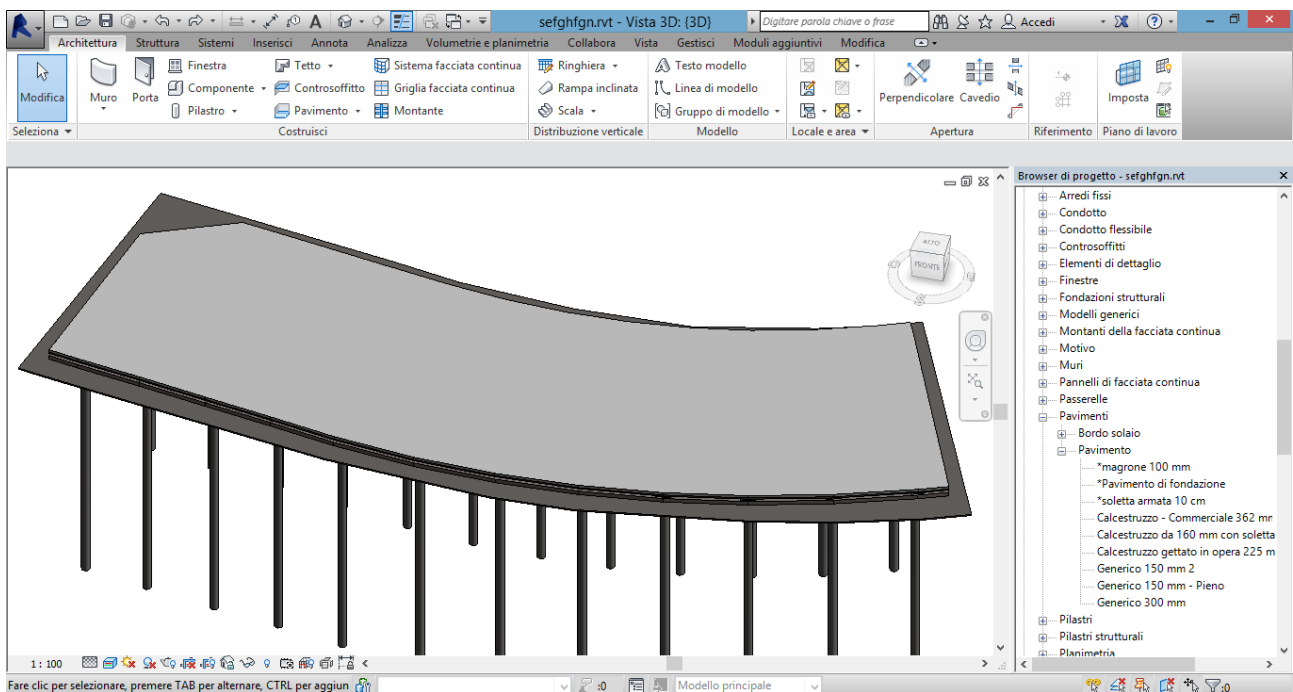


Figura 65 - Fase 3: Modellazione delle fondazioni

4. La fase successiva è quella riguardante la realizzazione della struttura portante per la quale si è partiti posizionando i pilasti. In un secondo momento sono state poste le travi e infine tutti i travetti.

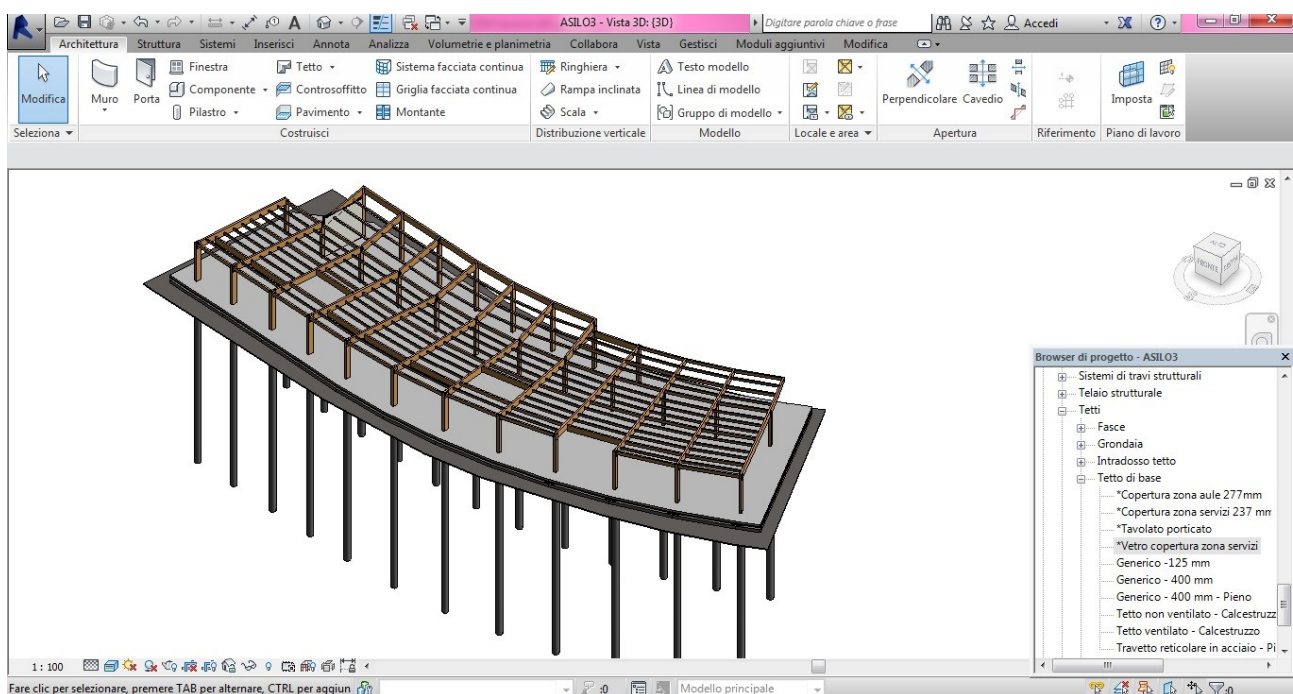


Figura 66 - Realizzazione della struttura portante

5. Si è passati quindi alla definizione e al posizionamento dei pacchetti di finitura.

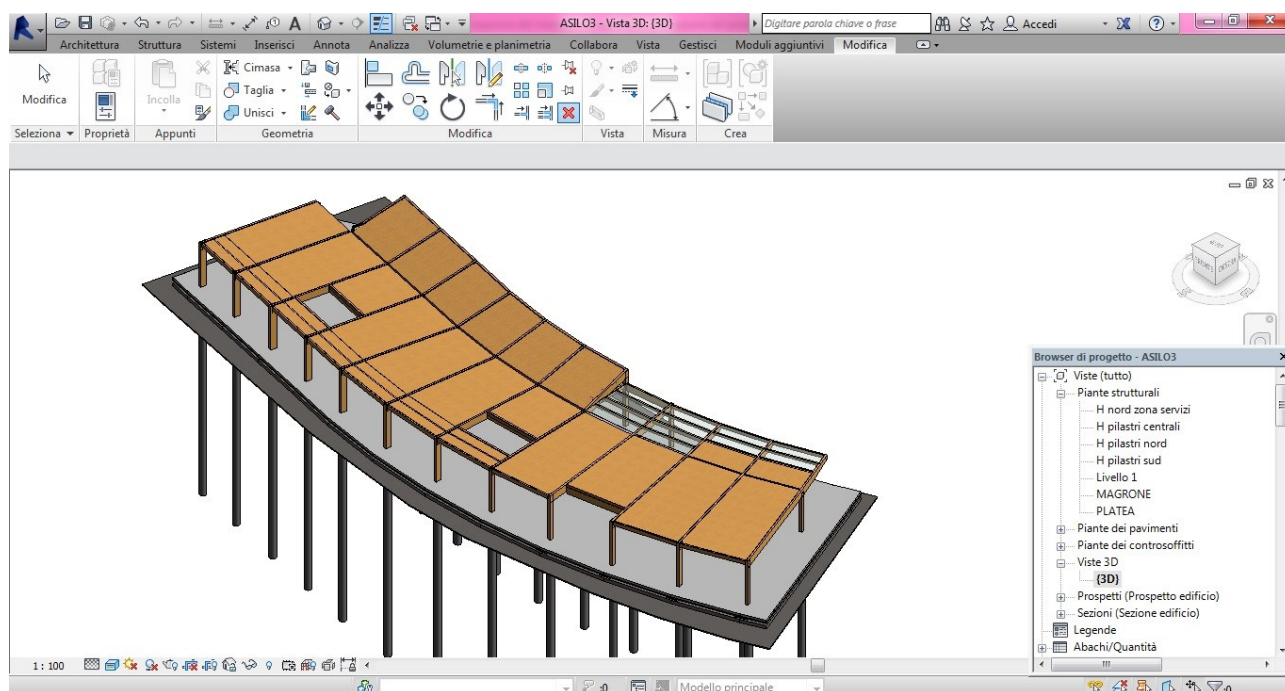


Figura 67 - Fase 5: Inserimento pacchetti di copertura

6. In questa fase sono stati modellati e inseriti i pacchetti delle chiusure verticali.

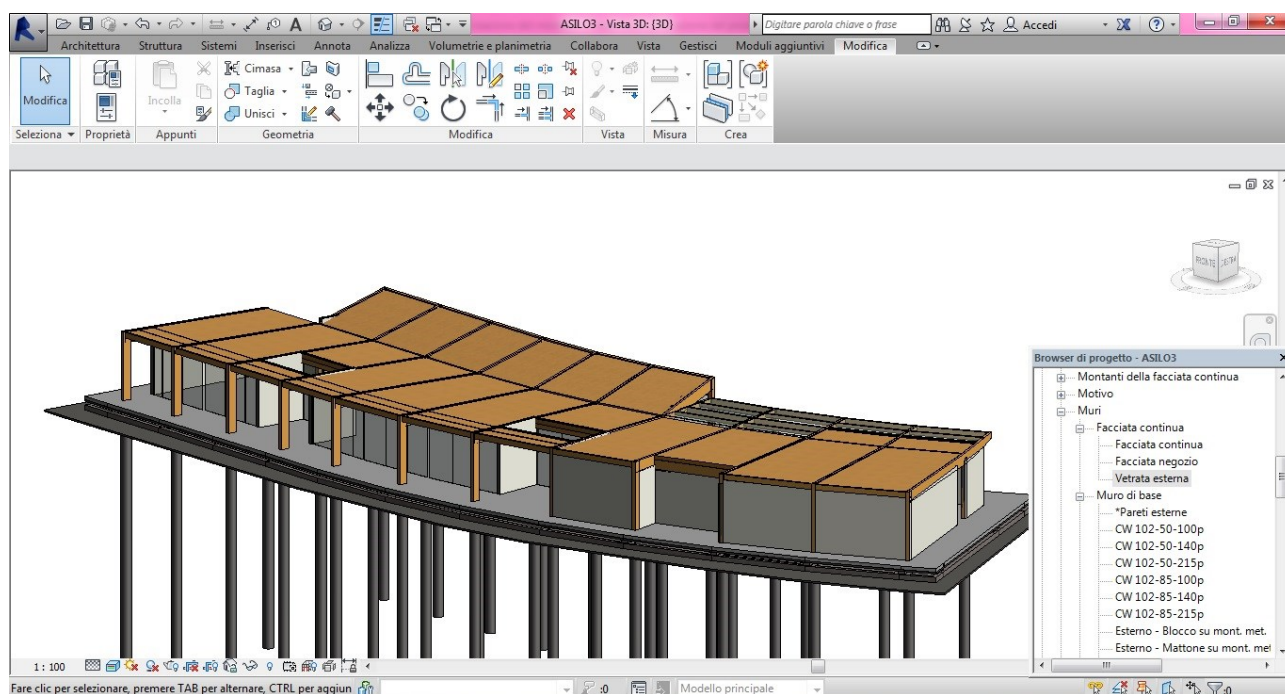


Figura 68 - Fase 6: Inserimento chiusure verticali

7. Infine sono stati aggiunti tutti gli infissi e le finiture.

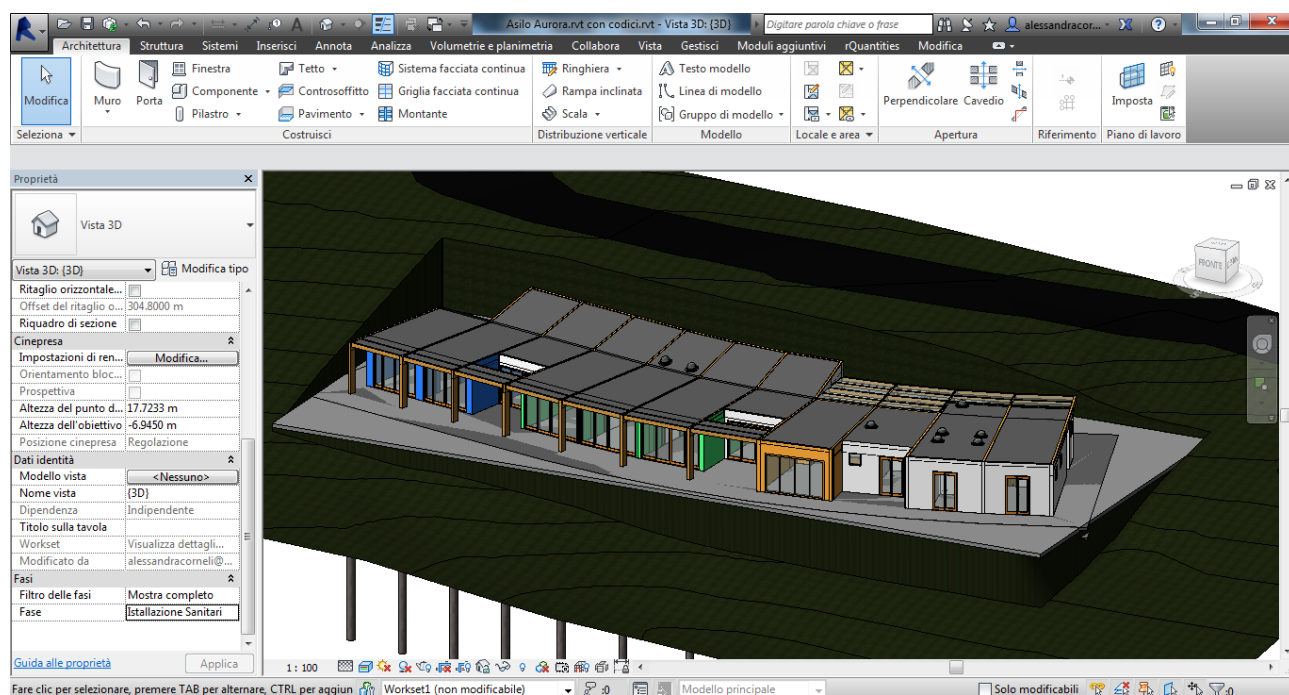


Figura 69 - Fase 7: Inserimento infissi e forniture

In questa modellazione non sono stati inseriti gli impianti sia per le difficoltà date dal fatto che per modellare gli impianti è necessario inserire ogni singolo componente sia perché non si avevano dal progetto definitivo le informazioni tali per poter scendere ad un così alto livello di dettagli



