Axis VM

Il solutore ad elementi finiti

Axis VM
Il solutore ad elementi finiti

Axis VM
Moduli Aggiuntivi

Navigator

Verifiche CA

Verifiche CA Esistenti

S.T.A. DATA
TEORIA IN PRATICA

Indice

Parte I Axis VM 5

Axis VM: le caratteristiche principali ... 5
Axis VM: controllo totale ... 12

Parte II Modellazione 13

Interfaccia utente ... 13
- Una sola finestra di lavoro, tutto a portata di mouse! ... 13
- Più grafica, meno operazioni manuali ... 14
- Unità di misura ... 14
- Archivio revisioni precedenti ... 15
- Stampa - PNG file ... 17
- Editing elementi grafici ... 17
- Quote, simboli e etichette ... 19
- Inserimento di immagini ... 20
- Presentazione realistica ... 21
- Ambiente grafico multifinestra ... 21
- Gestione dei gruppi ... 22
- Gestione dei dati con tabelle ... 23

Tipologie di modellazione ... 25
- Con comandi geometria ... 25
- Con disegno diretto elementi ... 26
- Con importazione modello architettonico (file IFC) ... 28

Geometria ... 28
- Comandi geometria ... 28
- Griglie ... 31
- Linee di riferimento ... 31
- Strumenti geometrici ... 32
  - Libreria Sezioni per elementi strutturali ... 33

Materiali ... 33
- Libreria Materiali ... 34
- Creazione materiali personalizzati ... 34

Elementi finiti ... 36
- Elementi lineari ... 37
  - Elemento reticolare ... 37
  - Elemento trave ... 38
  - Elemento nervatura ... 40
- Elementi bidimensionali ... 42
  - Membrana ... 44
  - Piastra ... 45
  - Guscio ... 45
  - Solette parametriche ... 45
- Altri tipi di elementi ... 49

Sezioni ... 53
- Creazione sezioni personalizzate ... 53

© 2017 S.T.A. DATA srl

Mesh ... 55
Carichi ... 59
Completa gestione dei carichi ... 59
Carichi da vento ... 62
Ripartizione automatica dei carichi distribuiti sulle travi ... 63
Casi e Gruppi di carico ... 65
Combinazione delle sollecitazioni secondo NTC ... 66
Vincoli esterni ... 67

Parte III Analisi 68

Tipi di analisi ... 68
Analisi statica lineare ... 69
Analisi statica non lineare ... 69
Pushover ... 70
Definizione delle cerniere plastiche ... 70
Gestione delle analisi Pushover ... 71
Visualizzazione dei risultati ... 72
Verifica di sicurezza degli elementi ... 74
Verifica di vulnerabilità sismica ... 75
Analisi modale ... 75
Presentazione dei risultati dell'analisi modale ... 77
Analisi sismica ... 77
Spettro di progetto ... 78
Combinazioni di carico sismiche ... 80
Visualizzazione carichi sismici ... 81
Analisi plastica non lineare ... 82
Analisi di instabilità globale ... 83
Analisi dinamica al passo ... 84
FFA- Footfall analysis ... 85
Esempi ... 89
Sicurezza dei risultati ... 91
Controllo degli errori ... 91

Parte IV Risultati 92

Presentazione grafica ... 92
Travi virtuali ... 96
Interpretazione dei risultati ... 97
Sezioni e piani di sezione per elementi di superficie ... 98
Visualizzazione risultati ... 99
Presentazione numerica ... 99
La Relazione di Calcolo ... 101
Template di relazione ... 102

© 2017 S.T.A. DATA srl

1 Axis VM

Axis VM è il programma di calcolo strutturale agli elementi finiti sviluppato in modo specifico per le strutture di ingegneria civile da un team di progettisti informatici ed esperti di calcolo strutturale.

Il programma offre una gamma completa di strumenti per il calcolo di ogni struttura.

1.1 Axis VM: le caratteristiche principali

Nato per l'edilizia

Axis VM è stato pensato per le specifiche esigenze dei Professionisti dell'edilizia: per questo il percorso di introduzione dei dati è più immediato, i comandi sono mirati, le funzioni di controllo finalizzate alle problematiche del mondo delle costruzioni.

Avis VM è l'applicativo ideale per tutte le strutture civili ed industriali costituite da:

- elementi piani e spaziali;
- travature reticolari;
- strutture miste costituite da travi, piastre, gusci, membrane;
- piastre rinforzate con nervature;
- strutture di fondazione: travi continue, piastre, palificate, muri di sostegno, strutture con tiranti;
- strutture in c.a., acciaio, legno e miste.

L'applicazione

É il software perfetto per ogni esigenza applicativa pratica, dalla semplice ristrutturazione alla realizzazione delle strutture più complesse.

Axis VM si basa su una architettura software sofisticata e potente, assolutamente evoluta, che si riflette in una operatività amichevole basata su semplici click del mouse e nella visualizzazione grafica.

L'esperienza

Axis VM nasce da più di 25 anni di esperienza di progettazione software, grazie alla collaborazione con prestigiosi docenti universitari e professionisti di fama.

L'immediatezza dall'ergonomia

Alla base del successo di Axis VM c'è uno studio molto approfondito sull'ergonomia del software.

Questo studio ha permesso di progettare Axis VM in base a regole che ne determinano la straordinaria semplicità d'uso senza alcuna rinuncia alla potenza ed alla flessibilità.

- **Pochi comandi molto potenti.** Un punto di forza di Axis VM è la facilità di introduzione dei dati, che non penalizza la genericità delle strutture che si possono calcolare. Grazie ad uno studio delle modalità operative per ridurre il tempo di apprendimento, Axis VM risulta assolutamente naturale, immediato, con tempi ridottissimi per conoscere a fondo tutte le funzionalità. Quindi non c'è nessun limite alla possibilità di modellare strutture anche complesse, in tempi brevi e senza stress. (rispetto ad altri software dotati di moltissime opzioni, Axis VM dispone un n. limitato di pulsanti)
- **Funzioni dedicate.** Le funzioni di introduzione dei dati, di calcolo e di presentazione dei risultati sono state suddivise in modo chiaro e razionale, secondo la logica del progettista quindi molto intuitive
- **Più spazio ai comandi più usati.** In questo modo si ottiene rapidità per le funzioni di grande uso e immediatezza nella ricerca.

© 2017 S.T.A. DATA srl

Grande produttivitá

Axis VM è stato studiato per risolvere problemi.

Consente infatti grande velocità operativa anche per strutture molto complesse. Il sistema di gestione dei dati permette di apportare rapidamente modifiche ai modelli introdotti senza perdere alcun dato già presente.

Per esempio variando la lunghezza di una trave, il carico viene automaticamente aggiornato, senza interventi manuali.

La velocità di modifica è molto importante, soprattutto nel calcolo sismico, in quanto il processo di calcolo segue successive approssimazioni.

Software certificato

Axis VM è stato sottoposto ad accurati test e controlli di correttezza; per questo sono disponibili numerosi esempi di confronto, verificabili da parte degli utenti.

I modelli di paragone sono stati confrontati con esempi tratti dalla bibliografia o analizzati con altri software di calcolo, evidenziando la perfetta compatibilità dei dati.

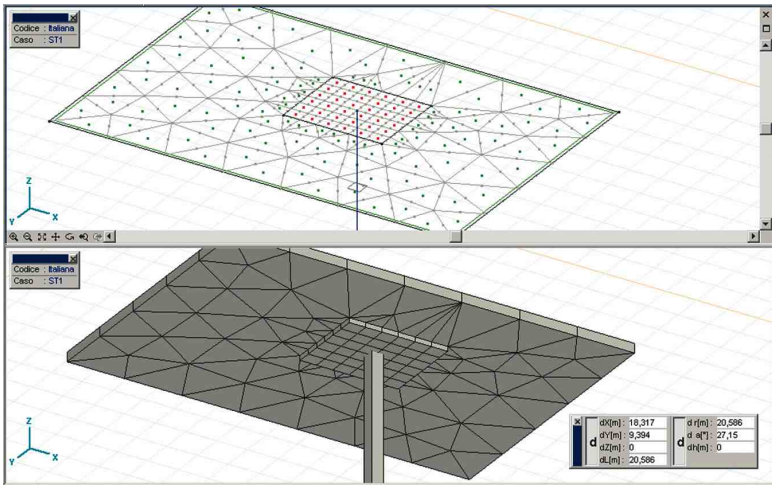
Assistenza

Per un maggior margine di sicurezza Axis VM non ti lascia mai solo! Basta una semplice telefonata per ricevere in diretta e on line l'aiuto di uno degli ingegneri del software S.T.A. Data.

Aggiornato alle nuove norme sismiche e tecniche

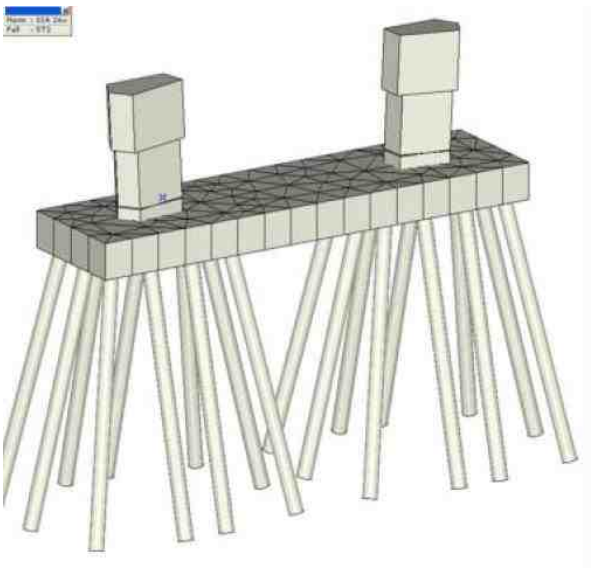
Axis Vm è aggiornato alle nuove norme (DM 14-1-08 "Norme tecniche per le costruzioni", Circolare n.617, Eurocodice 2, Eurcodice 8) e consente di effettuare ogni analisi anche secondo diverse normative estere.

Con pochi comandi è possibile ottenere modelli complessi, come negli esempi sotto illustrati:

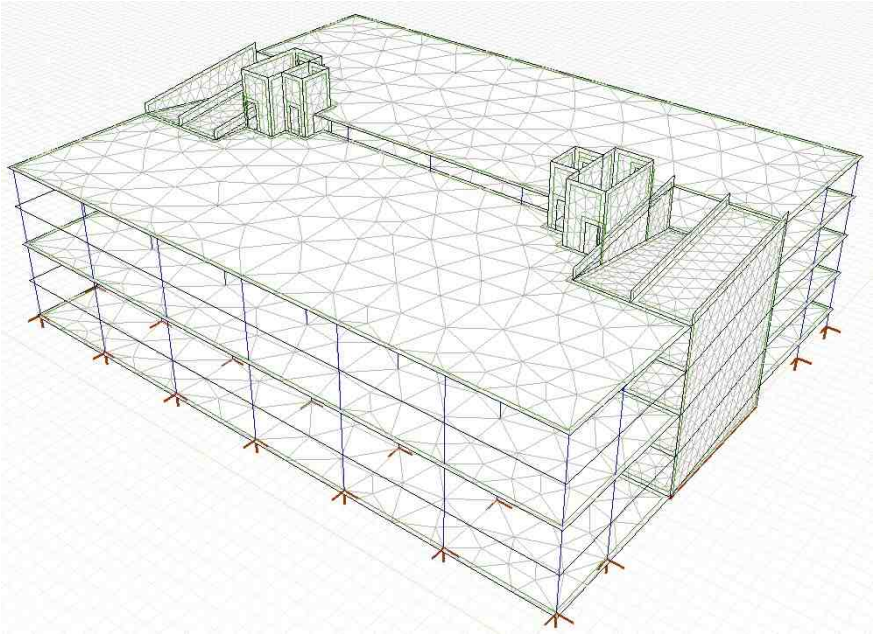


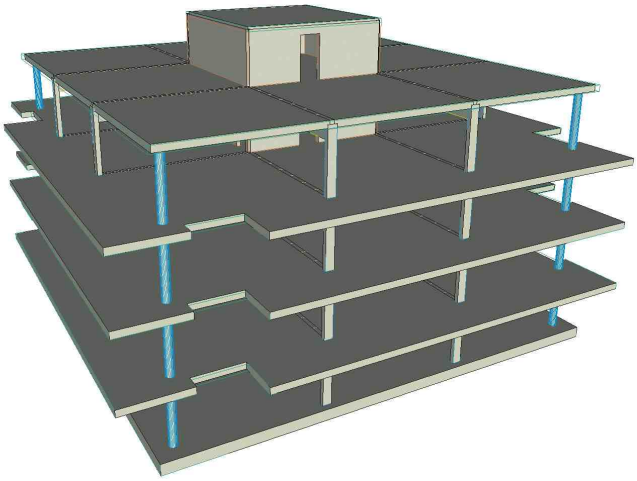
Solaio con diverso tipo di meshatura e spessore diverso

© 2017 S.T.A. DATA srl



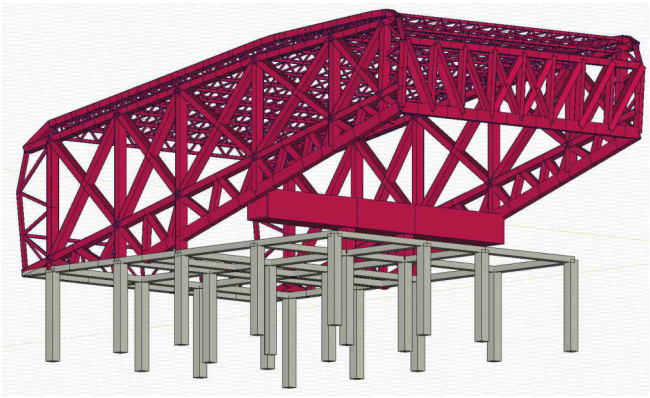
Fondazioni su pali

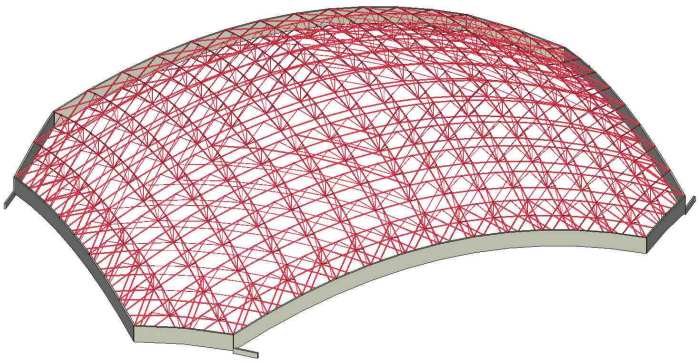


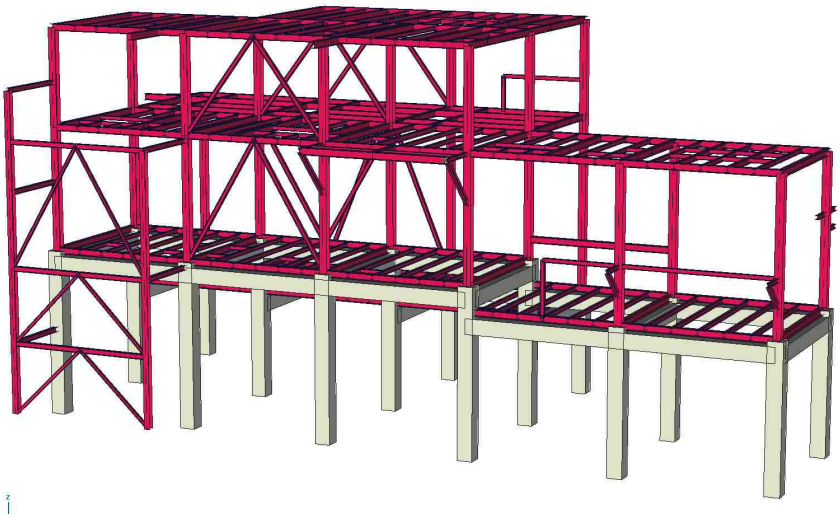


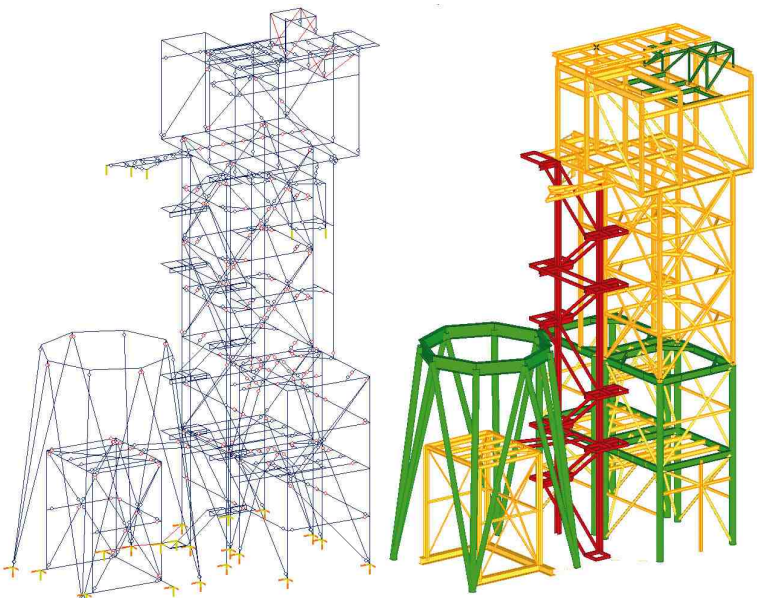
Strutture con solette piene o in laterizio

© 2017 S.T.A. DATA srl

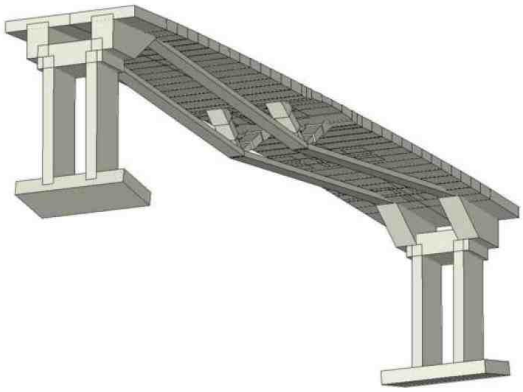




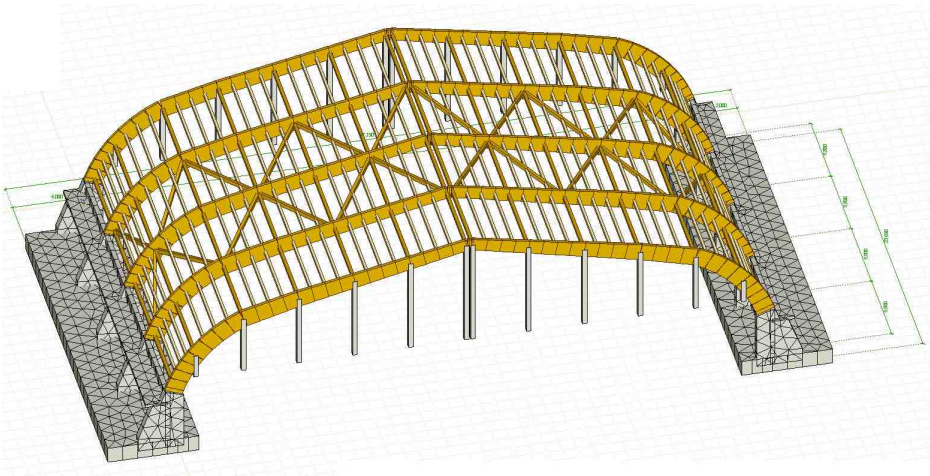




Strutture metalliche e miste

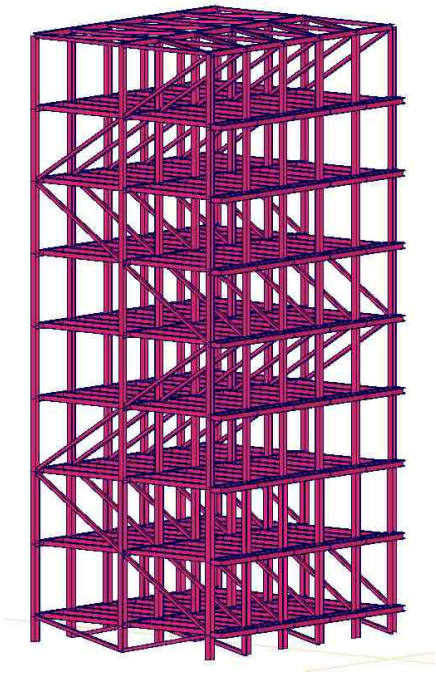


Esempio di modellazione di una passerella

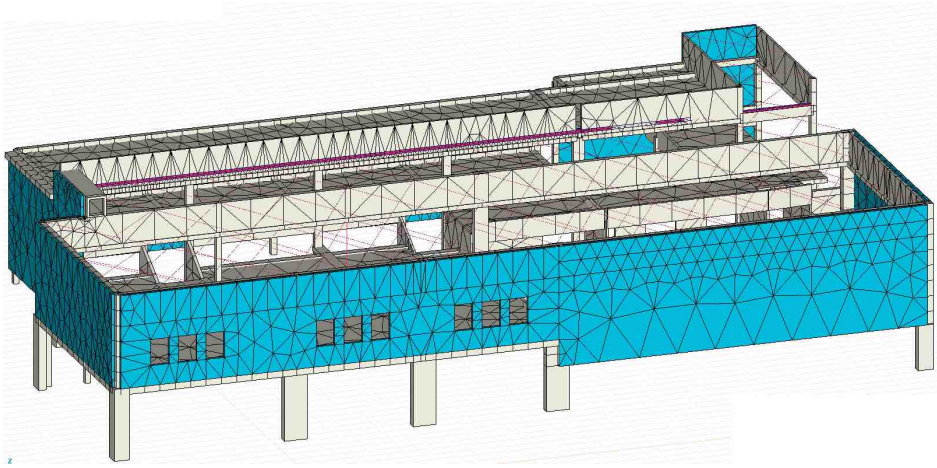


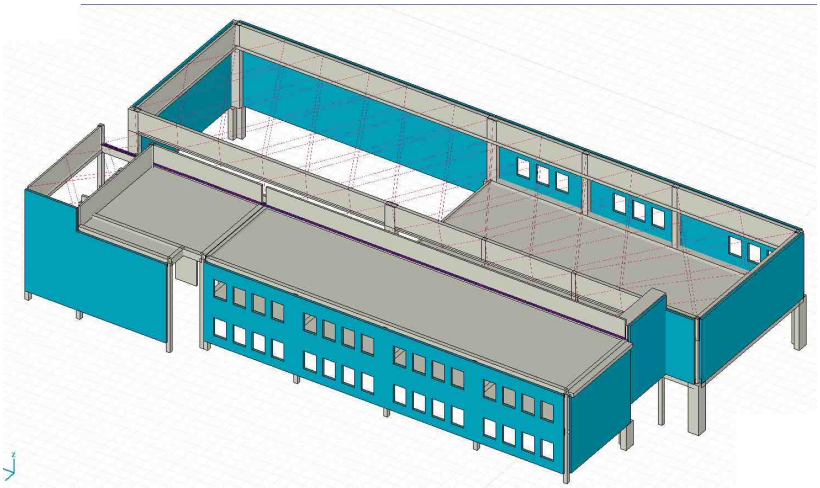
Copertura in legno lamellare

© 2017 S.T.A. DATA srl



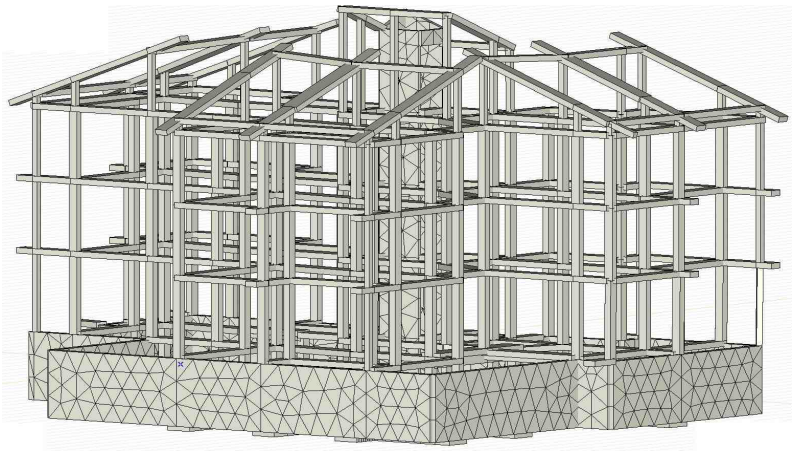
Struttura metallica porta container

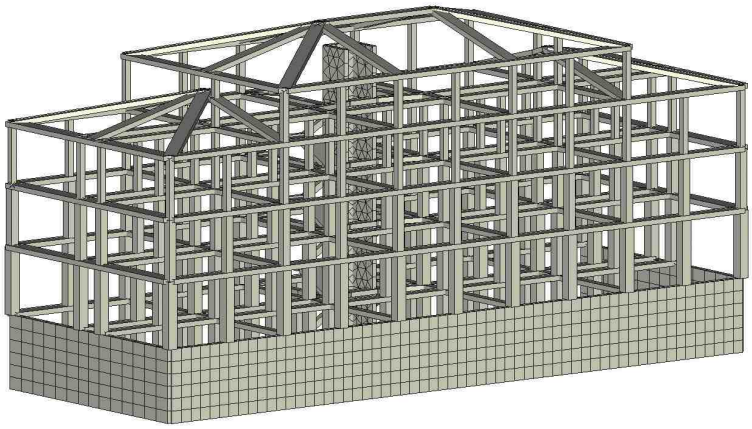


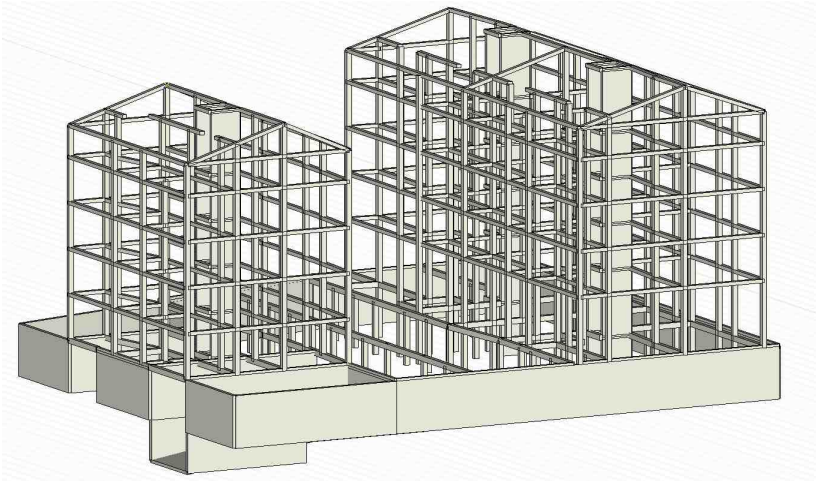


Edificio scolastico

© 2017 S.T.A. DATA srl

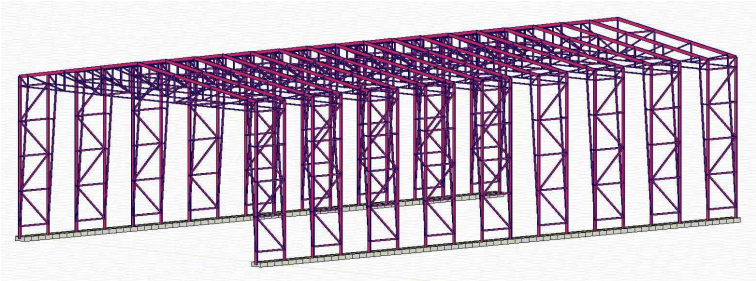






Struttura in ca edifici civile abitazione

© 2017 S.T.A. DATA srl



Capannone industriale

1.2 Axis VM: controllo totale

Il capitolo 10 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" - DM 14-1-08 prescrive regole per i programmi di calcolo automatico, sottolineando la piena responsabilità da parte del progettista circa l'uso del software.

Per questo STA DATA offre sia programmi in grado di soddisfare qualsiasi esigenza, sia corsi di formazione per il loro uso corretto.

In poche parole: il progettista deve avere il controllo totale del progetto attraverso la conoscenza del software utilizzato e dei suoi componenti.

In particolare i dati di input e di output devono essere chiaramente individuati, in modo numerico e in modo grafico e devono essere esplicitate le procedure di analisi e gli algoritmi utilizzati.

Axis VM risponde a questa esigenza di controllo totale attraverso una serie di strumenti che facilitano la completa gestione dei dati e l'esame dei risultati.

La documentazione allegata al programma (manuale d'uso e manaule di validazione) esplicita i limiti e le possibilità del programma consentendo al progettista di controllare ogni passaggio.

© 2017 S.T.A. DATA srl

2 Modellazione

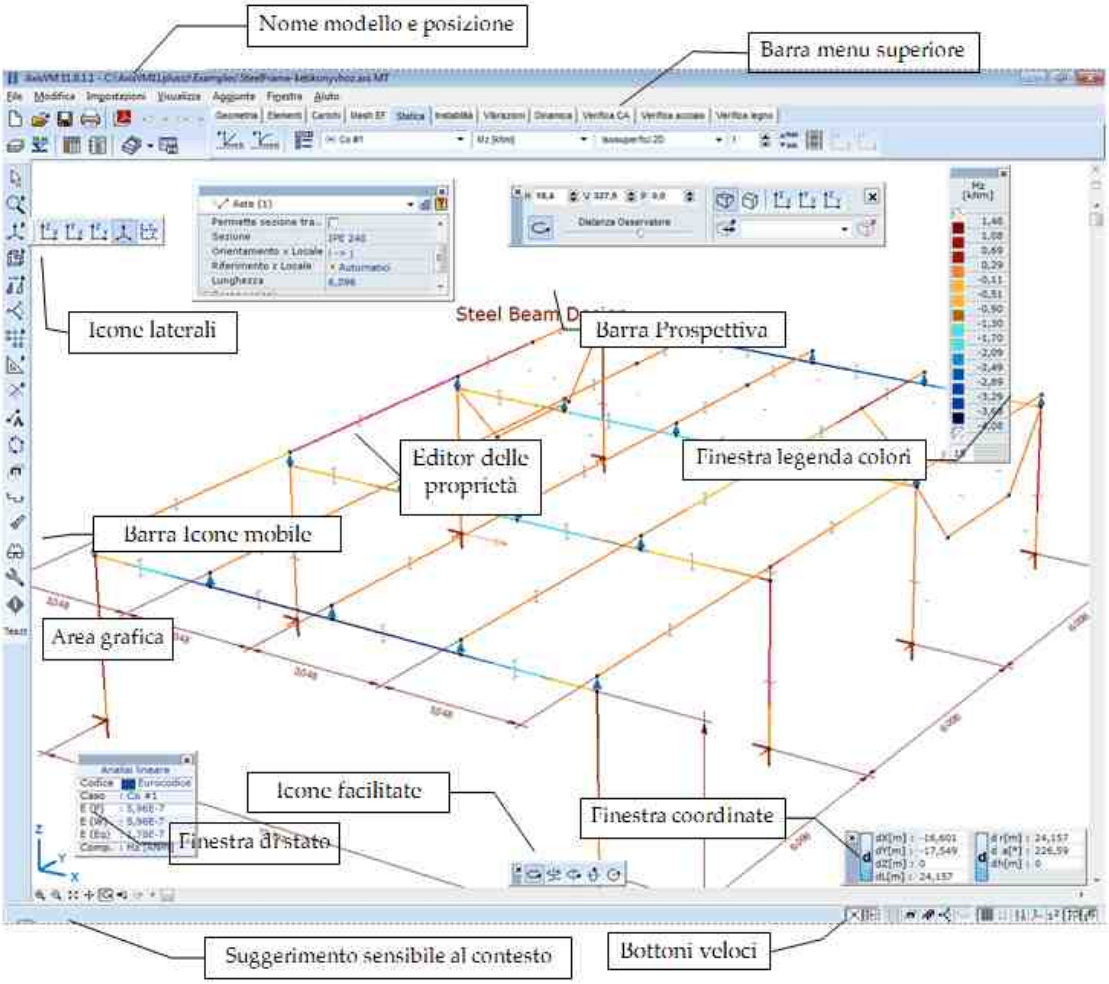
2.1 Interfaccia utente

2.1.1 Una sola finestra di lavoro, tutto a portata di mouse!

L'interfaccia con Axis VM è costituita da un'unica finestra, ottimizzata per il caricamento dei dati, l'analisi e la visualizzazione dei risultati.

Questo riduce il numero di comandi da usare e da imparare: pochi, semplici e potenti, sono tutti a portata di mouse. Inoltre, l'ambiente grafico consente il controllo totale delle operazioni con riscontro visivo immediato. La struttura viene presentata su piani, in prospettiva, con rimozione delle linee nascoste; con il rendering si ottiene una migliore comprensione. E, per la completa gestione del modello grafico, sono presenti tutte le funzioni CAD più comuni riportate nella barra verticale sinistra.

La barra alta orizzontale è suddivisa in cartelle che seguono la logica di introduzione: input, analisi, risultati, verifiche elementi.



In figura sono riportate le fasi di introduzione dei dati, secondo le cartelle visibili da sinistra a destra:

© 2017 S.T.A. DATA srl

Definizione Geometria, Caricamento Elementi strutturali, Carichi, Mesh Elementi finiti, Analisi Statica e presentazione dei risultati, Analisi Dinamica, Analisi Instabilità, Verifica elementi in C.A., Verifica elementi in Acciaio.

2.1.2 Più grafica, meno operazioni manuali

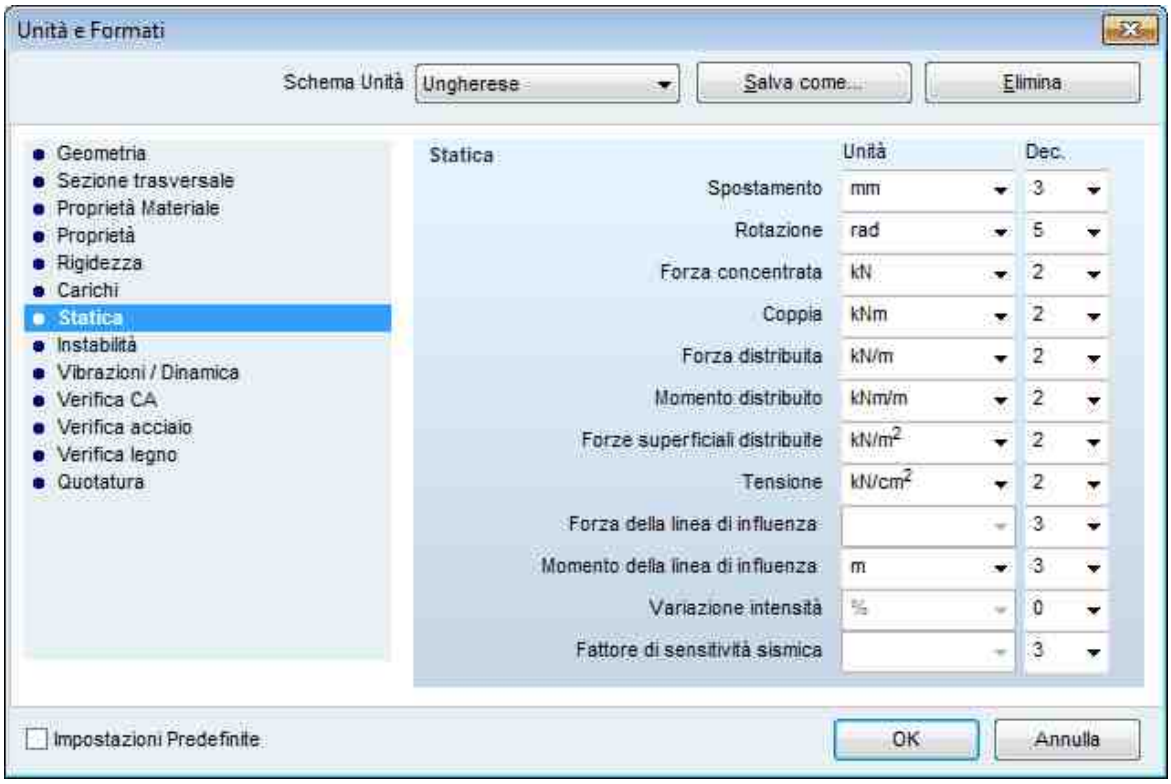
Pochi comandi, semplici e potenti: la differenza principale tra Axis VM ed altri programmi è costituta dall'ambiente grafico, ergonomico ed intuitivo.

Ecco l'elenco delle funzioni grafiche principali:

- Redazione grafica del modello in multi-vista inclusa la prospettiva;
- Comandi veloci per la generazione della geometria in 3D, traslazione, rotazione, specchio, scala, ecc.;
- Sistema di coordinate ortogonali, cilindriche e sferiche;
- Cursore 3D interattivo;
- Generazione avanzata della maglia in modo locale o globale;
- Biblioteche di profili d'acciaio con le sezioni maggiormente usate in Europa e negli Stati Uniti;
- Modulo integrato per il calcolo delle caratteristiche geometriche di sezioni generiche;
- Scambio bidirezionale della geometria con AutoCAD.

2.1.3 Unità di misura

Tutte le unità di misura sono completamente ridefinibili: è possibile modificarle anche dopo e durante l'introduzione della struttura, ottenendo l'aggiornamento in automatico dei dati già introdotti.



