

Adriano Castagnone

Il BIM per il calcolo strutturale



Indice

Introduzione.....	3
Le tecniche di rappresentazione del progetto edilizio.....	4
La metodologia tradizionale.....	4
La progettazione tradizionale	5
La progettazione con la metodologia BIM	6
Un unico modello integrato	7
Riduzione della duplicazione dei dati.....	7
Controllo delle interferenze	8
Generazione automatica dei disegni.....	8
Aggiornamento automatico degli elaborati	8
L'interoperabilità.....	9
Dal BIM architettonico al BIM strutturale.....	10
Il trasferimento dei dati	11
Gli oggetti strutturali nel formato IFC.....	13
Il software per il BIM strutturale.....	14
Il processo di integrazione modello architettonico – modello strutturale	16
1. Selezione degli oggetti da esportare dal modello architettonico (IFC).....	16
2. Importazione file IFC in Axis VM	17
3. Acquisizione elementi strutturali già presenti nel modello architettonico	18
4. Completamento della costruzione del modello con oggetti strutturali.....	19
5. Analisi statica e sismica	23
6. Verifica degli elementi (travi e pilastri) con eventuale variazione.....	24
7. Aggiornamento del modello geometrico strutturale e di calcolo	24
L'esportazione file IFC (DXF 3F – PDF 3D)	26

Introduzione

Il BIM in Italia ha una discreta diffusione presso i progettisti ed è usato quasi esclusivamente per la progettazione architettonica, mentre le sue funzionalità possono essere ben più ampie.

Esaminiamone le ragioni.

Storicamente i produttori di software BIM (quasi tutti esteri) hanno privilegiato il settore architettonico, offrendo soluzioni sempre più avanzate ed oggi mature per essere utilizzate in modo seriamente professionale.

La seconda è dovuta alla mancanza di proposte dei produttori di software di calcolo (italiani) per soluzioni BIM per le altre aree come quella strutturale e impiantistica.

Resta infine il dubbio che il mondo professionale non abbia ancora realmente compreso tutte le potenzialità che il BIM offre, in particolare l'interoperabilità, cioè la possibilità di interazione tra i diversi progettisti che intervengono nelle diverse fasi del progetto.

COME FUNZIONA IL BIM?

BIM: Building Information Model
BIM: Building Information Modeling

Obiettivo del BIM è la gestione più evoluta ed integrata dei progetti

- 1. Metodologia** = Sistema organizzativo delle diverse fasi di progettazione
- 2. Tecnologia** = Software + Hardware

Figura 1

Potenzialmente il BIM può essere applicato come supporto progettuale per tutte le fasi di un edificio, dalla progettazione alla demolizione. Inoltre il BIM si può applicare anche per le opere infrastrutturali.

In questo documento saranno trattati gli aspetti principali dei software BIM per il progetto architettonico e per il progetto strutturale, evidenziando le problematiche generali.

Le questioni sono tali e tante che alcune parti sono fortemente sintetizzate, per cui alcuni temi saranno meglio sviluppati in seguito, dando loro lo spazio necessario.

Quando si parla di BIM si inizia cercando di definirlo, qui invece cercheremo di spiegare come funziona il BIM da due punti di vista: metodologico e tecnologico.

L'aspetto metodologico riguarda l'organizzazione delle diverse componenti del progetto, cioè la sequenza delle varie operazioni progettuali e come il BIM può aiutarne lo svolgimento.

L'aspetto tecnologico si riferisce al software, cioè ai programmi che rendono operativo il BIM. Senza software e hardware adeguati non sarebbe possibile trattare i dati relativi alle diverse fasi progettuali.

Le tecniche di rappresentazione del progetto edilizio

È utile esaminare, in una breve carrellata, le diverse tecniche di rappresentazione degli oggetti edilizi, necessità da sempre sentita per poter comunicare alla committenza e all'impresa esecutrice ciò che si intende realizzare.

La metodologia tradizionale

Da sempre sono stati realizzati modelli in scala che rappresentano plasticamente la costruzione (fig. 2).



Figura 2

Il costo e la complessità riducono però l'applicazione di questa tecnica, anche se oggi potrebbe ritornare d'attualità grazie alle stampanti tridimensionali di nuova generazione in grado di riprodurre fedelmente un progetto architettonico a partire appunto dal progetto BIM.

Il disegno su carta è il miglior mezzo per la comunicazione dei progetti, e nei secoli sono state sviluppate diverse tecniche grafiche (fig. 3) ma solo alla fine del settecento il matematico Gustav Monge ha sviluppato un sistema di rappresentazione rigoroso, la geometria descrittiva, ancora ampiamente utilizzata ai giorni nostri (fig. 4).



Figura 3

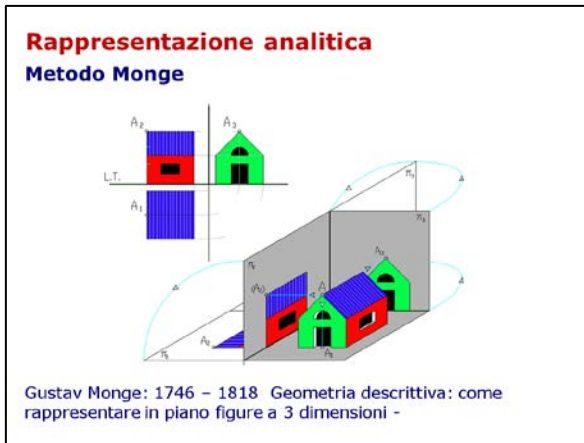


Figura 4

Tutti i professionisti hanno operato e operano con questa tecnica che consente di produrre elaborati grafici chiari ed univoci come piante, prospetti, sezioni.

Dagli anni 80 l'introduzione di sistemi grafici computerizzati (CAD) non ha fatto altro che trasferire sul computer quanto prima veniva prodotto manualmente, velocizzando le operazioni di disegno e offrendo strumenti per aumentare la produttività, senza però modificare l'impostazione del sistema.



Figura 5

Uno dei limiti che il CAD presenta è la genericità degli elementi grafici introdotti. Ad esempio, una linea che indica una porta ha lo stesso valore di una linea che indica una struttura in c.a.