Figura 70 - Render del modello della scuola

GESTIONE DEL CANTIERE IN BIM

5.1 LA PIANIFICAZIONE DEL CANTIERE

Uno dei principali vantaggi legati all'utilizzo del BIM è la possibilità di suddividere la vita di un edificio in fasi che consentono di gestire la temporalità di un progetto.

Questa suddivisione permette di indicare e registrare per ciascun elemento che lo costituisce le informazioni che riguardano la fase di creazione che corrisponde al momento in cui l'elemento viene inserito nel progetto.

Le informazioni contenute nel modello 3D del progetto sviluppato con un approccio BIM rappresentano il punto di riferimento base anche per la gestione della fase di esecuzione delle opere in cantiere.

Per ogni stadio si può conoscere la tipologia e la quantità dei materiali necessari alla costruzione, pianificando meglio la successione degli ordini ai fornitori, e gli anticipi in funzione dello stato avanzamento lavori.

Questi dati permettono una puntuale verifica di tutte le attività esecutive di cantiere e il puntuale aggiornamento del giornale lavori.

Le stesse informazioni potrebbero essere anche utili per la gestione dello spazio all'interno del cantiere.

Il Building Information Modeling fornisce dati utilizzabili dalle applicazioni dedicate alla gestione della commessa anche nel controllo dei tempi di esecuzione.

Per quanto riguarda, in particolare, la gestione temporale del progetto, il modello BIM può essere pienamente integrato con il diagramma di Gantt, fornire i dati relativi a parti di progetto o famiglie di oggetti per verificare quali attività saranno coinvolte e i rispettivi tempi, consentire di sviluppare scenari di analisi per specifiche attività e i relativi tempi, e più in generale essere utilizzato all'interno di strumenti di visual management per ottenere un panorama costantemente aggiornato degli stati di avanzamento lavori.

Con l'utilizzo della metodologia BIM è possibile accorgersi in maniera preventiva rispetto alla messa in opera di possibili criticità logistiche ed esecutive anche dal punto di vista della sicurezza e dell'efficienza. Uno dei vantaggi di operare in un sistema BIM è di avere un unico file contenente tutte le informazioni riguardanti l'edificio, e di poter condividere queste informazioni tramite appositi formati di interscambio, con qualsiasi attore della filiera, in qualsiasi momento.

Con il BIM è quindi possibile tenere traccia di ogni modifica apportata ad un disegno di cantiere nel corso degli anni, semplificando, ad esempio, la pianificazione e l'esecuzione delle operazioni di facility management un elemento fondamentale per la partecipazione a gare di appalto.

Quando si affronta un progetto con approccio BIM le parole chiave sono pianificazione e condivisione che sono gli elementi indispensabili per una buona riuscita del processo di lavorazione. La condivisione dei progetti BIM richiede un approccio completamente nuovo che comprende anche l'utilizzo dei BIM server che garantiscano accesso paralleli in tempo reale a tutto il team di progettazione. Nella scelta strategica del proprio BIM bisogna capire se i processi possono supportare la condivisione in tempo reale di progetti di qualsiasi dimensione.

5.1.2 IL CANTIERE DIGITALE E LA SICUREZZA DEI LAVORATORI

Le peculiarità di un cantiere edile sono chiaramente evidenziate nella vigente legislazione sulla sicurezza dei lavoratori la quale, tra l'altro, definisce 2 figure *ad hoc*: il coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione.

La stessa scelta del nome – coordinatore – indica dove è posta la maggiore necessità di attenzione ai fini della tutela della salute dei lavoratori.

La dinamicità del cantiere e la contemporanea presenza di competenze afferenti a differenti organizzazioni, fanno sì che esso risulti un luogo intrinsecamente pericoloso, ben al di là delle specifiche attività che vi si svolgono.

Queste ultime, si noti, risulteranno tanto più ripetitive, con conseguentemente maggiore prevedibilità degli eventi potenzialmente dannosi per i lavoratori, quanto maggiore sarà il loro contenuto specialistico.

L'introduzione della doppia figura del coordinatore chiarisce come differente sia la natura del coordinamento stesso da esercitare:

- in fase di progettazione, il coordinamento tra i progettisti sarà evidentemente finalizzato ad una adeguata pianificazione delle lavorazioni, volta in particolar modo alla individuazione della più conveniente (anche ai fini della sicurezza) successione di esse e delle più opportune tecniche costruttive
- In fase di esecuzione, il coordinamento richiesto sarà chiamato a tener conto di tutte le specificità che si evidenzieranno nella conduzione e nello sviluppo delle lavorazioni in relazione alle imprese reali chiamate a svolgere tali lavorazioni e di tutte le condizioni al contorno, nonché della necessità di frequenti aggiornamenti dovuti, ad esempio, a ritardi o avverse condizioni meteo.

Per entrambe le attività di coordinamento, il modificarsi fisico del contesto durante lo sviluppo dell'opera costituisce ulteriore aggravio di cui tenere conto durante le attività di analisi e pianificazione.

La metodologia BIM, come noto, chiede di realizzare il modello della costruzione mediante la creazione dei modelli virtuali relativi alle varie professionalità coinvolte.

Oltre ai noti modelli (strutturale, architettonico, impiantistico) altri modelli potrebbero essere richiesti, secondo UNI 11337, da specifici obiettivi fissati per ciascuna fase di lavoro prevista.

Certamente da annoverare tra essi è il modello del cantiere.

Sino ad oggi l'attività di progettazione del cantiere è risultata essenzialmente statica e di carattere documentale, avvalendosi, talvolta di ausili grafici o tridimensionali.

Ma l'utilizzo delle tecnologie BIM apre le porte ad una modalità di operare concettualmente differente per vari motivi.

Anzitutto vi è la possibilità di rappresentare puntualmente la realtà del cantiere:

- sarà possibile tener conto delle condizioni al contorno modellando l'orografia del territorio, le criticità fisicamente presenti nell'area del cantiere e preesistenti al suo insediamento (vegetazione, corsi d'acqua, ecc.), il contesto urbanistico (viabilità, edificazione e sua destinazione)

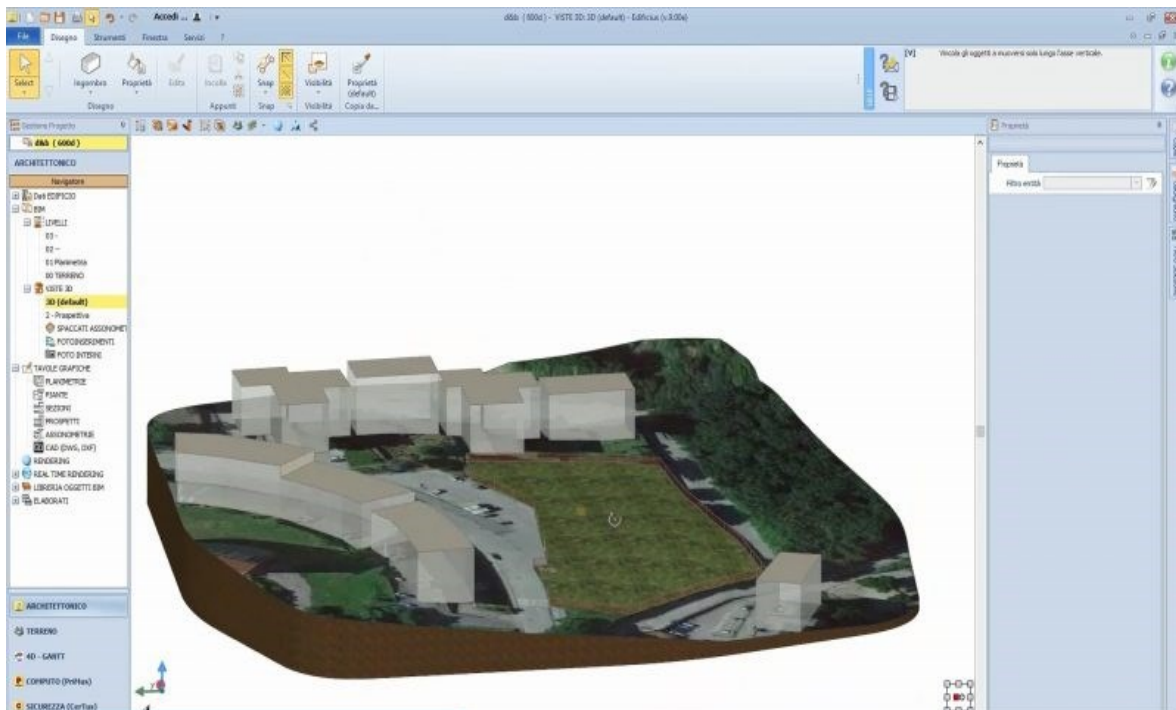


Figura 71 - Render del modello del sito

- altri modelli afferenti ad altre professionalità (architettonico, strutturale, ecc.), quando da queste saranno rese disponibili, potranno essere integrate all'interno del modello del cantiere, anche in formato IFC

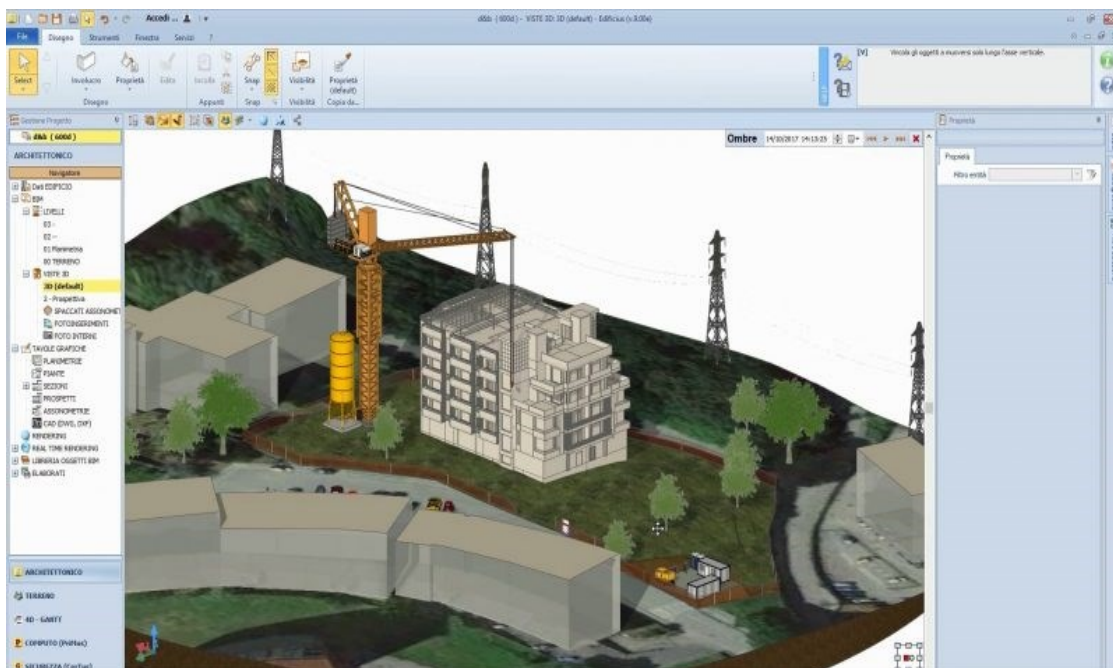


Figura 72 – Render inserimento dell' edificio

- la disponibilità di librerie di oggetti BIM appositi per la rappresentazione di apprestamenti, attrezzature, macchinari, scavi, autoveicoli, ecc. permetteranno la modellazione del cantiere virtuale.

Le informazioni veicolate da tali oggetti consentiranno una gestione innovativa della progettazione del cantiere e della sicurezza dei lavoratori.