2.1.4 Archivio revisioni precedenti

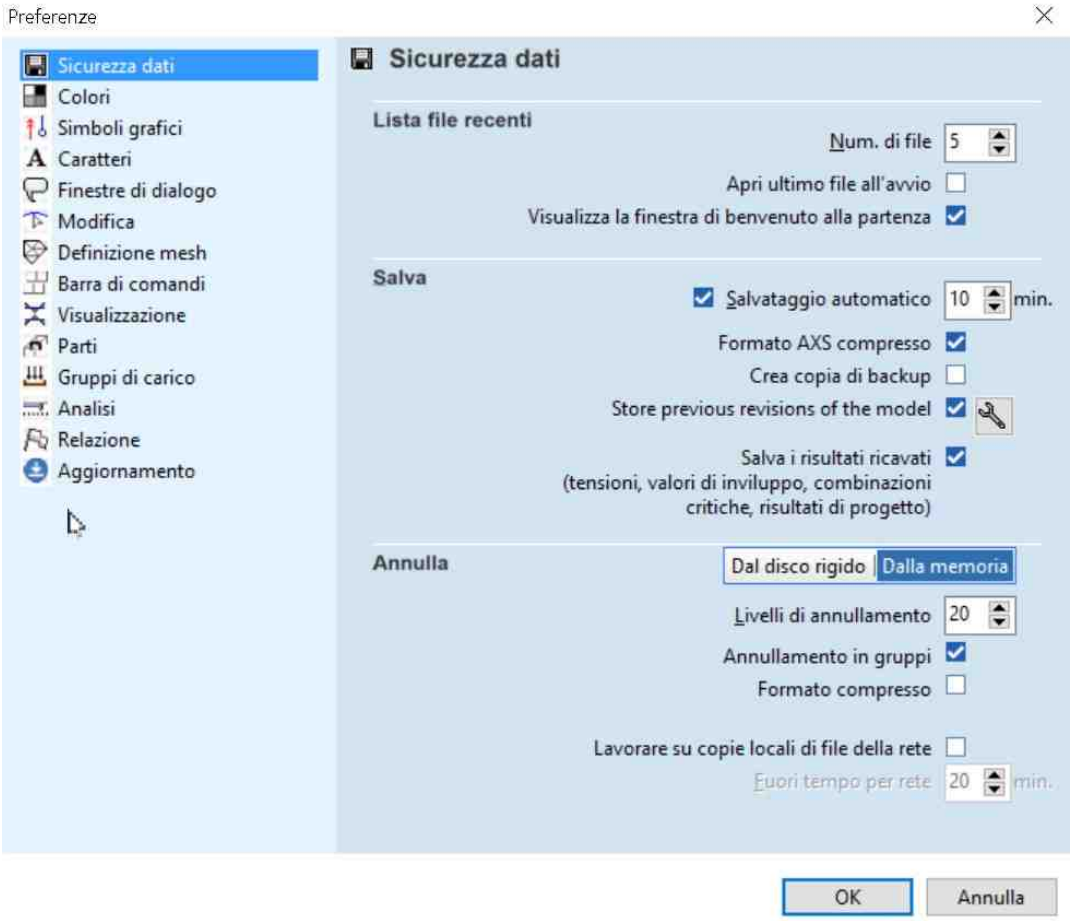
Un problema comune nella modellazione è costituito dalla gestione dell'evoluzione del modello di calcolo. Questo è soggetto ad un naturale cambiamento dato dai tempi di modellazione, che può anche richiedere più modellazioni per simulare comportamenti di strutture particolari o azioni indotte. Alle volte il modello viene modificato per affinare i risultati dei calcoli o può essere soggetto a variazioni di progetto.

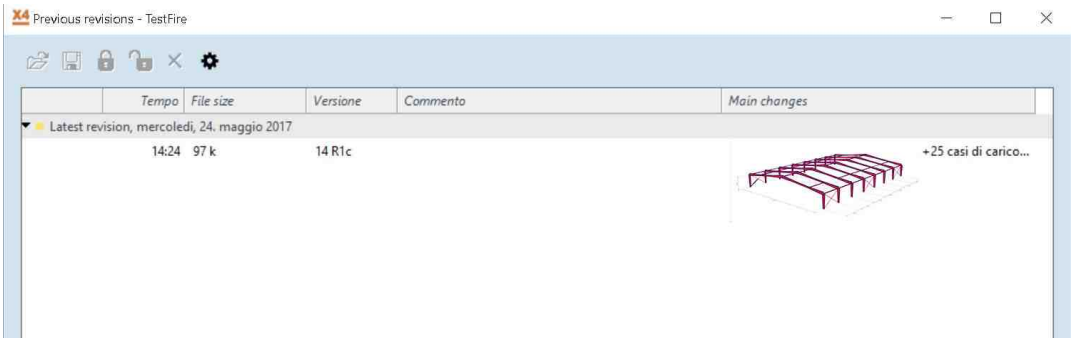
Difficilmente si ha un unico file da inizio a fine modellazione, a meno di non avere casi molto semplici da analizzare. Infatti, spesso si ha una proliferazione di file che deve essere gestita dall'utente secondo metodi e schemi personalizzati. Questi se non ben collaudati diventano poi di difficile amministrazione producendo un notevole aumento dei tempi di consegna o peggio la perdita di dati.

AxisVM X4 ci fornisce un aiuto fondamentale con l'introduzione della gestione delle revisioni:

- Il primo dei vantaggi sta proprio nella standardizzazione del metodo, per progetti diversi si ha la stessa gestione. Questo significa che anche a distanza di tempo, non ci saranno ritardi dati dalla ricostruzione dei criteri di archiviazione adottati, ma sarà immediato recuperare le versioni precedenti all'ultimo modello;
- Un altro vantaggio è sicuramente l'automatizzazione del processo, è il software che si preoccupa di archiviare e catalogare ad ogni salvataggio una versione del modello;
- La personalizzazione è un altro dei vantaggi che AxisVM X4 ha incluso nella gestione delle revisioni, possiamo infatti stabilire il numero massimo di salvataggi memorizzati, possiamo scegliere se archiviare solo i salvataggi manuali o anche quelli automatici, ed inoltre è possibile decidere se memorizzare solo i modelli o anche i calcoli delle analisi eseguite;
- Nella finestra di gestione è possibile visionare per ogni revisione la data, le principali modifiche effettuate, un eventuale commento utente e l'anteprima del modello. Da questa finestra possiamo salvare, eliminare o bloccare qualsiasi modifica sulle revisioni selezionate.

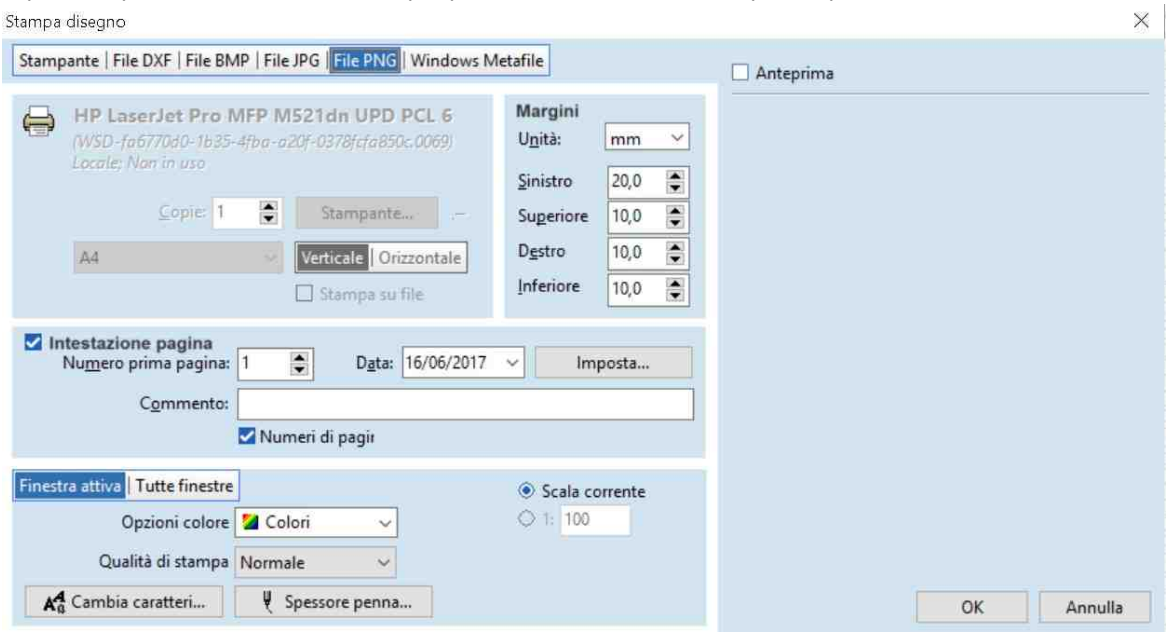
© 2017 S.T.A. DATA srl


Preferenze
Sicurezza dati
Colori
Simboli grafici
Caratteri
Finestre di dialogo
Modifica
Definizione mesh
Barra di comandi
Visualizzazione
Parti
Gruppi di carico
Analisi
Relazione
Aggiornamento
Sicurezza dati
Lista file recenti
Num. di file 5
Apri ultimo file all'avvio
Visualizza la finestra di benvenuto alla partenza
Salva
Salvataggio automatico 10 min.
Formato AXS compresso
Crea copia di backup
Store previous revisions of the model
Salva i risultati ricavati
(tensioni, valori di inviluppo, combinazioni critiche, risultati di progetto)
Annulla
Dal disco rigido
Dalla memoria
Livelli di annullamento 20
Annullamento in gruppi
Formato compresso
Lavorare su copie locali di file della rete
Fuori tempo per rete 20 min.
OK
Annulla


Previous revisions - TestFire
Tempo
File size
Versione
Commento
Main changes
Latest revision, mercoledì, 24. maggio 2017
14:24
97 k
14 R1c
+25 casi di carico...

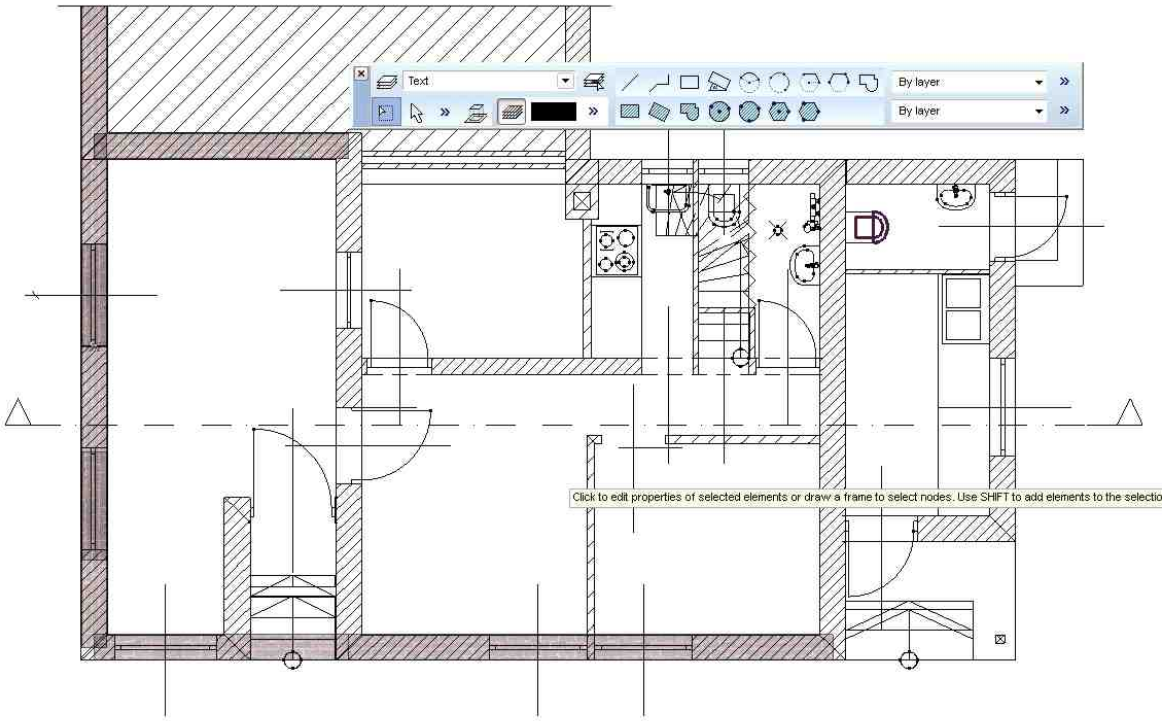
2.1.5 Stampa - PNG file

Axis VM usa il formato PNG senza perdere qualità, non comprimendo i file, quando salva disegni o esporta report nel formato RTF. E' più piccolo del BMP, ma con qualità più alta del JPG.



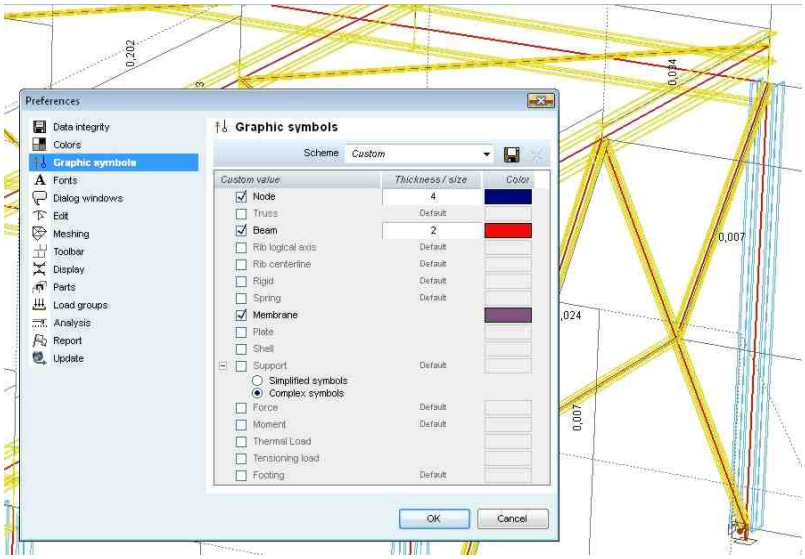
2.1.6 Editing elementi grafici

Nuovo ambiente di modifica degli elementi grafici importati come sfondo DXF / PDF (inserimento di nuovi elementi grafici, modifica degli elementi grafici esistenti e cancellazione).

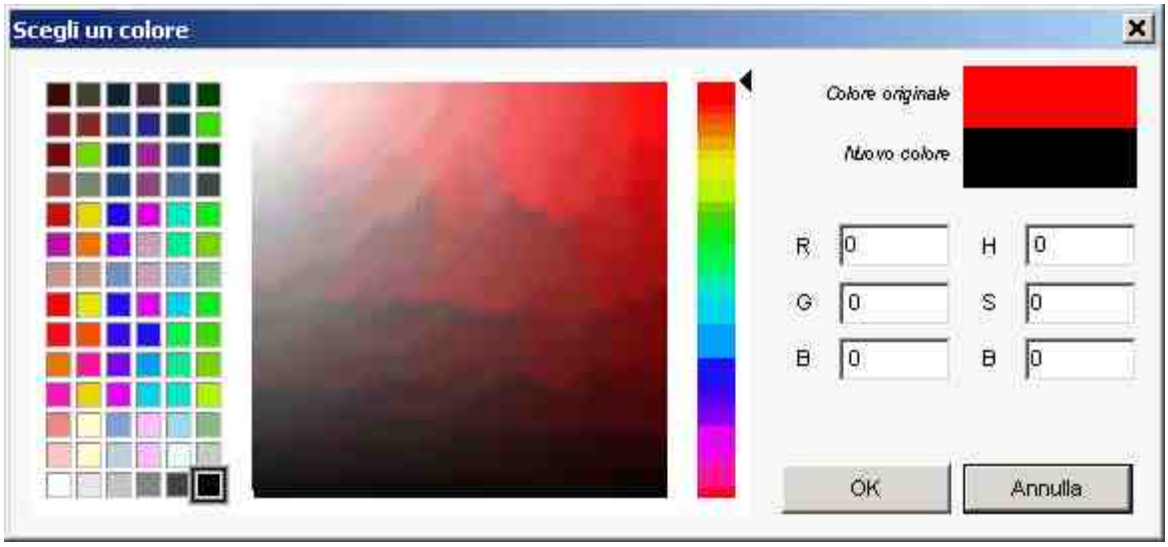


L'utente può impostare la dimensione e il colore dei simboli grafici (nodi, linee, cerniere, supporti, carichi, ecc.).

© 2017 S.T.A. DATA srl

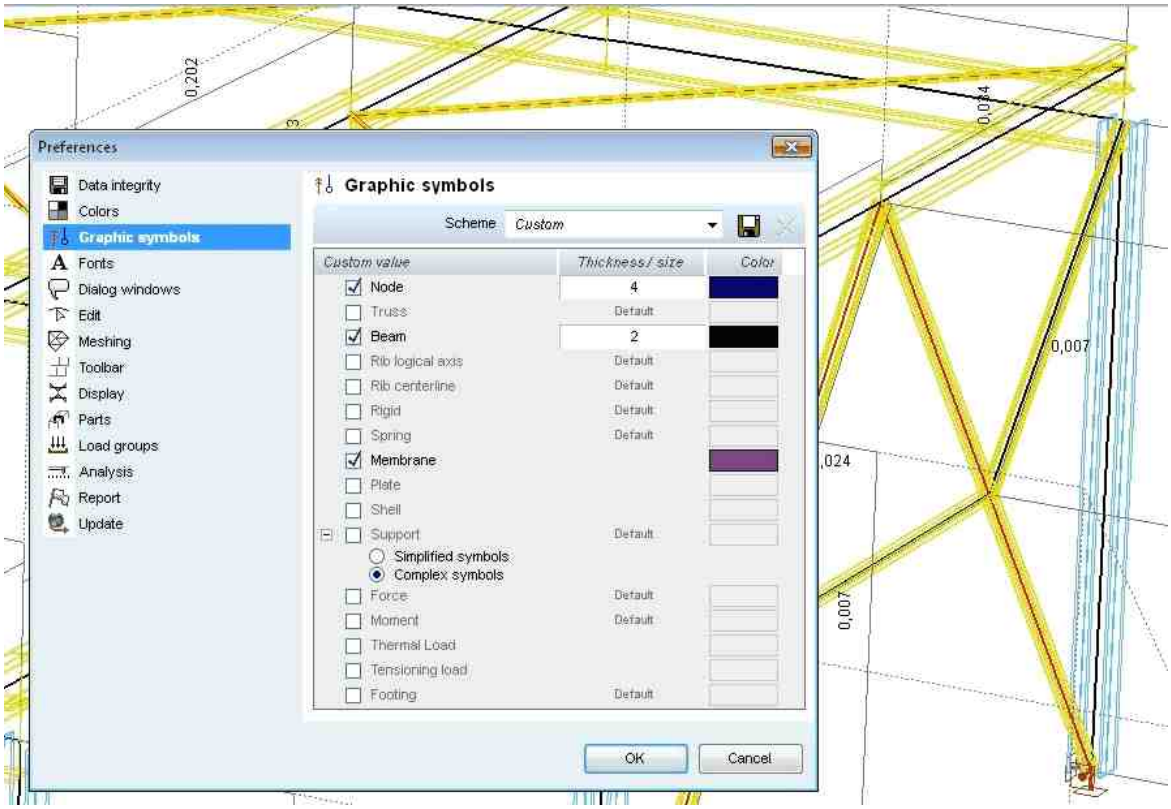


Per esempio cambiando il colore delle aste da rosso a nero.



Le aste sono ora visualizzate con linee di colore nero.

© 2017 S.T.A. DATA srl



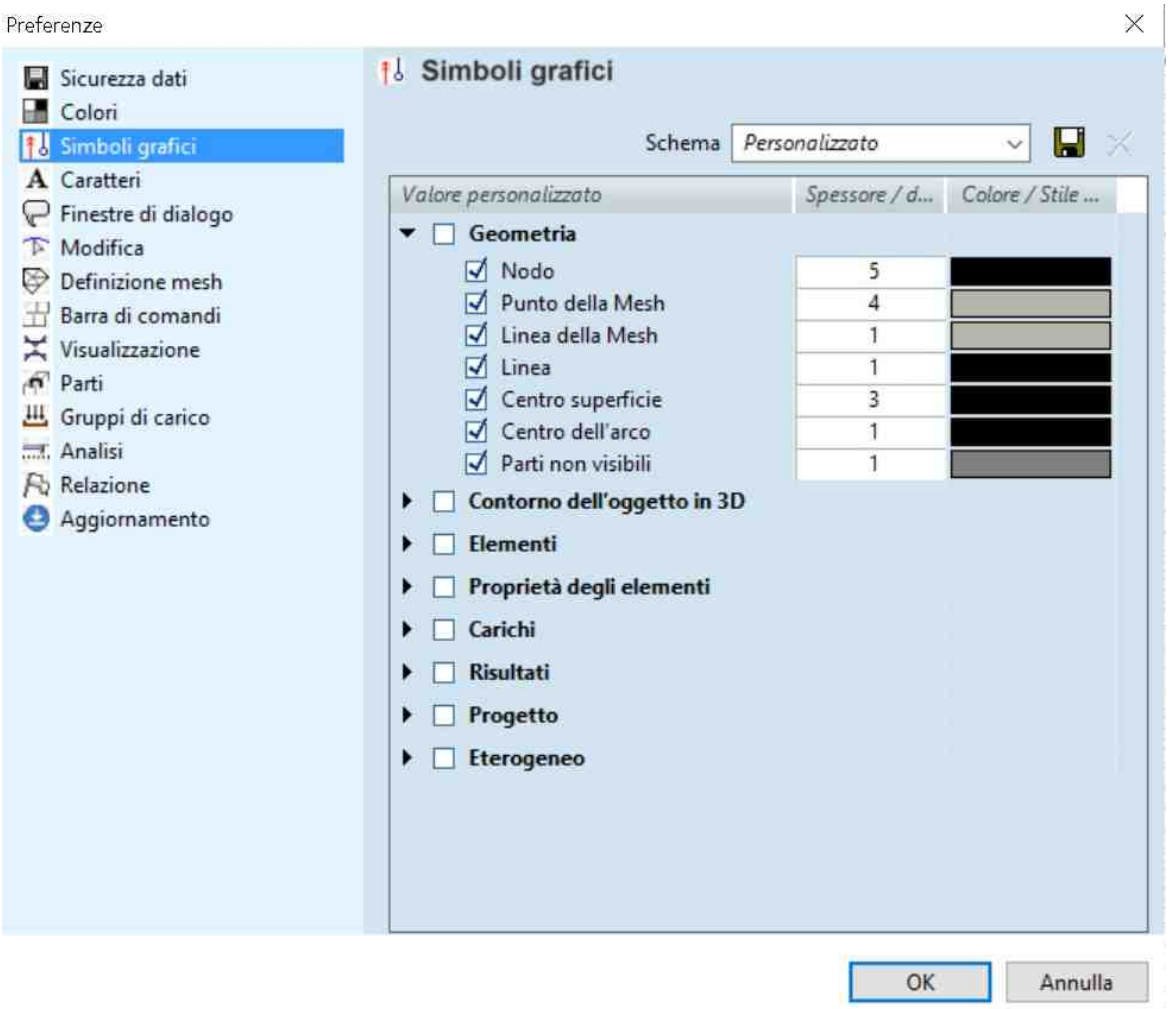
Toolbar di modifica degli elementi grafici di sfondo

2.1.7 Quote, simboli e etichette

Questo gruppo di funzioni permette di assegnare (in modo associativo) linee e testi di quotatura di linee del modello 3D, oltre ad angoli, a segni di livello e di elevazione, etichette o valori dei risultati. Axis VM usa di default le etichette trasparenti. Nella nuova versione X4, la trasparenza può essere disattivata.

La novità, per quanto riguarda i simboli grafici, è la possibilità di configurare i colori del sistema locale e gli spessori delle linee.

© 2017 S.T.A. DATA srl



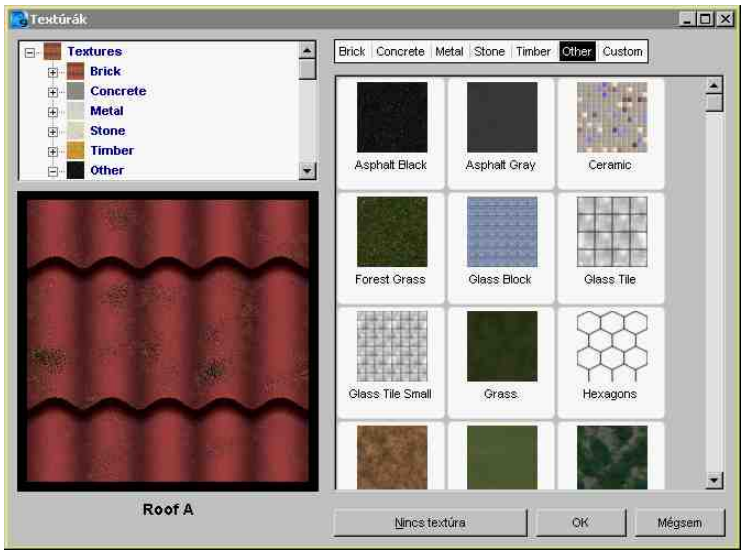
2.1.8 Inserimento di immagini

È possibile sovrapporre il modello di calcolo ad una fotografia, presentando in anteprima il risultato finale.

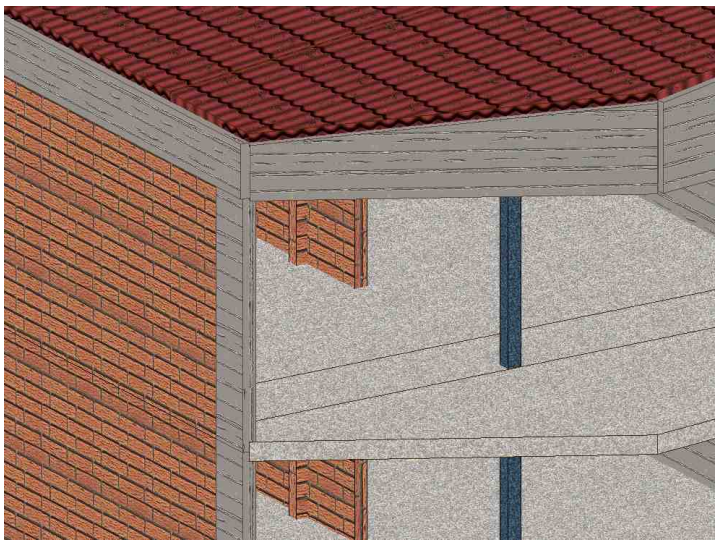
© 2017 S.T.A. DATA srl

2.1.9 Presentazione realistica

Ogni materiale può avere una simbologia diversa che rappresenta la finitura dei materili ed è utilizzata per la presentazione realistica del modello.



Vista delle finiture.

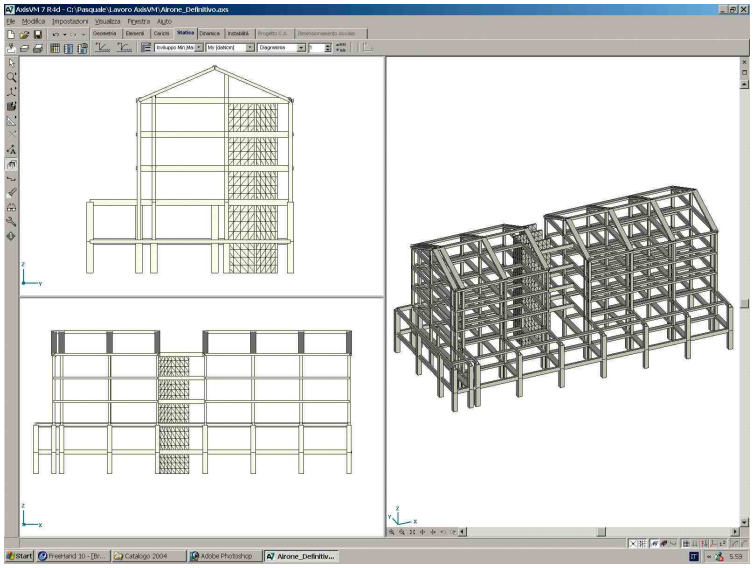


2.1.10 Ambiente grafico multifinestra

Con Axis VM lo schermo è divisibile in un numero illimitato di finestre: questo permette di osservare e controllare contemporaneamente la struttura da tutti i punti di vista.

Agendo in una finestra, le modifiche sono automaticamente visibili anche nelle altre viste.

© 2017 S.T.A. DATA srl

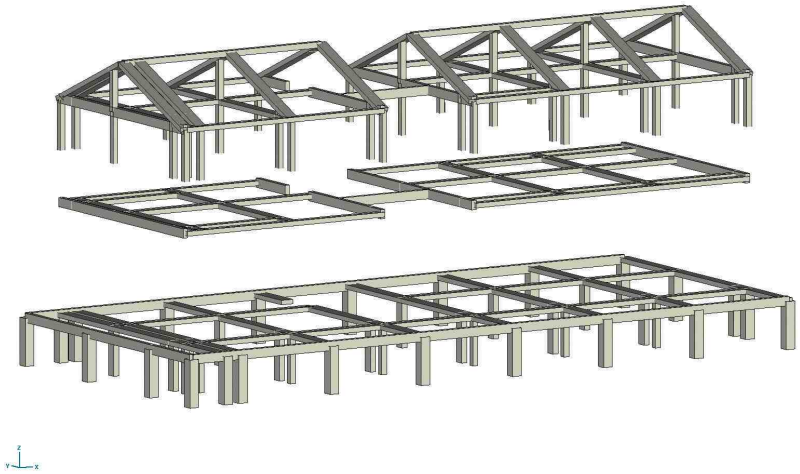


2.1.11 Gestione dei gruppi

Per rendere più veloce ed agevole la fase di introduzione geometrica, è possibile suddividere la struttura in gruppi, secondo criteri stabiliti dall'utente.

Per esempio si possono raggruppare tutte le aste di un solaio, i pilastri, ecc.

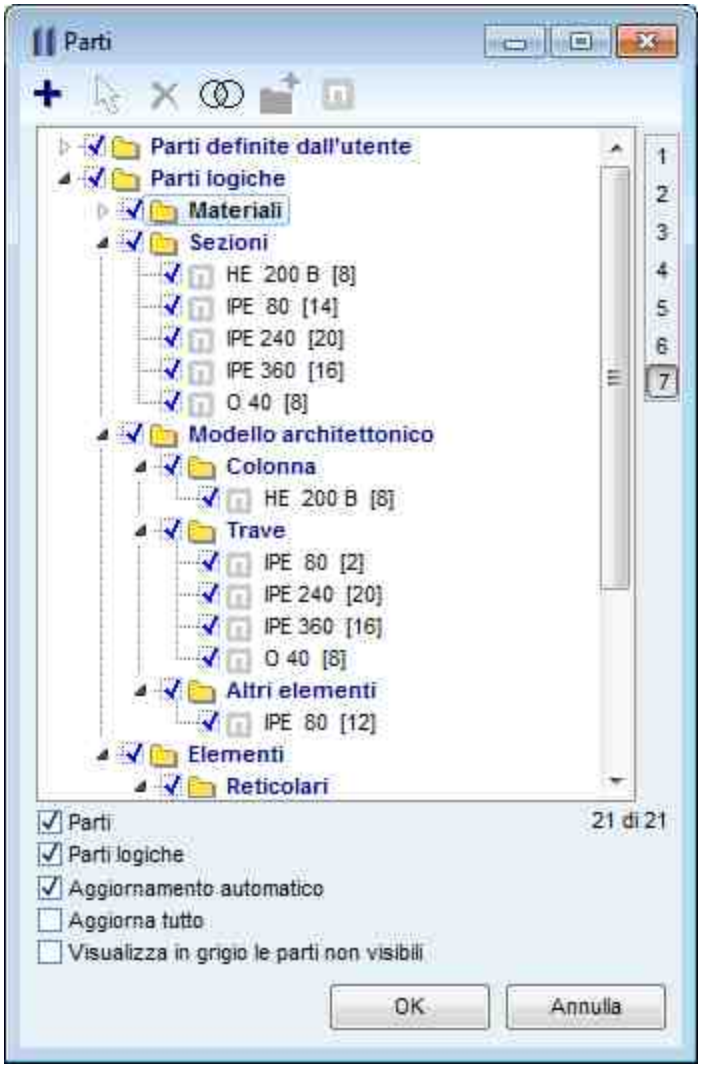
In questo modo si semplifica il lavoro nel caso di una struttura complessa e si possono attribuire le stesse caratteristiche allo stesso gruppo.



Divisione della struttura in gruppi

Il comando **Gruppi** può essere organizzato in cartelle gerarchiche per attivare più facilmente l'insieme di più parti.

© 2017 S.T.A. DATA srl



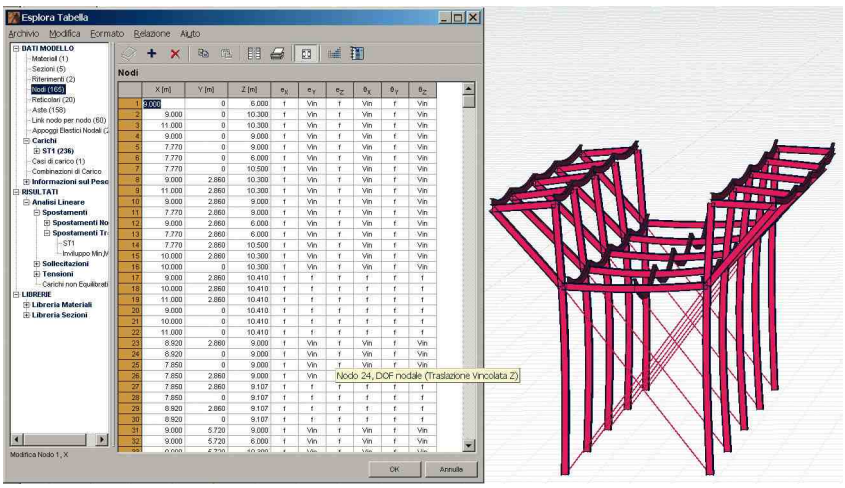
2.1.12 Gestione dei dati con tabelle

Per agevolare la fase di introduzione dei dati, tutti i dati sono presentati sia graficamente sia con tabelle riassuntive di semplice utilizzo. Modificando un dato grafico la tabella si aggiorna in automatico e viceversa.

Particolari funzioni presenti per la gestione delle tabelle consentono di introdurre contemporaneamente più dati.

Le tabelle scambiano dati in input ed output con altri applicativi, in particolare con Excel®.

© 2017 S.T.A. DATA srl


Esplora Tabella
Archivio Modifica Formato Relazione Aiuto
BATI MODELLO
Materiali (1)
Sezioni (5)
Riferimenti (2)
Nodi (1168)
Reticolari (20)
Aste (158)
Link nodo per nodo (60)
Carichi
ST1 (236)
Casi di carico (1)
Combinazioni di Carico
Informazioni sul Peso
RISULTATI
Analisi Lineare
Spostamenti
Spostamenti No
Spostamenti Tr.
ST1
Inviluppo Min/M
Sollecitazioni
Tensioni
Carichi non Equilibrati
LIBRERIE
Libreria Materiali
Libreria Sezioni
Nodi
Nodo 24, DOF nodale (Traslazione Vincolata 2)
Modifica Nodo 1, X
OK
Annulla

2.2 Tipologie di modellazione

2.2.1 Con comandi geometria

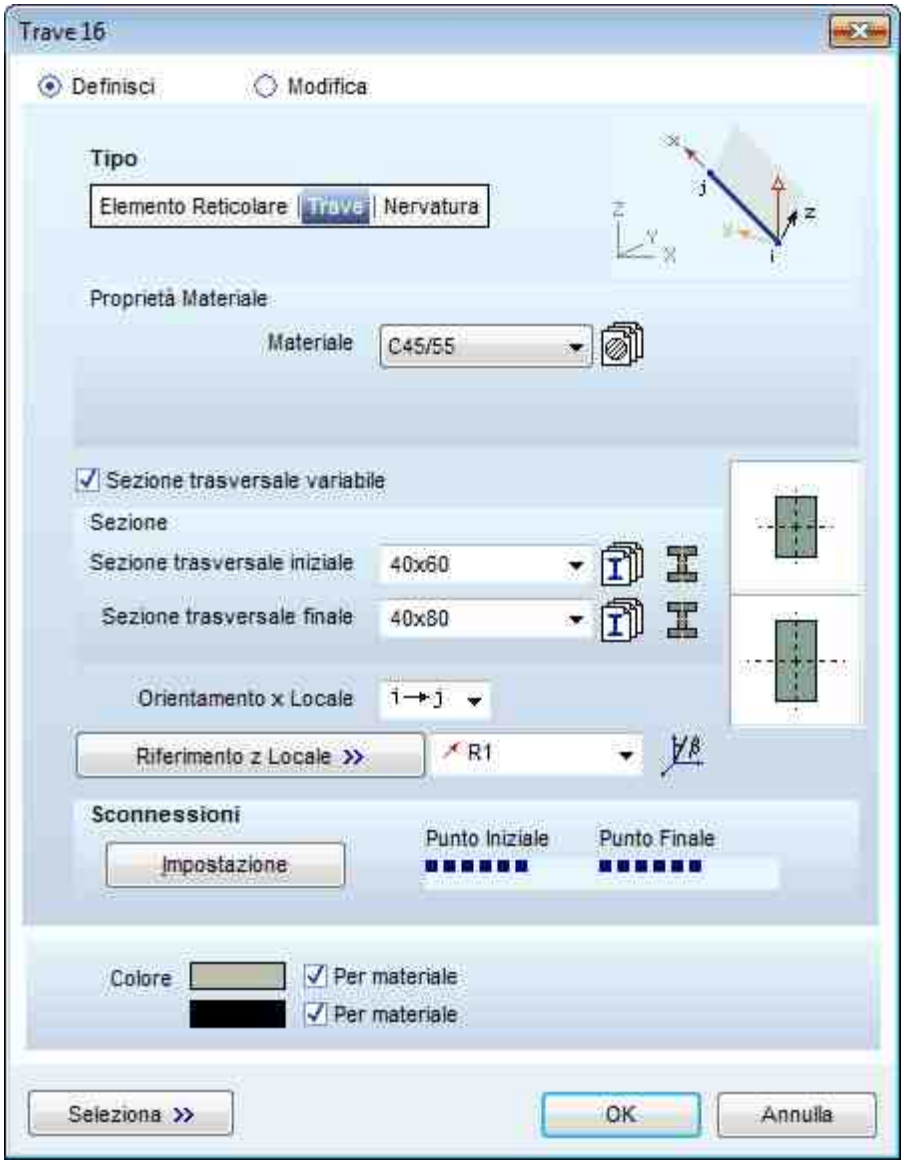
E' possibile creare un modello geometrico costrituito da linee geometriche grazie al potente CAD interno ad Axis VM.