Questo perché il CAD utilizza primitive grafiche (linee, cerchi, curve, ecc.) senza attribuire loro un significato logico cioè la destinazione del simbolo grafico. È l'operatore che attraverso sue convenzioni può fornire un significato logico attraverso alcune opzioni, come l'uso dei blocchi e dei layer, ma con scarsa flessibilità operativa e senza nessuna regola standardizzata.

La progettazione tradizionale

Per meglio comprendere la logica del BIM è utile ricordare che il progettista rappresenta mentalmente l'idea del suo progetto in tridimensionale (1) e tradizionalmente lo comunica attraverso piante e sezioni in modo manuale o con il CAD (2)

Esistono oggettive difficoltà, a partire da questi elementi, nel ricostruire l'edificio secondo la realtà tridimensionale. Inoltre i disegni possono essere numerosi e non essendo collegati tra loro, le modifiche possono richiedere molto tempo.



Figura 6

La progettazione con la metodologia BIM

Con il BIM (fig. 7) il progettista parte sempre (1) da ciò che intende realizzare ma la modalità di rappresentazione sarà un oggetto virtuale tridimensionale, un vero e proprio modello seppur virtuale (3), costituito da oggetti elementari (muri, solai, pilastri, scale, elementi di arredo (2)) che il software BIM mette a disposizione (fig. 8).



Figura 7



Figura 8

La disponibilità di librerie di oggetti parametrici facilita quindi la costruzione del modello.

Piante, prospetti, sezioni saranno quindi prodotti in automatico grazie alla capacità del software di elaborare il modello 3D ricavandone i dati necessari.

Per questo si può dire che il CAD sta al BIM come un disegno sta a un modello.

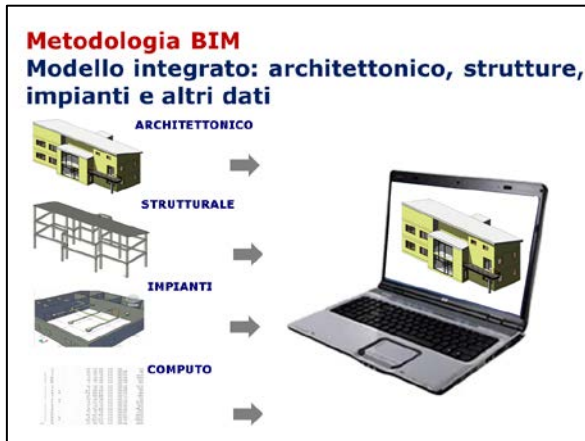


Figura 9

Nel seguito di questo articolo si userà quindi il termine modello intendendolo come elemento costitutivo del progetto.

Ma la differenza tra CAD e BIM non si ferma qui; il modello BIM può comprendere tutte le informazioni necessarie per la costruzione, quindi il modello architettonico può essere integrato con il modello strutturale e il modello degli impianti.

Inoltre è possibile associare ad ogni oggetto ulteriori informazioni, come la descrizione dei materiali utilizzati, il costo unitario, i tempi di realizzazione, i dati per la pianificazione che possono diventare oggetto di successive elaborazioni. Ad esempio è possibile ottenere quasi automaticamente il computo metrico.

Queste componenti (prezzo e tempo) costituiscono nuove dimensioni che si aggiungono alle tre spaziali.

I vantaggi sono immediatamente evidenti.

Un unico modello integrato

il modello BIM può comprendere tutti gli elementi progettuali, non solo quindi il modello architettonico ma anche quello strutturale ed impiantistico (fig. 9), concentrando quindi in un unico file tutte le informazioni.

Riduzione della duplicazione dei dati

I dati compresi nel modello architettonico (geometrie, materiali, ecc.) sono trasmessi automaticamente alle altre componenti del modello (strutture ed impianti) evitando ripetizioni ed errori

Controllo delle interferenze

Operando con un unico modello integrato si ha la possibilità di verificare in anteprima le eventuali interferenze invece di scoprirle drammaticamente solo a in fase esecutiva. Si riducono in questo modo tempi e costi.

Generazione automatica dei disegni

Per molti aspetti gli elaborati tradizionali come piante, prospetti, sezioni sono ancora necessari, ma sono generati automaticamente a partire dal modello BIM nel numero desiderato.

Aggiornamento automatico degli elaborati

Apportando variazioni al modello 3D anche i disegni derivati sono automaticamente aggiornati, ma vale anche il viceversa, cioè operando direttamente su di un prospetto o su di una pianta, anche il modello complessivo sarà aggiornato, compreso il computo metrico, che potrà essere anche estimativo se gli oggetti di partenza contengono le informazioni relative ai prezzi unitari.

L'interoperabilità

Questo termine indica il processo di collaborazione che, grazie al BIM, si può attivare tra i progettisti delle diverse aree (architettonico, strutturale, impiantistico).

La forma più semplice di Interoperabilità (fig. 10) si realizza quando dal modello architettonico si trasferiscono i dati necessari per realizzare il modello strutturale e il modello impiantistico. L'operazione è biunivoca in quanto è possibile integrare questi progetti nel modello architettonico. Tutti i dati possono poi confluire in un unico computo metrico.

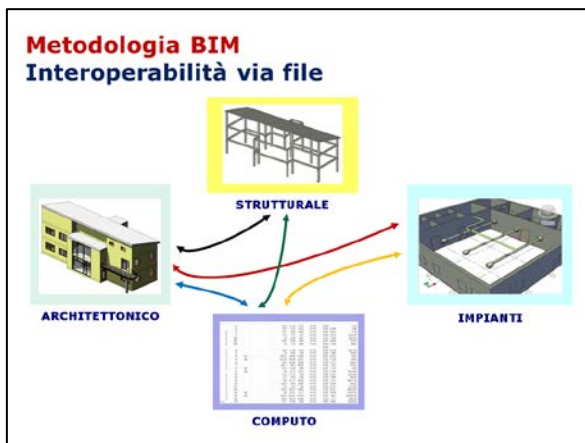


Figura 10

Un livello superiore di interoperabilità (fig. 11) prevede un BIM server, cioè un concentratore unico dei dati in cui convergono tutti i modelli, potendo così comprendere i documenti progettuali dell'intero ciclo di vita della costruzione, compresi i dati relativi alla fase costruttiva ed alla manutenzione. Questa soluzione può utilizzare infine Internet potenziando ancora il sistema ed offrendo la disponibilità di tutti i dati in qualsiasi momento a chiunque sia interessato.