Dotando gli oggetti di informazioni relative alle corrette modalità di posa in opera e/o delle prescrizioni relative alla gestione della sicurezza, sarà possibile effettuare uno specifico “*code cheking*”, così come di “*clash detection*” specifiche, relativa alle interferenze tra lavorazioni e relativi spazi operativi.

Associando le entità, aggregandole in attività di lavoro e aggiungendovi informazioni relative alle rispettive durate, si giunge alla realizzazione di un particolare modello, in grado di condurre (visivamente e analiticamente) un’innovativa organizzazione di cantiere e analisi e minimizzazione dei rischi per i lavoratori.

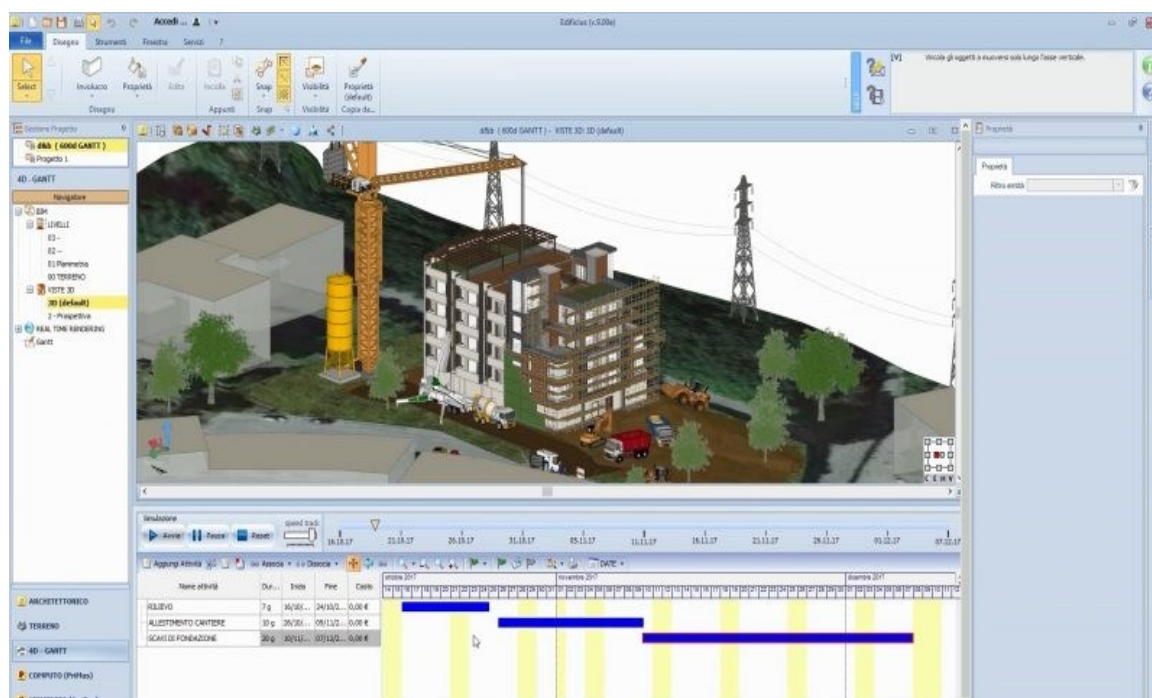


Figura 73 - Render del modello in fase di lavorazione

In conclusione si desidera far rilevare come il modello descritto consenta l’effettuazione di code cheking e clash detection, in grado di tener conto contemporaneamente del dato spaziale e temporale.

Con il BIM è possibile ricreare esattamente la reale natura del territorio in cui si insedia il cantiere, cioè l'orografia del territorio con le sue criticità fisicamente presenti, corsi d'acqua, vegetazione, falle, pozzi, la viabilità presente in quella zona, gli edifici vicini, se vi sono istituti scolastici nelle immediate vicinanze e quindi aumentare le misure di sicurezza e recinzione in modo da ottemperare alla riduzione di tutti i rischi che si possono verificare, soprattutto in presenza di bambini o ragazzi. In questo modo sarà possibile anche individuare le possibili interferenze che si potrebbero verificare tra lavorazioni e relativi spazi operativi.

È importante quindi che il coordinatore della sicurezza abbia una visuale completa del progetto e quindi delle lavorazioni da mettere in atto, perciò il modello BIM lo aiuterà nella prima fase conoscitiva, inoltre mediante le interazioni delle diverse parti svolte dai vari professionisti riuscirà a pianificare le diverse lavorazioni in modo da individuare la più conveniente successione di esse sia in termini di sicurezza che di costi. I progetti BIM vengono condivisi da tutti i professionisti interessati tramite l'utilizzo dei BIM server che garantiscano accessi paralleli in tempo reale a tutto il team di progettazione.

Associando a ogni lavorazione le attrezzature in gioco e la durata il coordinatore della sicurezza riesce ad avere uno sguardo vigile su tutto il cantiere in atto e a minimizzare i rischi per i lavoratori e per ciò che circonda il cantiere. Grazie al modello 3D del progetto sviluppato con un approccio BIM il coordinatore della sicurezza può conoscere in ogni fase di lavorazione la tipologia e la quantità dei materiali necessari, organizzando al meglio la successione degli ordini ai fornitori e gli anticipi in funzione dello stato avanzamento lavori. Da questi dati è possibile effettuare una puntuale verifica di tutte le attività esecutive di cantiere e l'aggiornamento del giornale lavori.

Mediante l'ausilio del cronoprogramma all'interno del software il coordinatore della sicurezza conosce in anticipo la durata di ogni fase della lavorazione, le interferenze che possono nascere tra diverse lavorazioni (per esempio l'impiego contemporaneo degli stessi macchinari in lavorazioni concomitanti) o il verificarsi di imprevisti che vengono segnalati nel modello, valutati da tutti i professionisti grazie all'interazioni delle diverse parti e in tempo fattibile risolti e quindi gestiti nel miglior modo possibile.

Con l'utilizzo della metodologia BIM infatti è possibile accorgersi in maniera preventiva rispetto alla messa in opera di possibili criticità logistiche ed esecutive e inoltre è possibile tenere traccia di ogni modifica apportata ad un disegno di cantiere anche nel corso degli anni.

Il BIM si dimostra dunque molto utile nella gestione di tutto il cantiere con la diminuzione dei tempi grazie all'efficientamento del processo costruttivo e della gestione dell'opera e di garantire allo

stesso tempo una più rapida captazione degli errori o imprevisti grazie alla presenza del modello virtuale e maggiore efficacia nella valutazione dei rischi.

Le tecnologie del Building Information Modeling possono essere efficacemente applicate alla programmazione e gestione della sicurezza. Con la metodologia Bim, diventa più facile visualizzare e controllare le condizioni del cantiere e identificare i pericoli, ma anche risolvere questioni come la pianificazione delle fasi di lavoro, la mancanza di comunicazione e formazione dei lavoratori, le interferenze tra le varie lavorazioni. Attraverso la pianificazione integrata del cantiere con il progetto e la simulazione in 4D delle fasi costruttive che tiene in considerazione il fattore tempo.

Se fino a ieri uno dei principali problemi per i coordinatori della sicurezza era il non poter prendere parte alla fase di progettazione di un'opera, oggi il Bim in quanto metodo collaborativo per eccellenza, ha aperto una nuova fase, favorendo la condivisione di qualunque elemento del progetto, compresa la pianificazione della sicurezza in cantiere, così da evitare in fase esecutiva il presentarsi di situazione di rischio non previste.

Oltre a semplificare l'adempimento delle varie normative in materia di prevenzione di incidenti sul lavoro, il Bim agevola la valutazione del pericolo e facilita l'analisi dei possibili rischi: potendo esaminare il cronogramma già in fase di progettazione, quindi le diverse fasi di lavorazione e le varie tempistiche, si possono integrare tutti gli aspetti riguardanti la realizzazione dell'opera passo dopo passo.

Il risultato è un modello nel quale viene ricreato un cantiere virtuale, con tanto di macchinari e uomini in movimento, per poter verificare gli ingombri e simulare situazioni di emergenza in modo da valutare, per esempio, il funzionamento delle vie di fuga in caso di evacuazione delle maestranze. Con le funzionalità Bim a portata di mano è possibile concentrarsi su ogni rischio individualmente e pianificare flussi di lavoro in modo tale che ogni lavoratore possa prepararsi meglio all'attività ed evitare potenziali pericoli.

Esistono software specifici e librerie con oggetti che riproducono qualunque tipologie di macchine e attrezzature da cantiere che consentono di scegliere modelli più idonei a svolgere una specifica mansione anche in relazione alla pianificazione della sicurezza: in questo modo si riescono a previsualizzare le varie fasi di attività in sequenza, valutandone l'impatto sulla tutela e protezione di tecnici e manovali.

Con il cantiere digitale si possono evidenziare da subito le probabili criticità e risolverle prima che si presentino in corso d'opera. Inoltre, si ottengono dati e informazioni sulle funzioni assegnate ai singoli lavoratori, sul personale da coinvolgere e su come prevenire rischi di incidenti.

Attraverso il Bim si ha quindi la possibilità di rappresentare puntualmente la realtà del cantiere, comprese le situazioni di contorno, per esempio, il contesto urbanistico, l'orografia del territorio, le criticità fisiche preesistenti al suo insediamento, così da avere un quadro il più possibile completo per individuare più agevolmente le scelte progettuali più opportune in materia di sicurezza.

5.1.3 LA PROGETTAZIONE INTEGRATA CON MODELLAZIONE ERGOTECNICA

La progettazione integrata è un iter progettuale multidisciplinare che fonde disegno architettonico, calcolo strutturale, progetti degli impianti e tutte le competenze tecniche che ruotano attorno alla creazione e realizzazione di un edificio.

Un *modus operandi* che si sposa con la metodologia Bim e con il *Construction Site Information Model* (CoSIM), vale a dire con il “*modello informativo del cantiere e della sicurezza*” (così come lo definisce la norma UNI 11337). Per dirla in modo più semplice e chiaro, il CoSIM è il modello ergotecnico dell'intervento, sviluppato in forma integrata e coordinata con le altre discipline.

La norma tecnica Uni impone di creare un modello tridimensionale con successione di fasi costruttive e informazioni che riguardino lo studio di mezzi tecnici e organizzativi per realizzare una migliore efficienza del lavoro: il dettaglio deve crescere nella fase di esecuzione, dove il modello rappresenta la progettazione con la scelta di attrezzature, i macchinari e opere più idonei a svolgere in sicurezza le lavorazioni, in relazione agli effettivi spazi operativi.

L'adozione di modelli CoSIM favorisce la progettazione cantieristica e della prevenzione di infortuni, non solo per quanto riguarda la produzione della documentazione richiesta dalla legge, ma soprattutto dal punto di vista della qualità e completezza della progettazione.

Durante ciascuna fase, lo scambio informativo tra la progettazione ergotecnica e gli altri ambiti progettuali è di fondamentale importanza affinché tutto il pool di professionisti sviluppino una maggiore consapevolezza riguardo la concreta fattibilità delle opere, evitando così errori e incongruenze.

La modellazione ergotecnica della fase esecutiva degli interventi progettati in CoSIM viene poi direttamente monitorata in corso d'opera per valutare efficienza e margini di miglioramento dei

modelli realizzati in termini di scelte di tecniche e tecnologie cantieristiche, sicurezza e salute delle maestranze, sostenibilità dei consumi energetici di cantiere.

Realizzando un ambiente di simulazione 3D interattivo integrato si possono anche rilevare le attività ad alto rischio e individuare le migliori tecnologie in relazione ai costi, migliorando i livelli di sicurezza e coordinamento.

Grazie al Bim e al CoSIM, già in durante la modellazione dell'oggetto edilizio visualizzando le diverse fasi cantieristiche, si riescono a individuare subito le criticità e a fare le modifiche tecniche necessarie. L'altro vantaggio è che la disponibilità di un modello Bim rende molto più fluidi i processi autorizzativi in corso d'opera, tenuto conto che spesso sono proprio i documenti di pianificazione della sicurezza che fanno rallentare i tempi.