Axis VM è dotato di comandi estremamente efficienti per la generazione grafica del modello (vedere sezione Geometria).

Terminata la costruzione del modello geometrico, per ogni elemento (travi, pilastri, elementi superficiali) è necessario assegnare il materiale, le caratteristiche geometriche ed i vincoli.

Inoltre è possibile definire l'eventuale comportamento non-lineare di elementi e gli svincoli interni.

Con Axis VM lo schermo è divisibile in un numero illimitato di finestre: questo permette di osservare e controllare contemporaneamente la struttura da tutti i punti di vista. Agendo in una finestra, le modifiche sono automaticamente visibili anche nelle altre viste.



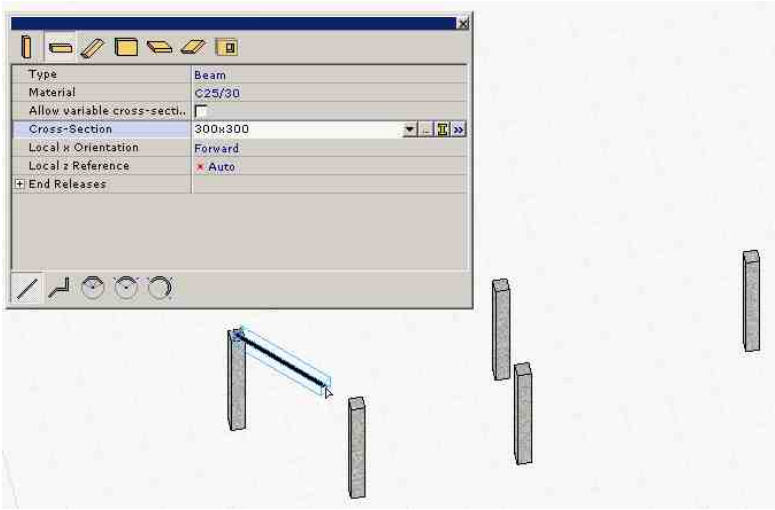
2.2.2 Con disegno diretto elementi

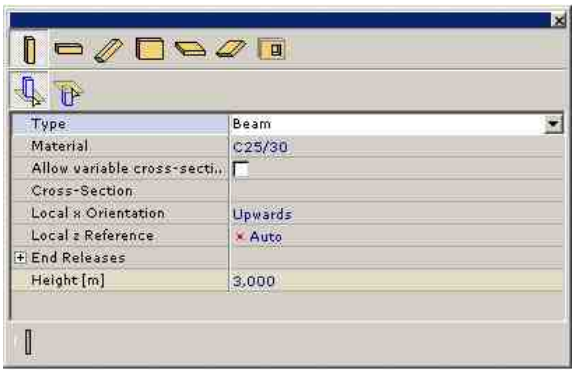
La struttura può essere costruita direttamente mediante oggetti strutturali.

Con un solo comando si introducono direttamente pilastri, travi, solai, muri, elementi piani anche forati con il controllo diretto dei parametri (materiale, sezione, altezza, peso, ecc).

L'introduzione degli oggetti avviene in modo interattivo anche in 3D, e l'effetto realistico è sorprendente.

La struttura prende forma man mano che avviene l'input ed il controllo del risultato è immediato.



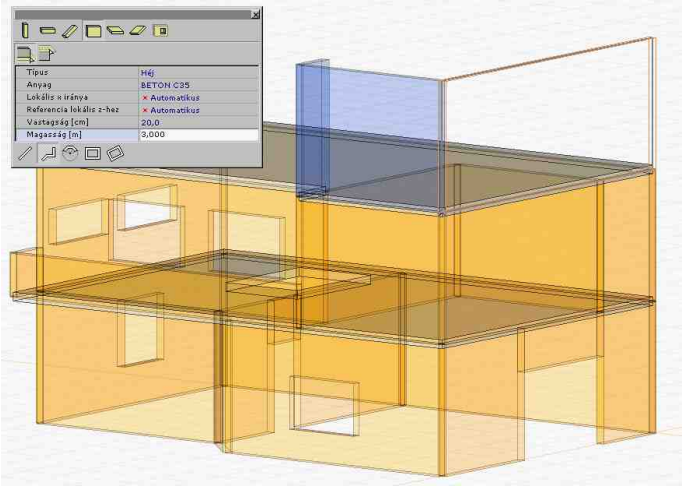


Questo nuovo e pratico modo di introdurre i dati non sostituisce la modalità classica, che prevede l'introduzione dei dati tramite gli assi, i nodi di collegamento agli altri elementi, la sezione e le caratteristiche dei materiali.

L'introduzione dei dati mediante oggetti strutturali velocizza sensibilmente l'input della struttura, senza perdere la caratteristica di potenza che da sempre contraddistingue Axis VM.

La stessa operazione avviene per elementi di superificie, verticale, orizzontale, inclinati, eventualmente con fori.

© 2017 S.T.A. DATA srl



Oggetti strutturali

Inserimento colonna (in direzione globale Z).

Inserimento trave (nel piano globale X-Y plane).

Inserimento trave nello spazio.

Inserimento muro (sempre verticale con altezza costante, il bordo superiore ed inferiore è sempre parallelo al piano globale X-Y).

Inserimento piastra orizzontale (parallela al piano globale X-Y).

Inserimento dominio della soletta COBIAX (parallela al piano globale X-Y).

Inserimento elemento superficiale nello spazio.

Inserimento di un foro.

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.2.3 Con importazione modello architettonico (file IFC)

Vedere BIM.

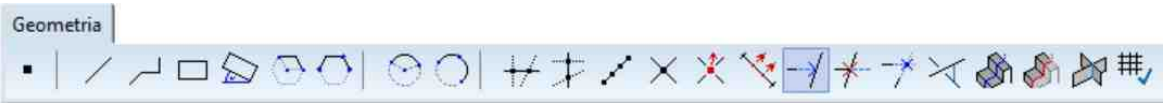
2.3 Geometria

2.3.1 Comandi geometria

I comandi dedicati consentono qualsiasi operazione di costruzione e modifica del modello di calcolo.

Particolarmente potente è la modifica di modelli esistenti, che possono essere manipolati senza perdere i dati già introdotti.

Tra le novità, l'introduzione dei comandi: Estendi linea fino ad incontrare altre linne/piani, Taglia le linee per incontrare altre linne/piani ed Estendi/Taglia linee fino al loro punto di intersezione.



Nodo

Permette di posizionare nuovi nodi o modificare quelli esistenti. Si possono specificare graficamente o numericamente (con la Finestra Coordinate).

Linea

Si possono costruire linee rette definendo i punti finali (nodi). Il comando permette di generare una o più linee indipendenti.

Polilinea

Costruisce una serie di linee rette connesse (una polilinea).

Rettangolo

Costruisce un rettangolo (angoli (nodi) e lati) specificandone due angoli opposti.

Rettangolo obliquo

Costruisce un rettangolo obliquo (angoli (nodi) e lati) Bisogna specificarne un lato (tramite i suoi estremi), e poi l'altro lato (tramite un solo punto).

Poligono

Costruisce un poligono con un numero di lati definito, specificando centro e due punti del poligono.

Costruisce un poligono con numero di lati definito, immettendo i tre punti del cerchio ciscoscritto al poligono.

Arco

© 2017 S.T.A. DATA srl

Definisce un arco mediante il raggio, il punto di partenza ed il punto finale.

Definizione di un arco passante per tre punti.

Divisione orizzontale

Inserisce una linea di divisione orizzontale nel modello nella posizione del cursore grafico. Genera nodi (punti) alle intersezioni della linea di divisione con le linee esistenti.

Divisione verticale

Inserisce una linea di divisione verticale nel modello nella posizione del cursore grafico. Genera nodi (punti) alle intersezioni della linea di divisione con le linee esistenti.

Divisione linea

Permette di creare nuovi punti(nodi) sulle linee selezionate.

Intersezione

Divide le linee selezionate creando punti(nodi) alla loro intersezione.

Elimina nodo

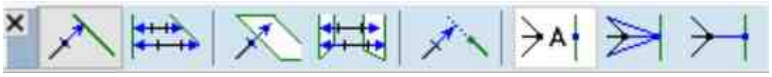
Rimuove i nodi selezionati alle intersezioni delle linee. Rende più facile costruire aste reticolari incrociate, ma che non si intersecano tra di loro oppure rimuovere i punti di divisione inutili lungo la linea.

Elimina nodi intermedi

Rimuove i nodi intermedi selezionati delle semplici linee.

Estendi linea fino ad incontrare altre linne/piani

Permette di estendere le linee verso altre linee. Cliccando sopra questo comando si apre una barra con ulteriori comandi di estensione più specifici.



In questa versione sono state introdotte nuove funzioni che ci permettono di velocizzare l'input delle geometrie del modello. Funzioni:

- di estensione di un vertice di una linea verso un limite definito di un'altra linea
- di estensione di entrambi i vertici di una linea verso altre linee
- di estensione di un vertice di una linea verso un piano
- di estensione di entrambi i vertici di una linea verso altri piani
- di estensione di una linea fino al prolungamento dell'asse di un'altra linea anche se le due non si intersecano
- di estensione di più linee che convergono in un vertice verso un altro vertice

© 2017 S.T.A. DATA srl

- di estensione di più linee verso un punto

Taglia le linee per incontrare altre linne/piani

Permette il taglio di una parte di linea che si interseca con un'altra.
Anche in questo caso, ci sono dei sotto comandi che, naturalmente, operano con la logica contraria dell'estensione.

Estendi/Taglia linee fino al loro punto di intersezione

Permette il taglio di una parte di linea che si interseca con un'altra.
Anche in questo caso, ci sono dei sotto comandi che permettono il taglio o l'estensione di casi specifici, validi anche per gli archi.

Normale trasversale

Genera un nodo tra due linee lungo la loro normale trasversale.

Taglia il modello con un piano e seleziona la parte da traslare rigidamente

Dopo aver definito il piano d'intersezione, le linee e i nodi intersecati saranno aggiunti al modello. Saranno divisi i domini, le travi e le nervature.

Taglia il modello con un piano e seleziona la parte da eliminare

Questa operazione è simile al Taglia il modello con un piano e seleziona la parte da traslare rigidamente, solo che dopo aver definito il piano si può selezionare la parte da eliminare. Gli elementi all'interno della parte selezionata saranno cancellati.

Intersezione dei domini

Crea le righe di intersezione di domini.

Controllo geometria e contorni del dominio

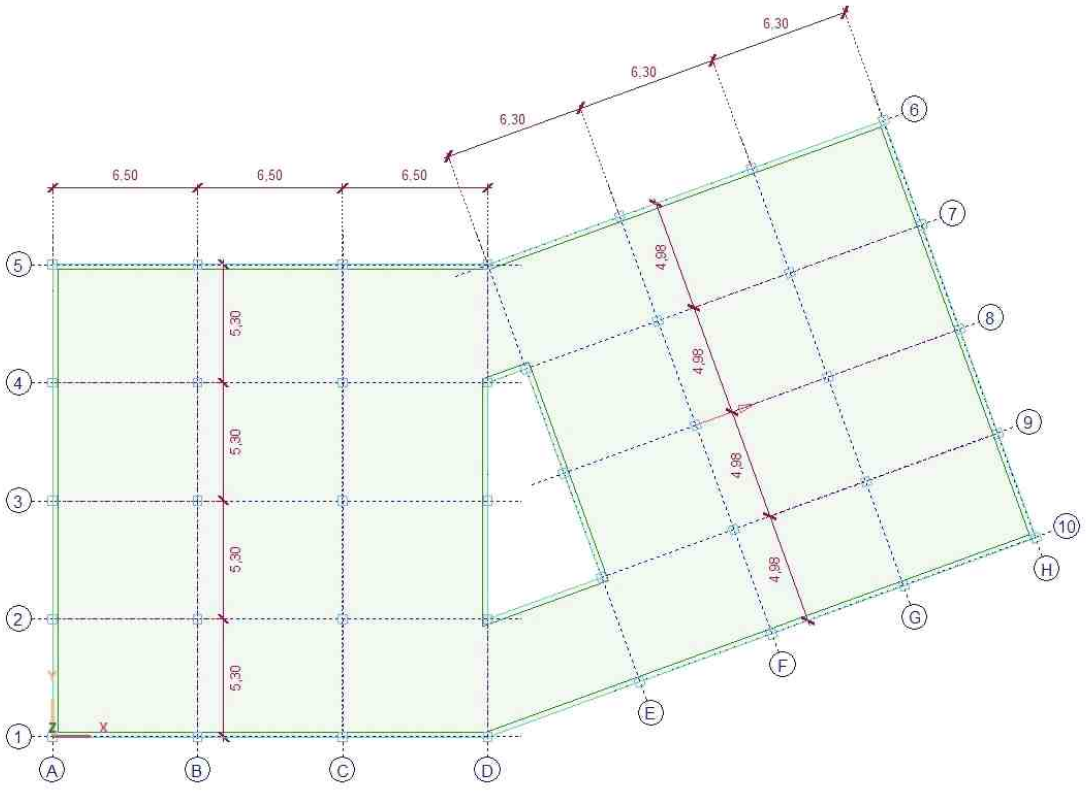
Con questa funzione è possibile selezionare (se "Solo i nodi selezionati" è selezionato) o eliminare i nodi e le linee supplementari all'interno di data tolleranza e ripara i profili di dominio che forzano i segmenti dello stesso piano e che registrano gli archi se il raggio non è lo stesso al punto iniziale ed al punto finale.

In aggiunta anche nuovi comandi per quanto riguarda la funzione di Smussa/Raccorda, sempre riguardo il movimento dei nodi.

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.3.2 Griglie

Nella fase di definizione della geometria si possono inserire diversi tipi di griglie strutturali. Queste griglie possono variare a seconda del piano.



Esempio di griglia strutturale.

2.3.3 Linee di riferimento

Le linee di riferimento sono un aiuto nella fase di inserimento della geometria del modello.

Posiziona una linea guida verticale passante per la posizione corrente del cursore.

Posiziona una linea guida orizzontale passante per la posizione corrente del cursore.

Posiziona una linea guida verticale ed una orizzontale passanti per la posizione corrente del cursore.

Posiziona una linea guida obliqua passante per la posizione corrente del cursore definendo due punti di passaggio.

© 2017 S.T.A. DATA srl

Posiziona una coppia di linee guida ortogonali oblique passanti per la posizione corrente del cursore (definendo due punti di passaggio di uno degli assi).

2.3.4 Strumenti geometrici

Tramite le icone degli strumenti geometria è possibile bloccare la direzione di disegno della linea.

Perpendicolare

Parallela

Perpendicolare al piano

Linea in direzione di un punto medio

Bisettrice

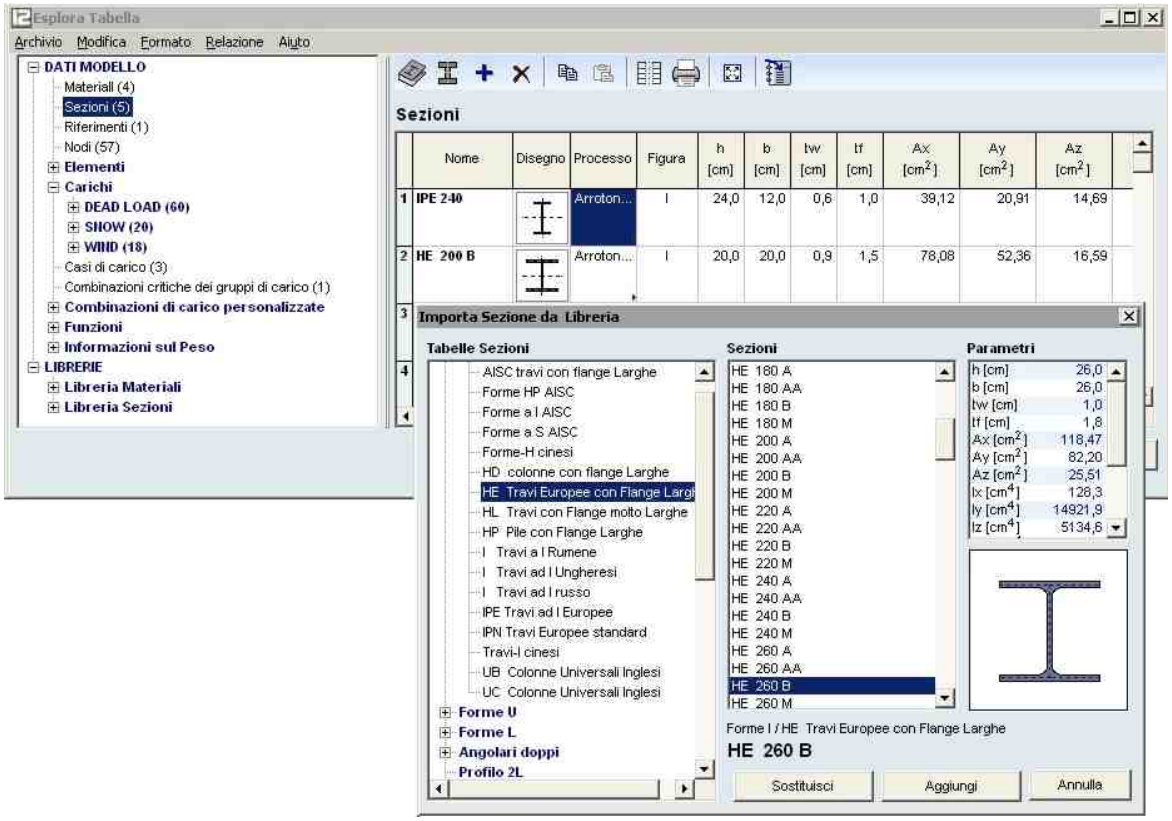
Punto di intersezione

Punto divisorio

© 2017 S.T.A. DATA srl

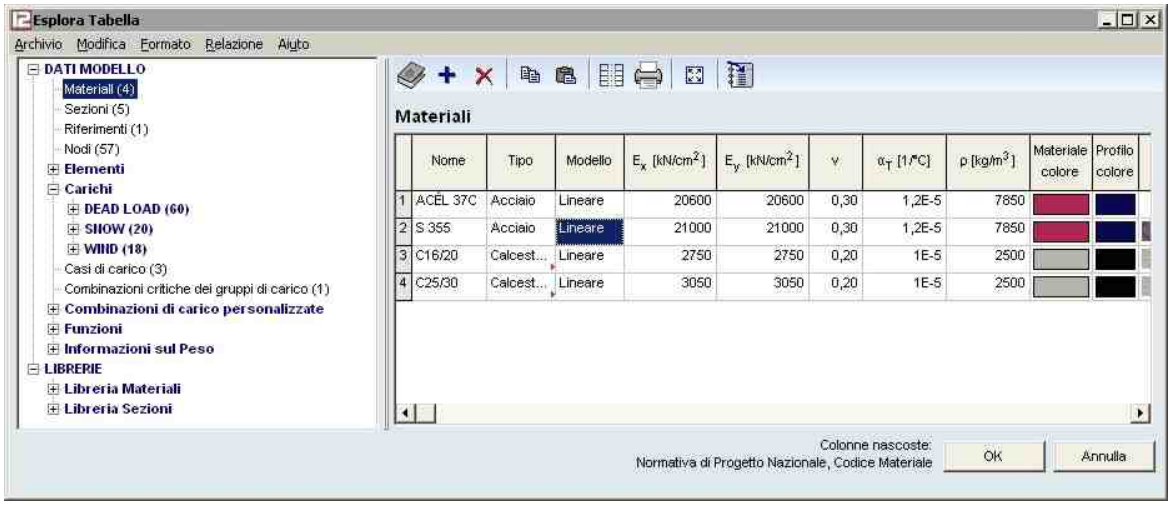
2.3.4.1 Libreria Sezioni per elementi strutturali

AxisVM ha una libreria di sezioni già caricate, che contiene le sezioni di acciaio, di calcestruzzo o legno usate più frequentemente e permette di creare impostazioni di proprietà delle sezioni che possono essere utilizzate in seguito in modelli differenti.
Le librerie includono i prodotti di alcuni fornitori presenti in tutto il mondo.



2.4 Materiali

AxisVM permette di associare agli elementi del modello strutturale il relativo materiale.



© 2017 S.T.A. DATA srl

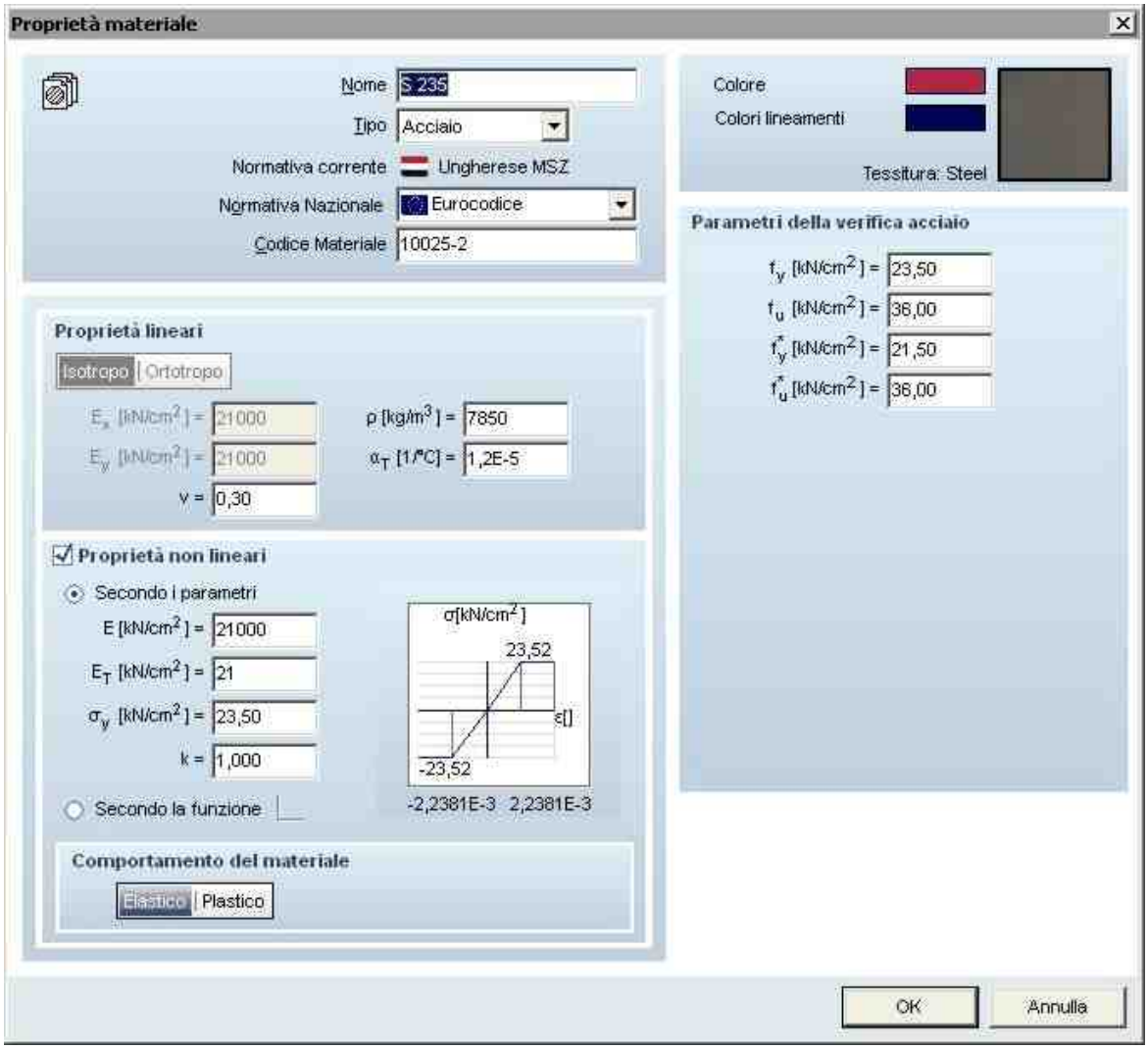
2.4.1 Libreria Materiali

Axis VM ha una libreria di materiali già caricati (che contiene i materiali strutturali usati più frequentemente) e permette di impostarne altri in modo da poterli usare altre volte in modelli diversi. Ad ogni materiale impostato bisogna assegnare un nome.

2.4.2 Creazione materiali personalizzati

E' possibile definire un nuovo materiale o modificare le proprietà di un materiale esistente. I parametri di calcolo e di progettazione possono essere definiti o cambiati.

© 2017 S.T.A. DATA srl


Proprietà materiale
Nome S 235
Tipo Acciaio
Normativa corrente Ungherese MSZ
Normativa Nazionale Eurocodice
Codice Materiale 10025-2
Colore
Colori lineamenti
Tessitura: Steel
Parametri della verifica acciaio
fy [kN/cm2] = 23,50
fu [kN/cm2] = 36,00
f*y [kN/cm2] = 21,50
f*u [kN/cm2] = 36,00
Proprietà lineari
Isotropo Ortotropo
Ex [kN/cm2] = 21000
Ey [kN/cm2] = 21000
ν = 0,30
ρ [kg/m3] = 7850
αT [1/°C] = 1,2E-5
Proprietà non lineari
Secondo i parametri
E [kN/cm2] = 21000
ET [kN/cm2] = 21
σy [kN/cm2] = 23,50
k = 1,000
Secondo la funzione
σ[kN/cm2]
23,52
ε[]
-23,52
-2,2381E-3 2,2381E-3
Comportamento del materiale
Elastico Plastico
OK
Annulla

2.5 Elementi finiti

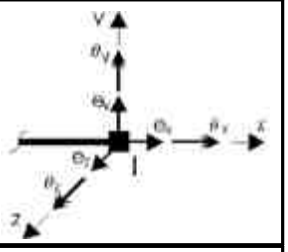
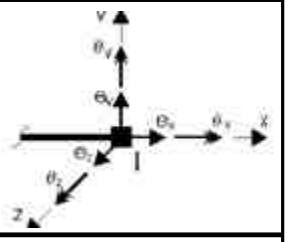
© 2017 S.T.A. DATA srl

2.5.1 Elementi lineari

Gli elementi lineari sono manipolabili come elementi strutturali e non come elementi finiti. Effettuando la mesh su elementi lineari si ottengono elementi reticolare, trave o nervatura cioè elementi finiti.

Gli elementi **reticolari e trave** sono espressi con funzione di forma cubica e sono gli elementi finiti più usati per modellare travi e colonne. Questo significa che non è necessario suddividere le aste in elementi ridotti per aumentare la precesione, in quanto già i risultati sono corretti con un unico elemento.

Gli **elementi nervatura** sono elementi isoparametrici a 3 nodi con funzione di forma quadratica e possono essere definiti come elementi trave (prendendo in conto anche la deformazione per taglio) o in collegamento con elementi superficiali con eventuale eccentricità. Sono utilizzati quindi per la modellazione di piastre nervate.

Elementi finiti	e_x u	e_y v	ez w	θ_x	θ_y	θ_z	
Elemento reticolare	*						
	Elemento isoparametrico, lineare, a due nodi						
Trave	*	*	*	*	*	*	
	Elemento cubico Ermitiano, del tipo Euler-Navier-Bernoulli, a due nodi						
Nervatura	*	*	*	*	*	*	
	Elemento del tipo di Timoshenko , a tre nodi, quadratico, isoparametrico						

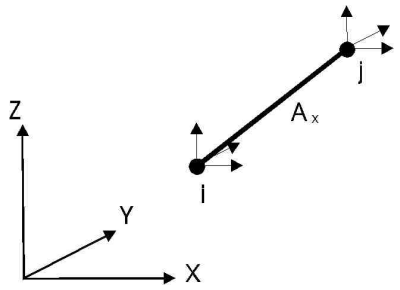
Elemento finito	Sollecitazioni					
Elemento reticolare	N_x					
Trave	N_x	V_y	V_z	T_x	M_y	M_z
Nervatura	N_x	V_y	V_z	T_x	M_y	M_z

2.5.1.1 Elemento reticolare

Gli elementi reticolari possono essere usati per modellare struttura reticolari.

Gli elementi reticolari sono elementi retti a due nodi con proprietà di sezione costanti sulla lunghezza. Per ogni nodo dell'elemento è definito un massimo di tre gradi di libertà traslazionali.

Agli estremi degli elementi ci sono cerniere sferiche. Per ogni elemento reticolare vengono calcolate le sollecitazioni assiali Nx.
La variazione delle forze assiali è costante lungo l'elemento.

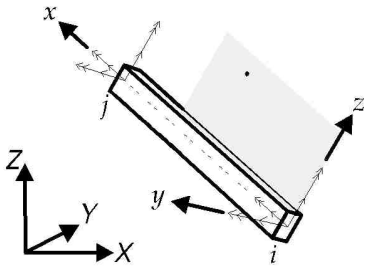


2.5.1.2 Elemento trave

Gli elementi trave possono essere utilizzati per modellare strutture a telaio piano o spaziale.

Le travi sono elementi retti a due nodi. L'elementio trave garantisce la valutazione delle proprietà (spostamenti e sollecitazioni) ad intervalli di almeno 1/10 della lunghezza dell'elemento. Le proprietà di sezione sono costanti o variabili (variazione lineare) lungo l'asse della trave. Per ogni nodo dell'elemento è definito un massimo di tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali.

Gli estremi degli elementi possono avere sconnessioni arbitrarie Per ogni sezione di ogni elemento vengono calcolate tre sollecitazioni trasversali, uno assiale e due tagli (N_x, V_y, V_z), e tre momenti, uno torsionale e due flessionali (T_x, M_y, M_z).

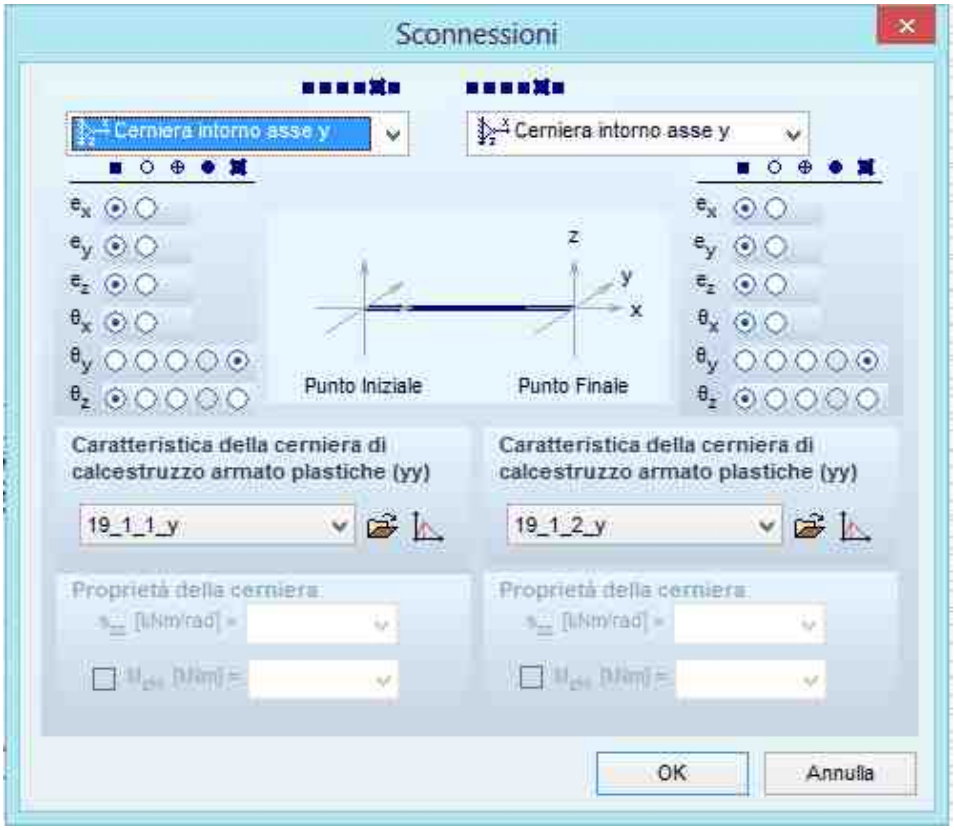


Si possono specificare sconnessioni che rimuovono la continuità tra i gradi di libertà dell'elemento selezionato e i nodi. Si può anche assegnare una connessione semi-rigida alle componenti di rotazione nei piani dei nodi di estremità.

Tra le diverse tipologie di svincoli sono presenti le Cerniere Plastiche, la cui definizione è necessaria al fine di realizzare l'analisi pushover.

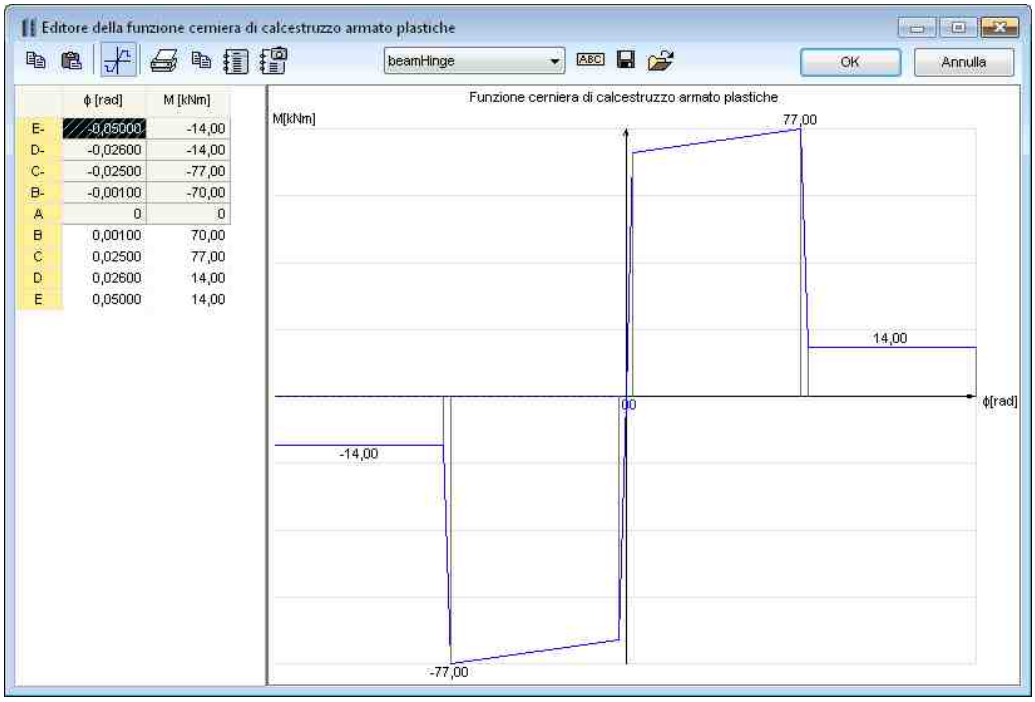
Si riporta di seguito la maschera per la definizione dei parametri relativi.

© 2017 S.T.A. DATA srl



La definizione dei valori dei punti di discontinuità delle cerniere plastiche possono essere introdotti manualmente, oppure come nel nostro caso, definite con una procedura automatica che elabora i dati relativi alle sezioni ed ad alle armature presenti.

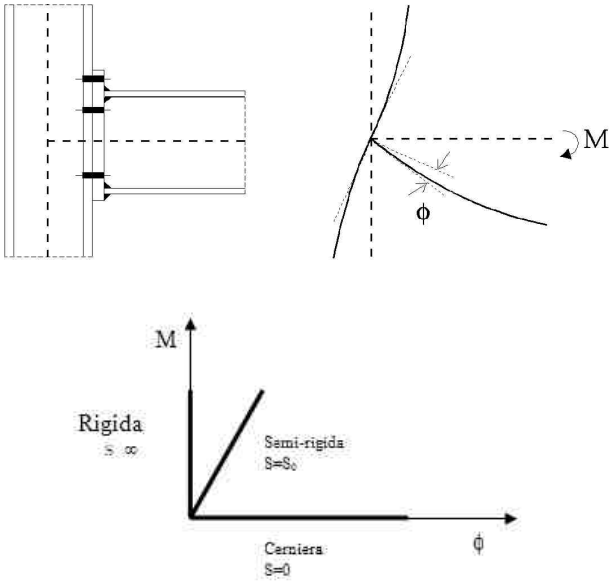
Per la formulazione delle cerniere plastiche vedere paragrafo relativo all'analisi pushover.



■ Simbolo grafico di una connessione rigida (la componente corrispondente di spostamento locale dell'estremo della trave viene trasferita al nodo).

○ Simbolo grafico di una connessione incernierata (la componente corrispondente di spostamento locale dell'estremo della trave non viene trasferita al nodo).