Figura 11

Esaminando i parametri di flessibilità e collaborazione tra i progettisti nelle diverse modalità di rappresentazione del progetto (fig. 12) si può notare che con il CAD si ha maggiore flessibilità rispetto al BIM mentre il livello di collaborazione possibile è minimo. Con il BIM invece i diversi progettisti possono collaborare molto più facilmente anche se a scapito di una lieve riduzione della flessibilità ma con produttività crescente e quindi con una riduzione dei costi significativa.

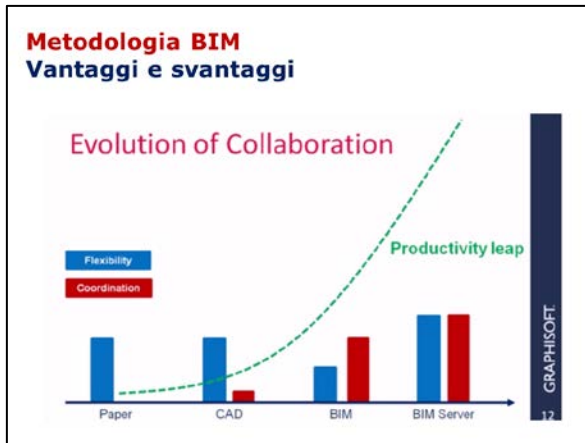


Figura 12

Altro aspetto rilevante (fig. 13) è la caratteristica del BIM di accumulare tutte le informazioni che si generano nelle diverse fasi di progettazione ottenendo quindi, senza particolari difficoltà, un database integrato che comprende tutti gli elaborati progettuali.

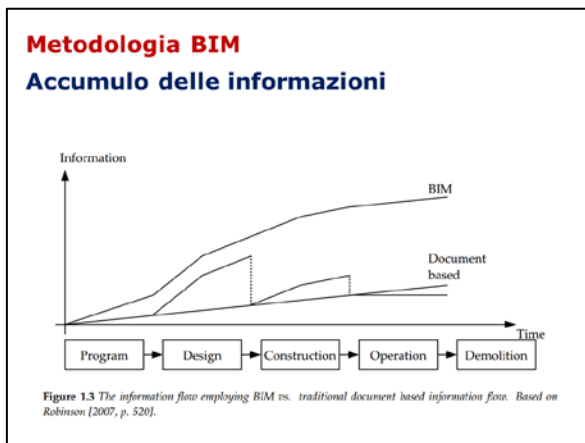


Figura 13

Al contrario la progettazione tradizionale tende a disperdere le informazioni in quanto ogni progettista opera singolarmente.

Dal BIM architettonico al BIM strutturale

Come già detto il modello BIM può comprendere le informazioni relative al modello architettonico, al modello strutturale e al modello degli impianti. Ad oggi non esiste ancora un software in grado di gestire contemporaneamente i tre aspetti, quindi per ogni tipo di modello si dovrà utilizzare un software adeguatamente predisposto. Il processo di integrazione dei modelli è illustrato in fig. 14 con i diversi passaggi dal modello architettonico al modello strutturale e ritorno.

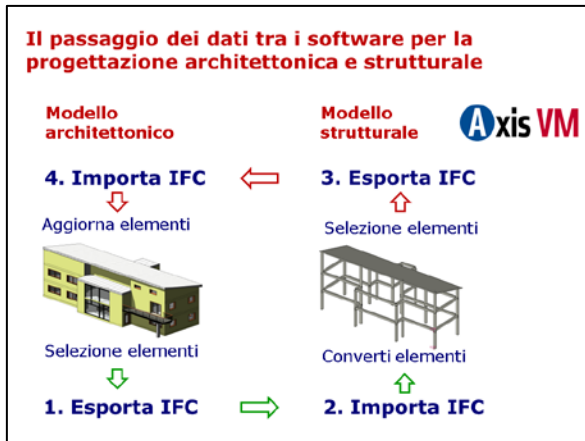


Figura 14

Dal punto di vista operativo il passaggio dei dati tra i modelli avviene con file standard e normati, condivisi tra i diversi produttori di software. Tra questi il più diffuso è il formato IFC (Industry Foundation Classes Data Model), realizzato da BuildingSmart®.

Il formato IFC è molto potente e articolato in quanto comprende tutti i dati che possono verificarsi in un progetto, ma questo lo rende anche molto complesso, al punto che ogni produttore di software lo interpreta secondo una propria visione e convenienza. Questo ha creato nel tempo dei “dialetti”, cioè delle interpretazioni personali, che a volte rendono difficoltoso il trasferimento dei dati.

Dal punto di vista informatico significa che per trasferire i dati occorre sviluppare dei traduttori per ogni specifico software.

Il trasferimento dei dati

Il processo avviene partendo dal modello architettonico ed esportando il modello in formato IFC (fig. 15).



Figura 15

In genere i software consentono di definire dei filtri per gli oggetti esportati, evitando di trasferire dati inutili, come gli elementi di arredo o altri elementi non significativi per le strutture.

Il file IFC così prodotto viene letto dal software per il calcolo strutturale e rielaborato per quanto riguarda il modello strutturale.

Terminata la progettazione strutturale è possibile esportare un file ancora in formato IFC ed integrarlo nel modello architettonico.

Questa operazione, semplice a prima vista, nasconde invece una serie di criticità da approfondire al fine di sfruttare tutte le potenzialità offerte dal BIM.

Esaminando con maggior dettaglio il passaggio architettonico-strutturale occorre considerare che ogni software archivia i dati secondo un proprio formato e quindi sono necessari traduttori veri e propri per il loro trasferimento tra i vari data base (fig. 16).