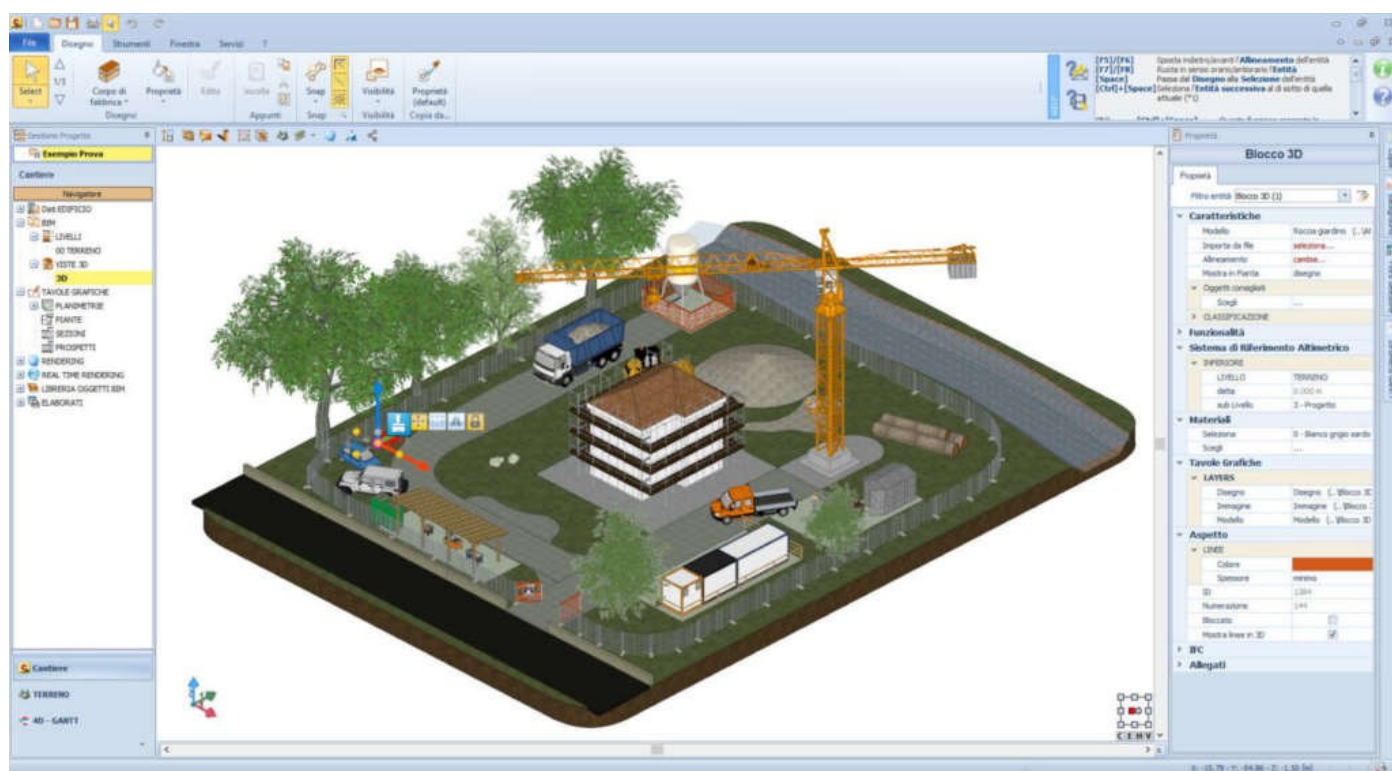


Figura 74 - Render installazione cantiere

Il Bim permette di guardare al sistema cantiere in un'ottica completamente diversa, grazie all'introduzione della quarta dimensione: quella temporale, perché con questa metodologia si suddivide in fasi il cronoprogramma e ci si concentra su ciascuna di esse in ordine cronologico, in modo da poter avere sotto controllo l'andamento teorico delle varie lavorazioni.

Esistono sul mercato software specifici che, in relazione al modello disegnato in Bim e ai materiali inseriti, sono in grado di rilevare le varie interferenze tra le fasi di lavorazione – le cosiddette *clash detection* – di indicare gli ingombri dei vari macchinari e di riprodurre le caratteristiche fisico geografiche del territorio in cui verrà realizzata l'opera.

Queste simulazioni accurate consentono agli attori coinvolti nel processo di studiare a monte l'organizzazione delle lavorazioni, delle maestranze e delle tempistiche per la fornitura di materiali e attrezzature. Con il vantaggio di focalizzare l'attenzione sulle eventuali criticità e risolverle già in fase di progettazione, ma anche di facilitare i controlli di sicurezza perché è assolutamente necessario che ci sia totale congruenza tra ciò che viene indicato nel modello e quanto avviene nella realtà.

Questa tecnologia va a incontrare gli strumenti di controllo *IoT* (Internet of Things) che, sempre grazie al Bim, possono aumentare il livello di sicurezza, perché il monitoraggio di macchine e attrezzature è continuo, con alert in caso di anomalie. Vengono anche utilizzati visori per navigare in un progetto in realtà immersiva e analizzare il modello tridimensionale, valutando ogni possibile rischio o pericolo. In altre parole, la contrapposizione fra costruito e cantiere virtuale fa capire in maniera molto chiara e precisa se l'edificio che si sta realizzando è del tutto identico a come lo si vede nel modello.

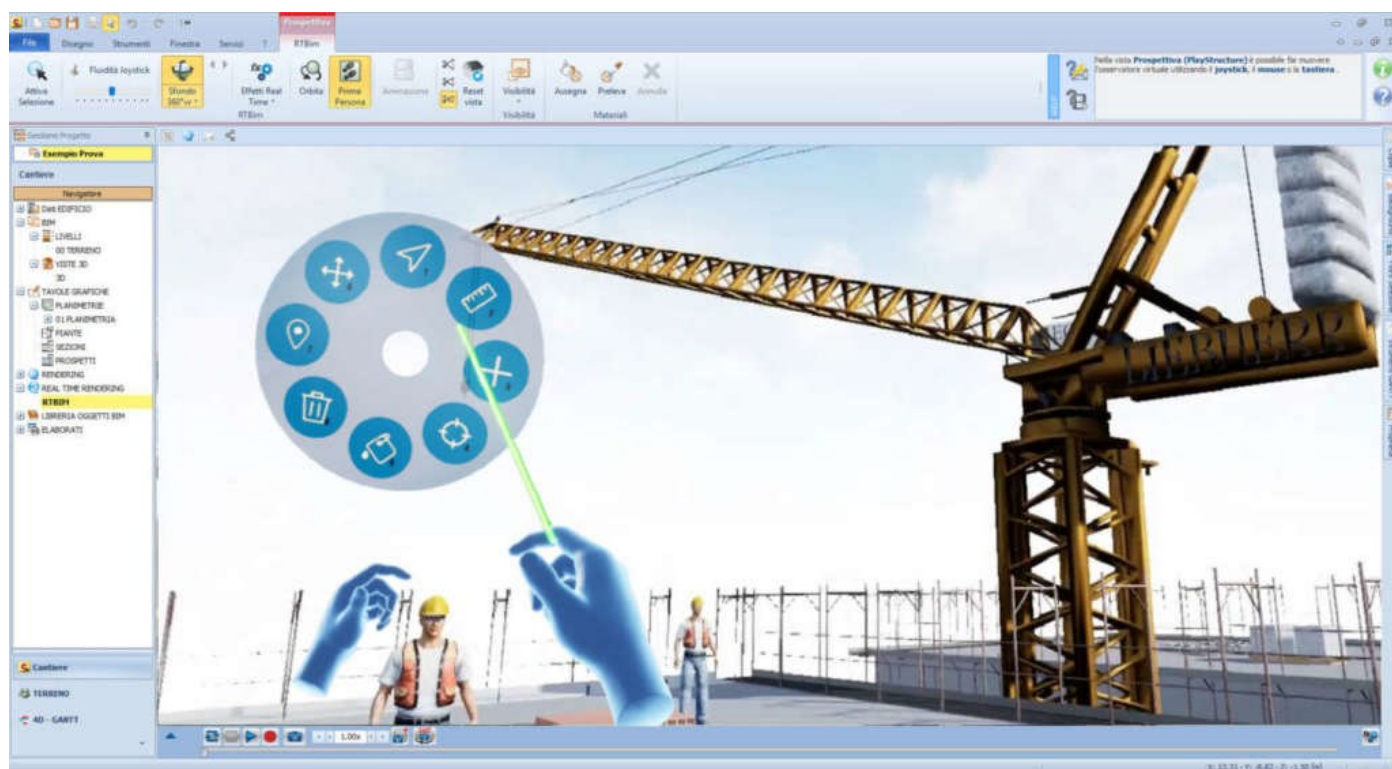


Figura 75 – funzioni selezionabili

Il software per piani di sicurezza – che è in grado di definire modelli del cantiere dalla fase di concezione-progettazione a quella attuativa-produttiva, seguendo quindi l'intera evoluzione ed evidenziando i livelli di dettaglio in ogni fase (il cosiddetto Lod, *Level of development*), che aumentano man mano che il progetto procede, passando dalla semplice indicazione di attrezzature, apprestamenti o presidi di sicurezza in fase progettuale, alle verifiche della loro compatibilità con il sistema funzionale-spaziale del cantiere.

Può succedere che i programmi di formazione dei lavoratori in cantiere sembrare a volte troppo teorici e, non essendo contestualizzati al cento per cento, possano risultare generici e poco stimolanti. Invece, con l'arrivo del Bim e dei software di realtà immersiva anche i metodi di apprendimento e aggiornamento in tema di sicurezza hanno subito una vera e propria rivoluzione. L'utilizzo del modello digitale come strumento formativo e didattico, dà alle diverse maestranze che operano in cantiere la possibilità di navigare all'interno del progetto e previsualizzare le diverse lavorazioni che andranno poi a realizzare, ricevendo così istruzioni specifiche e mirate.

Per esempio, in un'attività di scavo il lavoratore riesce ad assumere il punto di vista di chi siede all'escavatore e fa le manovre, avendo anche ben chiaro il contesto circostante e le altre figure professionali che operano negli spazi limitrofi.

Nel modello di cantiere simulato vengono inserite anche gru, piattaforme aeree, ponteggi, ruspe, betoniere e, naturalmente, operai e tecnici al lavoro. In questo modo, è certamente più facile avere un'idea precisa degli ingombri, degli spazi e delle opere da eseguire. Il risultato finale è anche una maggiore consapevolezza dei rischi e delle difficoltà di esecuzione da parte delle maestranze.

Le "lezioni" si svolgono indossando specifici visori per immergersi nella realtà virtuale, ma anche speciali auricolari in grado di riprodurre i tipici rumori di cantiere e guanti che hanno sensori particolari per simulare il senso del tatto, quindi per "toccare" l'ambiente in cui ci si muove e i macchinari da utilizzare.

5.2 METODI PER LA COMPUTAZIONE

Una volta realizzato il modello ci si pone la questione della computazione automatica degli elementi per la semplificazione delle operazioni relative alla redazione del computo metrico estimativo.

Oltre all'aspetto riguardante la computazione automatica e assolutamente precisa delle quantità, c'è da tenere in considerazione l'aspetto 'tempi'. Infatti il non dover più ricorrere al controllo o calcolo manuale di tutte le misure contenute nel progetto farà ridurre sensibilmente i tempi per la stesura di determinati documenti di progetto.

Si sono studiate diverse soluzioni prendendo in considerazione per ognuna di esse una serie di aspetti tra cui i più interessanti sono:

- Rapidità redazione computo
- Eliminazione di software intermedi (Excel)
- Utilizzo di software perfettamente integrati
- Costi per licenze
- Formattazione computo appropriata.

Per ognuna delle soluzioni prese in considerazione sono state quindi valutati gli aspetti descritti andando a valutare all'interno delle procedure gli effettivi benefici di ognuna.

Per la realizzazione di computi metrici a partire da un modello Revit è possibile seguire diversi metodi:

- I. Utilizzare direttamente le funzionalità del programma attraverso lo strumento Abachi/Quantità
- II. Creare delle tabelle personalizzate con applicativi come RQuantities
- III. Creare un vero e proprio computo attraverso il programma Suite Mosaico che lega gli oggetti di Revit ad un prezzario regionale.

Per poter valutare i benefici di ognuno di questi metodi si è studiato nel dettaglio il loro funzionamento.

5.2.1 LA FUNZIONE ABACO

Abaco è una funzione già presente nel programma Revit e come è intuibile dal nome la sua finalità è quella di ottenere delle liste dei materiali utilizzati con le relative quantità. Nella creazione degli abachi la visualizzazione e la scelta dei dati non è completamente personalizzabile. Le colonne degli abachi possono rappresentare

- Parametri presenti già nel tipo dell'oggetto,
- Valori che il programma riesce a calcolare a partire dalle caratteristiche dell'istanza (ad es. Volume)
- Valori calcolati ottenuti inserendo delle formule semplici.

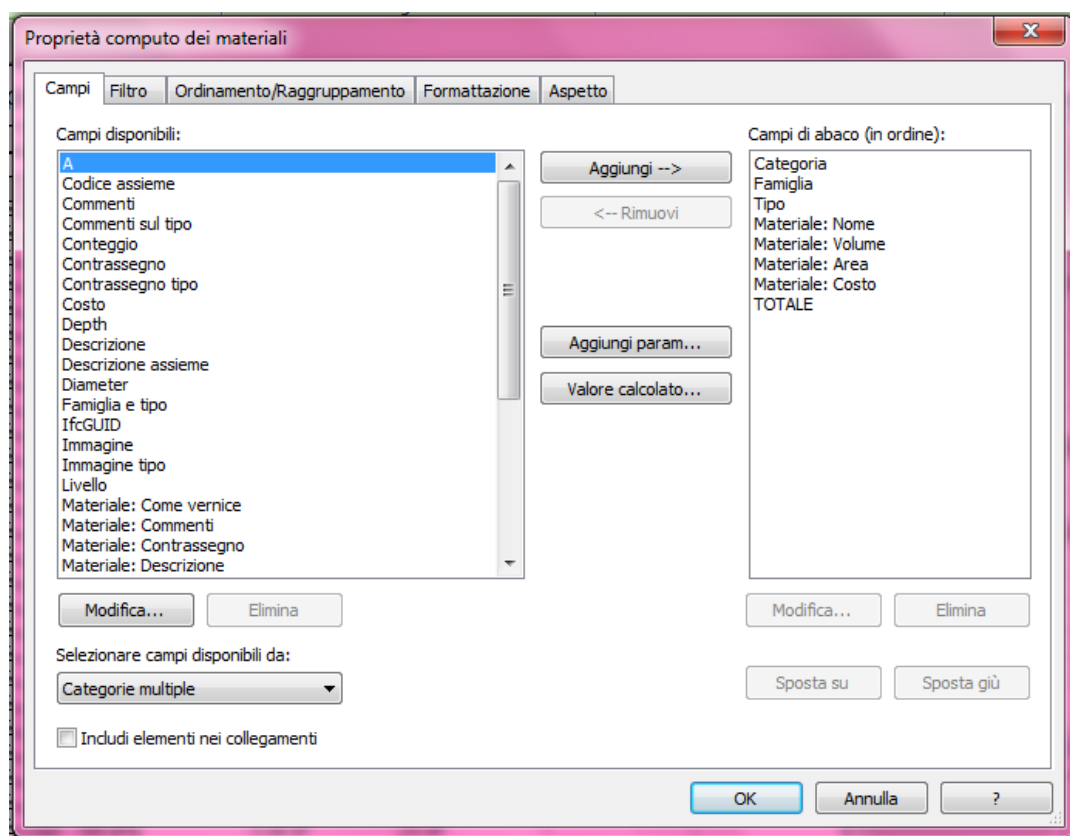


Figura 76 - Lista di parametri inseribili in Abaco

Figura 77 - Vista di progetto dell'Abaco

È possibile scegliere quali parametri inserire nelle colonne e inserire manualmente i prezzi nella colonna costo. A seconda di come si formatterà la vista sarà possibile ottenere la visualizzazione più adatta allo scopo. Per esempio un'altra visualizzazione permessa dalla funzione abaco è quella che pone l'evidenza sui materiali, utile per la visualizzazione delle quantità e per i piani di approvvigionamento.