⊕Simbolo grafico di una connessione incernierata semi-rigida. Se una connessione è semi rigida si può assegnare ad essa una valore di rigidezza (solo in direzione yy o zz). Il diagramma momento-rotazione relativa di una connessione è modellato tramite una molla rotazionale elastica lineare o non lineare. La caratteristica non lineare può essere usata solo in una analisi statica non lineare. In una analisi statica lineare, dinamica o di instabilità viene presa in considerazione solo la rigidezza iniziale.



◆ Simbolo grafico del collegamento elastico-perfettamente plastico: il valore massimo del momento ai punti terminali è calcolato dal materiale e dalle proprietà della sezione trasversale.

■ Simbolo grafico di un collegamento plastico: il valore massimo del momento ai punti terminali è calcolato dal materiale e dalle proprietà della sezione trasversale.

2.5.1.3 Elemento nervatura

Gli elementi nervatura possono essere utilizzati, indipendentemente o in congiunzione con elementi bidimensionali (piastre, membrane o gusci) per modellare strutture bidimensionali nervate.

Esse possono essere connesse rispetto all'asse baricentrico oppure in maniera eccentrica agli elementi lineari o bidimensionali a cui sono collegate.

Quando vengono usate indipendentemente, le nervature possono modellare strutture a telaio in modo simile agli elementi trave, ma prendono in considerazione anche le deformazioni di taglio.

Gli elementi nervatura sono elementi retti, isoparametrici a tre nodi con proprietà di sezione costante o variabile (cambiamento lineare) lungo l'asse con funzioni di interpolazione quadratiche.

© 2017 S.T.A. DATA srl

Non sono valutati spostamenti e sollecitazioni per sezioni interne alla lunghezza dell'elemento, perciò è necessaria la definizione di una mesh lineare per valutarli non solo all'estremità ma anche internamente. Sono definiti tre gradi di libertà rotazionali e tre traslazionali per ogni nodo dell'elemento.

Ad ogni nodo sono calcolate tre sollecitazioni ortogonali, una assiale e due di taglio (N_x, V_y, V_z) e tre momenti , uno torsionale e due flessionali (T_x, M_y, M_Z). La variazione delle sollecitazioni all'interno dell'elemento è lineare.

Si possono definire rilasci ai nodi (vincoli interni) per le nervature come per le travi. Inizialmente i vincoli interni sono fissi.

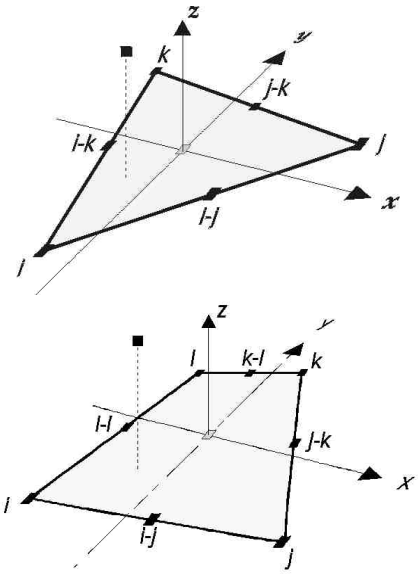
© 2017 S.T.A. DATA srl

2.5.2 Elementi bidimensionali

Gli **elementi superficiali** possono essere usati per modellare membrane (elementi membrana) sottile e spesse, piastre (elementi piastra) e gusci (elementi guscio) assumendo che gli spostamenti siano piccoli.

Gli **elementi superficiali** sono elementi isoparametrci quadrilateri (8/9 nodi) o triangolari (6 nodi).

Tutti usano funzioni di forma quadratica per interpolare gli spostamenti e hanno tutti superato il "patch test" per forme arbitrarie. Le piastre ed i gusci seguono la teoria di Mindlin con la formulazione Heterosis, cioè tengono conto della deformazione per taglio.

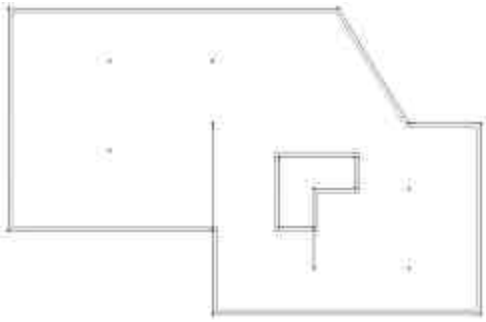


Dominio

Un dominio è un elemento strutturale piano con una forma geometrica complessa descritta da un poligono chiuso fatto di linee e archi.
Un dominio può contenere fori, linee e punti interni. Vertici del poligono, fori e linee interne devono stare in uno stesso piano.

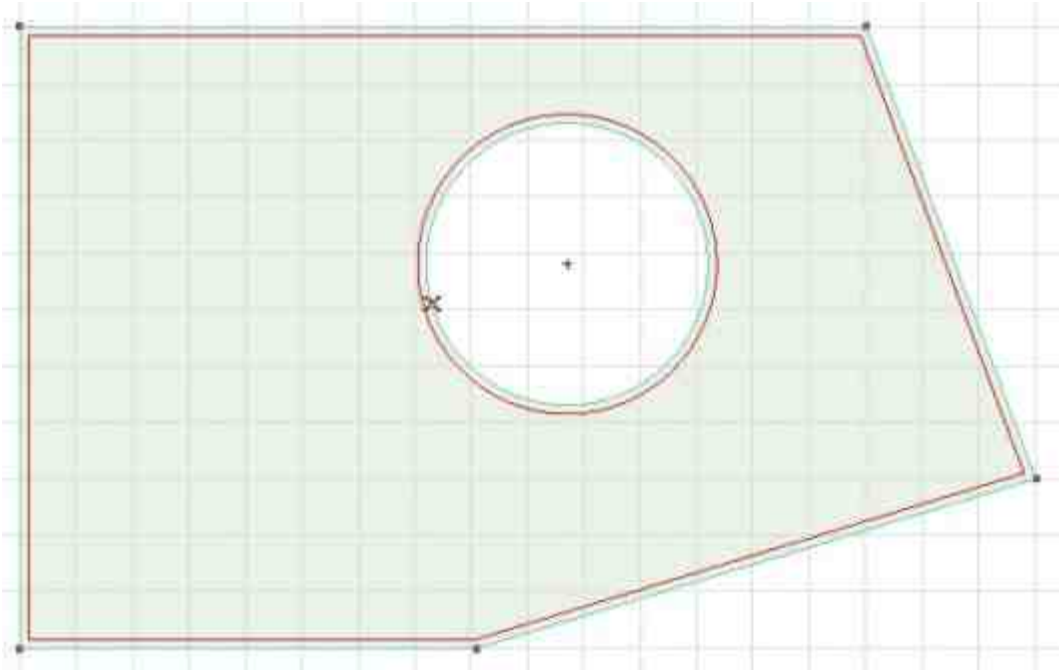
Un dominio è evidenziato a video da una linea di contorno interna al poligono del dominio, con un colore corrispondente al tipo di elemento del dominio (blue per membrane, rosso per piastre, e verde per gusci).

© 2017 S.T.A. DATA srl



Fori

In un dominio possono essere definiti dei fori. I fori devono stare all'interno del dominio e nello stesso piano.



Operazioni sui domini

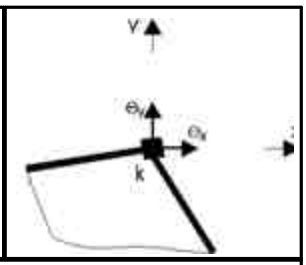
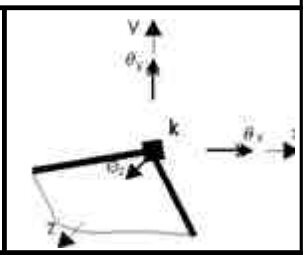
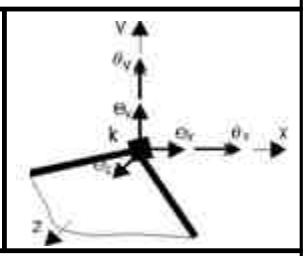
Cambiare il contorno dei domini.

Unione di domini.

Taglio dei domini.

Elementi finiti	e_x u	e_y v	ez w	θ_x	θ_y	θ_z	

© 2017 S.T.A. DATA srl

Membrana	*	*					
	Elemento del tipo Serendipity, a otto nodi, quadratico, isoparametrico						
Piastra			*	*	*		
	Elemento piastra del tipo Hughes, a 9 nodi, isoparametrico Heterosis						
Guscio	*	*	*	*	*		
	Elemento guscio piano, sovrapposizione di elemento membrana e elemento piastra						

Elemento finito	Sollecitazioni							
Membrana	n_x	n_y	n_{xy}					
Piastra				m_x	m_y	m_{xy}	v_{xz}	v_{yz}
Guscio	n_x	n_y	n_{xy}	m_x	m_y	m_{xy}	v_{xz}	v_{yz}

2.5.2.1 Membrana

Gli elementi membrana possono essere usati per modellare strutture piane il cui comportamento è dominato da effetti membranali nel piano. Gli elementi membranali includono solo sforzi membranali (nessun effetto flessionale).

L'elemento può essere caricato solo nel suo piano.

AxisVM usa un elemento membrana Serendipity a otto nodi, con tensione piana o deformazione piana.

Le sollecitazioni membranali sono: n_x, n_y, e n_{xy}. Inoltre vengono calcolate le sollecitazioni interne principali n_1, n_2, e l'angolo α_n.

La variazione delle sollecitazioni interne entro un elemento può essere considerata come lineare.

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.5.2.2 Piastra

Gli elementi piastra possono essere usati per modellare strutture il cui comportamento è dominato dagli effetti flessionali.

AxisVM usa un elemento finito piastra Heterosis a otto/nove nodi, basato sulla teoria delle piastre di Mindlin_Reissner che prende in considerazione gli effetti delle deformazioni di taglio trasversale.

Questo elemento è adatto alla modellizzazione i piastre sottili e spesse. Gli elementi piastra includono il solo comportamento flessionale (nessun comportamento nel piano).

L'elemento può essere caricato solo perpendicolarmente al suo piano

Le sollecitazioni interne nella piastra sono: momenti m_x, m_y, m_{xy}, e sollecitazioni di taglio v_x, v_y (normali al piano dell'elemento). Inoltre vengono calcolati le sollecitazioni interne principali: m_1, m_2, l'angolo α_m e la sollecitazione di taglio risultante q_R.

La variazione delle sollecitazioni all'interno dell'elemento possono essere considerate come lineari.

2.5.2.3 Guscio

Gli elementi guscio possono essere usati per modellare strutture con comportamento dipendente sia dagli effetti nel piano (membranali) che dagli effetti flessionali (di piastra). L'elemento guscio è una sovrapposizione dell'elemento membrana e dell'elemento piastra.

É un elemento piano, in modo che gli effetti membranali e di piastra possano essere considerati indipendenti (al primo ordine).

L'elemento può essere caricato sia nel suo piano che perpendicolarmente al suo piano.

Le sollecitazioni interne nell'elemento guscio sono: forze n_x, n_y, e n_{xy} (componenti membranali) momenti m_x, m_y, e m_{xy}, e tagli q_x, q_y (componenti di piastra). Inoltre vengono calcolati le forze e i momenti principali n_1, n_2, l'angolo α_n, m_1, m_2, l'angolo αm e la sollecitazione di taglio risultante q_R.

La variazione di sollecitazioni all'interno dell' elemento possono essere considerate lineari.

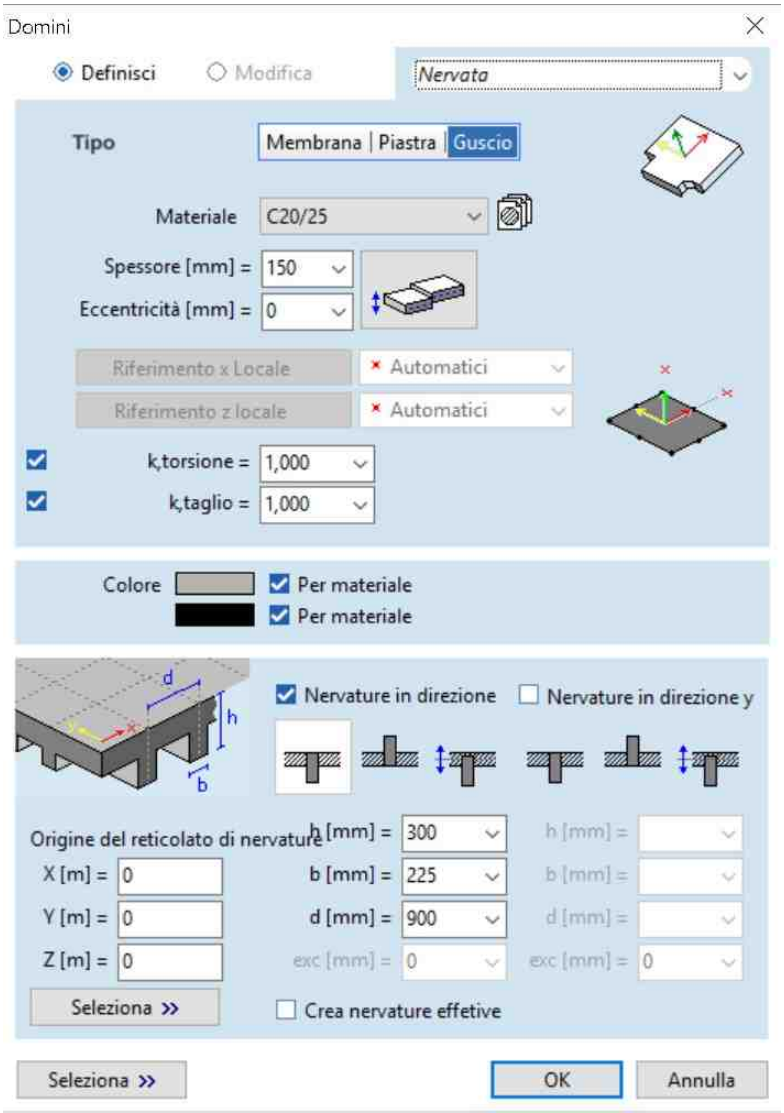
2.5.2.4 Solette parametriche

E' possibile definire i domini come solette nervate parametriche.

La maschera permette di specificare le caratteristiche geometriche delle nervature sia in direzione x che in direzione y.

Le caratteristiche geometriche possono essere ridefinite successivamente.

© 2017 S.T.A. DATA srl

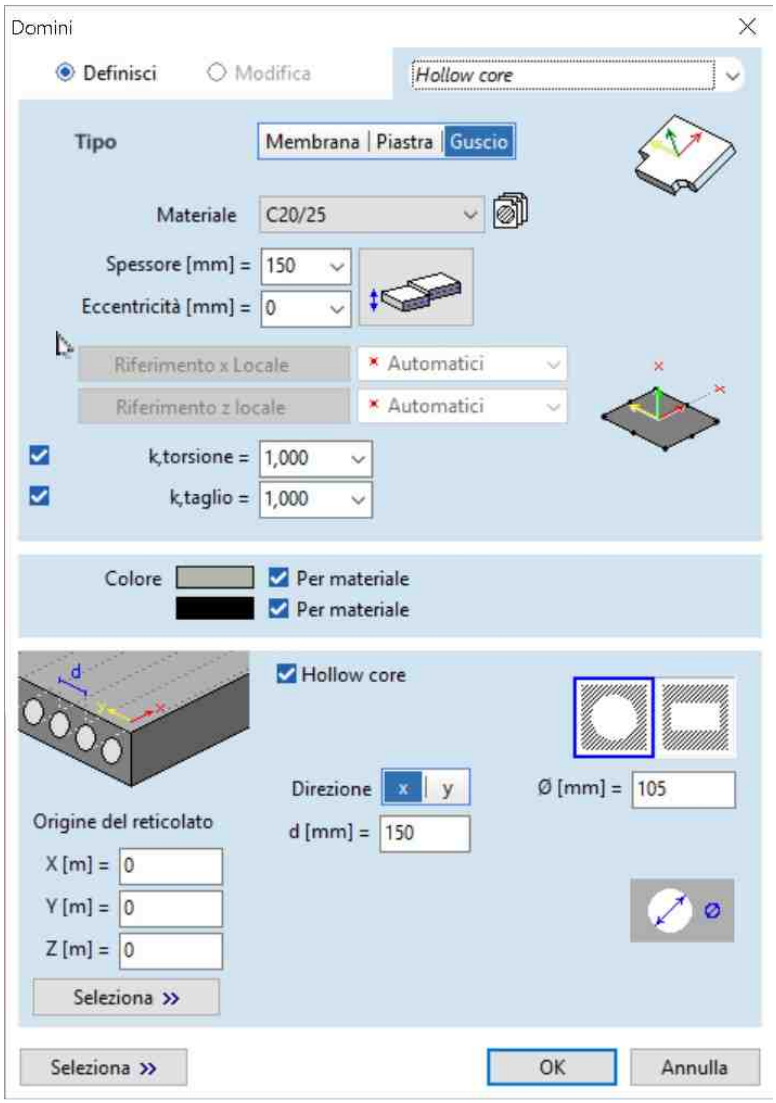


SOLETTE A NUCLEO CAVO

Nella modellazione a elementi finiti è possibile creare oggetti bidimensionale all'interno dei quali possiamo inserire dei fori con un perimetro generico complanare al piano dell'elemento.

In AxisVM X4 hanno introdotto gli elementi bidimensionali a nucleo cavo, questo permette la definizione di cavità a forma circolare o rettangolare con dimensioni non superiori allo spessore e uno sviluppo in una delle due direzioni principali dell'elemento ripetute un determinato interasse.

© 2017 S.T.A. DATA srl



E' una funzione non comune a tutti i software, infatti, molto spesso questo tipo di solette vengono simulate calcolando spessori e pesi propri equivalenti in modo da simulare la rigidezza e il peso complessivo. Tali solette, possono essere fonte di errore e richiedono dei tempi di valutazione aggiuntivi, per questo motivo, lo scopo della soletta a nucleo cavo è proprio quello di velocizzare la modellazione evitando eventuali errori.

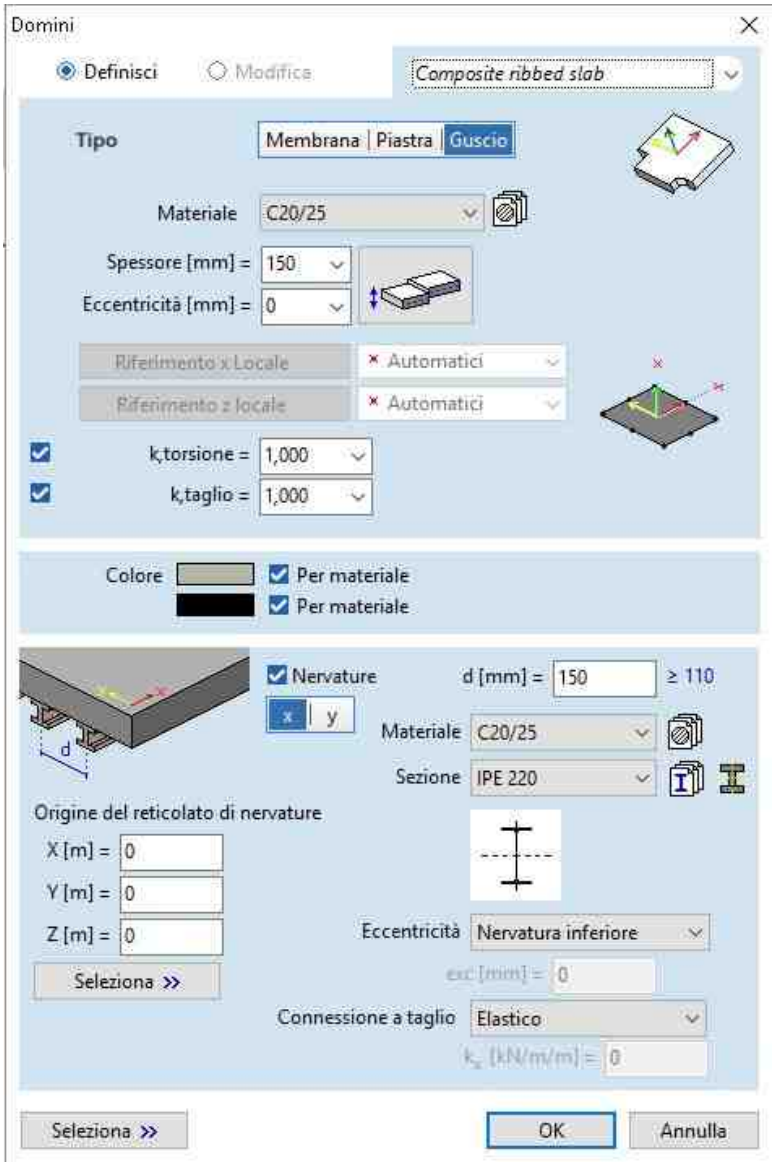
SOLETTA CON NERVATURE DI DIVERSO MATERIALE

Oltre alla generazione automatica di solette nervate è ora possibile definire solette nervate con materiali differenti, ad esempio putrelle in acciaio a supporto di una soletta in cls armato.

Anche in questo caso le nervature sono generate automaticamente ma è possibile definirle con un materiale differente.

In caso di mancata verifica o variazione di progetto è necessario modificare la distanza tra le nervature, non occorre eliminarle e reinserirle, basta modificare il parametro d'interasse. AxisVM X4 in automatico elimina le nervature precedenti sostituendole nervature poste all'interasse specificato, questa operazione fatta manualmente richiederebbe molto più tempo.

© 2017 S.T.A. DATA srl

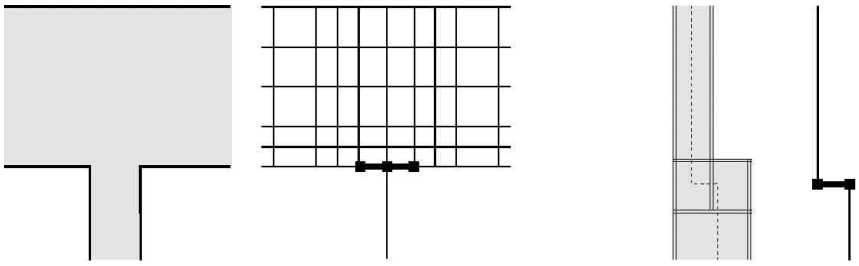

Domini
Definisci
Modifica
Composite ribbed slab
Tipo
Membrana
Piastra
Guscio
Materiale
C20/25
Spessore [mm] =
150
Eccentricità [mm] =
0
Riferimento x Locale
Automatici
Riferimento z locale
Automatici
k,torsione =
1,000
k,taglio =
1,000
Colore
Per materiale
Per materiale
Nervature
d [mm] =
150
≥ 110
x
y
Materiale
C20/25
Sezione
IPE 220
Origine del reticolato di nervature
X [m] =
0
Y [m] =
0
Z [m] =
0
Seleziona
Eccentricità
Nervatura inferiore
Connessione a taglio
Elastico
Seleziona
OK
Annulla

2.5.3 Altri tipi di elementi

Elemento rigido

Gli elementi rigidi possono essere usati per modellare parti con un comportamento rigido rispetto ad altre parti della struttura.

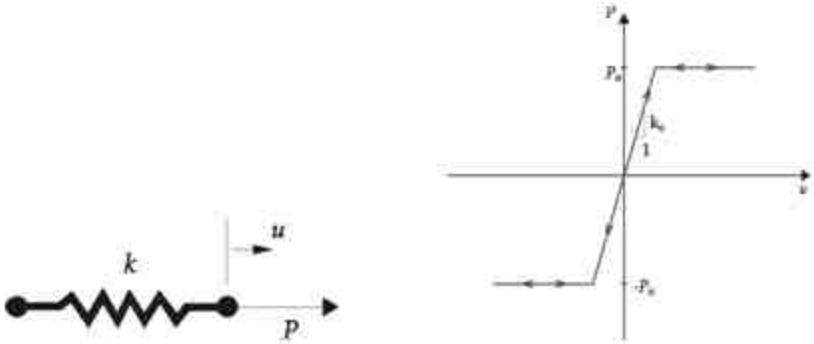
Gli elementi rigidi possono essere usati solo in un'analisi statica lineare. Essi possono essere definiti selezionando le linee che ne connettono i nodi. Le linee selezionate aventi nodi in comune, definiscono lo stesso elemento rigido.



Vincolo elastico

Il vincolo elastico connette due nodi del modello. L'elemento ha un suo sistema di coordinate. si possono specificare i valori di rigidezza traslazionale e/o rotazionale (torsionale) rispetto agli assi dell'elemento. L'elemento può avere proprietà elastiche non lineari.

Se si deve definire un vincolo elastico non lineare , si possono specificare i valori di resistenza per ogni componente della reazione interna.



Vincolo monolatero

Il vincolo monolatero è usato per modellare il contatto puntuale.

L'elemento ha due stati:

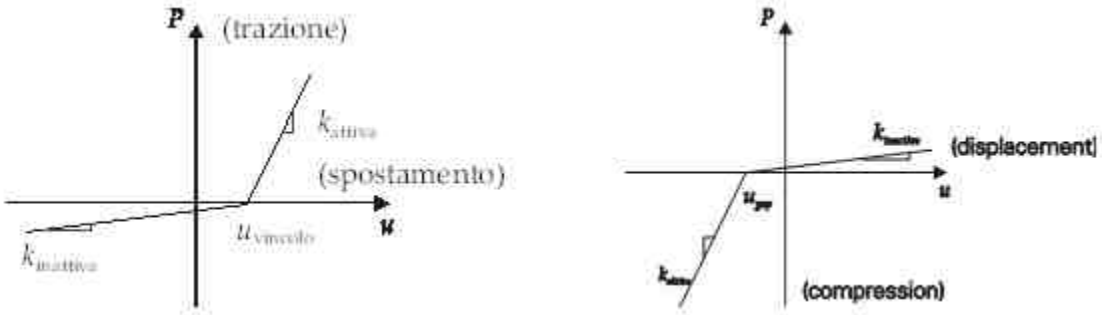
1. attivo,quando ha un grande valore di rigidezza per simulare il contatto raggiunto;

2. inattivo, quando ha un piccolo valore di rigidezza (simula che il contatto non sia stato raggiunto).

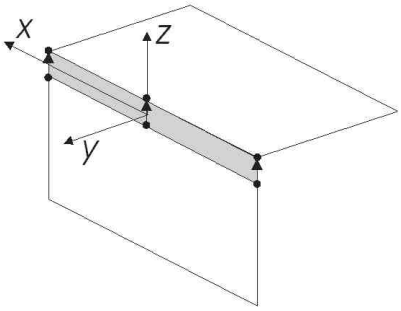
Il vincolo monolatero può essere attivo in trazione o in compressione. Nelle figure seguenti sono mostrati i diagrammi forza-spostamento tipici di un elemento attivo rispettivamente in trazione o in

© 2017 S.T.A. DATA srl

compressione.



Link (collegamento)



Gli elementi Link (collegamento) collegano due nodi (N-N) o due linee (L-L) ed hanno sei componenti di rigidezza (definite nel loro sistema di coordinate) concentrate su un'interfaccia (localizzata tra i nodi/linee collegate).

Gli elementi link (collegamenti) possono avere parametri non lineari. La resistenza limite contiene le azioni che sono in grado di trasferire.

Collegamento Nod-Nodo

Collega due nodi. Applicazioni tipiche sono: collegamenti tra travi principali e arcarecci; alcuni tipi di collegamenti di griglie; Collegamenti a croce di S. Andrea; ecc.

Per quanto riguarda i parametri non lineari, la resistenza limite può essere specificata, per ogni corrispondente componente, con un valore di rigidezza diverso da zero.

E' possibile definire il collegamento attivo sia in compressione che in trazione, solo in compressione, solo in trazione.

Collegamento Linea-Linea

Collega due linee con tre su ognuna delle linee che possono essere elementi nervatura e/o bordi di elementi di elementi bidimensionali (superfici). Quindi un collegamento linea-linea ha 6 nodi.

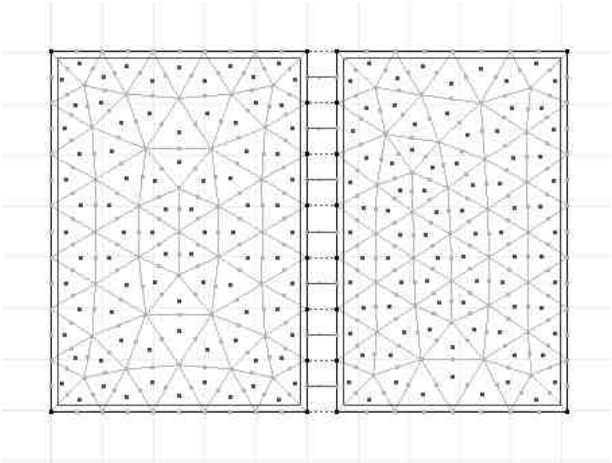
Applicazioni tipiche sono: collegamento tra pavimento e muro; semi-composite/full-composite layered beams; Collegamenti semi rigidi tra nervature e gusci; ecc..

Per quanto riguarda i parametri non lineari, la resistenza limite può essere specificata, per ogni corrispondente componente, con un valore di rigidezza diverso da zero.

E' possibile definire il collegamento attivo sia in compressione che in trazione, solo in compressione,

© 2017 S.T.A. DATA srl

solo in trazione.



Cerniera di bordo

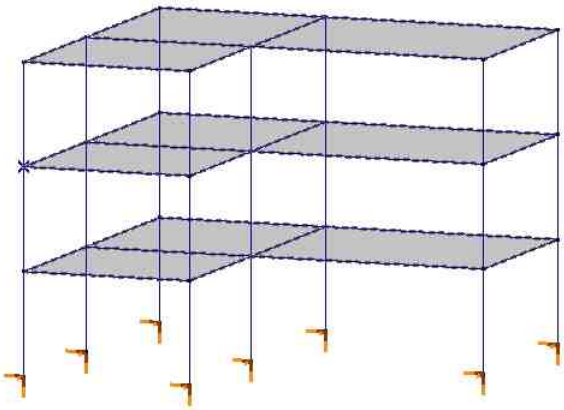
La cerniera di bordo può essere definita tra i bordi di domini o tra una nervatura ed un bordo di dominio.

Per quanto riguarda i parametri non lineari, la resistenza limite può essere specificata, per ogni corrispondente componente, con un valore di rigidezza diverso da zero.

E' possibile definire il collegamento attivo sia in compressione che in trazione, solo in compressione, solo in trazione.

Diaframma

I diaframmi rappresentano dei piani rigidi.

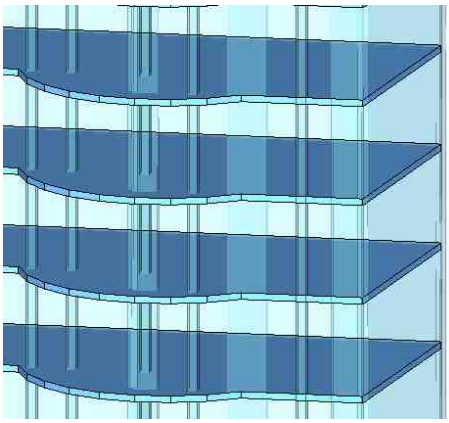


I diaframmi sono degli speciali elementi rigidi in cui la posizione relativa dei nodi rimane costante in un piano globale.

Il nuovo elemento di Solaio infinitamente rigido è utile per modellare gli elementi orizzontali, verticali ed inclinati delle strutture in zona sismica.

Questa nuova opzione semplifica e velocizza l'analisi delle strutture riducendo le dimensioni del modello.

© 2017 S.T.A. DATA srl



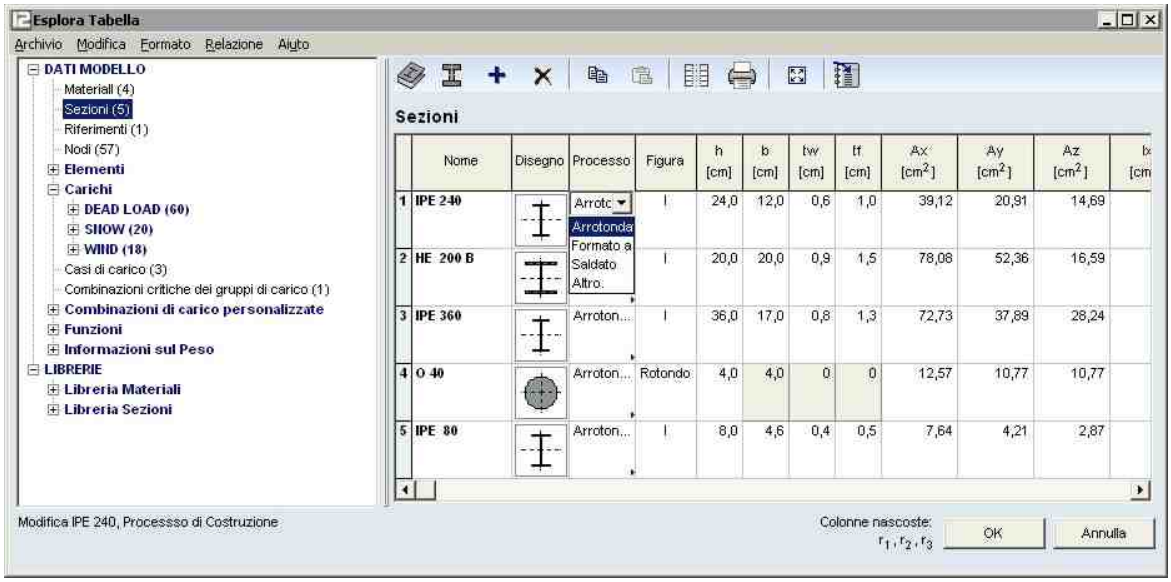
Vincolo elastico	*	*	*	*	*	*	(sono mostrate solo due componenti)
Vincolo monolatero	*						

Elemento finito	Sollecitazioni					
Vincolo elastico	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z
Elemento monotensioanle	N_x					
Elemento rigido						
Link (Nodo-Nodo)	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z
Link (Linea-Linea)	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.6 Sezioni

Consente di definire e salvare le proprietà della sezione trasversale. Gli elementi reticolari, travi e nervature richiedono una sezione trasversale.
Le proprietà sono assegnate al sistema di coordiante locali dell'elemento.
Se si elimina un set di proprietà della sezione, verrà eliminata l'assegnazione agli elementi, ma non verranno eliminate le linee.