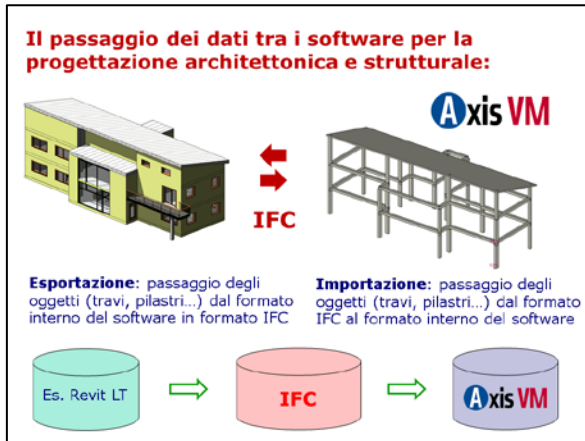


Figura 16

Questa è un'operazione non banale a causa della complessità dei file IFC e della specifica interpretazione del formato IFC realizzata dai diversi produttori di software BIM.

In particolare poi i dati che derivano dal modello architettonico si possono dividere in due categorie. La prima è relativa ai dati che si riferiscono ad oggetti non strutturali ma che possono essere utilizzati come riferimento per il modello strutturale. Ad esempio le murature di tamponamento devono contenere i pilastri ma in genere non sono considerate portanti.

La seconda categoria si riferisce agli elementi strutturali veri e propri; ad esempio nel modello architettonico potrebbero già essere presenti pilastri e travi, specie per le strutture in acciaio. In questo caso il passaggio è diretto e completamente automatico.

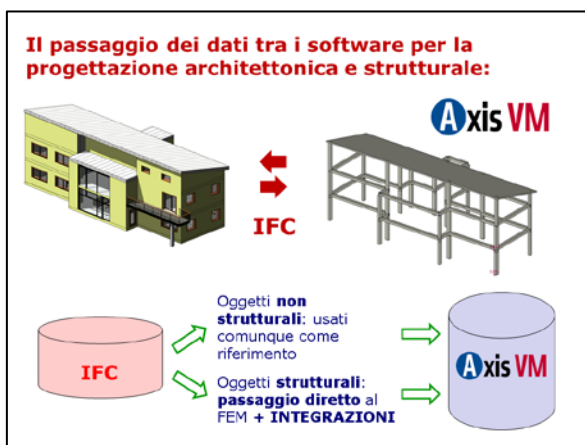


Figura 17

Gli oggetti strutturali nel formato IFC

Lo standard IFC comprendere i principali elementi strutturali come travi, pilastri, elementi lineari generici (fig. 18).

È prevista anche la possibilità di trasferire dati relativi a piastre, muri, solai piani e inclinati (fig. 19 - 20).

A seguito della progettazione esecutiva di travi e pilastri è previsto un intero capitolo dedicato ai dettagli di armatura (fig. 21) con la possibilità di rappresentarli spazialmente all'interno degli elementi stessi.

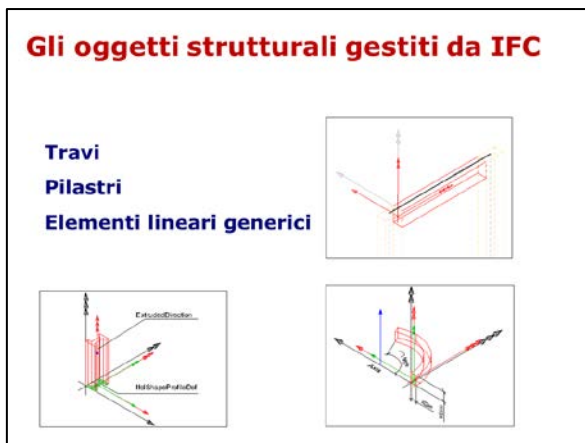


Figura 18

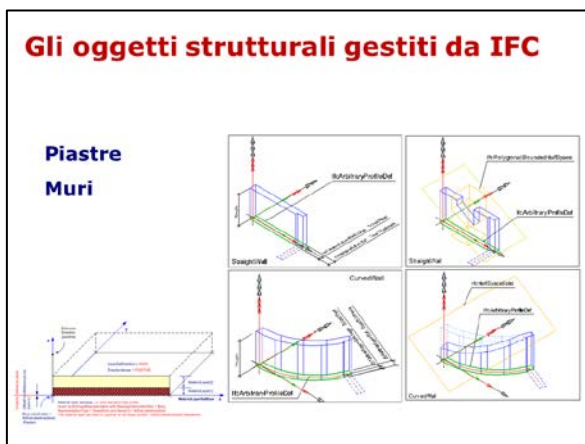


Figura 19

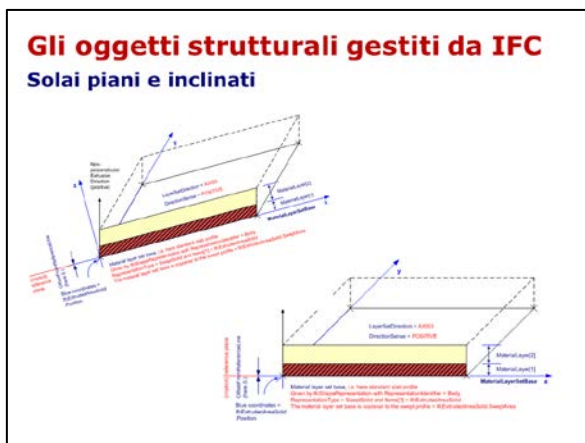


Figura 20



Figura 21

Il software per il BIM strutturale

Axis VM è un software di calcolo agli elementi finiti programmato per interfacciarsi direttamente con i principali software BIM architettonici.

La sua principale funzione è il calcolo strutturale agli elementi finiti di strutture con ogni tipo di materiale, sviluppato in modo specifico per l'edilizia da un team di progettisti informatici ed esperti di calcolo strutturale.

La base del successo di Axis VM è lo studio molto approfondito dell'ergonomia del software che consente di modellare strutture semplici e complesse con la stessa facilità e senza compromessi.

Attraverso pochi comandi è possibile controllare tutti i dati in input ed output del modello strutturale, dialogando con i software architettonici BIM.