<Computo dei materiali per più categorie>						
A	B	C	D	E	F	G
Materiale: Nome	Materiale: Volume	Materiale	Costo	Materiale: Costo	Conteggio	TOTALI
Abete	0.77 m³	37 m²		0.00	1	0.77 m³
Abete	0.84 m³	40 m²		0.00	1	0.84 m³
Abete	0.50 m³	24 m²		0.00	1	0.50 m³
Abete	0.80 m³	38 m²		0.00	1	0.80 m³
Abete	0.86 m³	41 m²		0.00	1	0.86 m³
Abete	0.86 m³	41 m²		0.00	1	0.86 m³
Abete	0.53 m³	25 m²		0.00	1	0.53 m³
Abete	1.07 m³	51 m²		0.00	1	1.07 m³
Abete	0.87 m³	41 m²		0.00	1	0.87 m³
Abete	1.08 m³	51 m²		0.00	1	1.08 m³
Abete	1.07 m³	51 m²		0.00	1	1.07 m³
Abete	0.49 m³	23 m²		0.00	1	0.49 m³
Abete	0.46 m³	22 m²		0.00	1	0.46 m³
Abete	0.46 m³	22 m²		0.00	1	0.46 m³
Abete	0.44 m³	21 m²		0.00	1	0.44 m³
Abete	0.44 m³	21 m²		0.00	1	0.44 m³
Abete	0.44 m³	21 m²		0.00	1	0.44 m³
Abete	0.22 m³	11 m²		0.00	1	0.22 m³
Abete	0.22 m³	11 m²		0.00	1	0.22 m³
Abete						12.40 m³
Aria	1.46 m³	37 m²		0.00	1	1.46 m³
Aria	1.60 m³	40 m²		0.00	1	1.60 m³
Aria	0.96 m³	24 m²		0.00	1	0.96 m³
Aria	1.53 m³	38 m²		0.00	1	1.53 m³
Aria	1.64 m³	41 m²		0.00	1	1.64 m³
Aria	1.64 m³	41 m²		0.00	1	1.64 m³
Aria	1.00 m³	25 m²		0.00	1	1.00 m³

Figura 78 - Abaco strutturato per materiali

Anche per l'inserimento dei costi bisogna far riferimento alla struttura del modello realizzato con Revit. Se il costo verrà attribuito al parametro "Materiale: Costo" allora tutti i tipi realizzati in questo materiale verranno automaticamente modificati.

Se si vuole attribuire un prezzo solo ad un tipo specifico, nel caso in questione → *10x20 che rappresentano gli arcarecci allora sarà necessario inserire la colonna 'Costo' nella quale applicando un prezzo questo verrà automaticamente ripetuto per tutte le istanze di quel tipo.

Per poter invece assegnare un prezzo solamente ad un'istanza basterà inserire nel computo un nuovo parametro dipendente non dai tipi, ma proprio dalle istanze.

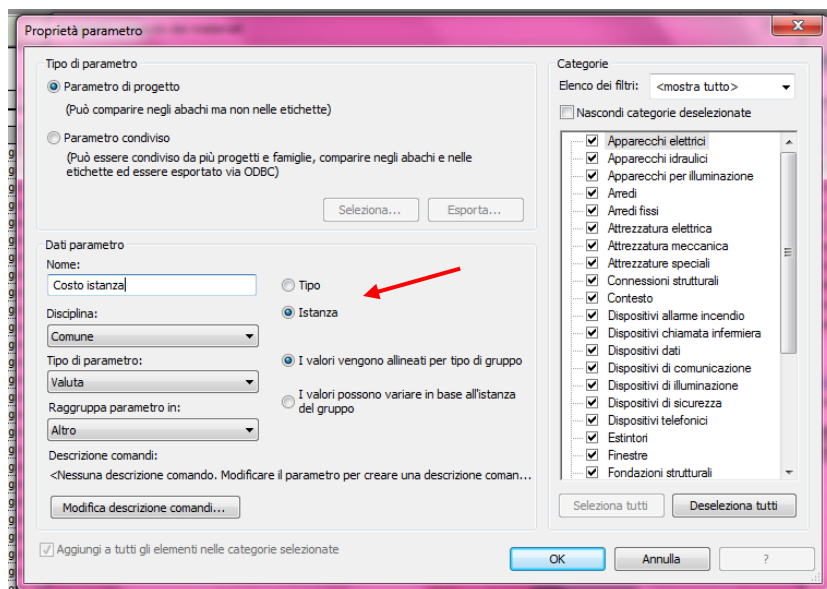


Figura 79 - Inserimento del parametro di istanza

Nell'immagine in rosso la colonna 'Materiale:costo' e in blu la colonna 'Costo'.

Per il calcolo dei totali invece la situazione diventa articolata. La prima limitazione del programma è che non è possibile moltiplicare un'unità di misura per una valuta e chiedere a Revit di considerare il risultato, esso stesso una valuta. Questo infatti può essere fornito solo nell'unità di misura, cosa chiaramente errata. Questo inconveniente può essere limitato nascondendo nella colonna in questione l'u.m., ma rimarrà comunque a livello pratico.

Nell'ultima colonna a destra non viene riportata l'unità di misura ma per Revit quel valore rappresenta comunque dei mc.

Revit inoltre non riesce a selezionare indipendentemente per un tipo o per un altro m^2 , m^3 o unità a seconda del materiale, della lavorazione o dell'elemento.

La formula può essere scritta facendo riferimento solo ad una delle tre cose. Le soluzioni possibili sono perciò:

- 1- inserire diverse tipologie di totali.
- 2- dividere con la funzione filtro le voci inserendo dei parametri aggiuntivi quali l'unità di misura e selezionare alternativamente le voci con unità di misura uguale a: mq, mc o unità. In questo modo si verranno a creare tre diversi computi.

Figura 80 - Calcolo dei totali

Figura 81 - Scelta dell'unità di misura da considerare

RQuantities è un plug-in scaricabile che si va ad innestare direttamente nella barra multifunzione di Revit.

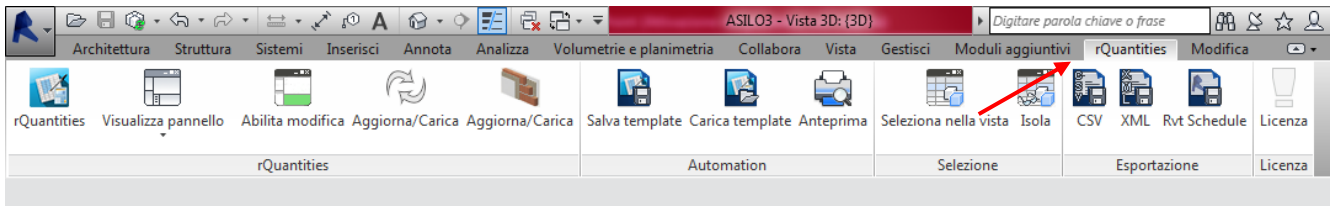


Figura 82 – barra multifunzionale

Con esso è possibile creare delle tabelle di computi metrici andando a scegliere quali parametri tra quelli applicati alla famiglia includere.

Per quanto riguarda i costi, a differenza degli abachi, non è possibile inserirli manualmente con la conseguenza che essi andranno inseriti a monte nella definizione del tipo. È possibile inserire formule e condizioni per l'inserimento dei dati.

Questo applicativo permette anche di effettuare delle scelte a livello grafico permettendo così una maggiore personalizzazione del computo.

The screenshot shows the 'Rquantities' window with the following data:

Famiglia e tipo	Altezza Totale	Volume	Costo	Costo totale
*Pilastrino Centrale:24x32				
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
*Pilastrino Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50.00	12.48
Totale	3.4800 m	2.247 m³	50.00	112.33

Figura 83 - Finestra di formattazione RQuantities

È possibile anche esportare le tabelle in due formati .CSV e .HML così da poter utilizzare i dati in Excel. Il problema di questo strumento è che nell'esportazione si perdono le formule inserite nella tabella di Revit e i totali calcolati a fine pagina.

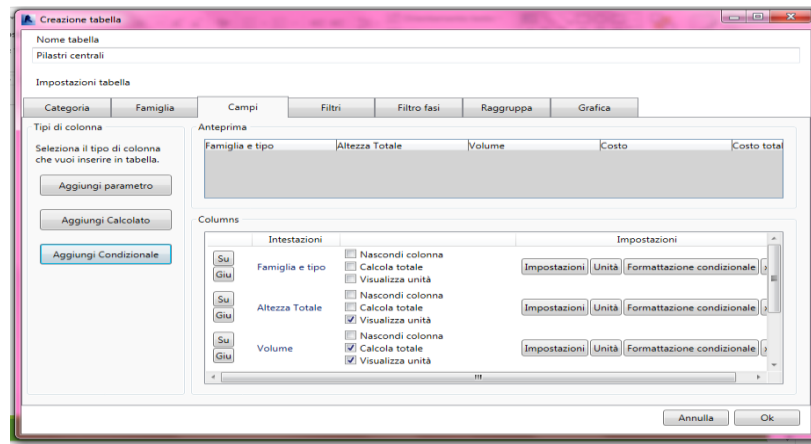


Figura 84 - Tabella di RQuantities

	A	B	C	D	E	F	G	H
	name	Famiglia_e_tipo	Altezza_Totale	Volume	Costo	Costo_totale		
1								
2	*Pilastro Centrale:24x32							
3	3.4800 m							
4	0.250 m³							
5	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
6	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
7	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
8	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
9	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
10	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
11	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
12	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
13	50.00	*Pilastro Centrale:24x32	3.4800 m	0.250 m³	50	12,48		
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Figura 85 - Esportazione in excel

Inoltre la versione utilizzata per effettuare queste tabelle è una versione di prova la quale permette di computare solamente 25 voci per cui non è possibile valutare il comportamento di questo applicativo se esteso ad un progetto completo.

5.3 GESTIONE DEGLI APPALTI

Per effettuare l'analisi delle procedure è stato utilizzato il linguaggio Business Process Management (BPM).

Il Business Process Management permette di individuare l'insieme di attività necessarie per definire, ottimizzare, monitorare e integrare i processi progettuali.