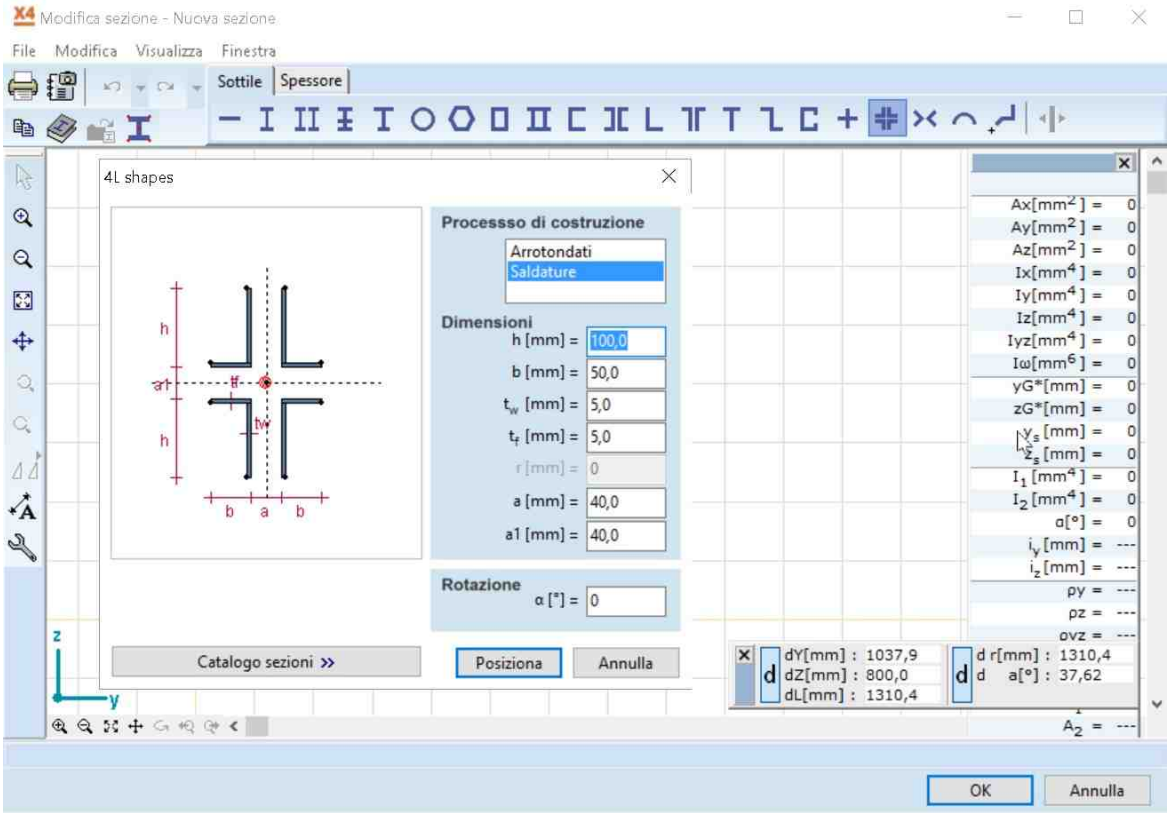


2.6.1 Creazione sezioni personalizzate

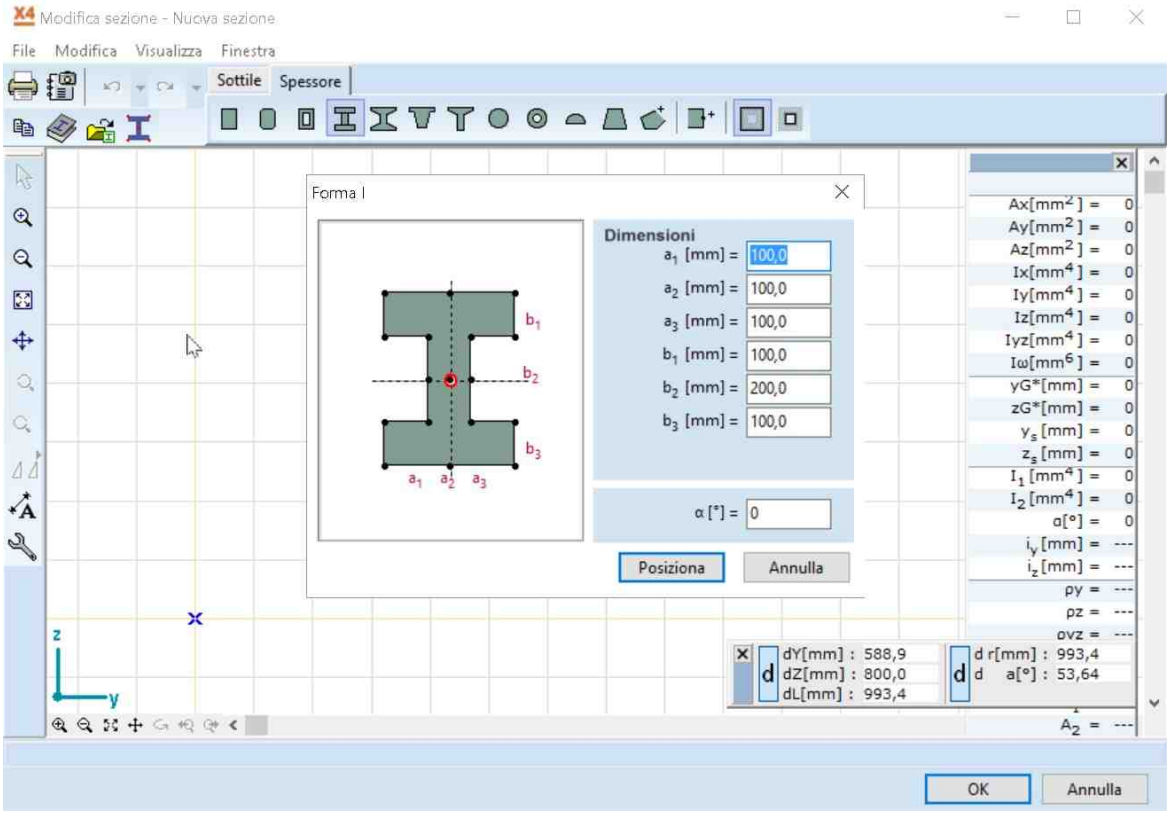
Per calcolare le caratteristiche geometriche di sezioni generiche è stato integrato un modulo che consente la costruzione grafica di qualsiasi tipo di sezione, sia sottili che spesse.
Si possono usare forme circolari ,rettangolari, ad anello, e poligonali, o qulaunque altra forma elencata nelle librerie di sezioni per ottenere sezioni composte. Tra le novità, l'aggiunta di tre tipi di sezioni (segnate in rosso): a croce, a 4L e a farfalla.
Le forme usate per costruire una nuova sezione sono considerate come componenti e devono essere dello stesso materiale.
Si possono spostare, ruotare, copiare, capovolgere o spostare le componenti selezionate in qualunque momento durante la modifica. Quando una componente viene posizionata nella sua locazione graficamente,vengono calcolati gli assi principali e le proprietà della sezione composta.

Sezioni sottili

© 2017 S.T.A. DATA srl

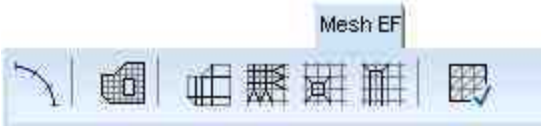


Sezioni spesse



© 2017 S.T.A. DATA srl

2.7 Mesh



Sulla barra degli strumenti sono disponibili sono disponibili funzionalità relative alla mesh.
Permette la generazione di mesh per elementi lineari e domini, la funzione di raffinamento della mesh ed il controllo della forma degli elementi finiti.

Mesh di elementi lineari

L'analisi agli elementi finiti utilizza elementi lineari con sezione trasversale costante. Se la struttura presenta elementi ad arco e con sezione trasversale variabile (assottigliata) gli elementi di linea devono essere divisi in parti. Questo è chiamato maglia di elementi lineari. La precisione della soluzione dipende dalla densità di maglia.
Questo è utile nell'analisi non lineare o analisi di vibrazione quando è richiesta la divisione di elementi di linea per ottenere una precisione più alta.

Mesh di elementi superficiali

Una maglia di elementi di superficie può essere generata sui domini scelti specificando per la maglia una lunghezza media degli elementi di superficie. La fase di realizzazione delle mesh considererà tutti i fori, le linee interne e i punti del dominio. Le mesh possono anche prevedere carichi di una certa intensità.
Le mesh eventualmente possono seguire i carichi sopra una certa intensità o essere regolate in base alle teste delle colonne per consentire il taglio dei picchi di momento.

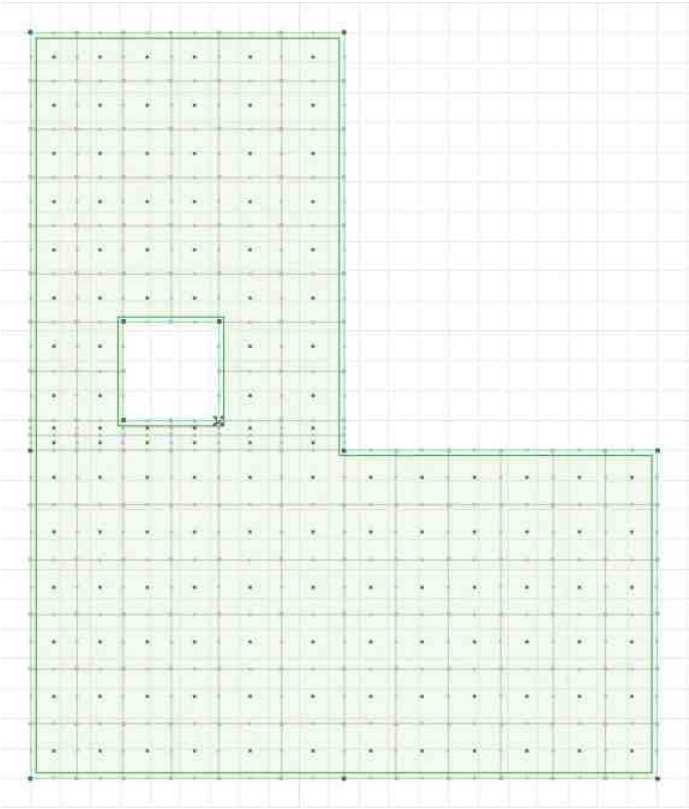
© 2017 S.T.A. DATA srl

La mesh può essere triangolare, mesh quadrangolare o una maglia mista, in cui la maggior parte degli elementi sono quadrilateri con alcuni triangoli.

Se le linee di contorno del dominio inclusi i fori e linee interne possono essere suddivise in quadrilateri e la mesh quadrangolare è selezionata viene generata una mesh parametrica di qualità migliore.
Le mesh seguiranno carichi controllati se l'intensità di carico supera il valore specificato. I carichi puntuali creeranno nodi mesh, i carichi di linea creeranno linee di mesh.

Generazione parametrica della mesh quadrilatera per aree regolari

© 2017 S.T.A. DATA srl



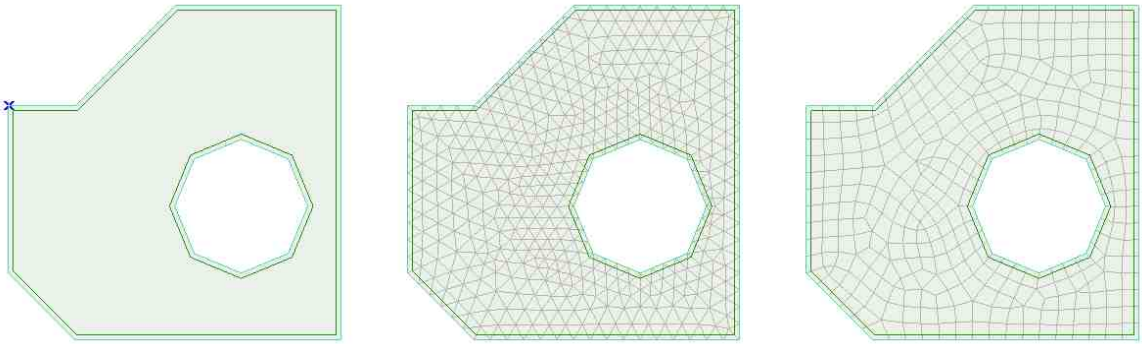
Abbattimento dei picchi di sollecitazione negli elementi superficiali in corrispondenza della testa delle colonne

La mesh deve essere regolata correttamente secondo le teste delle colonne per preparare il taglio dei picchi di momento. Attivando questa opzione si adatta automaticamente la mesh in base alla geometria della sezione trasversale di collegamento delle colonne. Tutte le travi di giunzione alla soletta con un angolo maggiore di 45 ° sono identificate come colonne.

Metodo di divisione del contorno

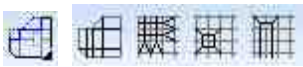
Dimensione uniforme della meshI domini e le linee interne saranno divisi secondo la dimensione della mesh per assicurare la dimensione dell'elemento imposta

La mesh adattabile segue la geometria dei domini e raffina la mesh riducendo la dimensione degli elementi dovunque è necessario.

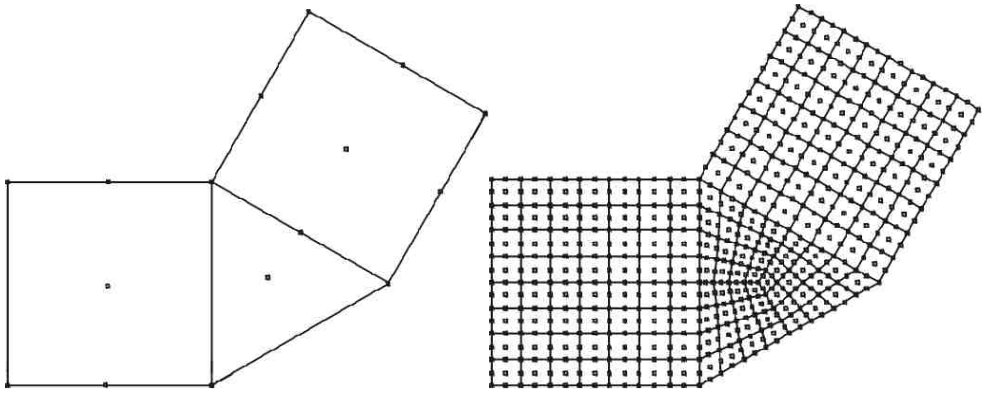


Raffinamento mesh

© 2017 S.T.A. DATA srl



Permette di raffinare la maglia di elementi finiti degli elementi bidimensionali.



Controllo geometria

Il programma controlla l'angolo minimo degli elementi finiti di superficie (a).
Un elemento finito triangolare è distorto se ≤ 15.
Un elemento finito quadrilatero è distorto se ≤ 30.

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.8 Carichi

2.8.1 Completa gestione dei carichi

Axis VM dispone di tutti i tipi di carichi per una loro efficace gestione:

Sono disponibili numerosi tipi di carico da applicare agli elementi finiti.

Casi di carico – Gruppi di carico

Si possono definire, selezionare, modificare o cancellare casi di carico statici, linee di influenza e di tipo sismico senza limiti.

Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico si ottengono dai casi e dai gruppi e includono moltiplicatori (fattori di sicurezza) definibili dall'utente.

Automaticamente sono calcolate le combinazioni critiche (cioè i valori massimi e minimi assoluti) partendo dalle combinazioni dei gruppi e dei casi di carico.

Carichi nodali

Si possono definire forze o momenti per i nodi desiderati.

Carichi concentrati sulle travi

Si possono definire forze o momenti sugli elementi desiderati.

Carichi concentrati su domini

Si possono definire carichi concentrati sui domini in diversi riferimenti. Questo consente di modificare la mesh senza dover reintrodurre i carichi in seguito.

Carichi lineari distribuiti su travi e nervature

Si possono definire o modificare carichi distribuiti su elementi lineari in diverse forme e disposizioni.

Carichi di bordo

Si possono definire o modificare carichi distribuiti sui bordi degli elementi guscio

Carichi lineari su domini

© 2017 S.T.A. DATA srl

Si possono definire o modificare sui domini carichi lineari tra due punti, lungo una polilinea o un arco. Questo consente di modificare la mesh senza dover reintrodurre i carichi in seguito.

Carichi superficiali

Si possono definire o modificare carichi distribuiti di elementi membrana, piastra e guscio.

Carichi su aree posizionate su domini

Si possono definire o modificare carichi su aree rettangolari, poligonali o libere sui domini anche in presenza di fori e punti di riferimento. Questo consente di modificare la mesh senza dover reintrodurre i carichi in seguito.

Carichi superficiali distribuiti su elementi lineari

I carichi di superficie, omogeneamente distribuiti vengono ripartiti sugli elementi lineari, qualora ci siano dei carichi eccessivi sugli elementi questi verranno convertiti come carichi concentrati sui nodi degli elementi.

Pannello carico

Tra le nuove funzioni del pannello carico si ha:

- carichi distribuiti sugli elementi solo nelle parti attive;
- carichi distribuiti resi opzionali sopra i "fori".

Carichi da neve

E' possibile calcolare e assegnare al modello carichi da neve secondo la norma.

Carichi da vento

E' possibile calcolare e assegnare al modello carichi da vento secondo la norma.

Carichi idraulici

Si possono definire o modificare carichi di tipo idraulico in direzioni variabili e con diverse disposizioni.

Peso proprio

Si possono calcolare automaticamente il carico da peso proprio su tutta o parte della struttura.

© 2017 S.T.A. DATA srl

Carichi derivanti da difetti di costruzione

Si possono definire variazioni di lunghezza degli elementi dovute a difetti di fabbricazione

Carichi di trazione o compressione

Ad elementi reticolari e travi si possono attribuire forze interne iniziali

Carichi termici su elementi lineari

Si possono definire carichi termici su elementi trave, nervatura e reticolari.

Carichi termici su elementi superficiali

Si possono definire carichi termici su piastre, gusci e membrane.

Cedimenti imposti alle fondazioni

Si possono definire traslazioni e rotazioni ai vincoli esterni.

Carichi mobili su elementi lineari

I carichi mobili su elementi lineari vengono definiti dall'utente che ne stabilisce anche il numero di passi.

Carichi mobili su elementi superficiali

Questo tipo di carico è molto comodo per definire il carico di un veicolo in transito. Si assegna la distanza tra le ruote dello stesso asse, la superficie di contatto e quindi di distribuzione del carico e il passo del veicolo.

Linee di influenza

Si possono imporre spostamenti relativi a elementi reticolari o elementi trave.

Carichi sismici

Si possono applicare carichi equivalenti di tipo statico in base ai carichi verticali ed all'analisi dinamica secondo diverse normative comprendendo effetti torsionali, spostamenti, spostamenti relativi di piano e analisi del secondo ordine.

Carichi Pushover

© 2017 S.T.A. DATA srl

Quando si seleziona il tipo di caso di carico pushover è possibile specificare i parametri per la generazione di distribuzioni di carico che può essere utilizzato nelle analisi pushover.

Imperfezioni

Dopo aver impostato i parametri d'imperfezione, l'imperfe-zione globale viene applicata alla struttura.

Carichi dovuti a precompressione su elementi trave

Si possono definire cavi di precompressione in diverse condizioni e ancoraggi su travi.
Non esiste limite circa il numero di casi di carico e di combinazioni di casi che si possono definire.

Carichi da masse nodali

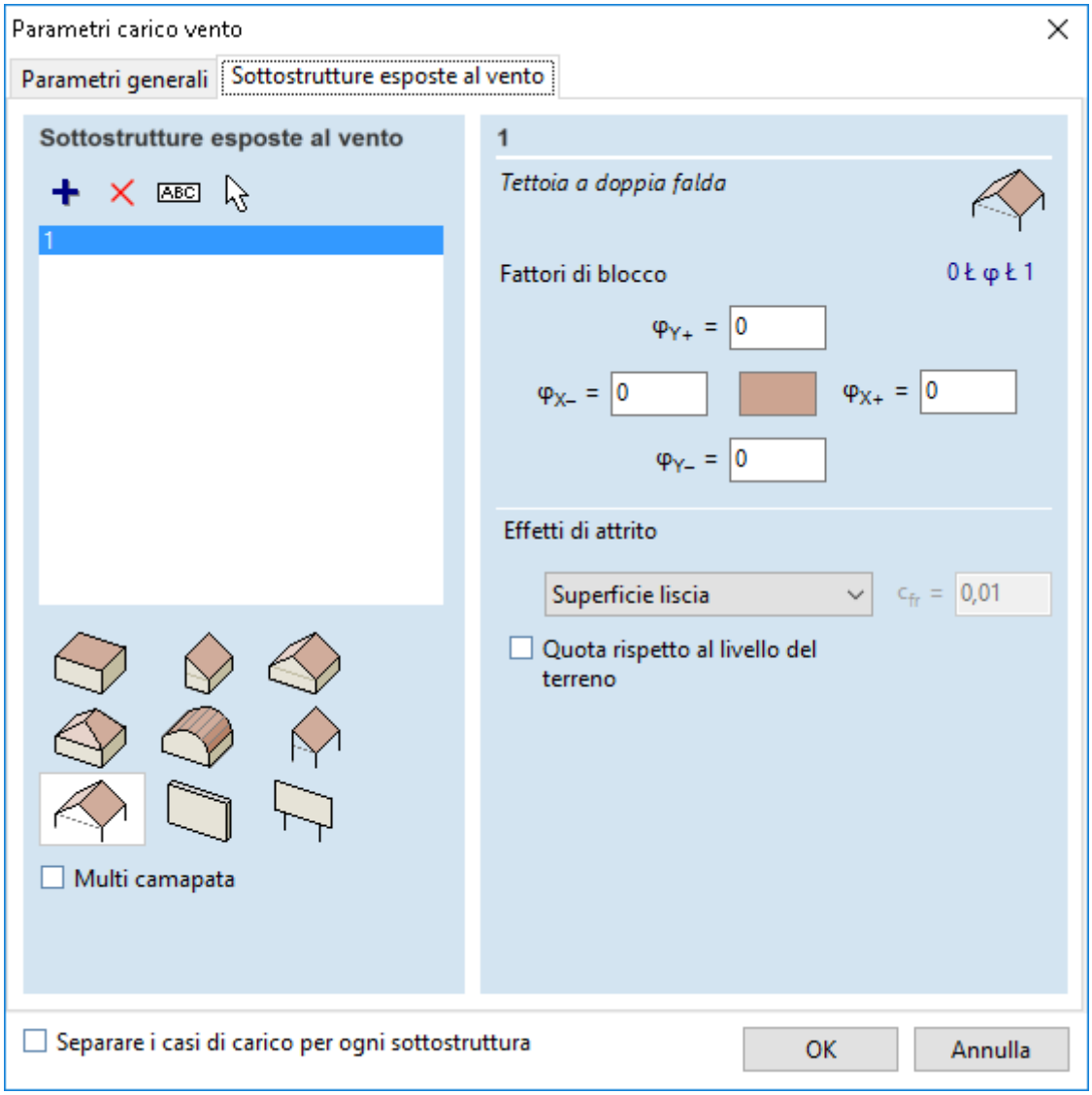
Si possono definire masse nodali per l'analisi dinamica.

2.8.2 Carichi da vento

Con il modulo aggiuntivo SWG previsto dalla nuova versione X4, i carichi da vento possono essere assegnati alle sottostrutture con differenti tipologie di copertura ed altri parametri. Inoltre, è anche possibile creare casi di carico separati per ogni sottostruttura.

Tra i nuovi tipi di strutture troviamo: tetti mono-falda/bi-falda (sono supportati anche tetti a più falde), pareti singole e cartelli.

© 2017 S.T.A. DATA srl

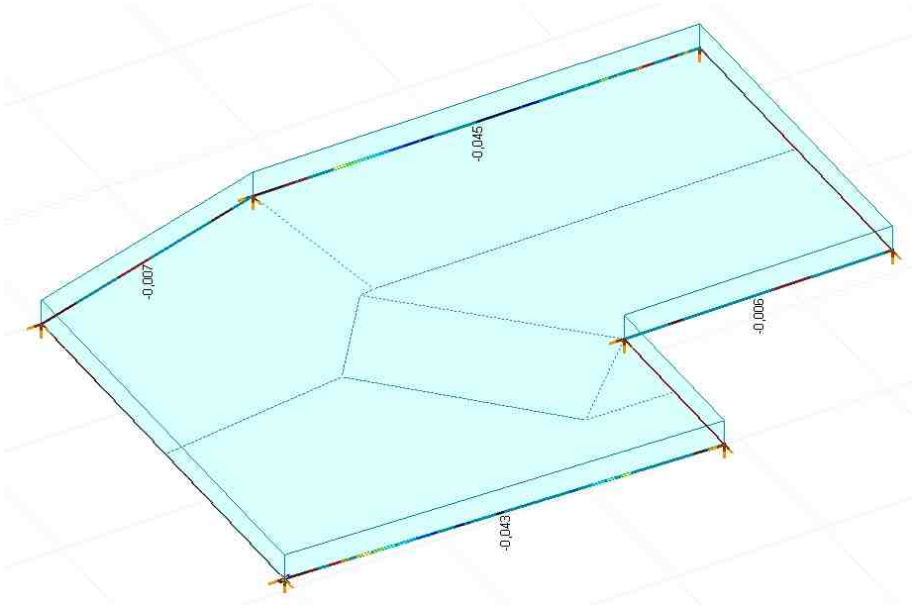


2.8.3 Ripartizione automatica dei carichi distribuiti sulle travi

Axis VM calcola la distribuzione automatica dei carichi sui solai attribuendo carichi lienari alle travi portanti.

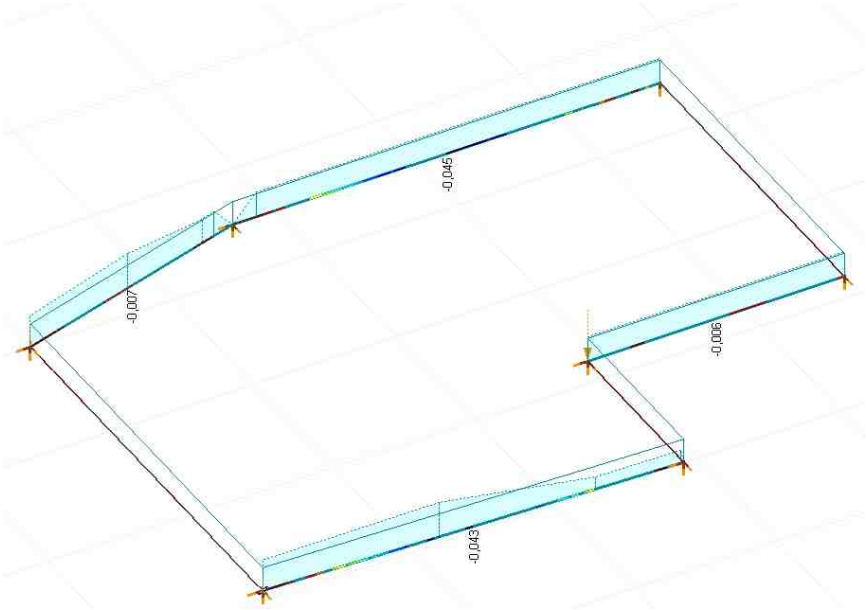
La distribuzione avviene secondo la teoria delle piastre fessurate.

© 2017 S.T.A. DATA srl



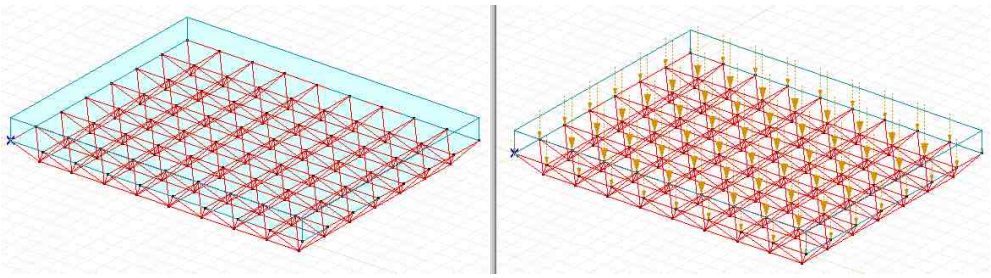
Nella figura appare la distribuzione del carico uniforme sulle travi di bordo e la logica di suddivisione del carico.

E' possibile visualizzare i valori di carico ripartito sulle singole travi.



Anche per le strutture reticolari è possibile trasformare il carico distribuito uniforme in carichi nodali attribuiti automaticamente agli elementi reticolari.

© 2017 S.T.A. DATA srl



2.8.4 Casi e Gruppi di carico

Axis VM consente la completa gestione dei carichi, realizzando il calcolo delle combinazioni che derivano dall'applicazione delle norme tecniche e dal calcolo agli Stati Limite in modo completamente automatico.

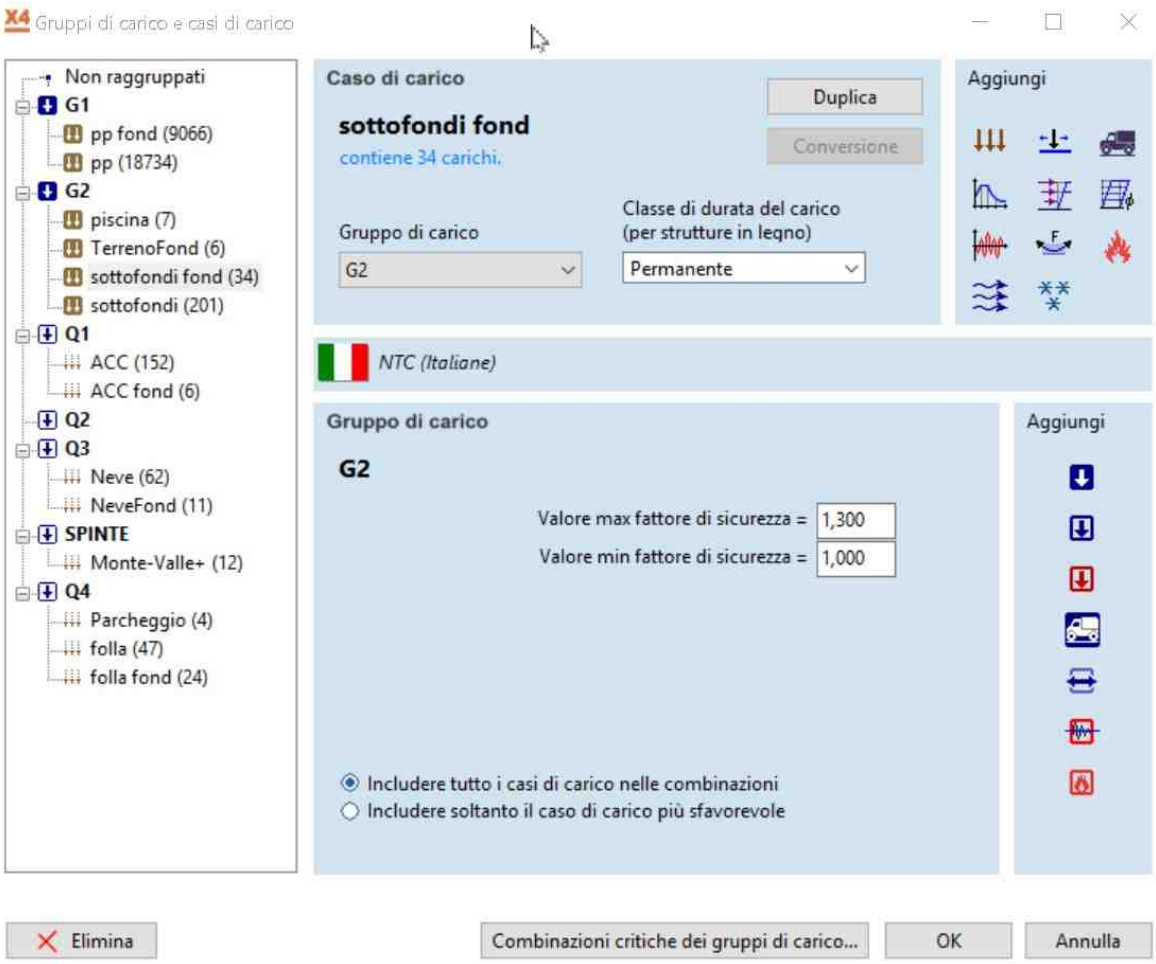
Per questo i carichi sono suddivisi in Casi e Gruppi.

Un **Caso** è costituito dai normali tipi di carico (peso proprio, folla, neve, vento, ecc.).

Un **Gruppo** rappresenta invece la qualità del tipo di carico, sono previsti **Gruppi di Carico Permanenti, Variabili, Sismici, Mobili, di Precompressione e dinamici al passo.**

Ad ogni Gruppo sono associati i coefficienti per le combinazioni secondo quanto prevede la normativa.

Attraverso le combinazioni le varie condizioni sono aggregate tra loro al fine di ricercare le situazioni di carico più gravose.



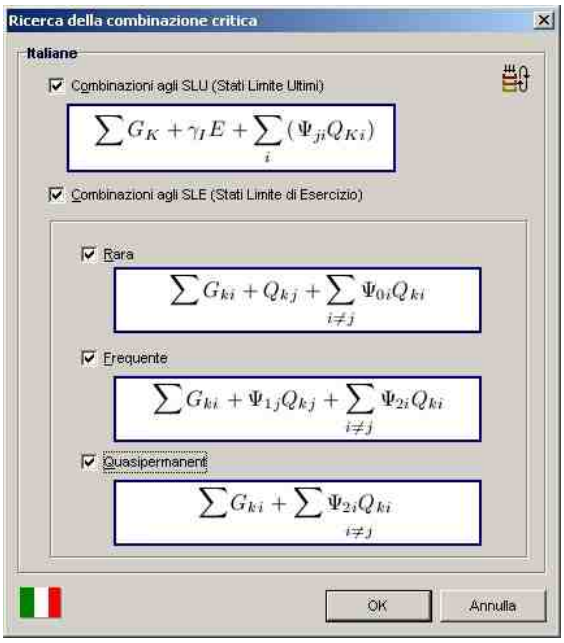
© 2017 S.T.A. DATA srl

Se è definito più di un gruppo di carichi permanenti, le combinazioni di carico prevedono casi di carico di un gruppo con il fattore di sicurezza superiore mentre i casi di carico dell'altro gruppo sono calcolati con il fattore di sicurezza inferiore.

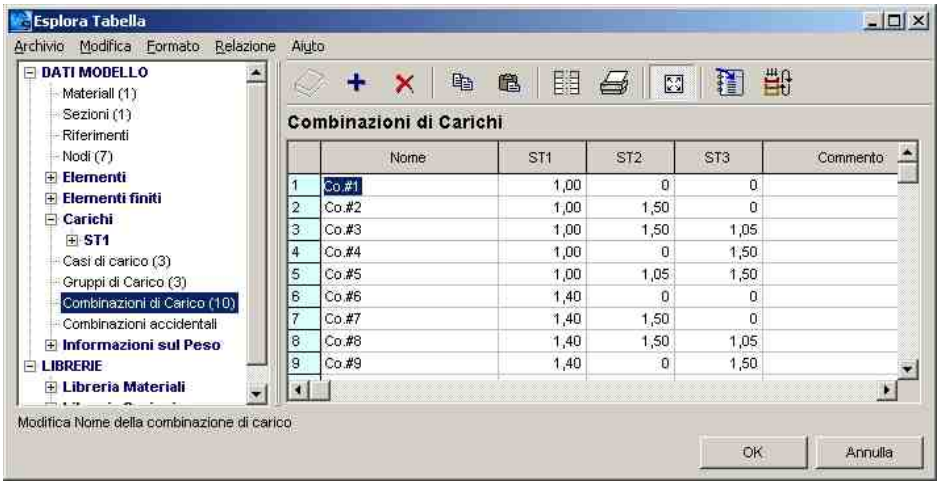
2.8.5 Combinazione delle sollecitazioni secondo NTC

Axis VM, a partire dai Casi e Gruppi di carico, calcola automaticamente le condizioni critiche di carico, cioè i valori massimi e minimi che derivano dall'inviluppo di tutte le combinazioni possibili dei carichi.

Inoltre valuta contemporaneamente la condizione dei carichi verticali con la condizione di carico per SLU, combinando i valori secondo i diversi coefficienti previsti dalla normativa.



Definendo i dati richiesti, si genera la tabella seguente in automatico, alleggerendo il compito al progettista.



	Nome	ST1	ST2	ST3	Commento
1	Co.#1	1,00	0	0	
2	Co.#2	1,00	1,50	0	
3	Co.#3	1,00	1,50	1,05	
4	Co.#4	1,00	0	1,50	
5	Co.#5	1,00	1,05	1,50	
6	Co.#6	1,40	0	0	
7	Co.#7	1,40	1,50	0	
8	Co.#8	1,40	1,50	1,05	
9	Co.#9	1,40	0	1,50	

© 2017 S.T.A. DATA srl

2.9 Vincoli esterni

Sono previsti tutti i vincoli possibili, comunque orientati nello spazio:

Vincoli puntuali lineari e non lineari

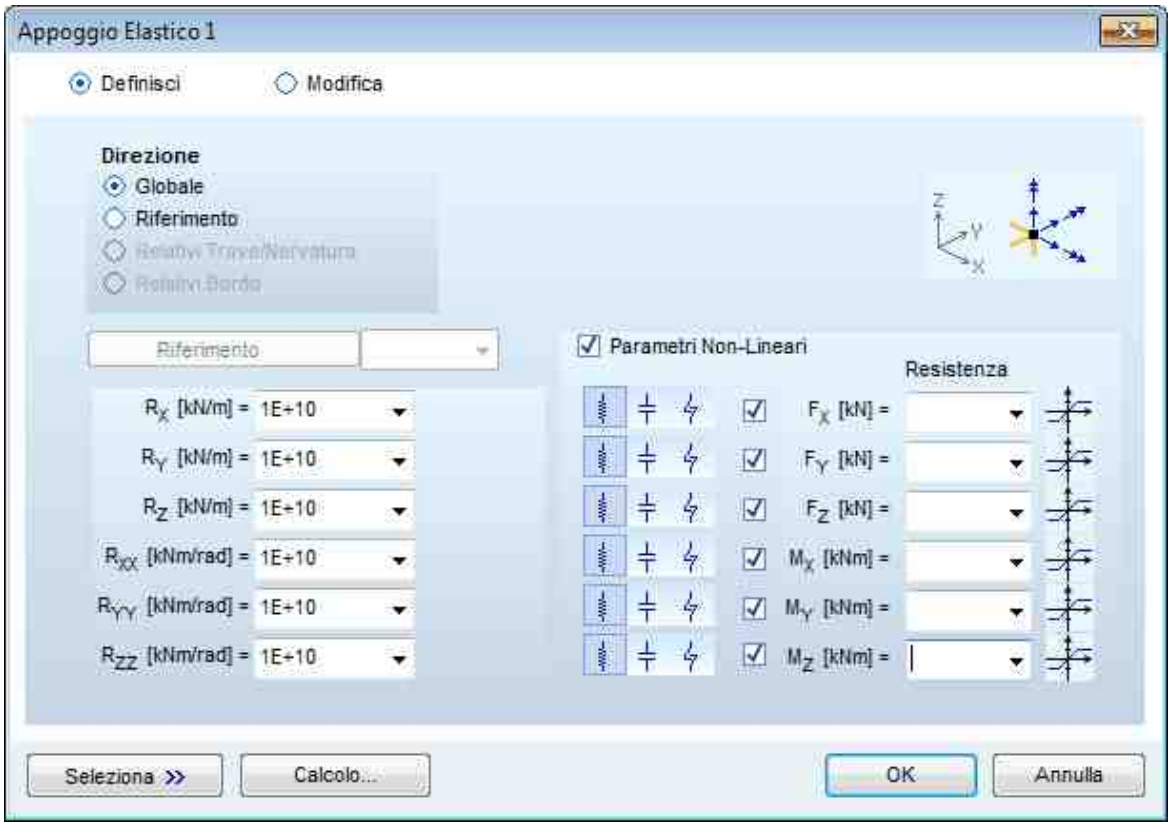
Vincoli elastici continui lineari e non lineari

Vincoli superficiali elastici lineari e non lineari

È possibile definire vincoli di contatto, cioè attivi solo in una direzione, anche a comportamento non lineare.

In questo modo è possibile simulare vincoli attivi in sola compressione, consentendo in questo modo alla struttura di sollevarsi nel caso in cui la reazione sia rivolta verso il basso, cioè si manifesti una trazione sul terreno.

Questo caso si verifica spesso in strutture alte soggette a forti carichi sismici.



Per ogni grado di libertà è possibile definire la rigidezza di una molla ed i suoi valori estremi (0 in caso di assenza di vincolo, valore elevato per definire un incastro, valori intermedi per definire il vincolo elastico).