Axis VM è perfettamente aggiornato alle "Norme Tecniche per le Costruzioni", Eurocodice 2, 3, 4, 7 e 8 e consente di effettuare analisi anche secondo diverse normative estere.

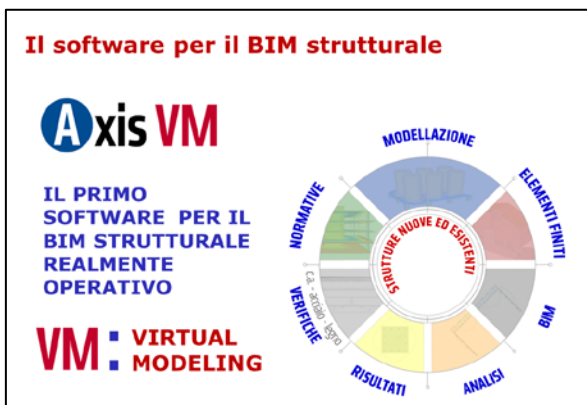


Figura 22

Si ottengono in questo modo tre modelli in funzione dell'obiettivo da raggiungere (fig. 23). I primi due sono elaborati dal software BIM strutturale, il terzo dal software BIM architettonico.

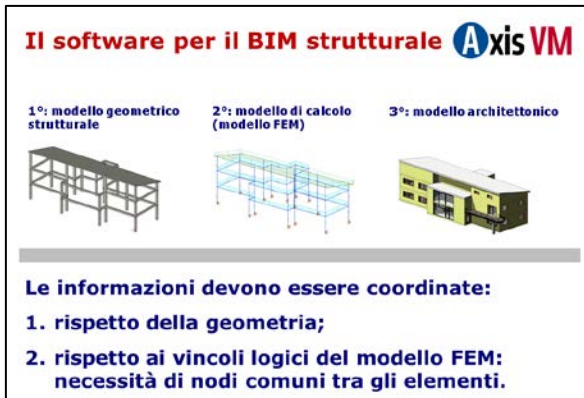


Figura 23

Modello architettonico

È il modello di partenza e rappresenta l'edificio finito. In genere è il modello di partenza.

Modello geometrico strutturale

Questo modello comprende la geometria degli elementi strutturali, sarà quindi costituito da pilastri, travi, solette, elementi di fondazione con le dimensioni reali e rappresentato al vero. Da questo modello è possibile ricavare le piante e le sezioni del disegno grafico strutturale.

Modello di calcolo

Questo modello è finalizzato alla analisi statica e sismica ed è funzionale al metodo di calcolo agli elementi finiti. Sono presenti quindi linee e superfici con la necessità, come già detto, di avere nodi comuni tra gli elementi contigui.

Inoltre i diversi software implementano un numero ridotto di comandi IFC e per questo può nascere la necessità di meglio definire i comandi stessi. Il software Autodesk Revit® dispone di una tabella parametrica che permette di precisare la sintassi dei comandi utilizzati.

L'esportazione dal modello BIM architettonico

Classi di esportazione IFC: C:\ProgramData\Autodesk\RLT 2014\exportlayers-ifc-IAI.bt

Categoria	Nome classe IFC	Tipo
Accessorio per condotti	IfcBuildingElementProxy	
Accessorio per tubazioni	IfcValveType	
Annotationi generiche	Not Exported	
Apparecchi terminali	IfcFlowTerminal	
Linee nascoste	(IfcFlowTerminal)	
Apparecchi per illuminazione	IfcLightFixtureType	
Linee nascoste	(IfcLightFixtureType)	
Sorgente d'illuminazione	Not Exported	
Apparecchio elettrico	IfcBuildingElementProxy	
Linee nascoste	(IfcBuildingElementProxy)	
Aree	IfcSpace	
Riempimento colore	(IfcSpace)	
Riempimento interno	(IfcSpace)	
Rivestimento	(IfcSpace)	
Aree rete strutturale	Not Exported	
Contorno	Not Exported	
Armatura strutturale	IfcReinforcingMesh	
Armatura su area strutturale	IfcReinforcingBar	

Figura 26

Il modello strutturale e il calcolo agli elementi finiti

La progettazione strutturale avviene attraverso la Tecnica delle Costruzioni che prevede, nel calcolo di strutture in zona sismica, l'applicazione del metodo agli elementi finiti.

La logica fondamentale di questo tipo di analisi è la riduzione di travi e pilastri in elementi lineari, schematizzati dall'asse longitudinale, ed elementi superficiali come piastre, gusci, membrane, schematizzati dai piani medi relativi.

Inoltre per garantire la continuità strutturale tra i vari elementi deve essere necessariamente previsti uno o più nodi comuni. Per ottenere queste condizioni tassative è necessario quindi rielaborare gli oggetti provenienti dal modello architettonico apportando le modifiche necessarie.



Figura 27

2. Importazione file IFC in Axis VM

Per velocizzare la costruzione del modello di calcolo agli elementi finiti con Axis VM, è possibile importare il file in formato IFC rappresentato come in fig. 28 a sinistra.



Figura 28

Una serie di comandi di Axis VM sono dedicati alla presentazione del modello architettonico e, attraverso filtri per piani e per elementi, è possibile esaminare dettagliatamente questo modello prima di procedere nella costruzione del modello strutturale.

Come già detto il file IFC può contenere già elementi strutturali introdotti nel modello architettonico; questi vengono convertiti automaticamente in elementi nel modello ad elementi finiti. Altre componenti del modello architettonico, come i muri di tamponamento che non hanno funzione strutturale, possono essere utilizzate come riferimento per il posizionamento dei nuovi oggetti strutturali.

A destra appare l'immagine dopo che sono stati convertiti automaticamente gli elementi architettonici in oggetti strutturali.

3. *Acquisizione elementi strutturali già presenti nel modello architettonico*

La conversione degli oggetti strutturali già presente nel modello architettonico avviene attraverso un processo di riconoscimento automatico in cui sono riprese le caratteristiche principali degli stessi elementi e riportate nella finestra di fig. 29.



Figura 29

Se già inserite nel modello architettonico Axis VM riconosce le caratteristiche di sezioni e materiali.