Una metodologia corretta per progettare ed implementare la gestione dei processi può essere così sintetizzata:

1. Identificazione del processo analizzato
2. Definizione di input e output scambiati tra gli attori del processo
3. Definizione delle attività e delle relative procedure che ne regolano lo svolgimento
4. Analisi dei tempi (durata delle attività)
5. Definizione delle prestazioni attese (indici di valutazione)
6. Definizione delle responsabilità di processo
7. Analisi statistica dei processi eseguiti

5.3.1 VISUALIZZAZIONE DELLE PROCEDURE

1. Si seleziona la famiglia da modificare

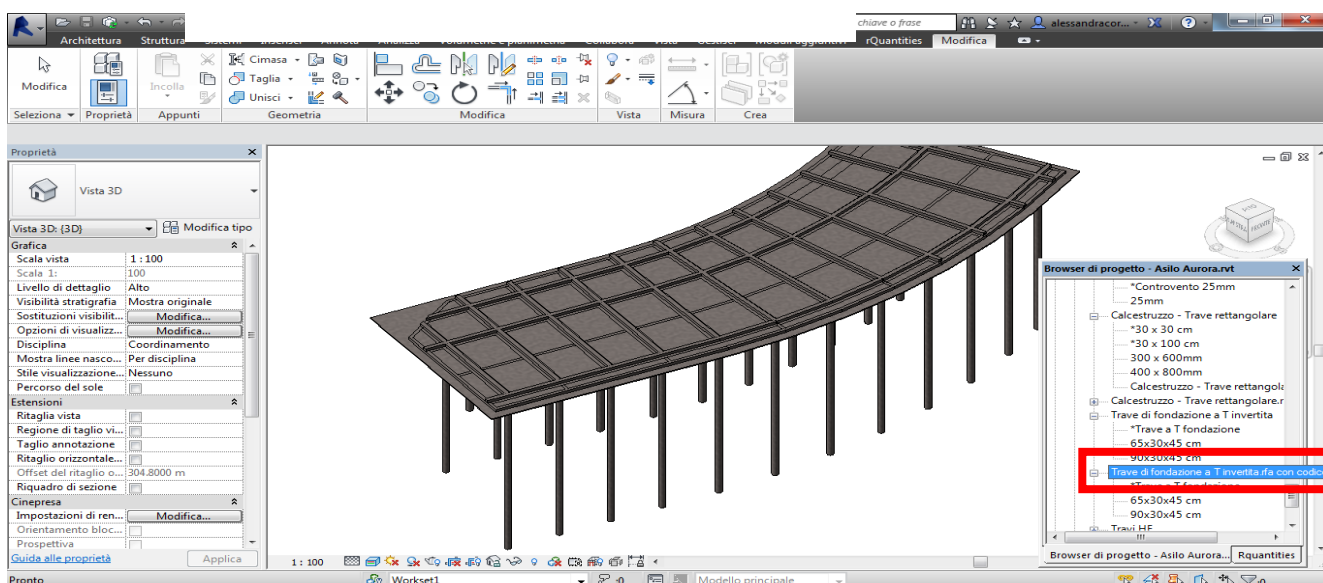


Figura 86 - Selezione della famiglia

2. Si inserisce il nuovo parametro che dovrà essere un parametro di rapporto

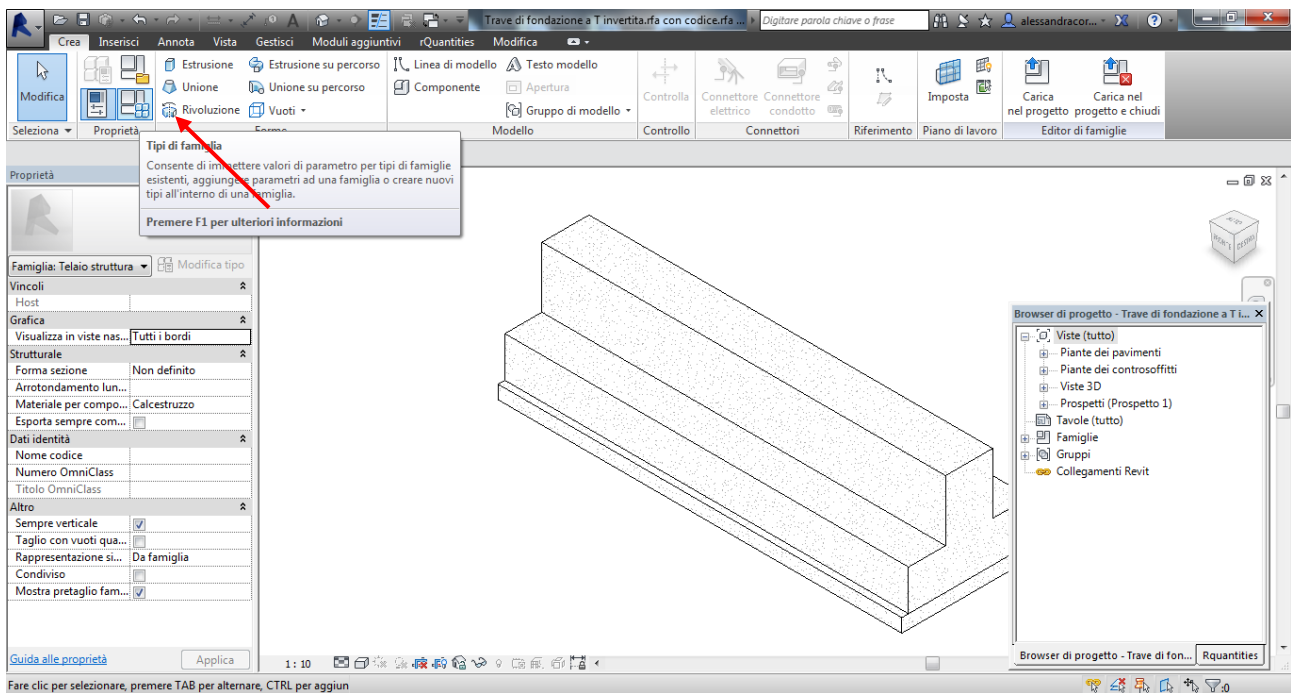


Figura 87 - Selezione comando 'Tipi di Famiglie'

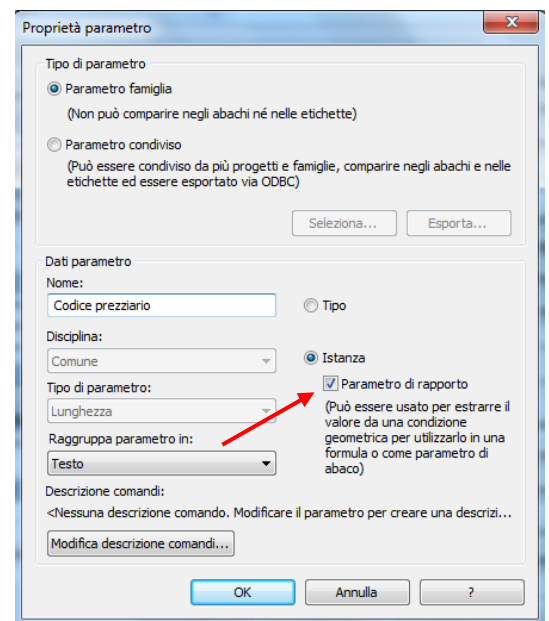
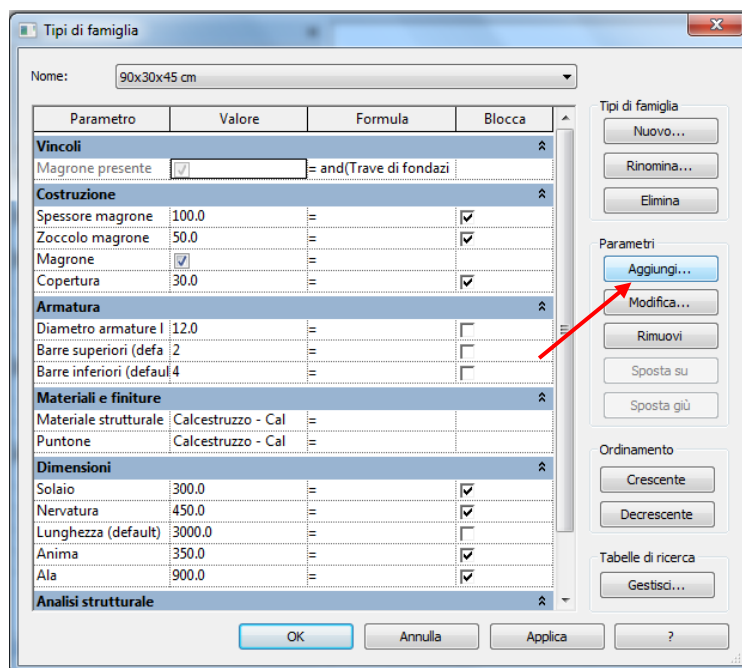


Figura 88 - Comando 'Aggiungi parametro'

3. A questo punto si carica la famiglia nel modello e si trasferiscono tutti gli oggetti interessati a questa nuova famiglia contenente il parametro 'codice prezzario'.