© 2017 S.T.A. DATA srl

3 Analisi

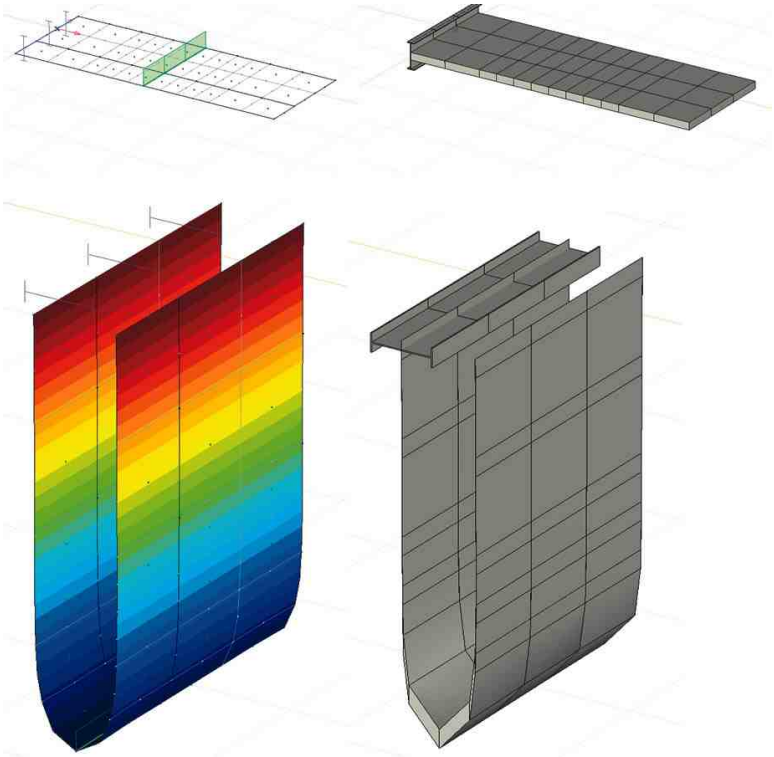
3.1 Tipi di analisi

Axis VM è dotato di un solutore originale sviluppato da esperti informatici con il supporto di docenti universitari, di grande affidabilità e potenza, ottimizzato per grandi strutture.

Axis VM è un prodotto semplice e potente; consente sia analisi ordinarie sia avanzate come l'analisi non lineare per geometria e per materiale:

- **Analisi statica lineare;**
- **Analisi statica non lineare;**
- **Analisi modale del I e II ordine;**
- **Analisi sismica;**
- **Analisi lineare di instabilità globale;**
- **Analisi dinamica.**

L'analisi non lineare si ottiene con procedimento di risoluzione iterativo in controllo di forza e di spostamento, compresa l'analisi a grandi deformazioni delle strutture a telaio.



La figura seguente riporta l'analisi del secondo ordine per una struttura semplicemente appoggiata e soggetta a carico crescente.

© 2017 S.T.A. DATA srl

3.1.1 Analisi statica lineare

Il termine statico indica che il carico non varia o la variazione con il tempo può essere ignorata. La risposta calcolata (spostamenti, sollecitazione interne) è linearmente correlata al carico applicato. Nell'analisi vengono risolti tutti i casi di carico.
Si assume l'ipotesi della linearità geometrica, cioè che gli spostamenti rimangano entro i limiti della teoria dei piccoli spostamenti.
Con la linearità meccanica, invece, si suppone che tutte le caratteristiche materiali e di rigidezza siano lineari-elastiche.

3.1.2 Analisi statica non lineare

Il termine statico indica che il carico non varia o la variazione con il tempo può essere ignorata.
La risposta calcolata (spostamenti, sollecitazioni interne) non è linearmente correlata al carico applicato. Ciò può essere dovuto all'uso di vincoli monolateri o di vincoli elastici non-lineari, o all'introduzione di una non-linearità geometrica negli elementi reticolari o travi. Questo può essere necessario per l'uso di elementi non lineari di contatto, elementi rigidi o vincoli, elementi reticolari, elementi molla, o considerando la non linearità geometrica di elementi reticolari, travi, nervature ed elementi guscio.

I parametri di controllo (carico/spostamento) del processo di risoluzione incrementale possono essere per:

- Forza
  Quando è selezionato il controllo Forza, gli incrementi vengono applicati come frazioni uguali dei carichi. È possibile seguire lo spostamento di un nodo in una data direzione.
- Spostamento
  Quando è selezionato il controllo spostamento, gli incrementi vengono applicati come frazioni uguali della componente di spostamento del nodo specificato.
- Pushover

Il controllo Pushover è un tipo particolare di controllo dello spostamento che consente l'utilizzo di un caso di carico costante, pur avendo un altro caso di carico parametrico che viene aumentato in modo incrementale. Ciò è essenziale ai fini dell'analisi pushover per modellare gli effetti P-Δ in modo appropriato.
Dopo aver selezionato il controllo pushover, la parte superiore della finestra di dialogo cambia lasciando spazio alla finestra di scorrimento per i casi di carico parametrici e costanti.

- Fattore di carico

Il fattore di carico può essere utilizzato per moltiplicare i valori dei carichi del caso o della combinazione di carico scelta per l'analisi non lineare.

- Numero di incrementi

Permette all'utente di specificare il numero di incrementi. Il valore predefinito è 1. Quando è analizzato un comportamento fortemente non-lineare, si può specificare un valore più grande per raggiungere la convergenza.

L'equilibrio è stabilito in riferimento agli elementi lineari deformati.La non-linearità geometrica può essere presa in considerazione solo negli elementi reticolari e negli elementi trave, nervature e gusci.. Se il modello non include elementi finiti non-lineari (vincoli monolateri e/o vincoli elastici), questa casella è disabilitata. Se nel modello sono inclusi degli elementi non-lineari, abilitando questa

© 2017 S.T.A. DATA srl

casella si può tener conto della non-linearità geometrica per gli elementi lineari menzionati.

3.1.3 Pushover

Il modulo aggiuntivo SE2 permette il calcolo Pushover di strutture sia nuove che esistenti.

Il calcolo di una struttura nuova o esistente attraverso l'analisi statica non-lineare (pushover) risente particolarmente della modellazione e necessita di analisi statiche e verifiche ad ogni passo dell'analisi pushover.

E' per questo che è stato sviluppato un applicativo per condurre il progettista ad una corretta modellazione della struttura e alla verifica di ogni suo elemento.
Le caratteristiche principali dell'applicativo riguardano:

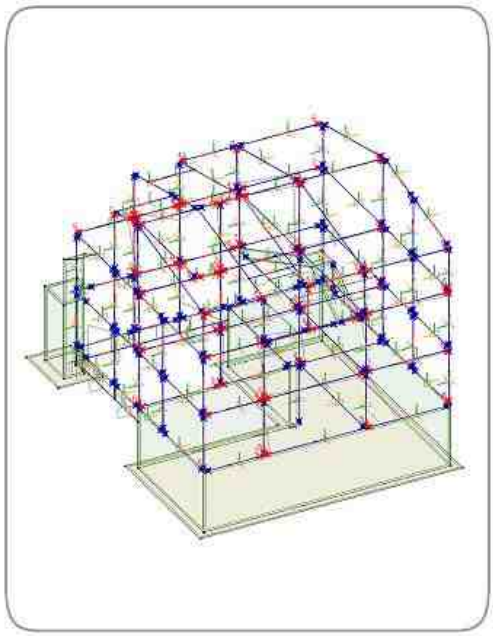
1. La definizione delle cerniere plastiche

2. Gestione delle analisi Pushover secondo le NTC08

3. Visualizzazione dei risultati

4. Verifica di sicurezza degli elementi

5. Verifica di vulnerabilità sismica



3.1.3.1 Definizione delle cerniere plastiche

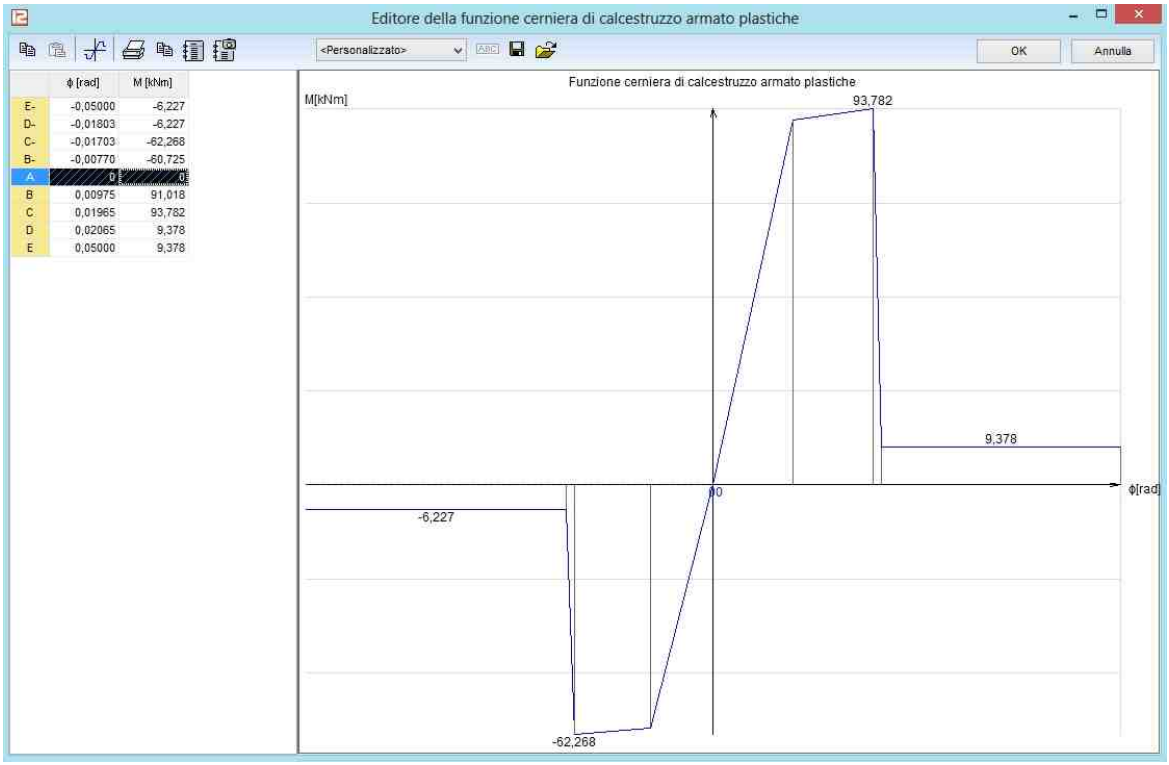
L'applicativo per le analisi Pushover permette all'utente di assegnare i valori corretti del diagramma momento-rotazione delle cerniere plastiche.

Per la definizione delle proprietà delle cerniere plastiche è indispensabile l'introduzione dell'armatura negli elementi del modello strutturale. L'utente può introdurre i dati di armatura longitudinale e trasversale degli elementi sia manualmente, attraverso una maschera di input, sia automaticamente attraverso un'importazione dell'armatura presente in un progetto di PianoCA.

Per facilitare l'identificazione degli elementi, per i quali sono stati già assegnati i valori di rinforzo, sono evidenziati con il colore verde nella vista renderizzata.

Con i dati geometrici, dei materiali e forza assiale di ogni elemento, letto da AxisVM, lo strumento calcola i diagrammi momento-rotazione delle cerniere plastiche sulla base delle formulazioni per la rotazione di plasticizzazione e la rotazione finale e li applica al modello.

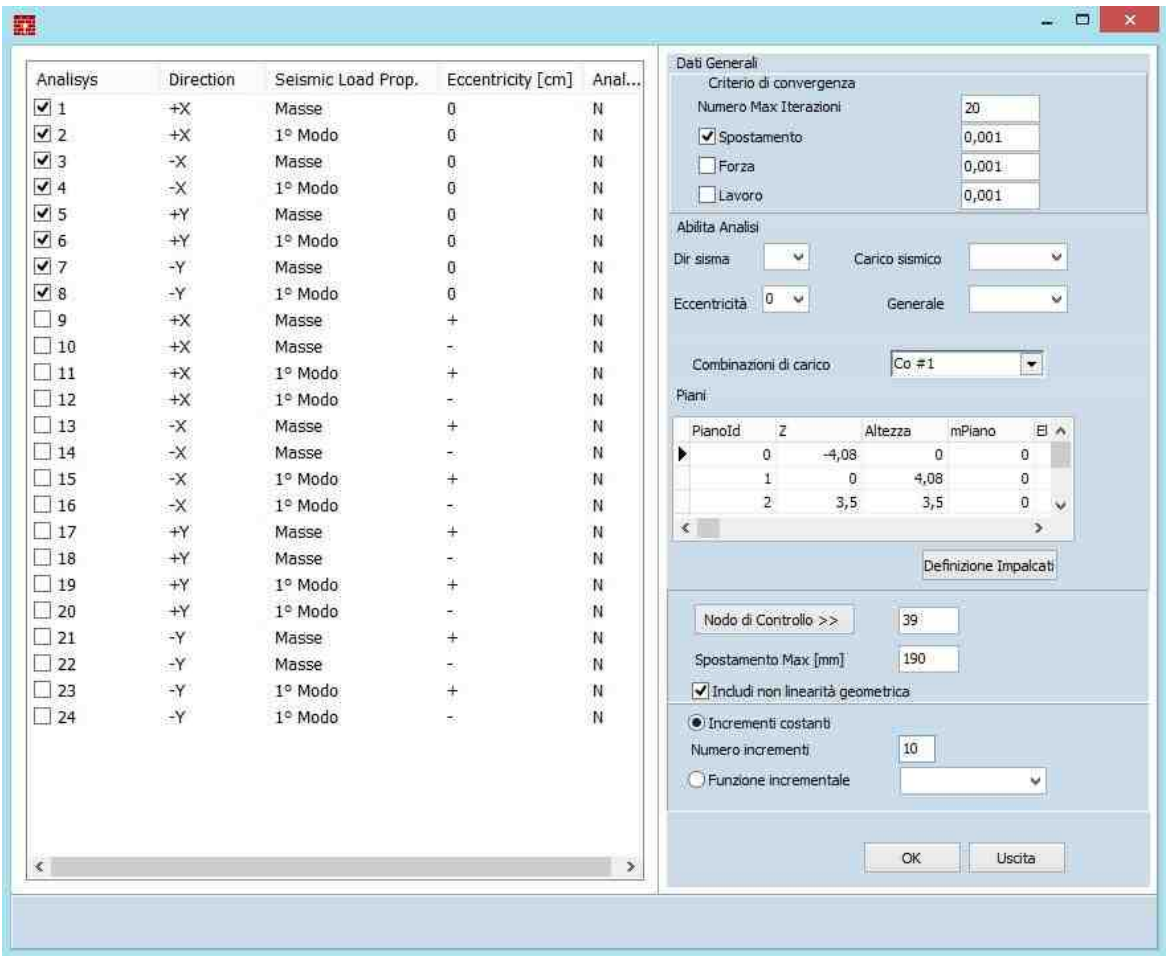
© 2017 S.T.A. DATA srl



3.1.3.2 Gestione delle analisi Pushover

Lo strumento consente di eseguire le 24 analisi richieste dalla normativa. Le analisi, come è indicato nella figura, sono per l'azione sismica in direzione X e direzione Y, nel verso positivo e negativo, con carico proporzionale alla massa e al primo modo di vibrare, senza eccentricità accidentali e con eccentricità accidentale positiva e negativa per tener conto degli effetti torsionali.

© 2017 S.T.A. DATA srl



E' consentita una selezione multipla di più analisi.

3.1.3.3 Visualizzazione dei risultati

Successivamente all'esecuzione delle analisi, l'applicativo mostra la lista delle analisi Pushover calcolate con una sintesi dei risultati.

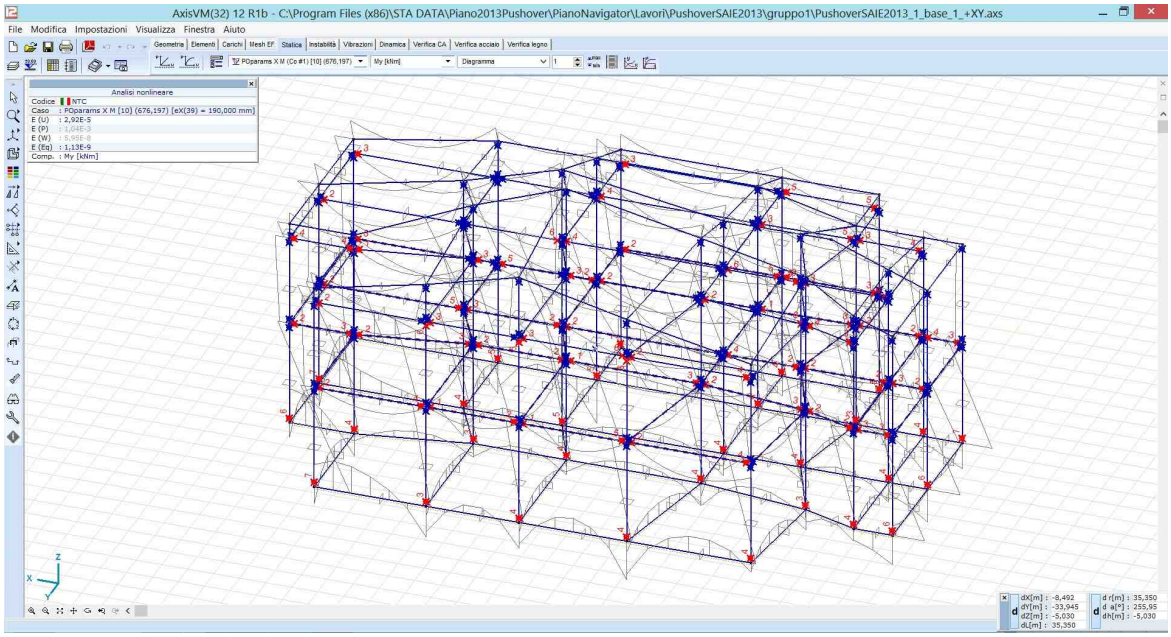
Analisi Pushover

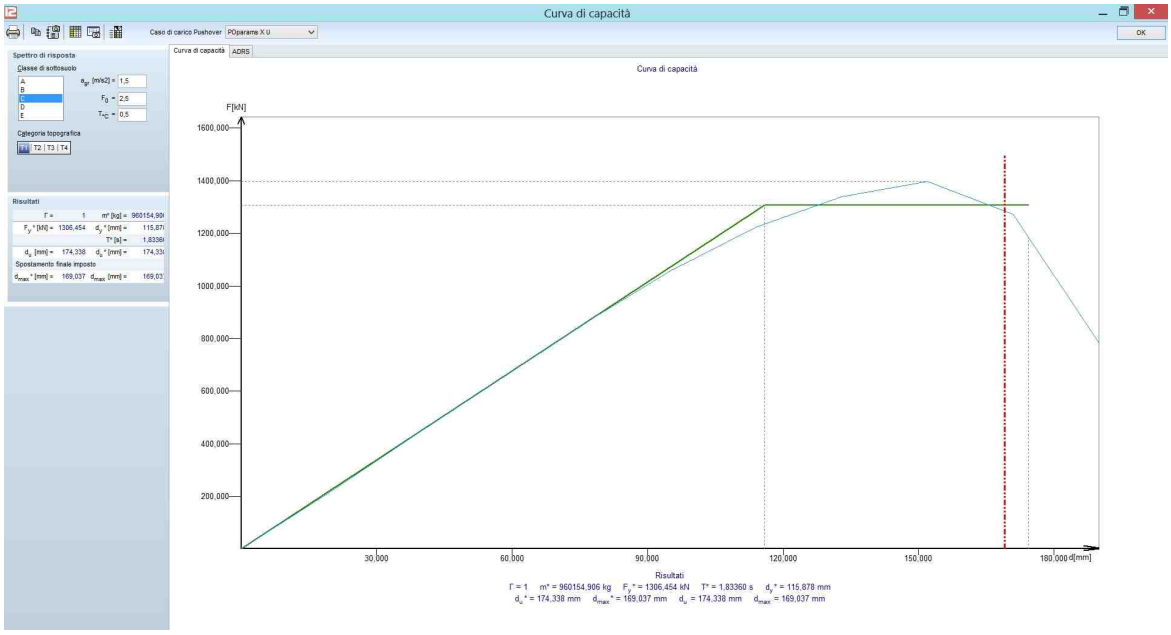
Analisys	Direction	Load Seismic Prop.	Eccentricity [cm]	Done	DMax SLV [cm]	Du SLV [cm]	DMax SLC [cm]	Du SLC [cm]	Gamma
1	+X	Masse	0	S	0,0567	0,1743	0,0728	0,1743	1,0000
2	+X	1° Modo	0	S	0,0535	0,1754	0,0688	0,1754	0,9176
3	-X	Masse	0	S	0,0563	0,1744	0,0723	0,1744	1,0000
4	-X	1° Modo	0	S	0,0532	0,1752	0,0684	0,1752	0,9176
5	+Y	Masse	0	S	0,0647	0,1643	0,0830	0,1643	1,0000
6	+Y	1° Modo	0	S	0,0570	0,1472	0,0732	0,1472	0,8436
7	-Y	Masse	0	S	0,0624	0,1723	0,0801	0,1723	1,0000
8	-Y	1° Modo	0	S	0,0548	0,1578	0,0704	0,1578	0,8436
9	+X	Masse	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	+X	Masse	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	+X	1° Modo	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	+X	1° Modo	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	-X	Masse	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	-X	Masse	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15	-X	1° Modo	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	-X	1° Modo	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
17	+Y	Masse	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18	+Y	Masse	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19	+Y	1° Modo	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	+Y	1° Modo	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
21	-Y	Masse	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22	-Y	Masse	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	-Y	1° Modo	+	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
24	-Y	1° Modo	-	N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Vedi Uscita

E' possibile selezionare una particolare analisi e aprire il modello con il dettaglio di calcolo.

Il programma visualizza la progressiva formazione delle cerniere plastiche all'aumentare dei passi di carico e la curva pushover calcolata.

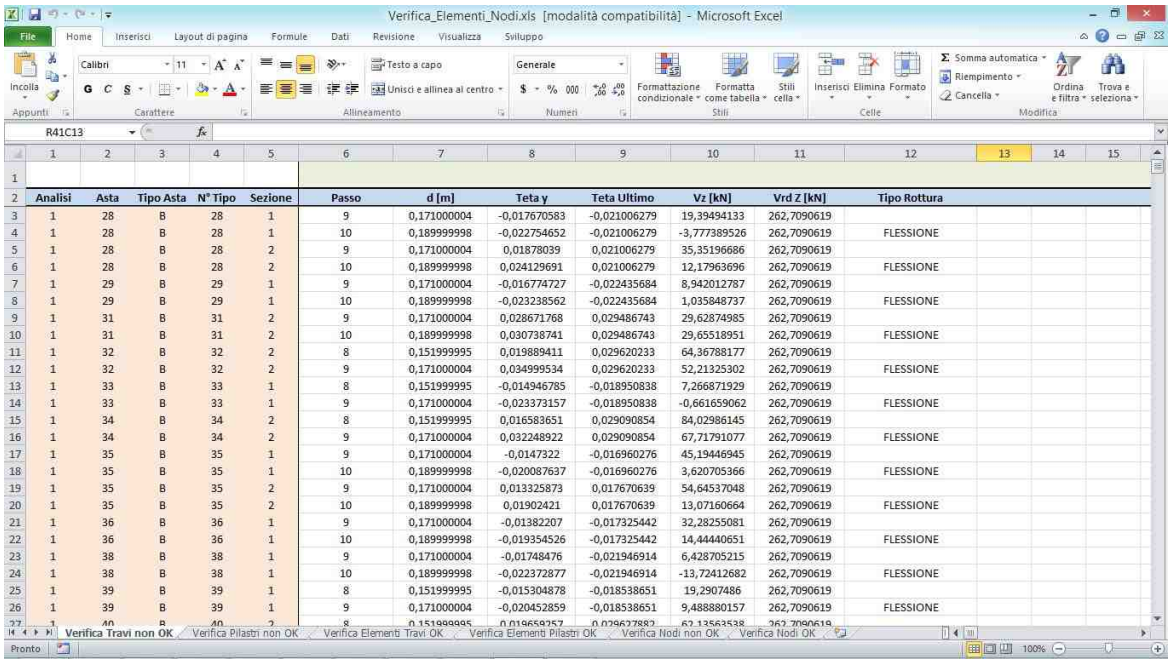




3.1.3.4 Verifica di sicurezza degli elementi

Nella sezione delle verifiche degli elementi strutturali, il programma esegue automaticamente la verifica dei meccanismi duttili e fragili allo stato limite ultimo di travi, pilastri e nodi.

La stampa finale sarà costituita da un tabulato che presenta la lista degli elementi con le relative verifiche, esplicitando il passo più piccolo in cui l'elemento raggiunge la rottura, se essa si riscontra.



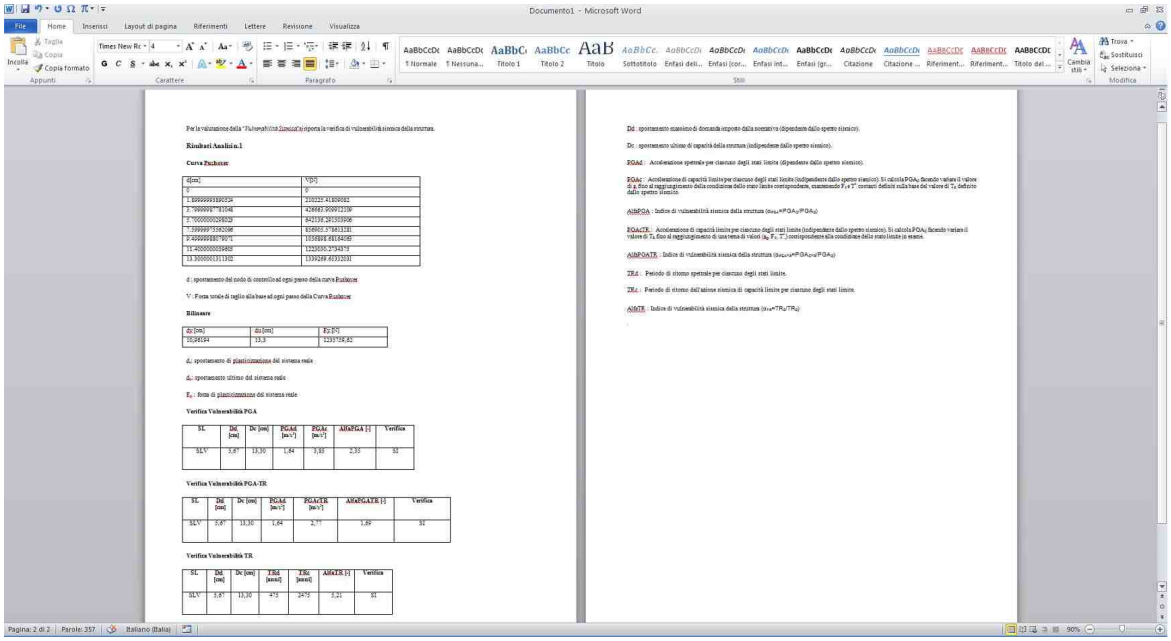
Analisi	Asta	Tipo Asta	N° Tipo	Sezione	Passo	d [m]	Teta y	Teta Ultimo	Vz [kN]	Vrd Z [kN]	Tipo Rottura
1	28	B	28	1	9	0,171000004	-0,017670583	-0,021006279	19,39494133	262,7090619	
1	28	B	28	1	10	0,189999998	-0,022754652	-0,021006279	-3,777389526	262,7090619	FLESSIONE
1	28	B	28	2	9	0,171000004	0,01878039	0,021006279	35,35196686	262,7090619	
1	28	B	28	2	10	0,189999998	0,024129691	0,021006279	12,17963696	262,7090619	FLESSIONE
1	29	B	29	1	9	0,171000004	-0,016774727	-0,022435684	8,942012787	262,7090619	
1	29	B	29	1	10	0,189999998	-0,023238562	-0,022435684	1,035848737	262,7090619	FLESSIONE
1	31	B	31	2	9	0,171000004	0,028671768	0,029486743	29,62874985	262,7090619	
1	31	B	31	2	10	0,189999998	0,030738741	0,029486743	29,65518951	262,7090619	FLESSIONE
1	32	B	32	2	8	0,151999995	0,019889411	0,029620233	64,36788177	262,7090619	
1	32	B	32	2	9	0,171000004	0,034999534	0,029620233	52,21325302	262,7090619	FLESSIONE
1	33	B	33	1	8	0,151999995	-0,014946785	-0,018950838	7,266871929	262,7090619	
1	33	B	33	1	9	0,171000004	-0,023373157	-0,018950838	-0,661659062	262,7090619	FLESSIONE
1	34	B	34	2	8	0,151999995	0,016583651	0,029090854	84,02986145	262,7090619	
1	34	B	34	2	9	0,171000004	0,032248922	0,029090854	67,71791077	262,7090619	FLESSIONE
1	35	B	35	1	9	0,171000004	-0,0147322	-0,016960276	45,19446945	262,7090619	
1	35	B	35	1	10	0,189999998	-0,020087637	-0,016960276	3,620705366	262,7090619	FLESSIONE
1	35	B	35	2	9	0,171000004	0,013325873	0,017670639	54,64537048	262,7090619	
1	35	B	35	2	10	0,189999998	0,01902421	0,017670639	13,07160664	262,7090619	FLESSIONE
1	36	B	36	1	9	0,171000004	-0,01382207	-0,017325442	32,28255081	262,7090619	
1	36	B	36	1	10	0,189999998	-0,019354526	-0,017325442	14,44440651	262,7090619	FLESSIONE
1	38	B	38	1	9	0,171000004	-0,01748476	-0,021946914	6,428705215	262,7090619	
1	38	B	38	1	10	0,189999998	-0,022372877	-0,021946914	-13,72412682	262,7090619	FLESSIONE
1	39	B	39	1	8	0,151999995	-0,015304878	-0,018538651	19,2907486	262,7090619	
1	39	B	39	1	9	0,171000004	-0,020452859	-0,018538651	9,488880157	262,7090619	FLESSIONE

L'applicativo aggiorna la curva pushover sulla base delle rotture locali degli elementi. In questo modo, si tiene conto non solo del comportamento globale della struttura, ma anche della compatibilità degli spostamenti/meccanismi duttili (rotazioni) e delle resistenze per gli elementi/ meccanismi fragili (sollecitazioni taglianti).

© 2017 S.T.A. DATA srl

3.1.3.5 Verifica di vulnerabilità sismica

Infine, viene calcolata la vulnerabilità sismica della struttura andando ad esplicitare l'indice di rischio, come richiesto dalla normativa.



3.1.4 Analisi modale

L'analisi modale è lo studio del comportamento dinamico di una struttura quando viene sottoposta a vibrazione.

In analisi strutturale, permette la determinazione delle proprietà e della risposta di una struttura.

Axis VM permette di eseguire l'analisi modale considerando solo i carichi di tipo "masse" opportunamente definiti o convertendo automaticamente in masse tutti i carichi inseriti.

Permette di determinare le frequenze naturali ed i modi di vibrare più bassi corrispondenti alle oscillazioni libere di una struttura lineare non smorzata quando non sono calcolati carichi applicati esternamente.

Consente di specificare i parametri del processo di soluzione dinamica.

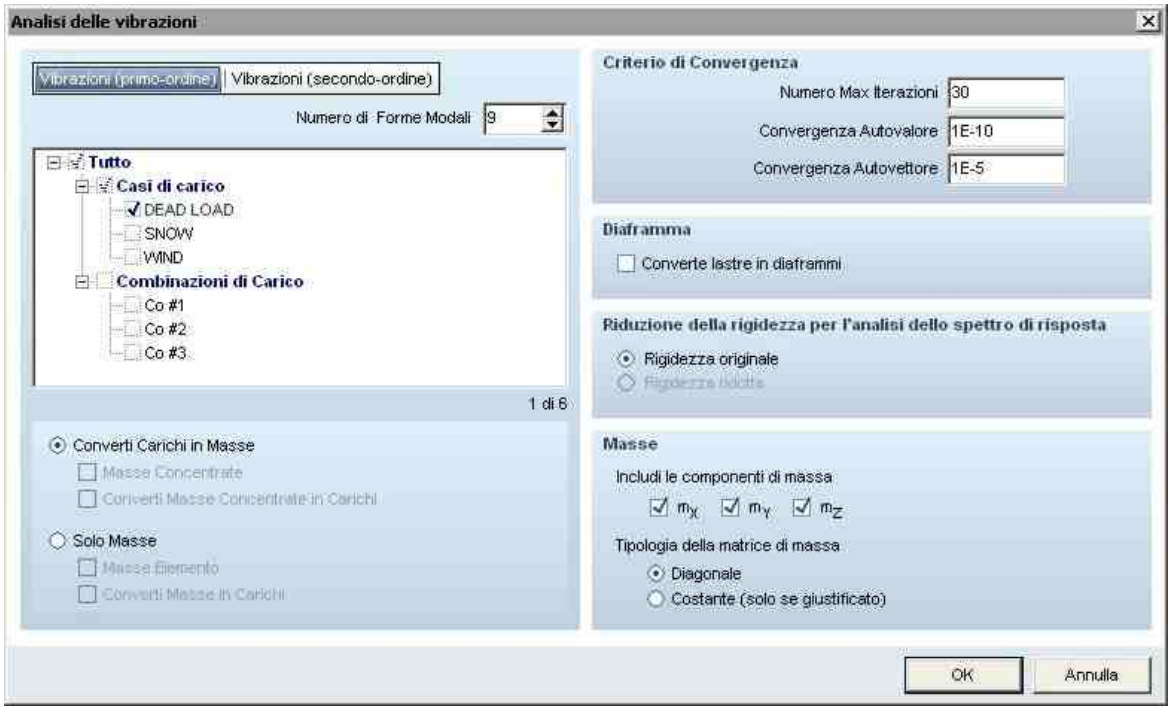
- **Primo-ordine**
  La soluzione non include gli effetti di sollecitazioni assiali in elementi reticolari/travi sulla matrice di rigidezza.
- **Secondo-ordine**
  La soluzione include gli effetti di sollecitazioni assiali in elementi reticolari/travi sulla matrice di rigidezza.
  Le forze di trazione hanno un effetto irrigidente, mentre le forze di compressione hanno un effetto rammollente. Questi effetti influenzano le vibrazioni libere della struttura.
- **Caso**
  Permette di selezionare un caso. I carichi sono convertiti in masse. Se è stata selezionata un'analisi del secondo ordine saranno anche dati i risultati di un'analisi statica lineare (del primo ordine) che precede l'analisi dinamica.
- **Numero di forme modali**
  Permette di specificare il numero di forme modali che si vuole valutare.

© 2017 S.T.A. DATA srl

- **Converti carichi in masse**
  Si può abilitare la conversione dei carichi gravitazionali in masse e prendere in considerazione le masse concentrate, che possono anche essere convertire in carichi.
- **Solo masse**
  Solo le componenti di massa confermate saranno utilizzate nell'analisi. Questo comando è utile per calcolare le forme modali solo in una certa direzione.
- **Includere componenti di massa**
  Solo i componenti di massa definiti saranno utilizzati nell'analisi. È utile per calcolare forme modali solo in una certa direzione.
- **Tipo di matrice di massa**

  Diagonale: piccola matrice delle masse però senza inerzie centrifughe

  Consistente (solo giustificata): Matrice delle masse completa con inerzie centrifughe.
- **Diaframma**
  Lanciando il comando analisi dinamica nella finestra d'impostazione abbiamo l'opportunità di convertire tutti i piani orizzontali in diaframmi, consentendo una velocizzazione dell'esecuzione dell'analisi, senza apprezzabile perdita di precisione.
- **Rigidezza ridotta per l'analisi dello spettro di risposta**



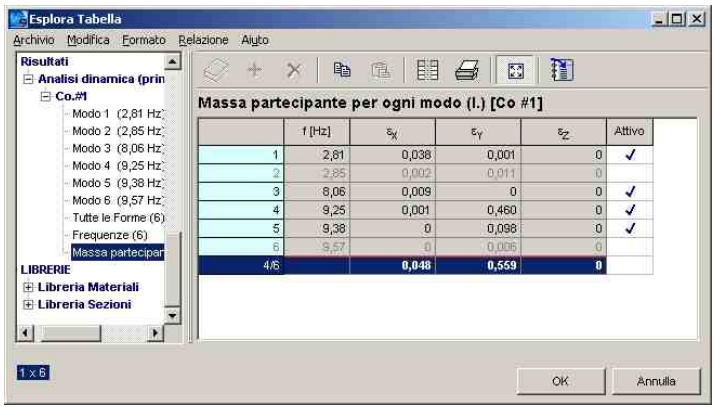
Ora è possibile considerare rigidi i vincoli di appoggio elastico durante l'analisi modale mantenendo inalterati i valori impostati dall'utente per le altre analisi , questa procedura molte volte restituisce dei risultati più attendibili.

Le masse considerate nell'analisi modale possono essere definite impostando una quota Z, sotto questo livello non verrà considerata alcuna massa del modello.