4. Completamento della costruzione del modello con oggetti strutturali

La fig. 30 riporta la finestra in alto a sinistra in cui sono visibili gli oggetti strutturali disponibili in Axis VM per completare il modello. Questi comprendono: pilastri a sezione costante o variabile di qualsiasi forma, travi orizzontali o inclinate anch'esse in qualsiasi forma, elementi di superficie quali piastre, gusci e membrane.



Figura 30

Nella finestra sono riportati ulteriori parametri che possono essere attribuiti agli elementi strutturali come svincoli iniziali e finali, l'inserimento di vincoli interni ed esterni. Per ulteriori dettagli è possibile esaminare il manuale d'uso del software Axis VM e scaricare la versione dimostrativa, limitata negli elementi ma senza limiti di tempo oppure scaricare la versione completa per 30 giorni dal sito www.stadata.com.

Modifica delle lunghezze degli elementi per la compatibilità tra il modello geometrico ed il modello strutturale

In precedenza abbiamo visto come il modello relativo alle strutture sia in realtà costituito da due modelli: il primo è relativo al modello geometrico strutturale, il secondo al modello di calcolo.

Questi due modelli sono in realtà due facce della stessa medaglia in quanto sono gli stessi dati rappresentati in due modalità diverse. Questa necessità può non essere presa in conto nella fase di redazione del modello architettonico ed è per questo che è necessario portare delle piccole modifiche agli elementi importati dal file IFC affinché i due modelli strutturali siano compatibili tra loro.

Come si può notare in fig. 31 il modello strutturale che deriva dal modello architettonico considera la lunghezza dei pilastri dall'estradosso del solaio inferiore all'intradosso del solaio superiore. Il modello di calcolo deve invece prolungare il pilastro sino ad arrivare al piano medio dei solai. Si realizza in questo modo la continuità strutturale necessaria al fine di ottenere la soluzione del modello di calcolo agli elementi finiti.

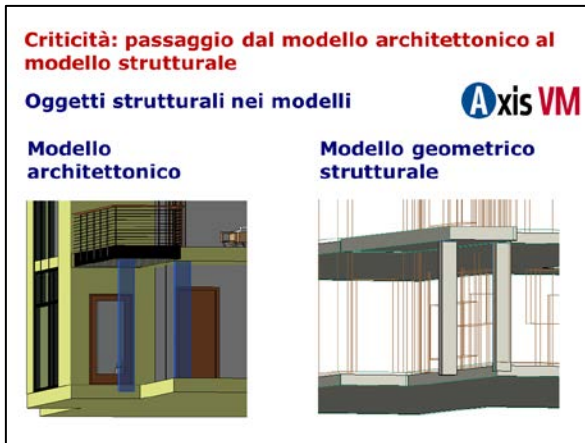


Figura 31

Il software Axis VM realizza questi aggiustamenti automatizzando il processo di passaggio tra i diversi modelli e riconoscendo le criticità.

La fig. 32 riporta un altro caso in cui è necessario portare degli aggiustamenti al fine di rendere compatibili modello geometrico e modello strutturale.

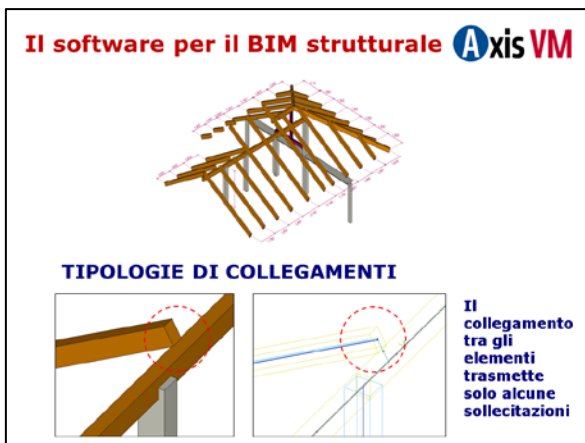


Figura 32

La struttura esaminata è in legno e costituisce la copertura di un edificio. Come si nota i puntoni sono appoggiati alla trave di colmo e per evitare la compenetrazione tra puntoni e trave di colmo, che si otterrebbe se gli assi del puntone e della trave fossero convergenti, è necessario inserire un link, evidenziato nel cerchio tratteggiato che consente la rappresentazione geometrica di giustapposizione degli elementi soddisfacendo anche la necessità di avere il collegamento tra i nodi.

Lo stesso problema è presentato in fig. 33 per una struttura portante per pannelli fotovoltaici. I correnti indicati in rosso sono appoggiati agli elementi a telaio trasversali, e una semplice schematizzazione in cui gli assi di corrente telaio coincidono produrrebbe un disegno non geometricamente corretto.



Figura 33

Anche in questo caso è stato necessario inserire un link per risolvere il problema.

Questo link, oltre a soddisfare le esigenze già dette consente, anche il trasferimento solo di alcune sollecitazioni, ad esempio il corrente è in semplice appoggio rispetto al telaio e non trasmette quindi sollecitazioni flessionali al telaio stesso ma solo forze di taglio e normali.

La fig. 34 riporta un'altra problematica che si riscontra per la modellazione di strutture in muratura. Il problema tratta l'appoggio dei solai sulla muratura perimetrale ed in particolare la distanza del carico trasmesso del solaio rispetto al piano verticale della muratura. Se fisicamente il solaio appoggia sino al filo esterno della muratura, dal punto di vista statico, considerando una distribuzione triangolare degli sforzi, il collegamento non avviene nell'asse della muratura ma ad una certa distanza. Anche in questo caso è possibile inserire dei link lineari che si sviluppano per tutto la lunghezza del solaio, atti a considerare questo carico non centrato.

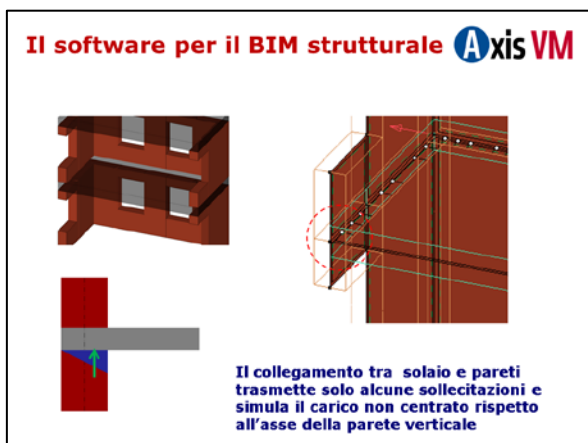


Figura 34

La risoluzione automatica di tutti questi casi permette di ottenere rapidamente un modello Axis VM che comprende sia modello geometrico che modello strutturale.