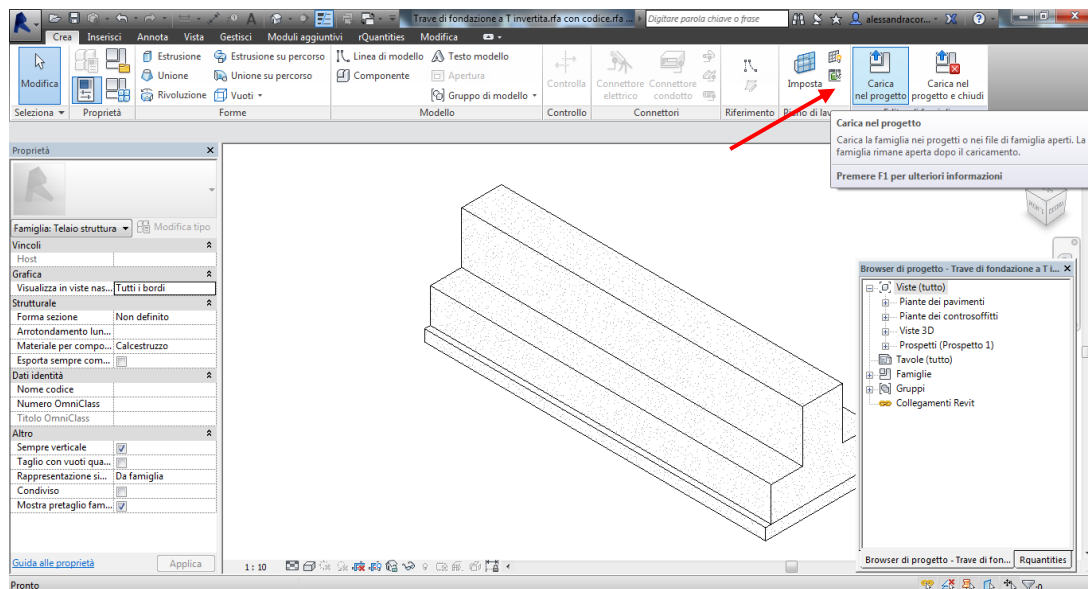


Figura 89 - Carica Famiglia nel progetto

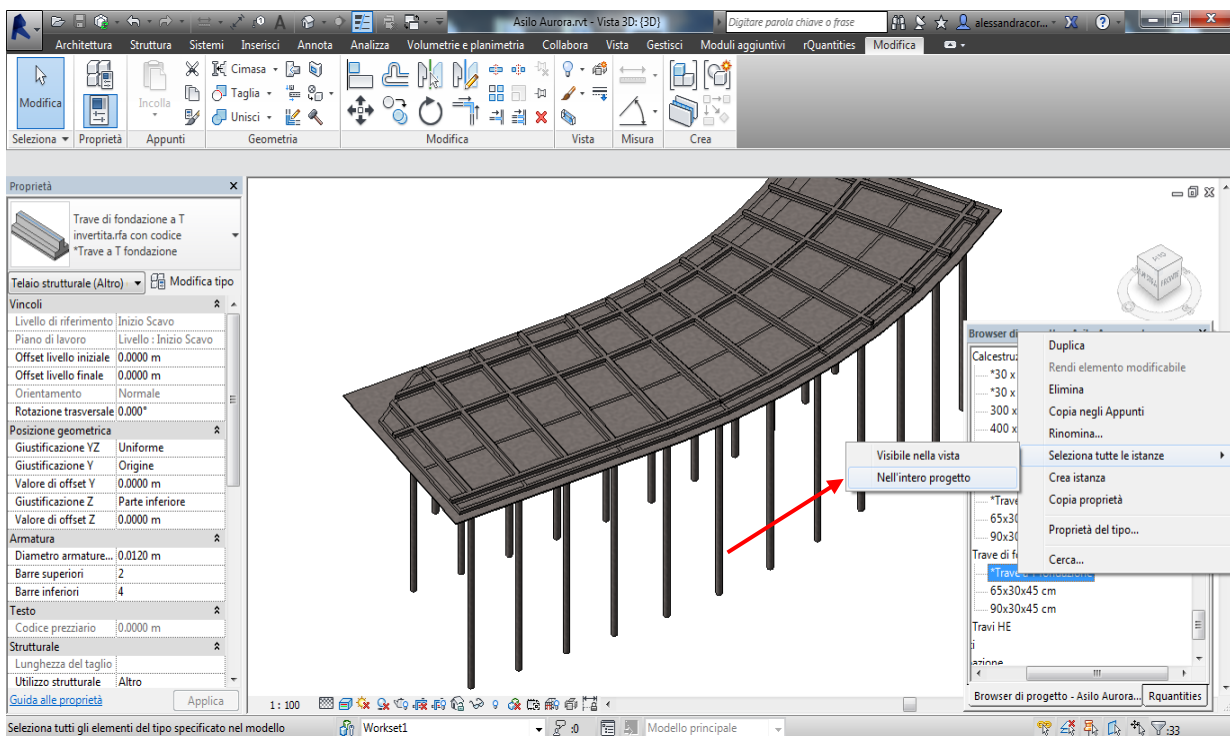


Figura 90 - Selezione di tutte le istanze contenute nel progetto

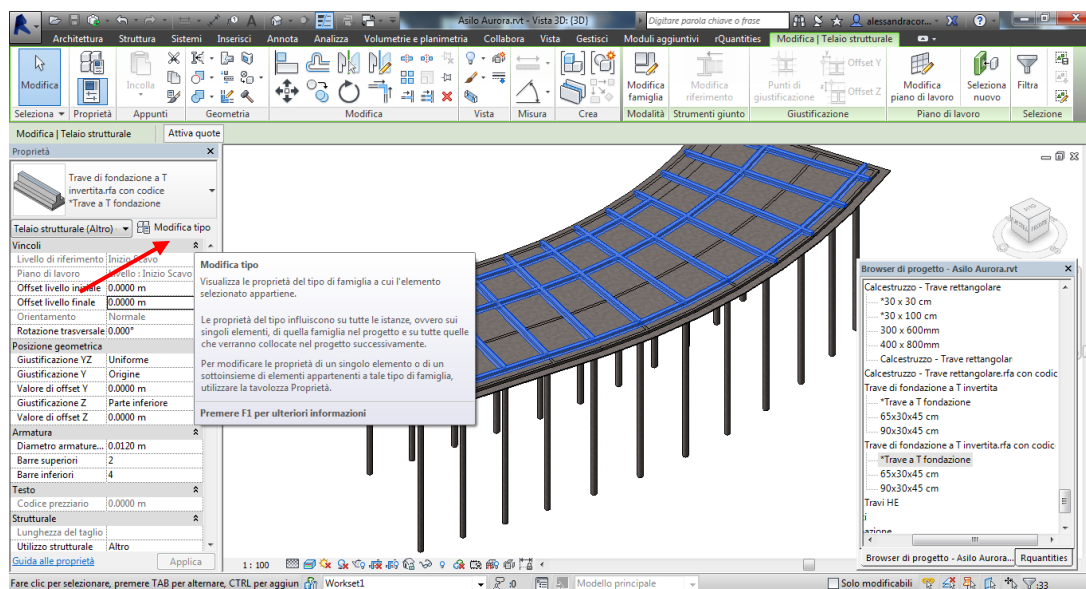


Figura 91- Modifica Tipo istanze

4. Si inserisce alla casella del parametro appena inserito il codice della lavorazione.

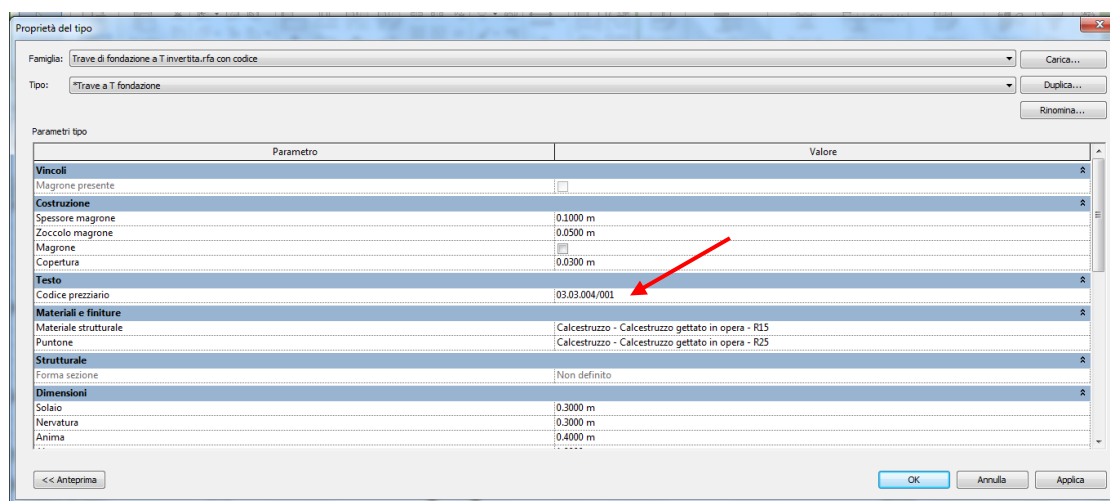


Figura 92 - Inserimento codice prezzario

5. Si potrà infine passare alla redazione del computo. Per inserire tutti gli elementi scegliamo un abaco multicategoria e, per avere una visualizzazione delle informazioni che vogliamo, impostiamo la formattazione in modo tale che codice prezzario sarà il parametro filtro. In questo modo otterremo un abaco delle quantità avente come prima voce il codice del prezzario e di seguito le informazioni utili per comprendere il tipo di oggetto che stiamo trattando.

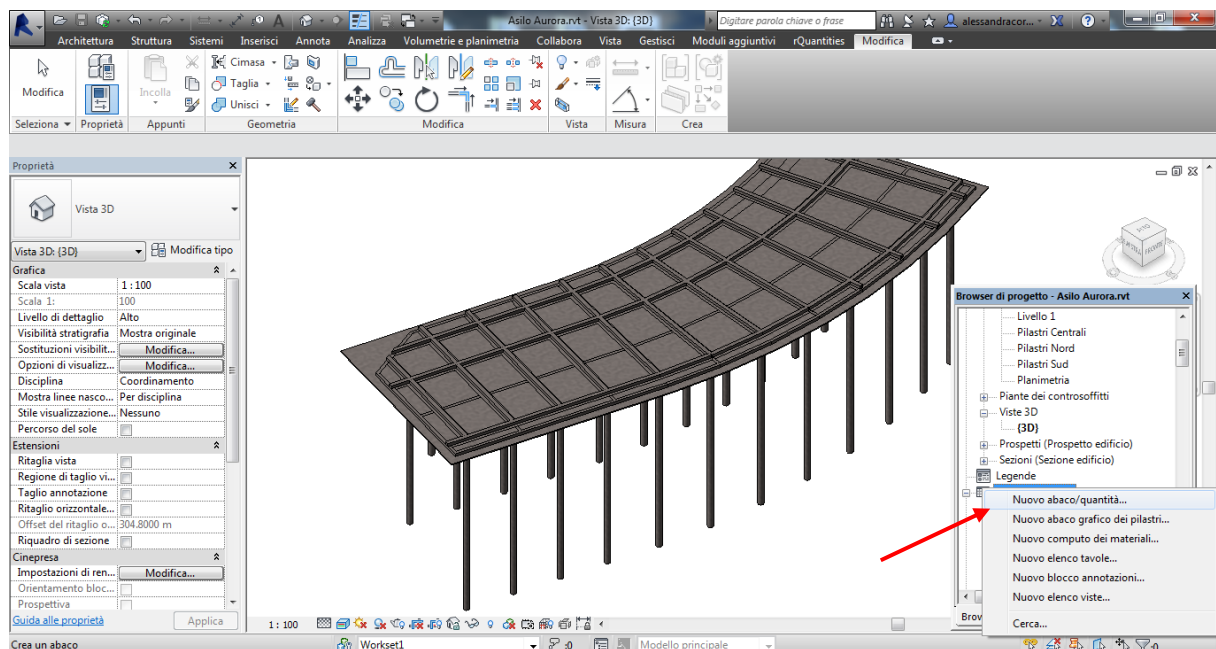


Figura 93 - Creazione nuovo abaco

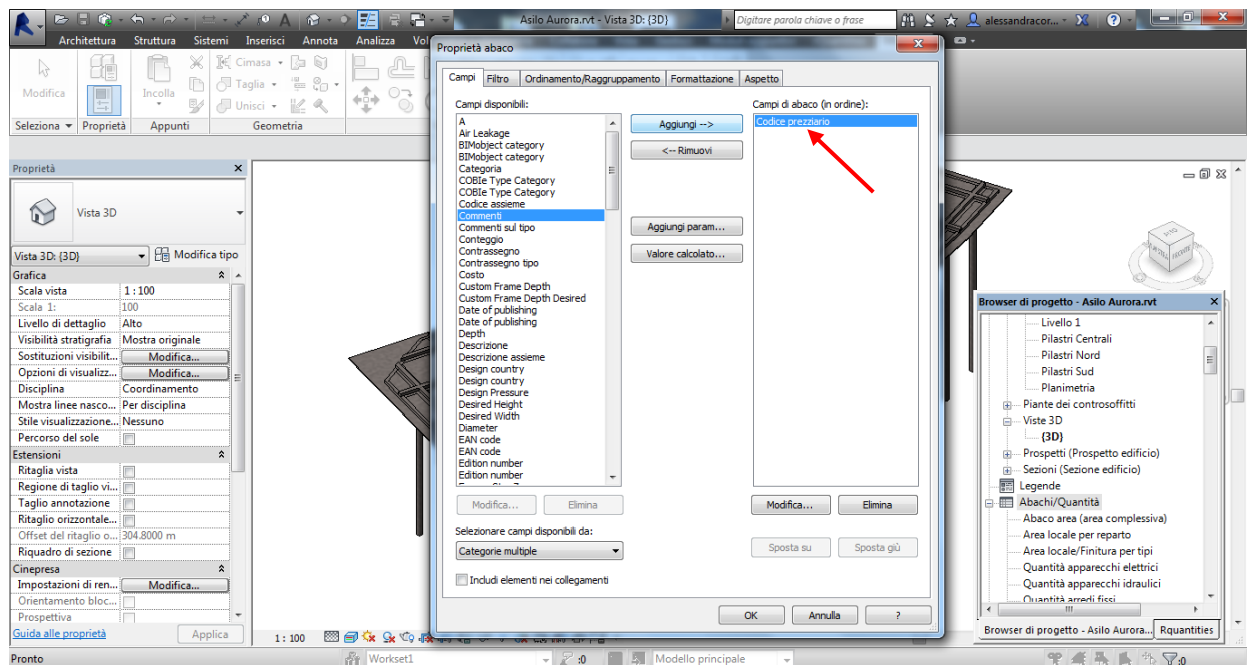


Figura 94 - Selezione parametro codice prezziario

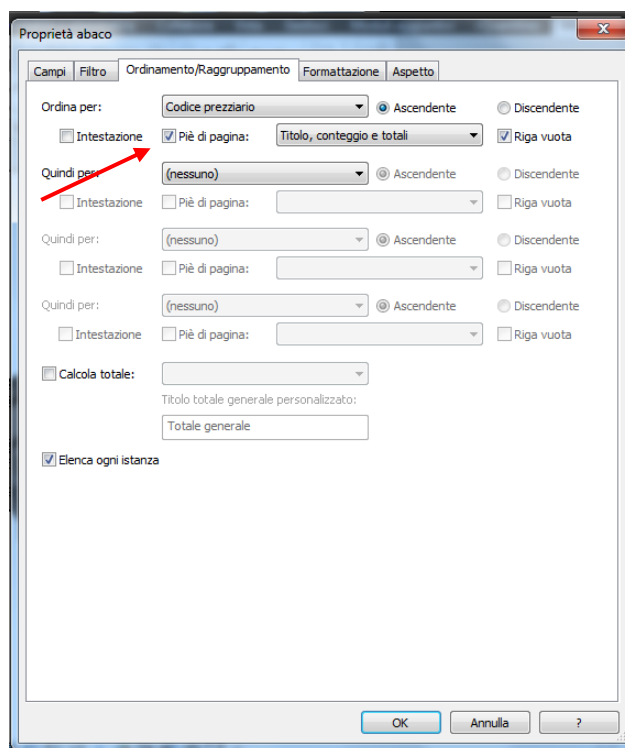


Figura 95 - Filtro codice prezzario

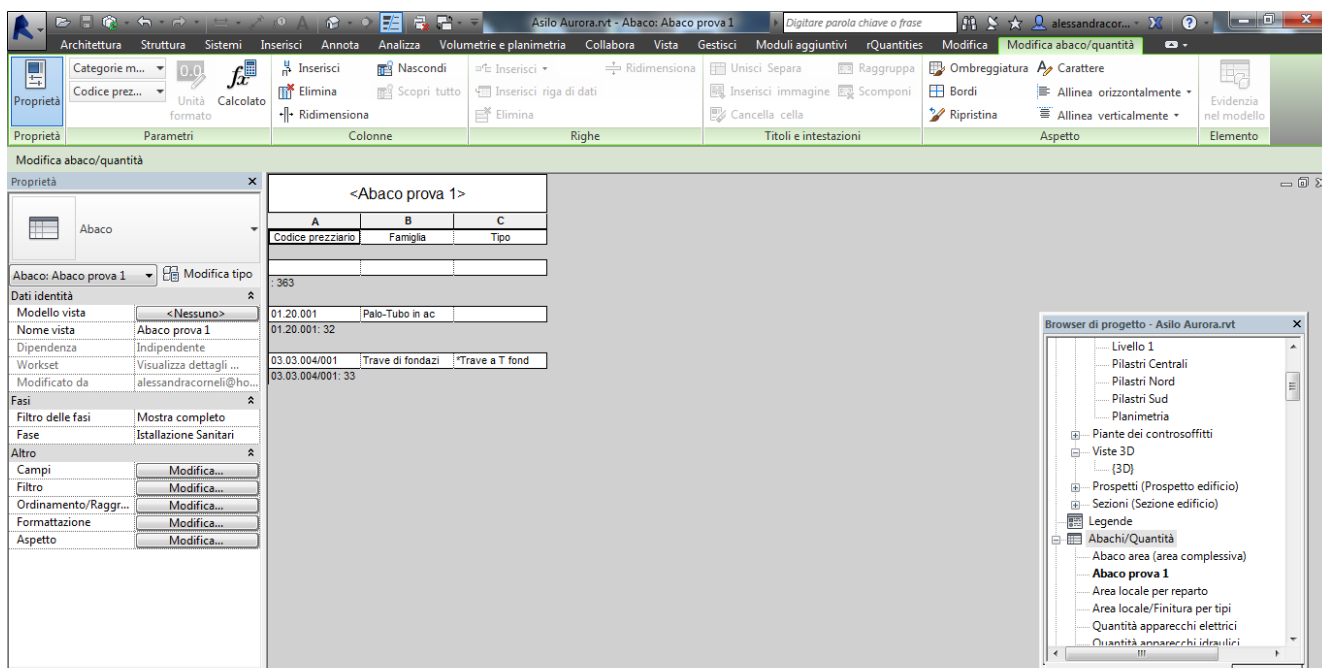


Figura 96 - Visualizzazione abaco

CONCLUSIONI

Il lavoro svolto in questa tesi si è occupato di ipotizzare un impiego del BIM ampliato nell'ambito della ricostruzione.

Si è dimostrato come l'impiego delle metodologie BIM possa implementare l'azione di ricostruzione in seguito ad eventi naturali nefasti.