© 2017 S.T.A. DATA srl

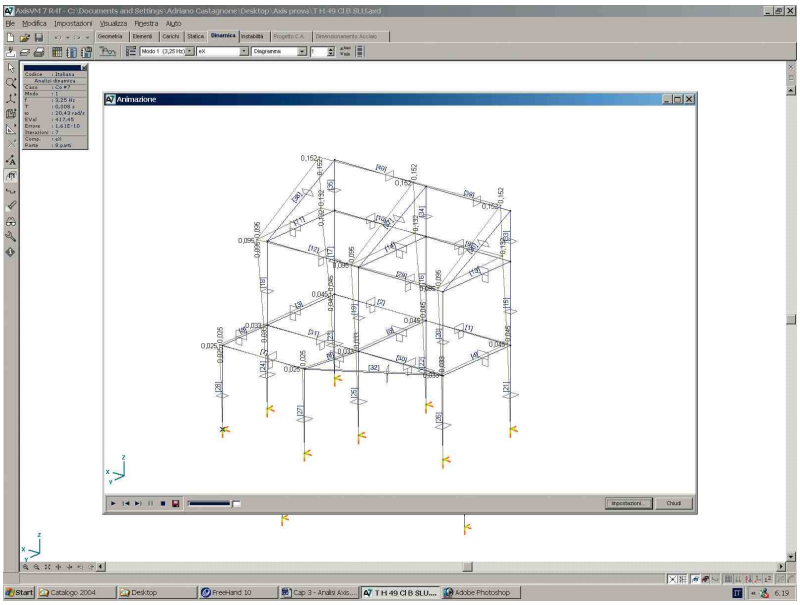
3.1.4.1 Presentazione dei risultati dell'analisi modale

Al termine dell'analisi modale è possibile visualizzare i dati di ogni forma modale, con l'incidenza della massa partecipante per ogni modo. Inoltre, è possibile selezionare le forme modali che si vogliono prendere in conto, scartando quelle poco significative. In questo modo è possibile ridurre sensibilmente il tempo di calcolo.



Per maggior comprensione presenta forme modali, anche in modo animato, in modo da poter controllare agilmente il comportamento strutturale. Nel caso di anomalie è immediato procedere a variazioni alla struttura sia geometriche che di sezioni, ritornando ai punti precedenti.

Caratteristica importante di Axis VM è la possibilità di modificare a piacere la struttura senza perdere i dati già introdotti; il modello si adatta automaticamente alle variazioni.



3.1.5 Analisi sismica

Axis VM utilizza l'analisi dinamica modale, il metodo di calcolo più utilizzato per il calcolo sismico, che è così strutturato:

- Calcolo dei primi n modi di vibrare e frequenze;
- Controllo della tabella delle masse partecipanti secondo X,Y,Z per verifica del rispetto dei limiti di normativa (massa partecipante >85% e modi con massa minore del 5%);

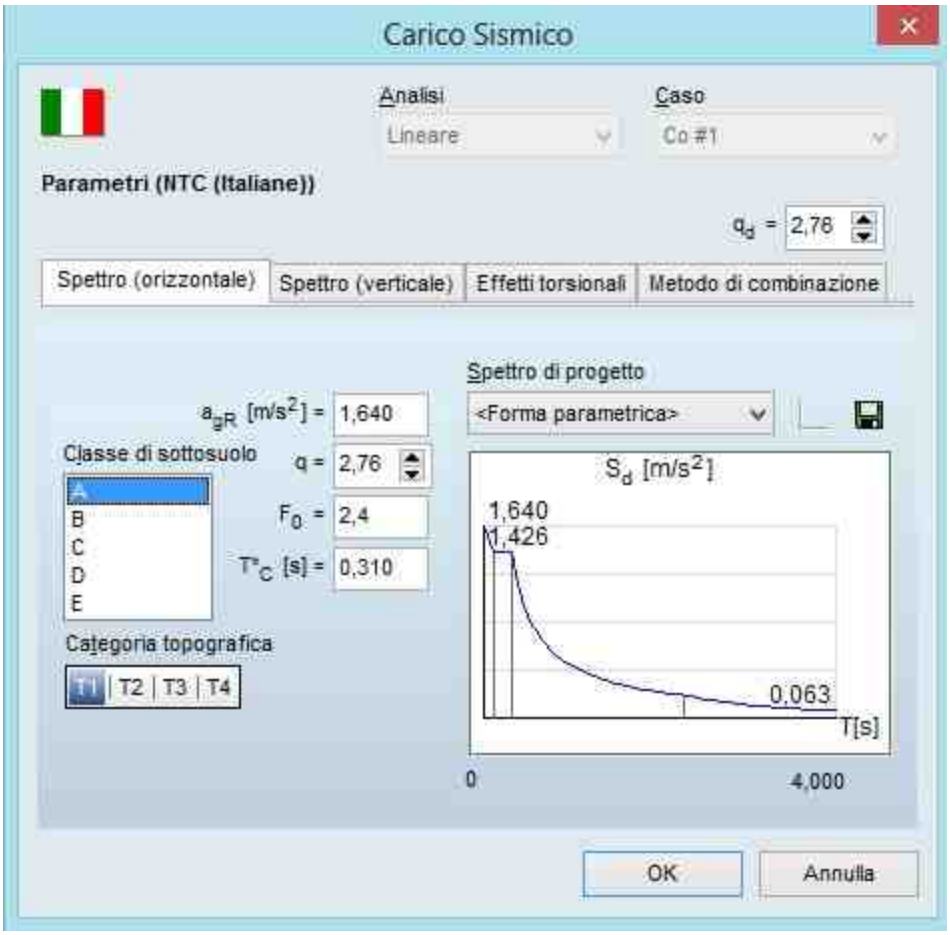
© 2017 S.T.A. DATA srl

- Scelta dei soli modi di vibrare significativi (eliminando modi intermedi);
- Introduzione dei parametri sismici;
- Calcolo delle condizioni di carico sismico;
- Analisi statica della struttura con i carichi verticali e sismici;
- Combinazione automatica delle varie condizioni di carico.

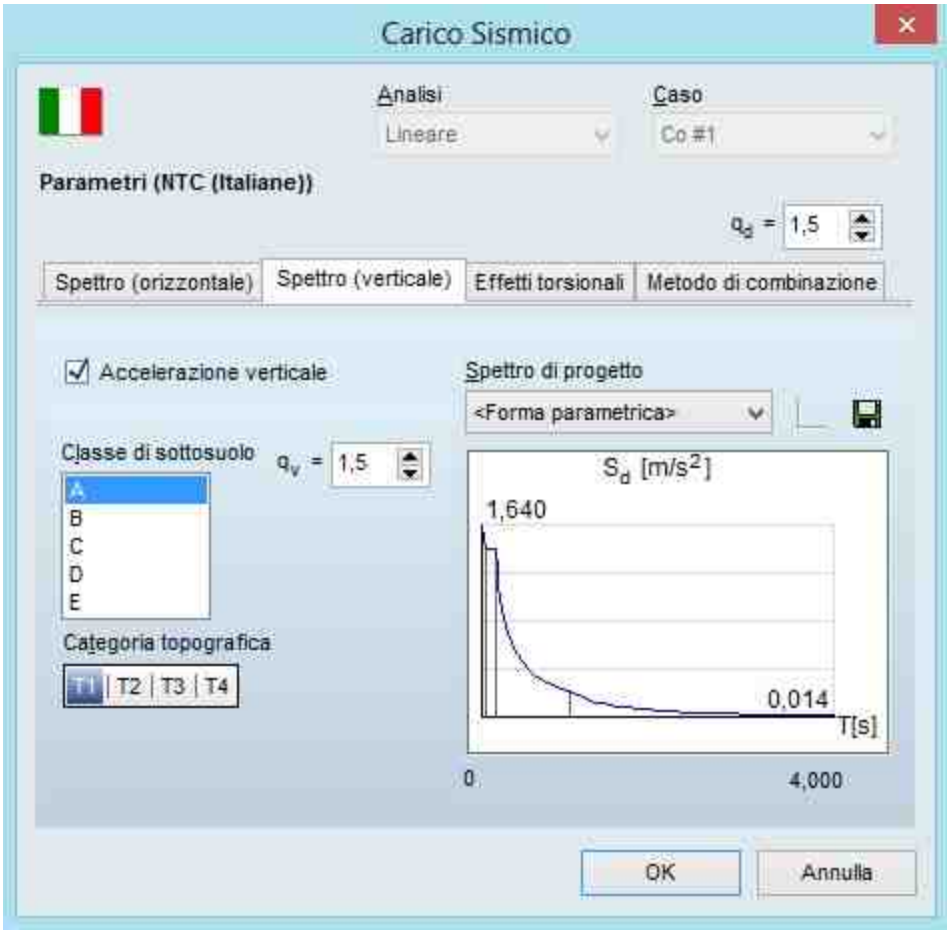
3.1.5.1 Spettro di progetto

Nella figura seguente è riportata la maschera attraverso la quale è possibile inserire i parametri sismici richiesti dalla normativa. Si notano i dati relativi alla Classe del sottosuolo (A-E), il fattore q di struttura, l'accelerazione di progetto in funzione della zona.

Introducendo questi dati il programma genera in automatico lo spettro di progetto corretto riportato a destra. Inoltre, è possibile definire uno spettro di progetto generico, consentendo in questo modo di poter gestire qualsiasi normativa.



Finestra per l'introduzione dei parametri sismici e spettro di progetto orizzontale

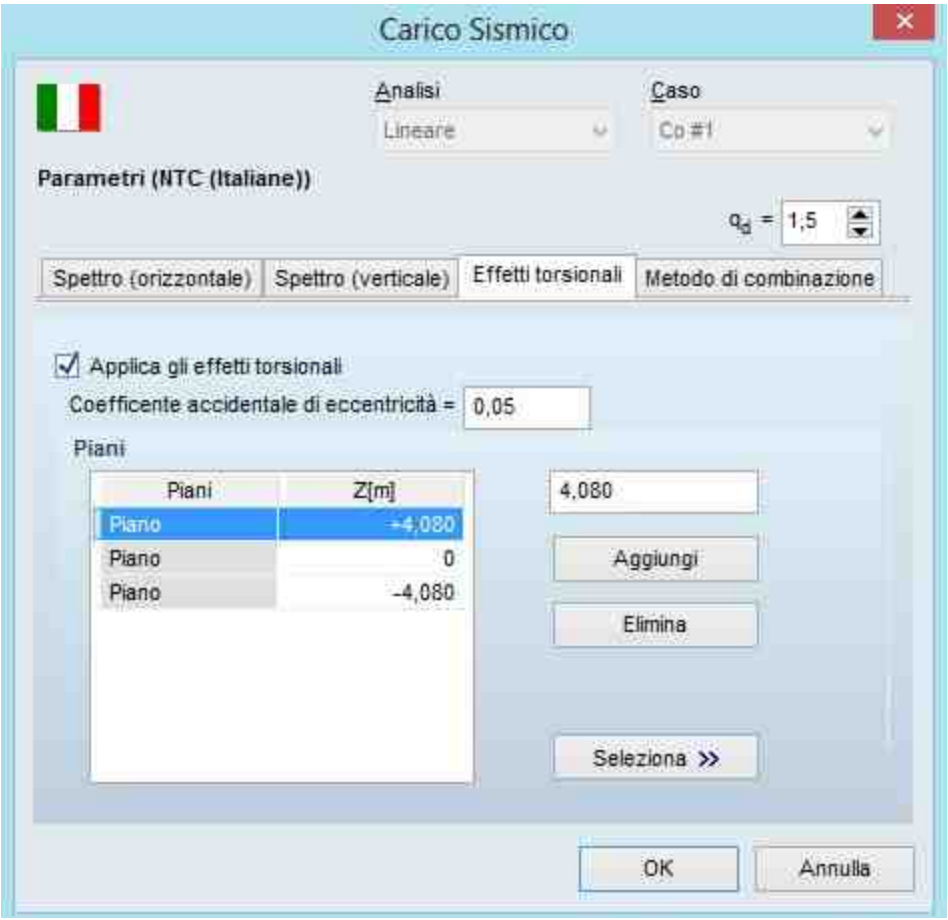


Finestra per l'introduzione dei parametri sismici e spettro di progetto verticale

É possibile introdurre i dati relativi allo spettro di progetto per carichi sismici verticali, quando la struttura richiede questa analisi.

I dati relativi per il calcolo degli effetti torsionali aggiuntivi sono visibili nella figura seguente. Da notare che è possibile definire il "Coefficiente accidentale di eccentricità". La normativa NTC08 richiede infatti che di norma venga assunto pari al 5%.

© 2017 S.T.A. DATA srl

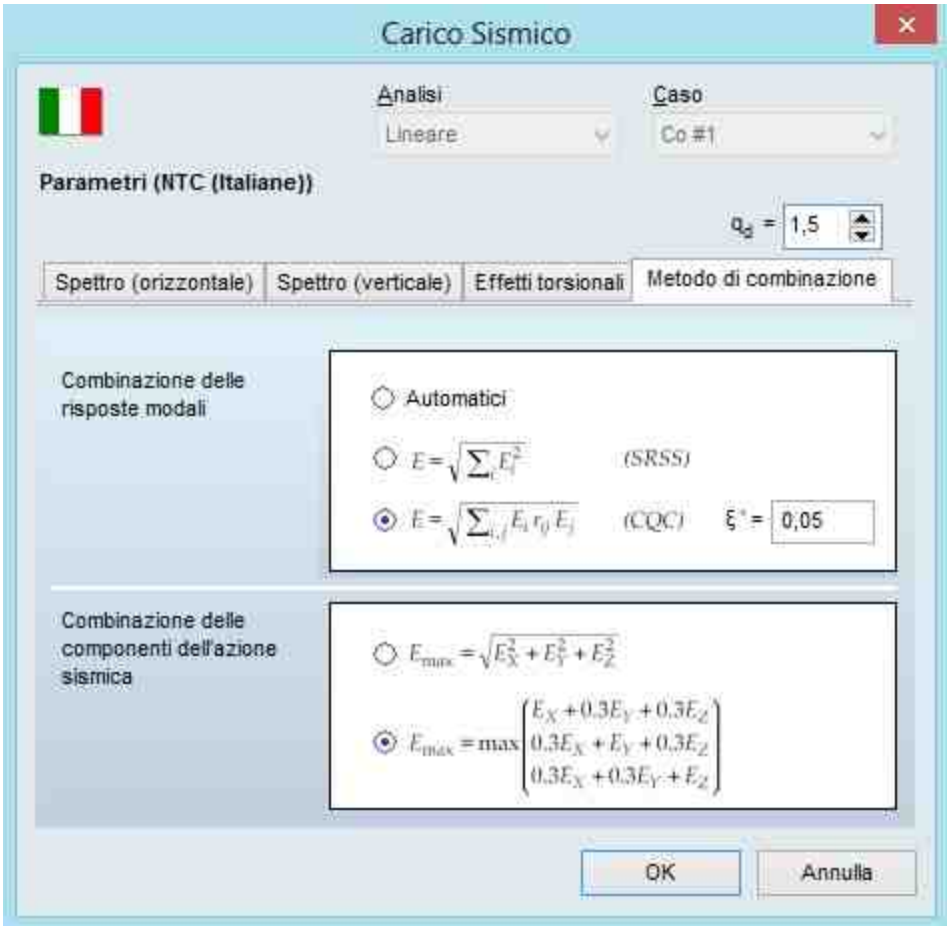


Finestra per l'introduzione dei parametri per il calcolo degli effetti torsionali

3.1.5.2 Combinazioni di carico sismiche

In ultimo si possono definire i parametri relativi alle modalità di combinazione delle risposte modali, secondo i metodi SRSS o CQC e la modalità di combinazione delle componenti dell'azione sismica.

© 2017 S.T.A. DATA srl



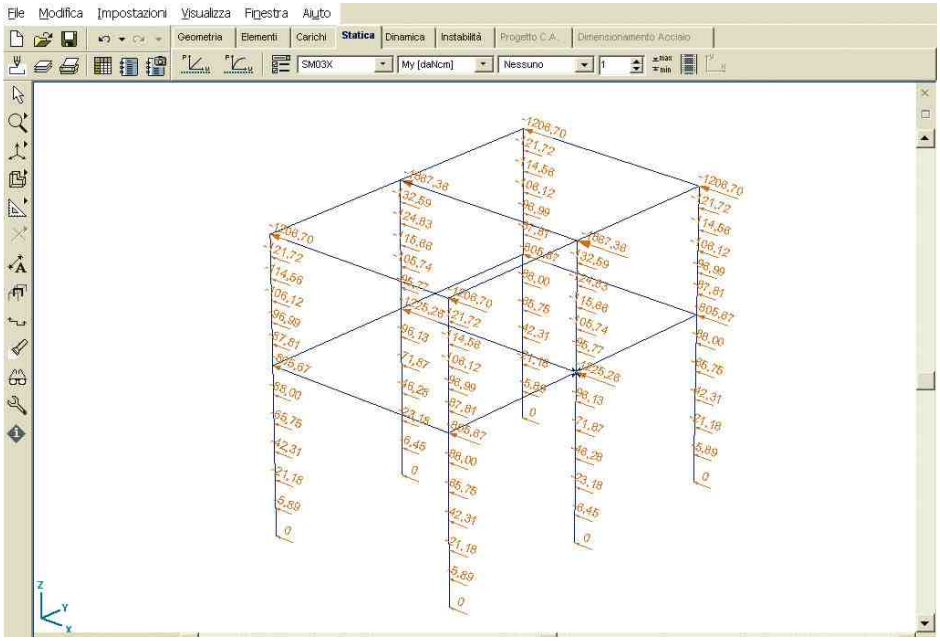
Combinazioni di carico personalizzate per casi di carico

	Nome	Tipo	pp (PERMANENTI)	solai (PERMANENTI)	neve (NEVE)	folla (FOLLA)	SEISMIC Xa	SEISMIC Xb	SEISMIC Ya	SEISMIC Yb	SEISMIC 1+ (SISM)	SEISMIC 1- (SISM)	SEISMIC 2+ (SISM)	SEISMIC 2- (SISM)	SEISMIC 3+ (SISM)	SEISMIC 3- (SISM)	SEISMIC 4+ (SISM)	SEISMIC 4- (SISM)	Commento
1	Co #1	-	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Co #2	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	1,00	0	0	0	0	0	0	0	
3	Co #3	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
4	Co #4	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0	0	0	0	
5	Co #5	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0	0	0	
6	Co #6	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0	0	
7	Co #7	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0	
8	Co #8	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	
9	Co #9	SLU (Sismico)	1,00	1,00	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	

3.1.5.3 Visualizzazione carichi sismici

Al termine della fase di introduzione dei dati si possono visualizzare le azioni sismiche secondo le varie condizioni di carico e direzioni (x, y, z):

© 2017 S.T.A. DATA srl



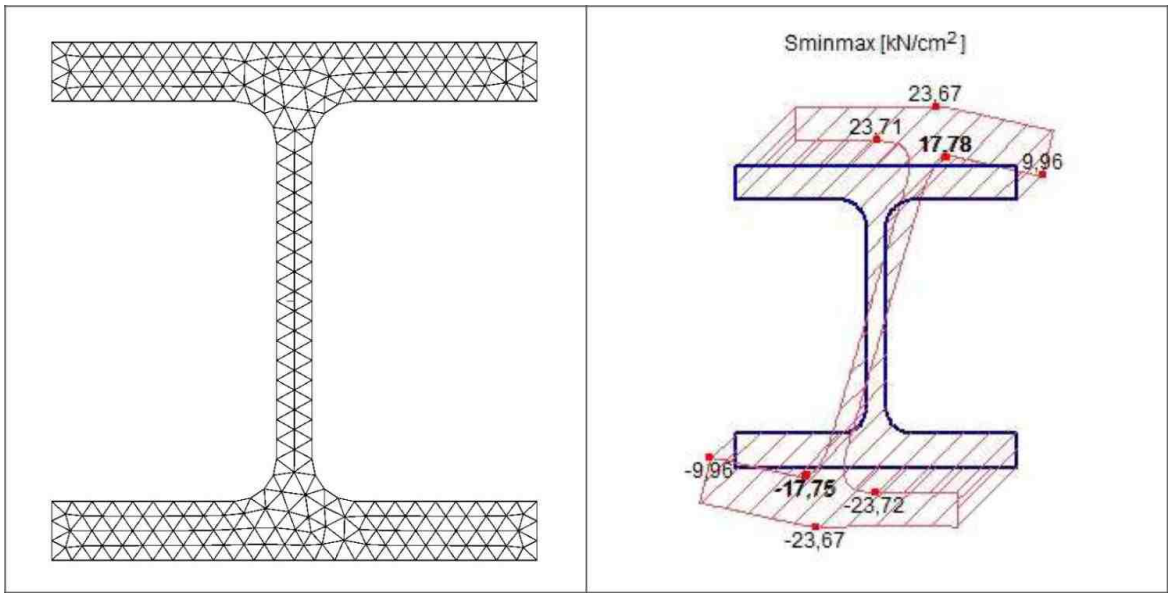
Presentazione delle forze sismiche per ogni forma modale

3.1.6 Analisi plastica non lineare

Il solutore PNL (plastico non lineare) adotta il metodo a fibre come metodo di calcolo delle tensioni e deformazioni interne alla sezione, questo avviene se attribuiamo agli elementi calcolati un materiale con caratteristiche non lineari (elastiche o plastiche).

Nel caso di piastre e gusci, gli elementi vengono suddivisi da strati di pari spessore, attribuendo ad ogni strato le caratteristiche non lineari del materiale.

Le sezioni ortogonali degli elementi lineari (travi e nervature) sono discretizzate, attribuendo ad ogni elemento della mesh le caratteristiche non lineari del materiale.



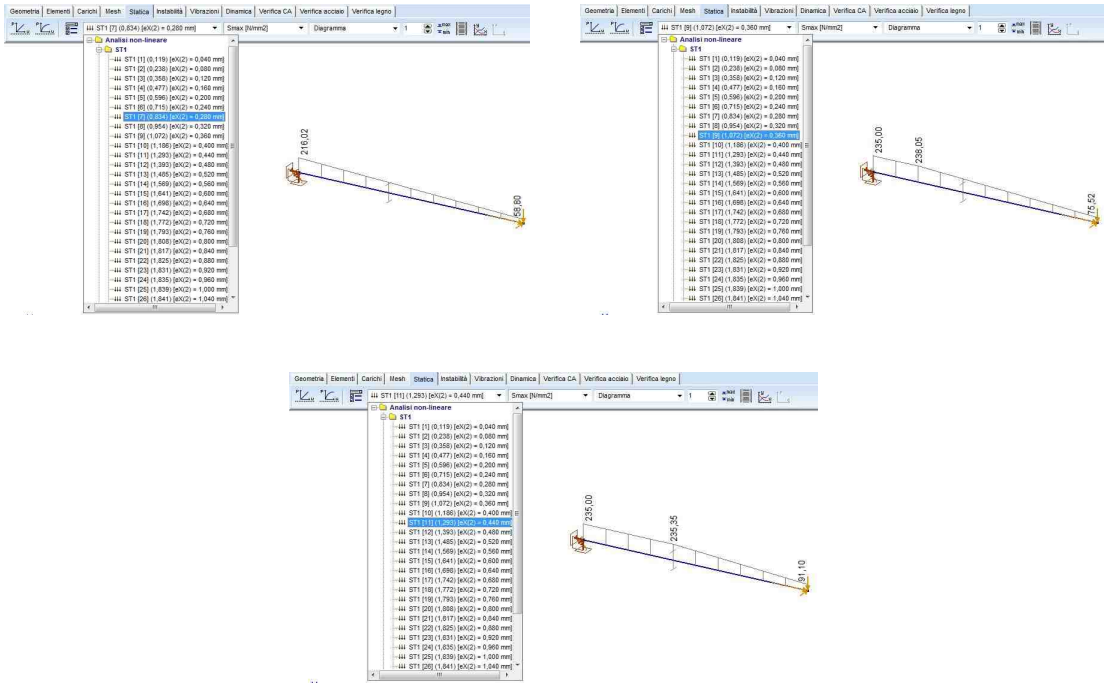
La mesh di una sezione *Distribuzione dello stress nella sezione*

I risultati delle sollecitazioni sia per gli elementi lineari che per quelli superficiali fanno riferimento

© 2017 S.T.A. DATA srl

alle stesse componenti del modello lineare. Nelle sezioni degli elementi lineari possiamo avere i risultati sui punti di calcolo disposti nella sezione. Per gli elementi bidimensionali i risultati possono essere visualizzati sulla faccia superiore, sul piano centrale e sulla faccia inferiore.

Visualizzando i risultati è possibile stabilire dove lo stato plastico viene raggiunto e come si distribuiscono le zone di plasticizzazione.



3.1.7 Analisi di instabilità globale

Permette di determinare i moltiplicatori di carico di instabilità più bassi (iniziali) e le forme modali corrispondenti.

AxisVM verifica che sia stato determinato il numero richiesto degli autovalori più bassi.

Il moltiplicatore del carico di instabiltà $n_{cr} = \lambda_{cr}$ viene calcolato risolvendo il problema agli autovalori. λ_{cr} è l'autovalore più piccolo e il corrispondente autovettore è la forma modale di instabilità.

Per verificare che gli autovalori calcolati sono i più bassi, viene applicato il controllo in sequenza Sturm $\lambda_{cr} < 0$ significa che si verifica l'instabilità per un orientamento opposto del carico e

$\lambda_{cr} \geq |\lambda_{cr}|$.

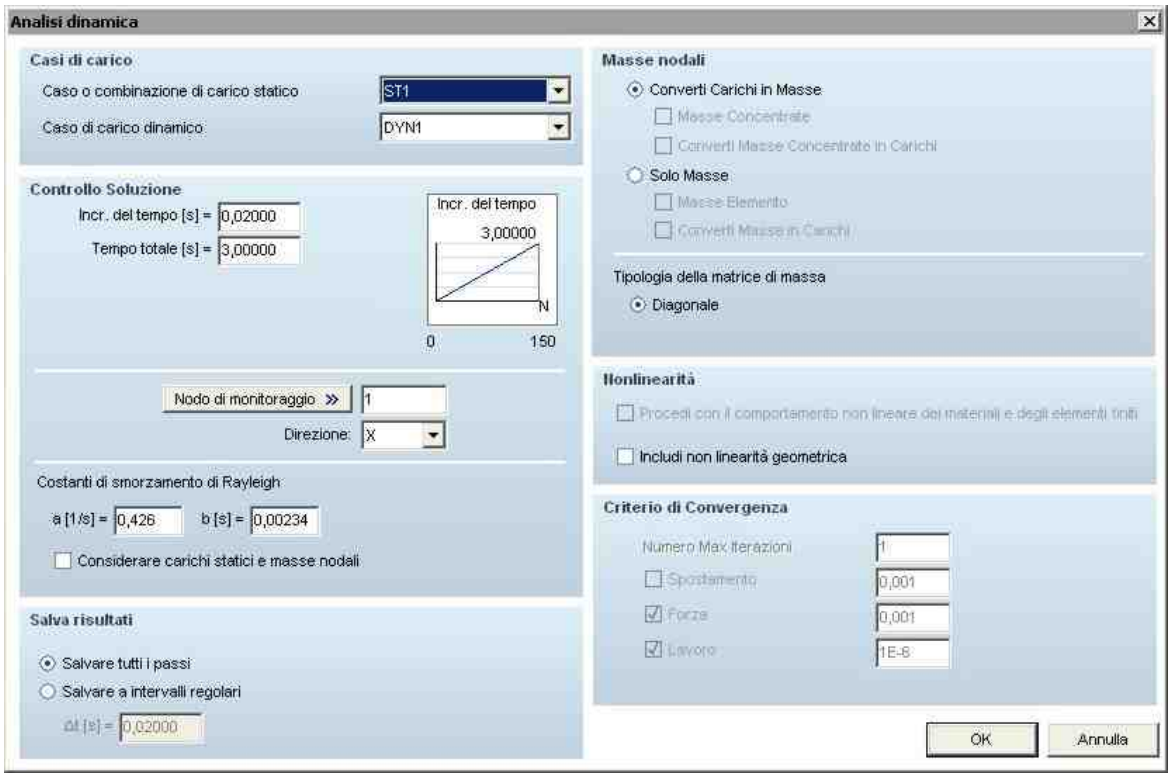
Permette di specificare i parametri del processo di soluzione dell'instabilità.

- **Caso**
  Permette di selezionare il caso che sarà considerato nell'analisi. Verrà compiuta un'analisi statica lineare (del primo ordine), che precede l'analisi di instabilità.
- **Numero di forme modali di instabilità**
  Permette di specificare il numero di forme modali che si vuole valutare. Si può richiedere un numero massimo di sei forme. Il valore predefinito è uno. L'autovalore positivo più basso è quello più importante.

© 2017 S.T.A. DATA srl

3.1.8 Analisi dinamica al passo

L'analisi dinamica determina gli spostamenti in funzione del tempo e le forze dovute ai carichi dinamici o alle accelerazioni nodali. L'analisi dinamica può essere realizzata su modelli lineari e non lineari.



3.1.9 FFA- Footfall analysis

L'obiettivo dell'analisi in frequenza da transito pedonale è valutare e controllare le accelerazioni dovute ai pedoni che inducono vibrazioni, le quali possono indurre una riduzione del confort e della funzionalità della struttura.

Lo scopo di questa guida è fornire un migliore approfondimento delle procedure di costruzione per agevolarne la comprensione. Gli approcci introdotti sono basati sui seguenti lavori: "A. Design Guide for Footfall Induced Vibration of Structure"[1] e "Design of Floors for Vibration: A New Approach"[2].

Durante l'impostazione del modello è importante considerare che le strutture siano rigide sotto carichi dinamici. Infatti i vincoli, le connessioni tra gli elementi strutturali e le cerniere nei bordi devono avere un comportamento rigido sotto carichi dinamici rispetto a quanto si presuppone per i carichi statici.

Caratteristiche della vibrazione

La risposta di un sistema a vibrazioni forzate si divide in due parti: una parte transitoria e una parte stazionaria. La risposta al transito pedonale può avere due differenti caratteristiche. Se la struttura è "rigida", la soluzione stazionaria è trascurabile rispetto la soluzione transitoria. Questo accade perché tra i due passaggi, la vibrazione cade a causa della grande rigidezza e dello smorzamento. In questo caso l'eccitazione può essere modellata come una serie di impulsi sulla struttura. Un esempio è raffigurato in Figura 1(a). Inoltre, in questo caso, si trascura la sovrapposizione di transiti pedonali consecutivi, condizione ritenuta accettabile se si assume il decadimento della vibrazione tra le due fasi.

La vibrazione transitoria, invece, è una risposta vibrazionale libera del sistema, la cui frequenza di risposta contiene le autofrequenze stesse del sistema.

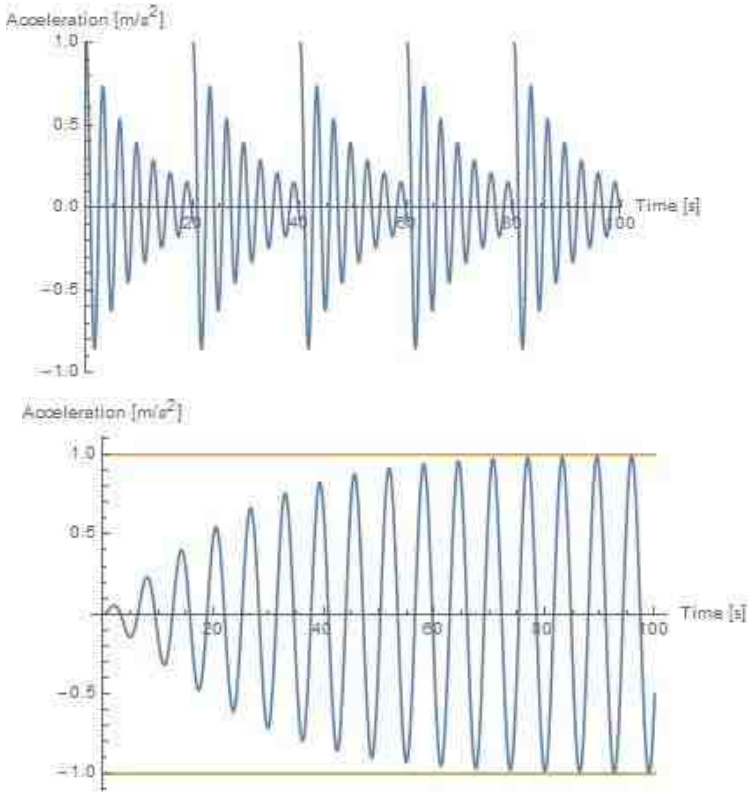


Figura 1. (a) Possibili caratteristiche della risposta in termini di accelerazione: serie di vibrazioni transitorie dovute all'impatto su una struttura rigida; (b) soluzione stazionaria dovuta all'eccitazione di una forza continua su una struttura "soffice".

D'altra parte, se la struttura è "morbida", ha un'autofrequenza che è quattro volte più piccola

© 2017 S.T.A. DATA srl

rispetto quella fondamentale di camminata, quindi, la risonanza può verificarsi se la frequenza fondamentale (o un suo multiplo intero) è uguale a una delle autofrequenze della struttura. In questo caso la soluzione transitoria è trascurabile rispetto la stazionaria.

Altro aspetto fondamentale è il tempo necessario all'evoluzione dell'ampiezza dello stato stazionario, poichè le accelerazioni massime possono svilupparsi solo in situazioni sfavorevoli, ovvero quando la struttura subisce una lunga forza risonante.

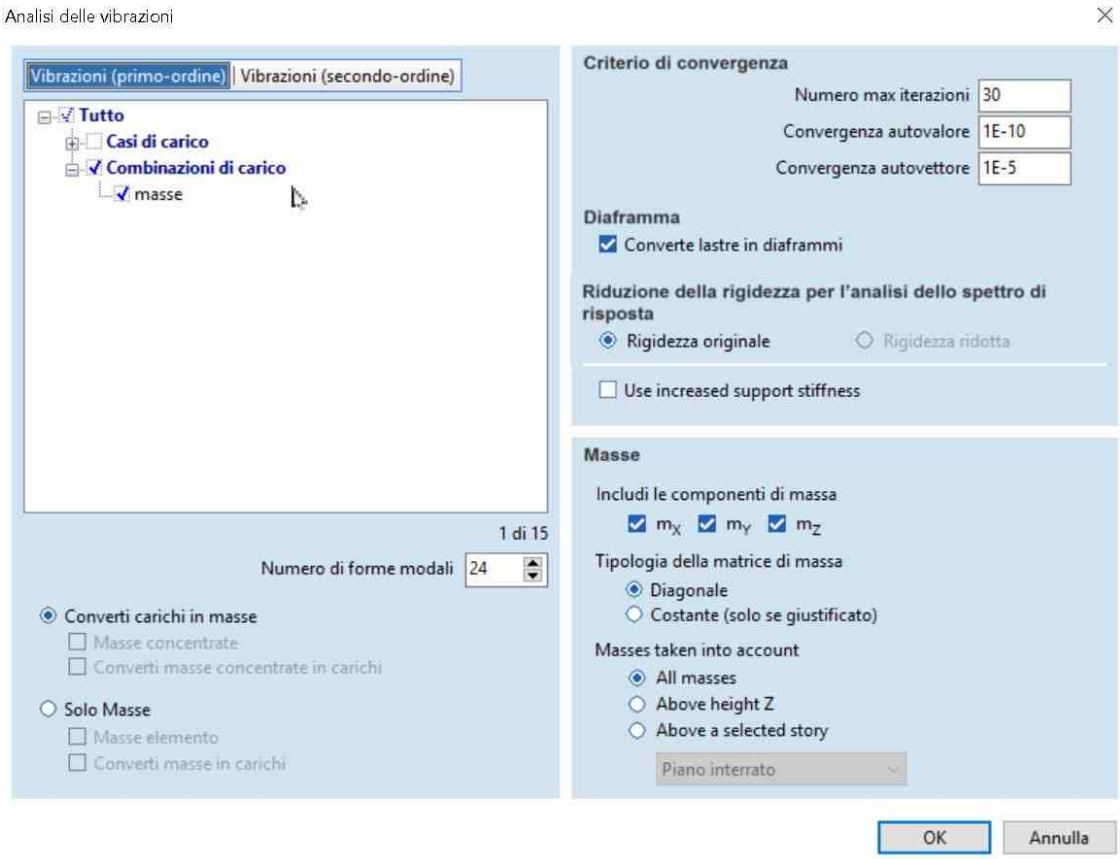


Fig. 3 : Analisi delle vibrazioni

L'IMPLEMENTAZIONE DELLA PROCEDURA IN AXISVM X4

Il comando di analisi in frequenza da transito pedonale diventa attivo se la vibrazione risulta legata al modello, vedere figura 3.

In figura 4. è mostrata la schermata di analisi in frequenza da transito pedonale. La procedura inizia dopo aver cliccato su "Ok" se il modello contiene elementi di superficie, e tra essi esiste almeno un elemento in cui l'angolo che si forma tra la sua normale e la direzione di gravità è inferiore a 70 °. La procedura considera un elemento di superficie, un elemento a pavimento, se l'angolo tra la normale e la gravità è minore o uguale a 10 °, mentre se l'angolo è tra i 10 °- 70 °, allora la superficie è considerata come scala, con differenti limiti di frequenza e con i relativi coefficienti di Fourier (solo nella procedura SCI P354). Sui nodi che si riferiscono a pareti o aste, il programma non applica forze e non analizza le relative accelerazioni.