Definizione dei fili fissi per travi e pilastri

il modello di calcolo gli elementi finiti prevede travi e pilastri con sezioni inizialmente ipotizzate che potrebbero variare a seguito dell'analisi e delle verifiche dei singoli elementi. I fili fissi sono vincoli geometrici che costringono travi e pilastri a seguire determinati allineamenti per evitare

che a seguito di una variazione della sezione, per esempio, i pilastri entrino nei vani o le travi non rispettino le dimensioni dei solai.

Per questo attraverso una funzione specifica è possibile definire questi fili fissi come riportato in fig. 35.



Figura 35

Axis VM rende disponibile in sottofondo il modello architettonico e quindi è molto semplice per il progettista definire i fili fissi avendo lo spazio disponibile in vista.

I fili fissi delle travi esterne coincidono con il filo del solaio così come riportato nel modello architettonico (fig. 36).



Figura 36

Per controllare che tutti i dati siano stati introdotti correttamente è disponibile una funzione che presenta il disegno di ogni pianta indicando sinteticamente la posizione di tutti i fili fissi.



Figura 37

5. Analisi statica e sismica

Al termine della costruzione del modello è possibile procedere con le diverse tipologie di analisi (statica, dinamica, sismica) sia in modo lineare e non lineare.

Axis VM dispone di un'ampia gamma di strumenti per la presentazione dei risultati e il controllo degli stessi (fig. 38).

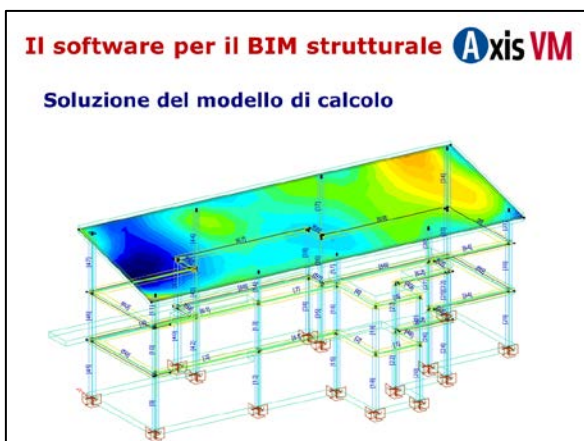


Figura 38

Il software Piano 2014 consente le verifiche degli elementi strutturali (travi, solai, pilastri, setti, fondazioni) a partire dalle sollecitazioni determinate da Axis VM.

È costituito da una serie di moduli che suggeriscono percorsi per l'esecuzione di tutte le analisi previste dalla normativa tecnica comprendendo il progetto degli elementi il disegno delle armature.

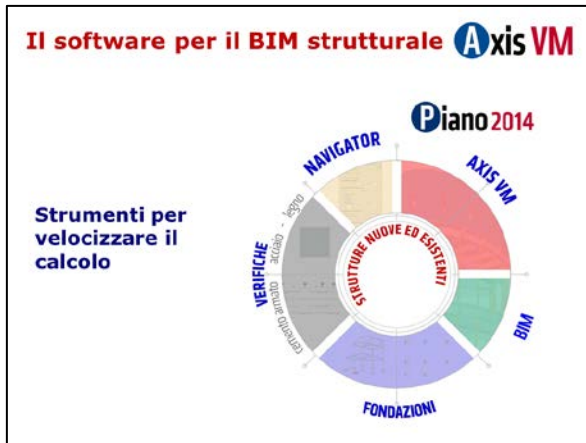


Figura 39

6. Verifica degli elementi (travi e pilastri) con eventuale variazione

I diversi moduli di cui dispone Piano 2014 consentono le verifiche applicando quanto previsto dalle Norme tecniche per le costruzioni, in particolar modo per quanto riguarda la gerarchia delle resistenze di travi, pilastri, setti e fondazioni.

Il processo di verifica può essere reiterato diverse volte in quanto ad ogni variazione di sezione teoricamente dovrebbe corrispondere una ricalcolo del modello globale finché il progettista ritiene di aver raggiunto un risultato accettabile. Questo processo può essere gestito manualmente o in modo totalmente automatico.

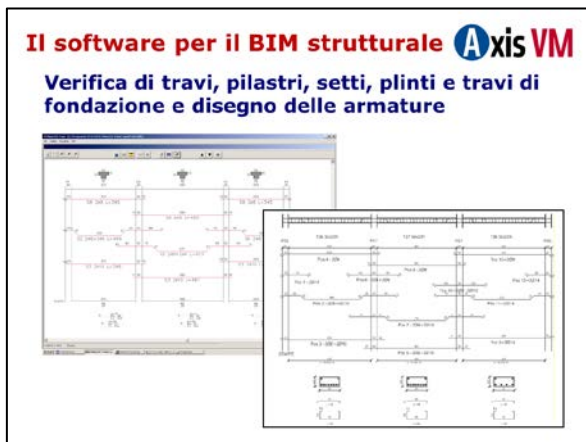


Figura 40

7. Aggiornamento del modello geometrico strutturale e di calcolo

Le eventuali variazioni delle sezioni degli elementi, grazie alla definizione dei fili fissi, consentono l’aggiornamento automatico del modello geometrico producendo in questo modo un modello corrispondente alla struttura da realizzare.

Anche in questo caso risulta molto utile la visualizzazione del modello architettonico in sottofondo. Sovrapponendo quindi modello architettonico e modello geometrico strutturale si possono verificare immediatamente le eventuali interferenze (fig. 41).