Pur distinguendo per diversa operatività in situazioni di costruzioni ex-novo, con la necessità di recuperare edifici esistenti introducendo oltre al BIM, anche l'HIBIM, è risultato evidente come l'apporto metodologico informativo, surclassi qualsiasi altra metodologia.

Considerando inoltre che con il proseguo delle esperienze, le competenze si affineranno e l'esperienza fornirà nuovi applicativi e procedure consolidate.

Pensando ad un impiego sin dalle fasi iniziali, si può ben capire che la raccolta dati, inclusa la valutazione immediata del danno, possono fornire immediatamente un quadro delineato che può permettere scelte strategiche basate su un quadro di insieme dettagliato.

Quello che prima era un rilievo dello stato attuale di danneggiamento, può svolgere la funzione di partenza per la raccolta dati e la progettazione con il duplice vantaggio di monitorare costantemente la situazione e di ridurre i tempi della progettazione.

Infine non va tralasciato l'impiego del mezzo esternamente al settore edile come tipicamente inteso, ma può essere visto come database per tutti gli attori che vengono coinvolti in emergenze di questo tipo, come funzione di monitoraggio, e strumento riassuntivo della situazione emergenziale sin dalle prime operazioni di soccorso.

Basti pensare all'utilizzo integrato che organi come la Protezione Civile potrebbero basare su tali metodologie, andando in maniera rapida ad individuare le prime esigenze della popolazione, come l'impianto di alloggi provvisori e relativi servizi necessari.

Lo strumento di modellazione BIM è risultato essere un potente mezzo di semplificazione delle procedure e soprattutto una garanzia di qualità dell'operato. Ciò che ad oggi è ormai chiaro è che per poter sfruttare appieno i vantaggi e le potenzialità della tecnologia BIM sarà necessario, specialmente nelle fasi iniziali, un importante sforzo nella modellazione, in modo da sviluppare dei prototipi digitali degli edifici perfettamente rispondenti alla realtà.

Questo ingente impegno permetterà nelle fasi successive di poter sfruttare tutte le potenzialità dei programmi nella verifica di regole, prestazioni e requisiti e nei controlli post progettazione.

In tal modo le risorse che avranno il compito della creazione primaria del modello non potranno essere più dei disegnatori, ma dovrà trattarsi di professionisti competenti e con un bagaglio di conoscenze a 360° che permettano la piena gestione di tutti gli aspetti dell'edificio da progettare al fine di ottenere un digital building realistico che sarà in grado di approssimare i comportamenti reali della costruzione.

Riferimenti

- HANNES LINDBLAD, Study of the implementation process of BIM in construction projects Analysis of the barriers limiting BIM adoption in the AEC-Industry, Department of Real Estate and Construction Management Thesis no. 263 Architecture and Build Environment, ABE, Stockholm, 2013.
- MEHMET F. HERGUNSEL, Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2011.
- MARCO TARULLI, Il building information modeling (BIM) e l'interoperabilità in ambito strutturale, Università degli studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria civile edile e ambientale, 2015.
- MIKAEL LAAKSO, The Ifc Standard -A Review Of History, Development, And Standardization, Journal of Information Technology in Construction, 2012.
- LE ZHANG, RAJA R. A. ISSA, Development of IFC-based Construction Industry Ontology for Information Retrieval from IFC Models, University of Florida, USA.
- JING SUN , YU-SHEN LIU , GE GAOA, XIAO-GUANG HAN, IFCCompressor: A content-based compression algorithm for optimizing Industry Foundation Classes files, China, 2014, Automation in construction 50, 2015, Elsevier.
- JONGCHEOL SEO AND INHAN KIM, Industry Foundation Classes-Based Approach for Managing and Using the Design Model and Planning Information in the Architectural Design, Korea Journal of Asian Architecture and Building Engineering, November 2009/438.
- ALASTAIR WATSON, Digital buildings – Challenges and opportunities, Institute of Resilient Infrastructure, School of Civil Engineering, University of Leeds, 2011, Advanced Engineering Informatics 25, 2011, Elsevier.
- A.L.C. CIRIBINI, S. MASTROLEMBO VENTURA AND M. PANERONI, Implementation of an Open and Interoperable Process to Optimise Design and Construction Phases of a Residential Building Project: a Case Study using BIM in a Public Procurement, DICATAM, University of Brescia, Italy.

- THOMAS H. WONNACOTT, RONALD J. WONNACOTT, Introductory Statistics, fifth edition, John Wiley & Sons, 1969.
- PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, KATHLEEN LISTON, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition Chuck Eastman, John Wiley & Sons 2008.
- KEEGAN, CHRISTOPHER J., Building Information Modeling in Support of Spatial Planning and Renovation in Colleges and Universities, Thesis. WPI, 2010, WPI Electronic Theses and Dissertations.
- KENLEY, RUSSELL, AND OLLI SEPPANEN, Location-Based Management for Construction, New York, Spon, 2010.
- LEBLANC, PAUL, Prefabrication in Healthcare Construction, Personal interview Feb 2010.
- LIU, ZIJIA, Feasibility Analysis of BIM Based Information System for Facility Management at WPI, Thesis. WPI, 2010, Electronic Theses and Dissertations.
- <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc4/html/>
- Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 28.3.2014, L 94/65, DIRETTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE
- J. EGAN, Rethinking Construction, The report of the Construction Task Force, HMSO, UK, 1998.

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 3 - Divario di produttività tra industria manifatturiera e delle costruzioni</i>	<i>p 8</i>
<i>Figura 2 - Distribuzione di imprese di costruzione in base al numero di impiegati</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 - Curva di MacLeamy</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4 - Modello tradizionale di scambio di informazioni nel processo progettuale</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5 - Modello di scambio di informazioni con l'adozione del BIM</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 - Struttura dello standard IFC</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7 - Ruolo dei digital buildings nel life-cycle degli edifici</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8 - Uso del BIM all'interno del ciclo di vita di un edificio</i>	<i>19</i>
<i>Figura 9 - Uso del BIM all'interno del ciclo di vita di un edificio</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 - Tipico uso attuale del BIM attraverso le fasi della costruzione</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11 Chiesa di San Salvatore all'indomani del crollo</i>	<i>45</i>
<i>Figura 12 - Nuvola di punti</i>	<i>55</i>
<i>Figura 13 - GIS</i>	<i>59</i>
<i>Figura 14 - Integrazione BIM-GIS</i>	<i>62</i>
<i>Figura 15 - Metodologie integrate BIM-GIS</i>	<i>64</i>
<i>Figura 16 - Attivazione collaborazione</i>	<i>66</i>
<i>Figura 17 - Workset predefiniti</i>	<i>66</i>
<i>Figura 18 - Gestione impostazioni workset</i>	<i>67</i>
<i>Figura 19 - Salvataggio del file centrale</i>	<i>67</i>
<i>Figura 20 - Cartella di backup</i>	<i>68</i>
<i>Figura 21 - Apertura del modello in copia locale</i>	<i>68</i>
<i>Figura 22 - Comandi di condivisione del lavoro</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23 - Invio della richiesta di modifica</i>	<i>69</i>
<i>Figura 24 - Notifica automatica della richiesta di modifica</i>	<i>69</i>
<i>Figura 25 - Descrizione sintetica della procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>71</i>
<i>Figura 26 - Fase 1 in dettaglio (prima parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>71</i>
<i>Figura 27 - Fase 1 in dettaglio (seconda parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>72</i>
<i>Figura 28 - Fase 1 in dettaglio (terza parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>72</i>
<i>Figura 29 - Fase 1 in dettaglio (quarta parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>73</i>
<i>Figura 30 - Fase 2 in dettaglio (prima parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>73</i>
<i>Figura 31 - Fase 2 in dettaglio (seconda parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>74</i>
<i>Figura 32 - Fase 2 in dettaglio (terza parte) procedura attuale per appalti integrati</i>	<i>74</i>
<i>Figura 33 - Descrizione sintetica della procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>75</i>
<i>Figura 34 - Fase 1 in dettaglio (prima parte) procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>75</i>
<i>Figura 35 - Fase 1 in dettaglio (seconda parte) procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>76</i>
<i>Figura 36 - Fase 1 in dettaglio (terza parte) procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>76</i>
<i>Figura 37 - Fase 2 in dettaglio (prima parte) procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>76</i>
<i>Figura 38 - Fase 2 in dettaglio (seconda parte) procedura con BIM per appalti integrati</i>	<i>77</i>
<i>Figura 39 - Creazione di una nuova fase</i>	<i>78</i>
<i>Figura 40 - Denominazione della nuova fase 'Modifica'</i>	<i>79</i>
<i>Figura 41 - Scelta delle sostituzioni grafiche</i>	<i>79</i>
<i>Figura 42 - Duplicazione della vista di livello</i>	<i>80</i>
<i>Figura 43 - Scelta della fase da visualizzare</i>	<i>80</i>
<i>Figura 44 - Visualizzazione parti modificate</i>	<i>81</i>
<i>Figura 45 - Inserimento etichette</i>	<i>81</i>
<i>Figura 46 scheda AeDES</i>	<i>88</i>
<i>Figura 47 -</i>	<i>90</i>
<i>Figura 48 - Restituzione del quadro fessurativo</i>	<i>91</i>
<i>Figura 49 - Schermata iniziale per la creazione di un nuovo modello</i>	<i>92</i>
<i>Figura 50 - Interfaccia grafica utente</i>	<i>93</i>

<i>Figura 51 - Schermate per l'impostazione dell'unità di misura</i>	<i>p 94</i>
<i>Figura 52 - Creazione e visualizzazione dei livelli</i>	<i>94</i>
<i>Figura 53 - Realizzazione della griglia</i>	<i>95</i>
<i>Figura 54 - Lista dei template a disposizione</i>	<i>97</i>
<i>Figura 55 - Definizione dei parametri dimensionali</i>	<i>98</i>
<i>Figura 56 - Impostazione dei parametri necessari a definire l'oggetto</i>	<i>99</i>
<i>Figura 57 - Creazione dei 4 Tipi di pilastri</i>	<i>99</i>
<i>Figura 58 - Schermata di modifica della struttura dell'elemento</i>	<i>100</i>
<i>Figura 59 - Inserimento della platea nel modello</i>	<i>101</i>
<i>Figura 60 - Inserimento famiglia igloo</i>	<i>102</i>
<i>Figura 61 - Schermata di modifica della struttura dell'elemento</i>	<i>103</i>
<i>Figura 62 - Inserimento copertura nel modello</i>	<i>103</i>
<i>Figura 63 - Realizzazione griglia di riferimento</i>	<i>104</i>
<i>Figura 64- Fase2: Modellazione del terreno</i>	<i>105</i>
<i>Figura 65 - Fase 3: Modellazione delle fondazioni</i>	<i>106</i>
<i>Figura 66 - Realizzazione della struttura portante</i>	<i>106</i>
<i>Figura 67 - Fase 5: Inserimento pacchetti di copertura</i>	<i>107</i>
<i>Figura 68 - Fase 6: Inserimento chiusure verticali</i>	<i>107</i>
<i>Figura 69 - Fase 7: Inserimento infissi e forniture</i>	<i>108</i>
<i>Figura 70 - Render del modello della scuola</i>	<i>108</i>
<i>Figura 71 - Render del modello del sito</i>	<i>112</i>
<i>Figura 72 – Render inserimento dell' edificio</i>	<i>112</i>
<i>Figura 73 - Render del modello in fase di lavorazione</i>	<i>113</i>
<i>Figura 74 - Render istallazione cantiere</i>	<i>117</i>
<i>Figura 75 – funzioni selezionabili</i>	<i>118</i>
<i>Figura 76 - Lista di parametri inseribili in Abaco</i>	<i>121</i>
<i>Figura 77 - Vista di progetto dell'Abaco</i>	<i>122</i>
<i>Figura 78 - Abaco strutturato per materiali</i>	<i>123</i>
<i>Figura 79 - Inserimento del parametro di istanza</i>	<i>124</i>
<i>Figura 80 - Calcolo dei totali</i>	<i>125</i>
<i>Figura 81 - Scelta dell'unità di misura da considerare</i>	<i>125</i>
<i>Figura 82 – barra multifunzionale</i>	<i>126</i>
<i>Figura 83 - Finestra di formattazione RQuantities</i>	<i>126</i>
<i>Figura 84 - Tabella di RQuantities</i>	<i>127</i>
<i>Figura 85 - Esportazione in excel</i>	<i>127</i>
<i>Figura 86 - Selezione della famiglia</i>	<i>128</i>
<i>Figura 87 - Selezione comando 'Tipi di Famiglie'</i>	<i>129</i>
<i>Figura 88 - Comando 'Aggiungi parametro'</i>	<i>129</i>
<i>Figura 89 - Carica Famiglia nel progetto</i>	<i>130</i>
<i>Figura 90 - Selezione di tutte le istanze contenute nel progetto</i>	<i>130</i>
<i>Figura 91- Modifica Tipo istanze</i>	<i>131</i>
<i>Figura 92 - Inserimento codice prezziario</i>	<i>131</i>
<i>Figura 93 - Creazione nuovo abaco</i>	<i>132</i>
<i>Figura 94 - Selezione parametro codice prezziario</i>	<i>132</i>
<i>Figura 95 - Filtro codice prezziario</i>	<i>133</i>
<i>Figura 96 - Visualizzazione abaco</i>	<i>133</i>

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il mio relatore, il Professor Berardo Naticchia, per la pazienza avuta in tanti anni, per l'incoraggiamento che mi ha regalato in tante occasioni, per le possibilità offerte ed i consigli preziosi.