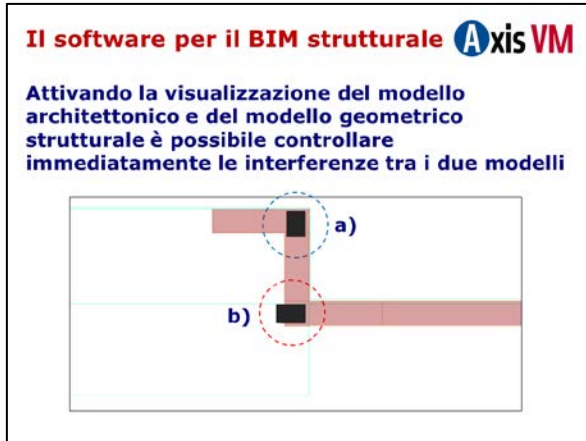


Figura 41

L'esportazione file IFC (DXF 3F – PDF 3D)

Ottenuto il modello geometrico strutturale è possibile esportarlo in diversi formati, tra cui ancora in formato IFC che consente l'integrazione con il modello architettonico iniziale.

Prima di realizzare l'operazione di integrazione tra i due modelli è comunque possibile vedere, attraverso visualizzatori di file IFC, il risultato finale.



Figura 42

L'integrazione tra il modello strutturale il modello architettonico avviene attraverso un'importazione del file IFC strutturale nel software per la creazione del modello architettonico.

In fig. 43 si vede ad esempio l'integrazione con il software Autodesk Revit® in cui la prima fase sarà la presentazione del modello strutturale.

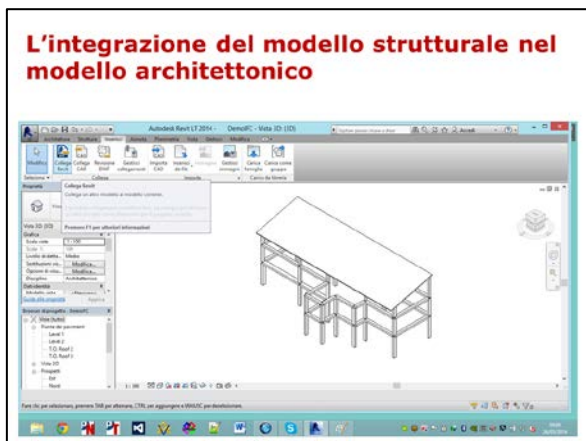


Figura 43

In seguito i due modelli potranno essere completamente integrati come riportato in fig. 44.



Figura 44

Axis VM è il primo software realmente operativo per quanto riguarda la gestione dei modelli BIM strutturali.

Per questo offre alcune funzioni, tipiche dei software BIM architettonici, che consentono di ottenere piante, prospetti, sezioni a partire dal modello strutturale geometrico.

Come indicato in fig. 45, definendo in pianta un piano di sezione verticale si ricava in automatico la sezione A-A. È possibile quindi esportare questa rappresentazione in formato DXF per successive elaborazioni.

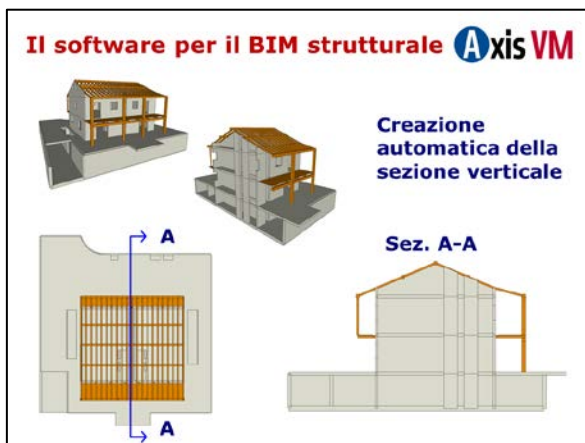


Figura 45

La stessa operazione si può ottenere effettuando una sezione a partire dal modello geometrico strutturale, imponendo dei piani orizzontali sulla sezione verticale, ottenendo quindi una pianta geometricamente corretta.



Figura 46

Tra le diverse funzioni di esportazione di cui dispone Axis VM è previsto il formato PDF 3D.

Questo particolare formato consente di ruotare e ingrandire il modello strutturale come indicato in fig. 47 restando sempre nell'ambiente PDF.

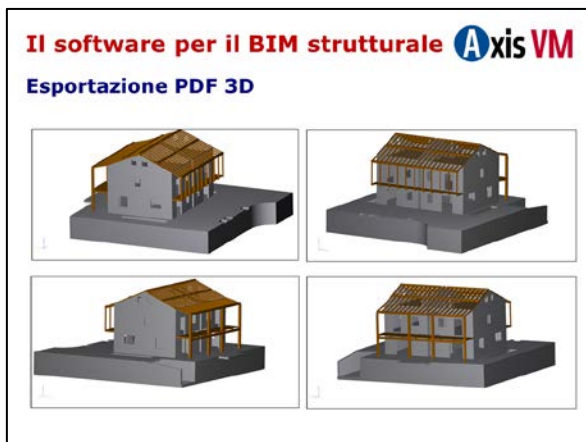


Figura 47

Axis VM offre reali possibilità per operare concretamente con tutti i vantaggi offerti dalla tecnologia BIM, integrandosi perfettamente con la maggioranza dei software per la creazione di modelli BIM architettonici come indicato in fig. 48.

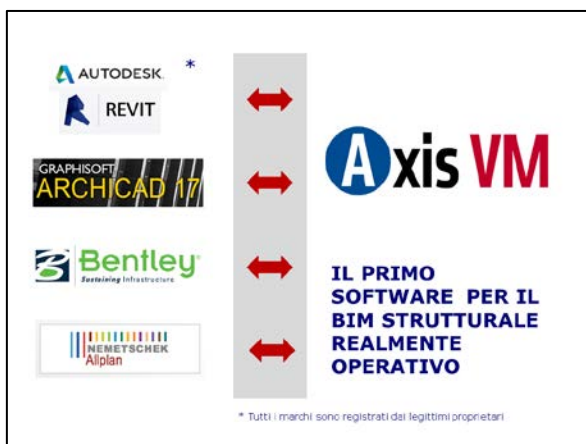


Figura 48

Per ulteriori informazioni vedi: www.stadata.com e faresismica.net