© 2017 S.T.A. DATA srl

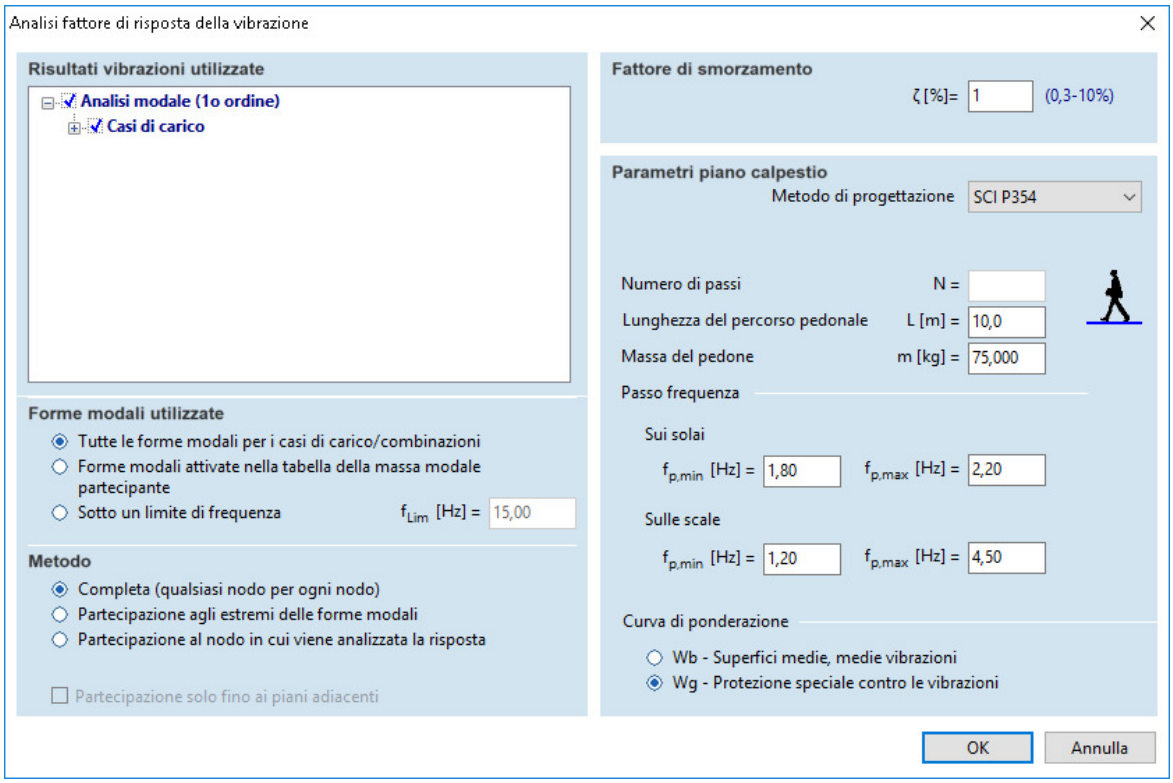
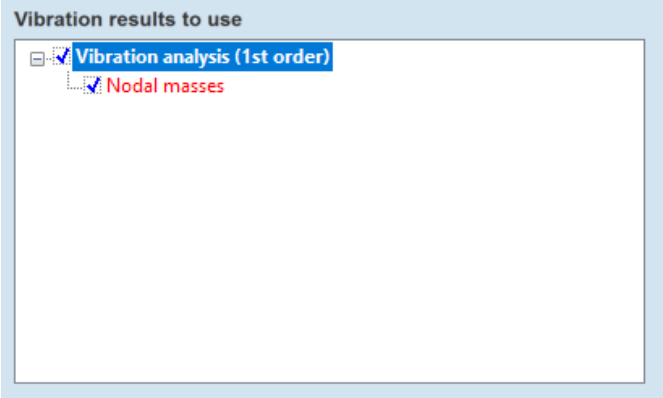


Fig. 4 : Analisi fattore di risposta delle vibrazioni

La procedura di calcolo del fattore di risposta di vibrazione è un calcolo impegnativo, per questo il programma offre alcune semplificazione nell'analisi, che possono accorciare significativamente i tempi di processo.

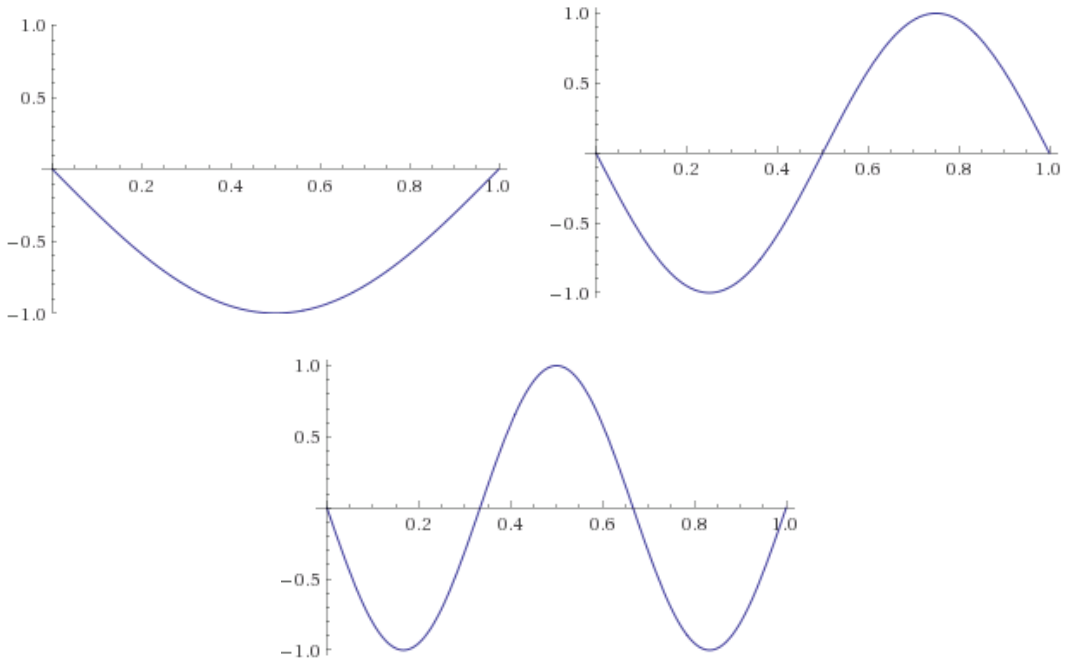
- **Tutte le forme modali per i casi di carico/combinazioni:** se l'utente imposta questo comando, vengono prese in considerazione tutte le autodeformate che sono legate al caso di carico o alla combinazione. Per l'analisi in fase stazionaria, vengono presi in considerazione tutti gli automodi fino al limite di cut off (Nst), dove quest'ultimo è uguale alla frequenza fondamentale del numero di armoniche (H)+2Hz. Sopra questo limite le autodeformate non risultano essere dannose dal punto di vista della risonanza.
- **Forme attivate nella tabella dei fattori di massa modale:** l'utente ha la possibilità di disattivare i modi che presumibilmente non hanno effetto in questa analisi.
- **Sotto la frequenza limite**: in questa impostazione l'utente può definire una frequenza di cut-off, sopra la quale il software non prende in considerazione le autodeformate.



Il nome del caso di carico o della combinazione diventa rosso in tre casi:

- se la più grande autofrequenza calcolata è sotto il limite di cut-off (vedere sopra);
- se l'utente ha disattivato un'autodeformata sotto il limite di cut-off;
- se la frequenza limite è sotto il limite di cut-off.

- **Completa (da ogni nodo ad ogni nodo):** in questa opzione il nodo analizzato di un piano o scala viene eccitato da nodi arbitrari, legati al piano o alla scala (il software non analizza nodi legati alle pareti).
- **Eccitazione agli estremi delle forme modali**: in questo caso i nodi eccitati (e) sono limitati in modo tale che, solo ai due estremi (minimo e massimo) dei modi risultano eccitati, vedere per esempio la figura 6:
-



- **Eccitazione nei nodi in cui la risposta è analizzata:** in questa opzione il nodo forzato e quello analizzato coincidono, in modo tale da risultare e=r. Questa opzione è opportuna se l'utente è interessato ad ottenere lo spettro di risposta globale massimo, con l'obiettivo di testare l'affidabilità della struttura a livello globale. E' consigliato, però, controllare questo risultato con i metodi descritti nella guida.
- **Eccitazione solo fino ai piani adiacenti:** se il modello consiste in almeno tre piani, questa checkbox diviene attiva. Se l'utente l'attiva, il piano del nodo analizzato e il piano del nodo eccitato deve essere lo stesso o adiacente. Un caso di carico diverso non è analizzato.

Il rapporto di smorzamento può essere scelto in accordo con i lavori [1] e [2], (la descrizione dei parametri sul transito pedonale possono essere reperiti sopra).

Con l'impostazione della frequenza del passo, l'utente determina il limite superiore ed inferiore del range di frequenze analizzate. Nelle analisi il software valuta una lista in cui appaiono frequenze discrete che causano la risonanza del sistema. Se le frequenze ottenute sono meno di 20, viene dimezzato l'intervallo in modo che altri elementi vengono aggiunti alla lista; se sono più di 20, allora alcuni elementi vengono eliminati. Se la differenza massima tra le due frequenze discrete è maggiore di 0.1 Hz, allora, è applicato un ulteriore dimezzamento dell'intervallo. Tutto sommato il calcolo viene eseguito per almeno 20 frequenze discrete.

© 2017 S.T.A. DATA srl

3.1.9.1 Esempi

ANALISI DI UN EDIFICIO MULTIPIANO

I parametri geometrici della struttura sono illustrati in Figura 11 e 12. Lo spessore delle piastre è costante: 20cm. La sezione trasversale delle colonne è quadrata con dimensioni 40x40cm.

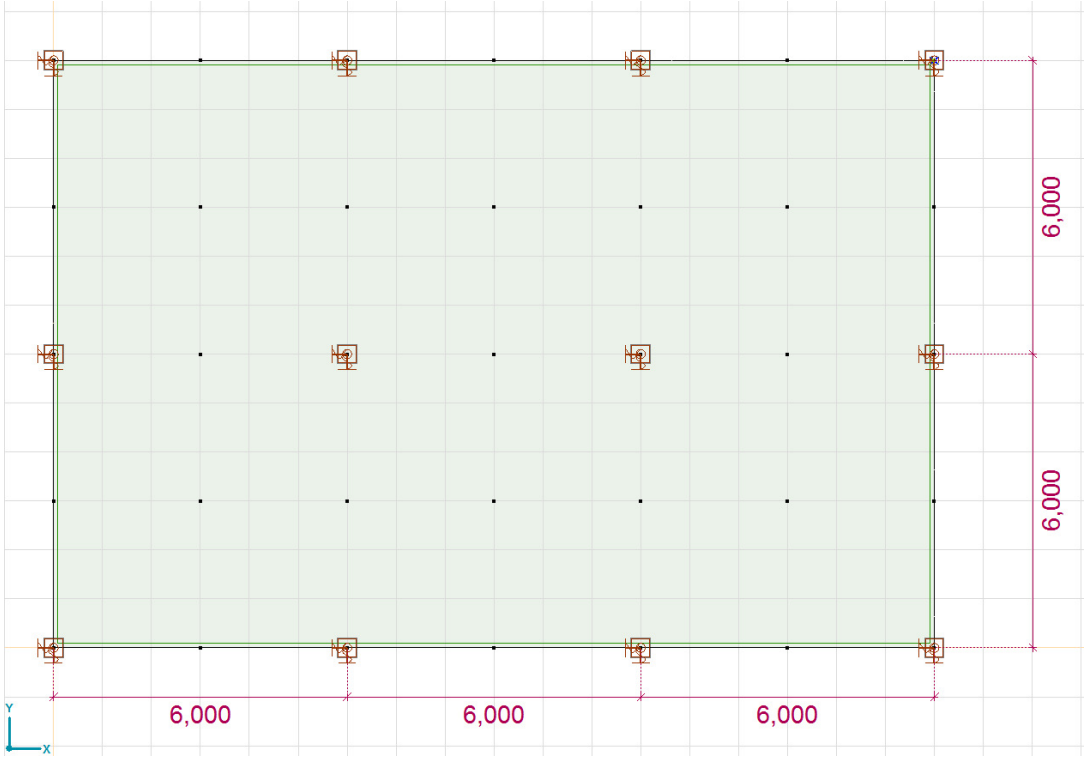


Figura 11. Edificio multipiano, vista dall'alto.

Il materiale dell'edificio è un C16/20 con un modulo elastico E= 2860 KN/cm2. I pilastri hanno le estremità bloccate. Numero di nodi: 6647, numero di forme modali esaminate in direzione z: 50. I risultati sono mostrati nelle Figure 13,14,15. Solo i fattori di risposta di vibrazione del primo piano sono illustrati in base ai diversi metodi di eccitazione. La figura 13 mostra la soluzione "esatta" ovvero l'eccitazione completa, la figura 14 mostra i risultati ottenuti dal metodo di eccitazione agli estremi della forma modale, ed infine in figura 15 troviamo i risultati ottenuti applicando il metodo dell'eccitazione nei nodi in cui la risposta è analizzata. Come è possibile osservare tutti e tre i metodi mostrano valori massimi simili, ma caratteristiche delle funzioni diverse.

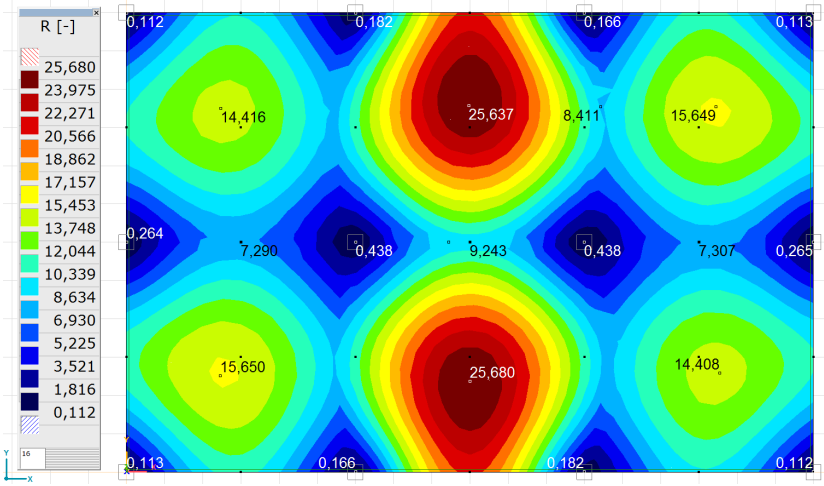


Figura 13. Piastra del primo piano, eccitazione completa, metodo di progetto CCIP-016, senza analizzare il piano dei nodi, tempo di

© 2017 S.T.A. DATA srl

calcolo: 1335 sec.

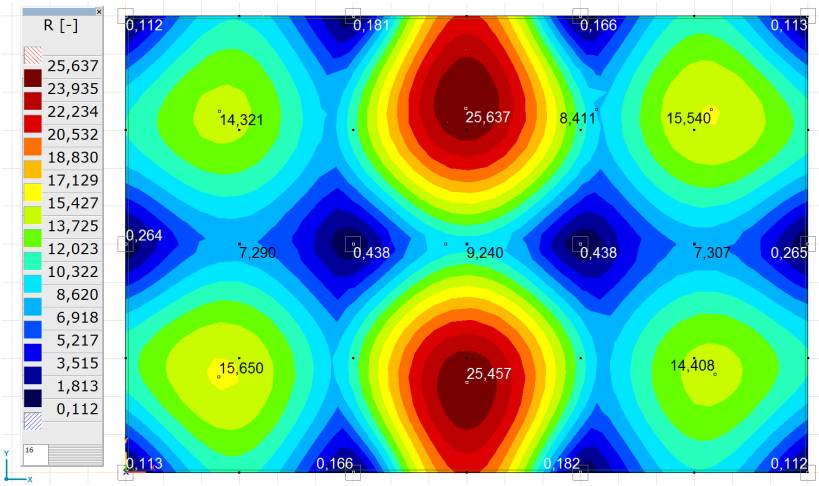
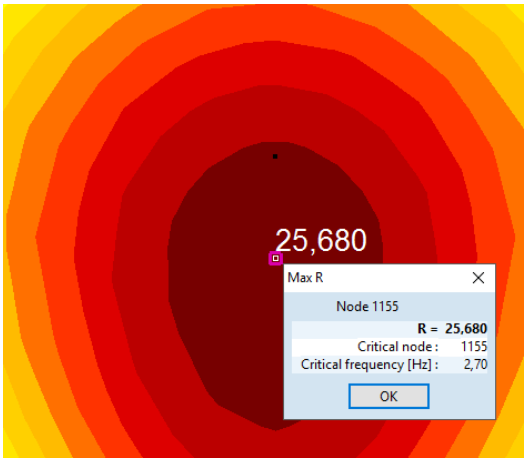


Figura 14. Piastra del primo piano, eccitazione agli estremi della forma modale, metodo di progetto CCIP-0.16 , senza analizzare il piano dei nodi, tempo di calcolo: 57 sec.



L'anali del valore massimo del fattore di risposta è il numero di nodi in cui si è mostrata la risposta massima ed il nodo forzato, che si riferisce al caso più sfavorevole e alla frequenza critica.Nel caso corrente la frequenza critica fondamentale è f=2.70Hz. L'analisi delle autodeformate e delle autofrequenze ha mostrato l'autofrequenza di forma 30: f0,30 = 10.80 Hz e l'autodeformata, illustrate in Figure 17.

VALORI LIMITE DEL FATTORE DI RISPOSTA

I valori limite del fattore di risposta di vibrazione nei diversi codici sono mostrati in tabella 1 e 2.

Place	Time	Continuous vibration 16h day 8h night	Impulsive excitation with up to 3 occurences
Critical working areas(e.g.: hospital operating theatres)	Day	1	1
	Night	1	1
Residental	Day	2 to 4	60 to 90
	Night	1.4	20

© 2017 S.T.A. DATA srl

Office	Day	4	128
	Night	4	128
Workshops	Day	8	128
	Night	8	128

Tabella . Valori del fattore di risposta di vibrazione, BS 6472, [3].

Place	Continuous vibration
Office	8
Shopping mall	4 [4]
Dealing floor	4
Stairs-light use (offices)	32 [5]
Stairs-heavy use (e.g. public buildings, stadia)	24 [5]

Tabella 2. Valori limite del fattore di risposta in vibrazione, SCI, [4].

3.2 Sicurezza dei risultati

Il solutore di Axis VM è stato sottoposto ad attenta analisi e confrontato con i programmi di calcolo più consolidati e con modelli trattati teoricamente in bibliografia. Nel manuale d'uso sono riportati esempi di calcolo di strutture risolte con Axis VM e con altri programmi, da cui si evidenzia la coincidenza dei risultati.

Axis VM valuta l'ordine di grandezza degli errori indotti dal mal condizionamento del modello. Una modellazione imprecisa può condurre a imprecisioni numeriche e quindi a soluzioni non corrette. L'errore è visualizzato nella finestra di informazione dei risultati.

Questo consente all'utente il controllo della bontà dei risultati e la loro affidabilità.

3.2.1 Controllo degli errori

Prima del calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti, il solutore procede alla verifica del modello. Se viene rilevato un errore compare un messaggio di avviso che consente all'utente di individuarne la causa e risolvere il problema.

Questo costituisce una garanzia per l'operatore, al quale vengono segnalate.

Segue, quindi, l'ottimizzazione della numerazione in forma iterativa al fine di ridurre la larghezza di semibanda della matrice di rigidezza del sistema. Questa numerazione dei nodi ha effetti solo nel processo di analisi; i risultati vengono visualizzati nella numerazione originaria.

© 2017 S.T.A. DATA srl

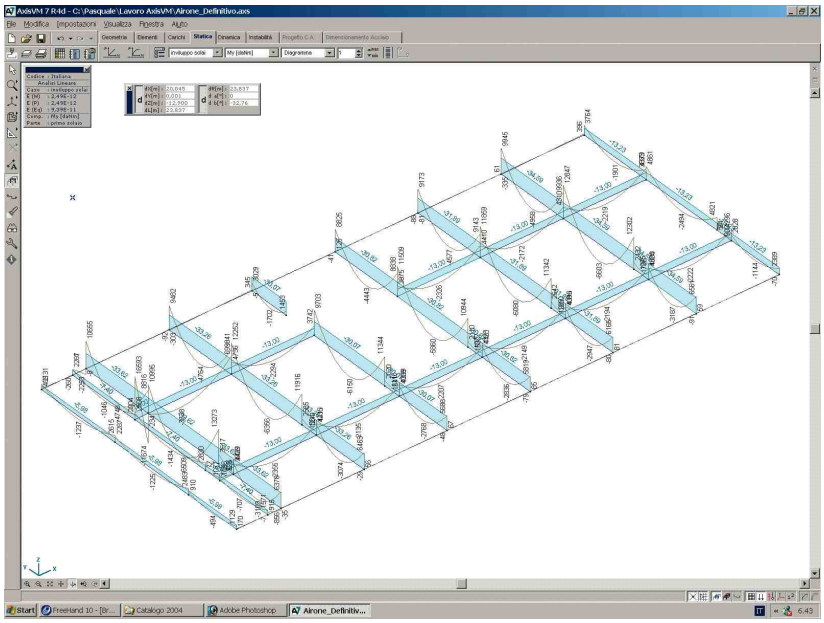
4 Risultati

Dopo aver effettuato l'analisi della struttura Axis VM presenta i risultati ottenuti, con grande facilità di consultazione:

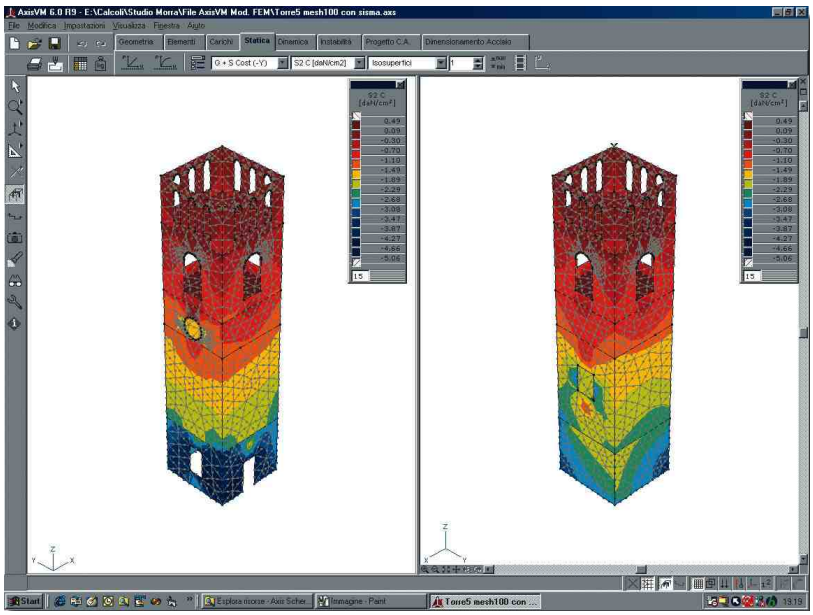
- Visualizzazione di spostamenti/sollecitazioni/ tensioni in diagrammi lineari o superficiali (isolinee e isosuperfici colorate)
- Ricerca automatica dei valori minimi e massimi Inviluppo e combinazione dei risultati
- Presentazione animata dei risultati
- Ricerca automatica della combinazione del carico critico
- Presentazione delle linee di influenza

4.1 Presentazione grafica

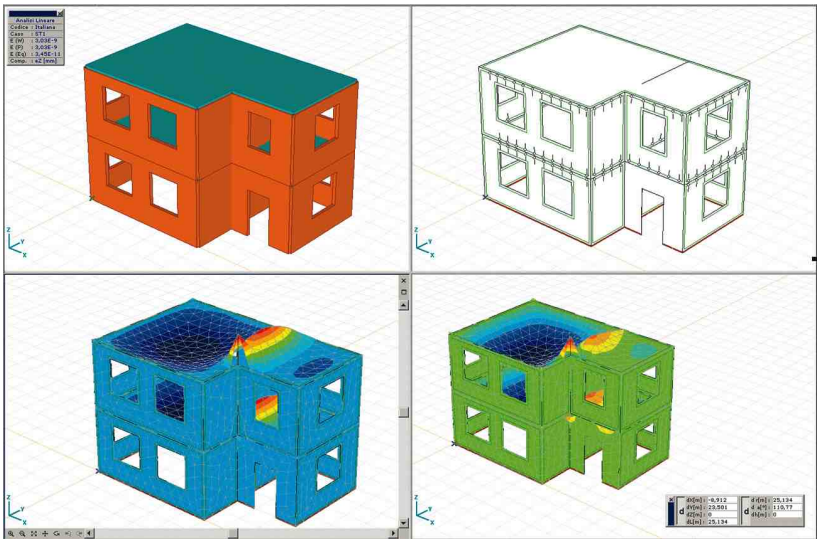
Una volta ottenuti i valori desiderati in fase di analisi, fondamentale è la presentazione dei risultati. Axis VM consente di visionare i dati in modo semplice ed intuitivo in modo grafico e numerico. Attraverso finestre parametriche si ottiene la visione d'insieme, con possibilità di evidenziare qualsiasi particolare desiderato.



Nella figura sopra sono riportate le sollecitazioni per gruppi di elementi

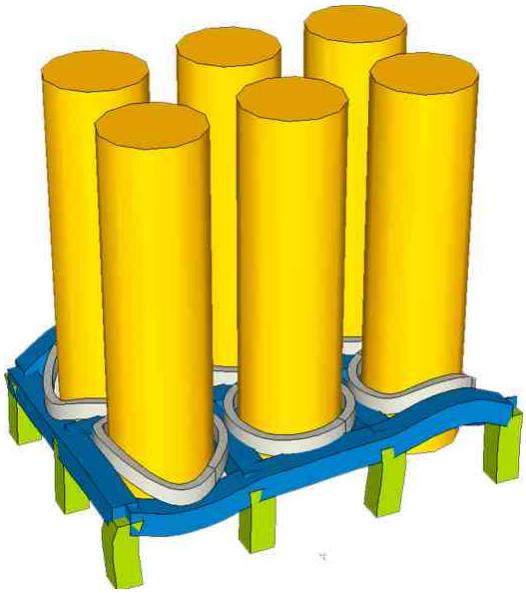


Nel caso di elementi di superficie i risultati sono presentati attraverso mappe di colore.



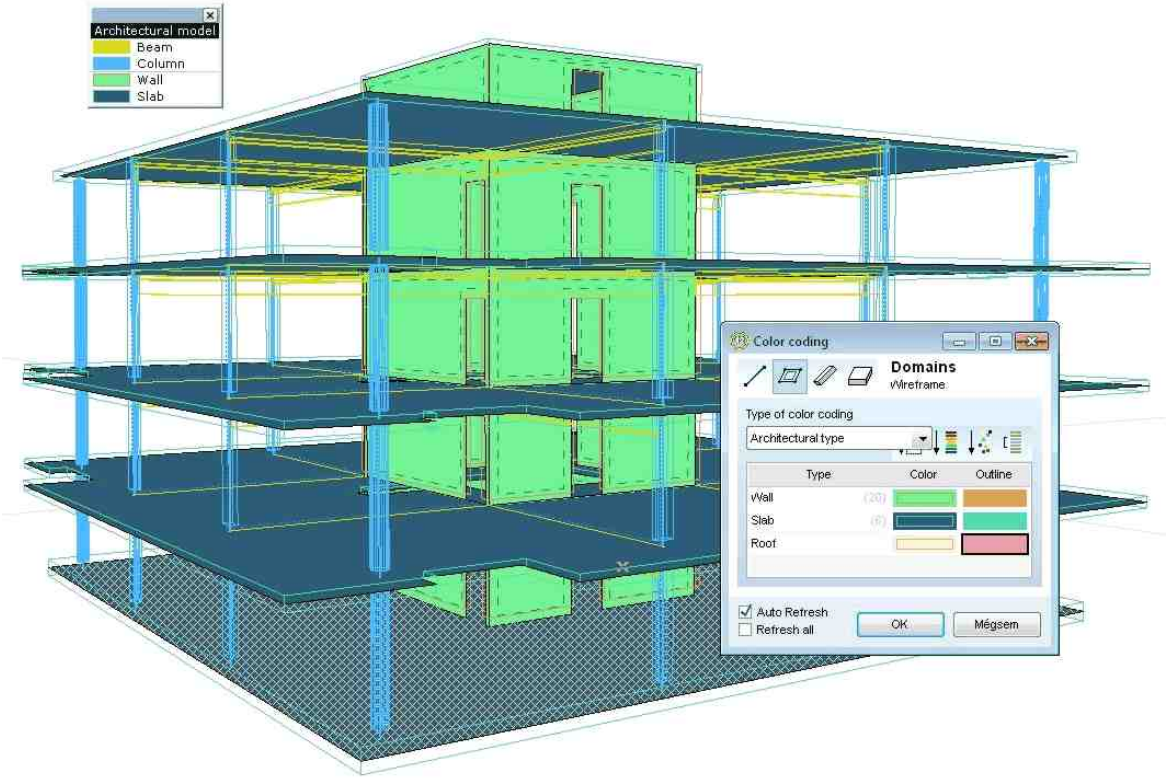
Lo stesso modello può essere visualizzato in più finestre con diverse condizioni di carico.

© 2017 S.T.A. DATA srl



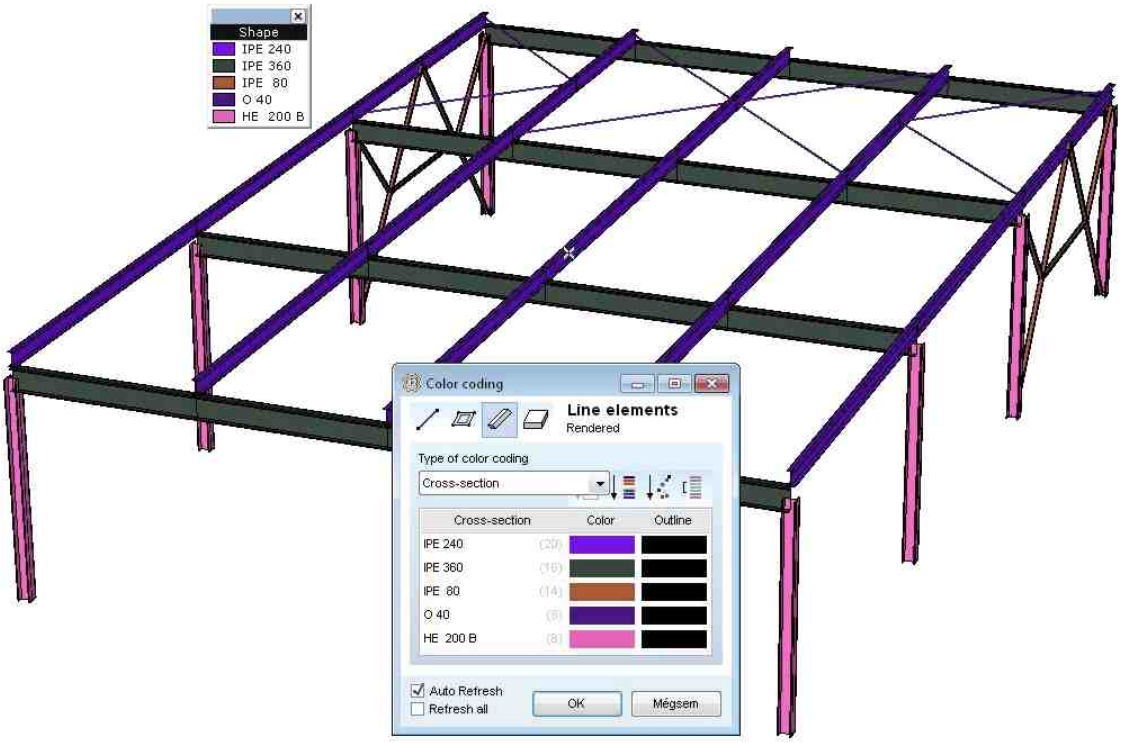
È possibile visualizzare la struttura deformata in modalità realistica.

Si mostra la finestra per la gestione dei colori utilizzati per la visualizzazione degli elementi in funzione della proprietà scelta (materiali/sezioni/pilastri/travi/solai/muri, etc…)



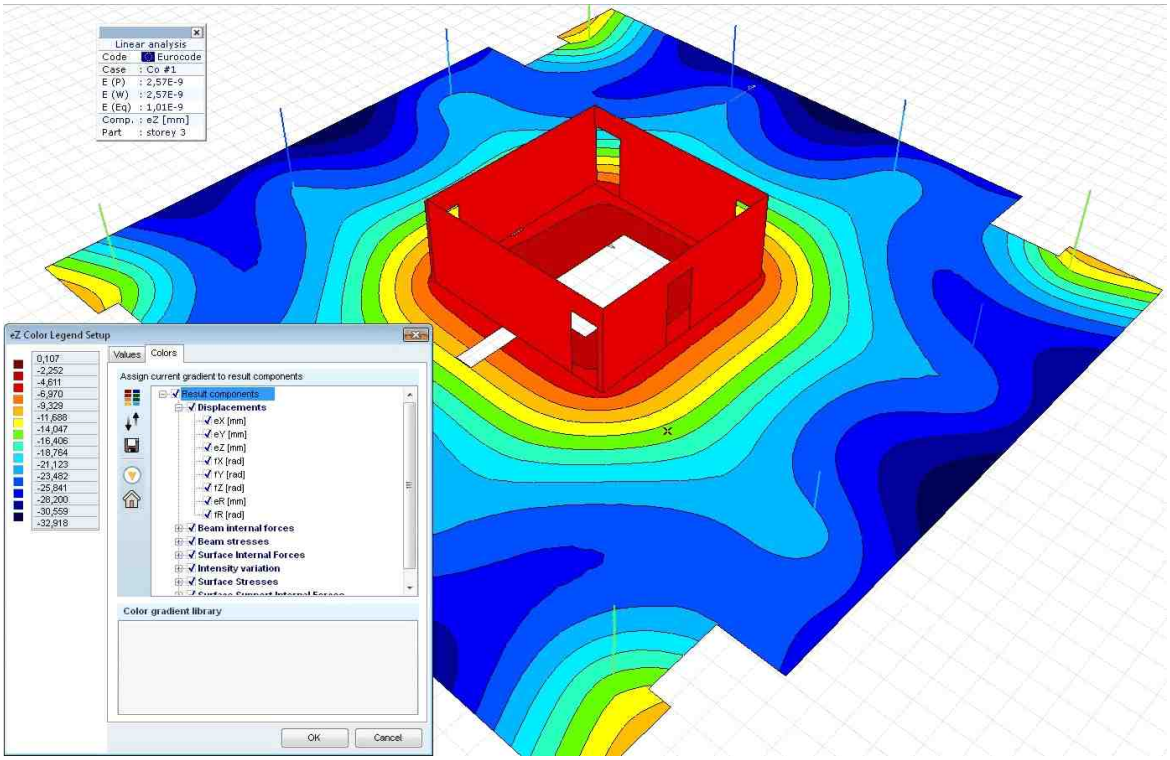
Esempio di visualizzazione per elementi architettonici differenti (travi, pilastri, muri, solai).

© 2017 S.T.A. DATA srl



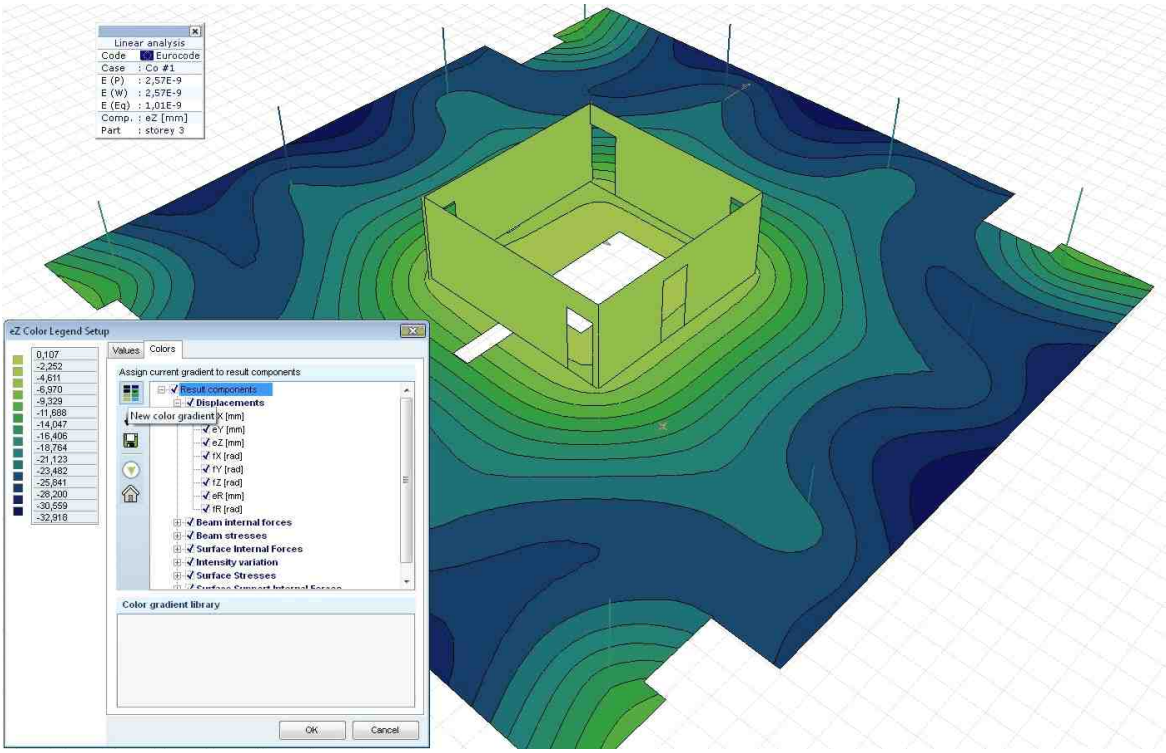
Esempio di visualizzazione per elementi con sezioni differenti.

Gli utenti possono modificare e salvare le proprie impostazioni di colori associati alle proprietà scelte.



Tonalità di colori predefinita

© 2017 S.T.A. DATA srl

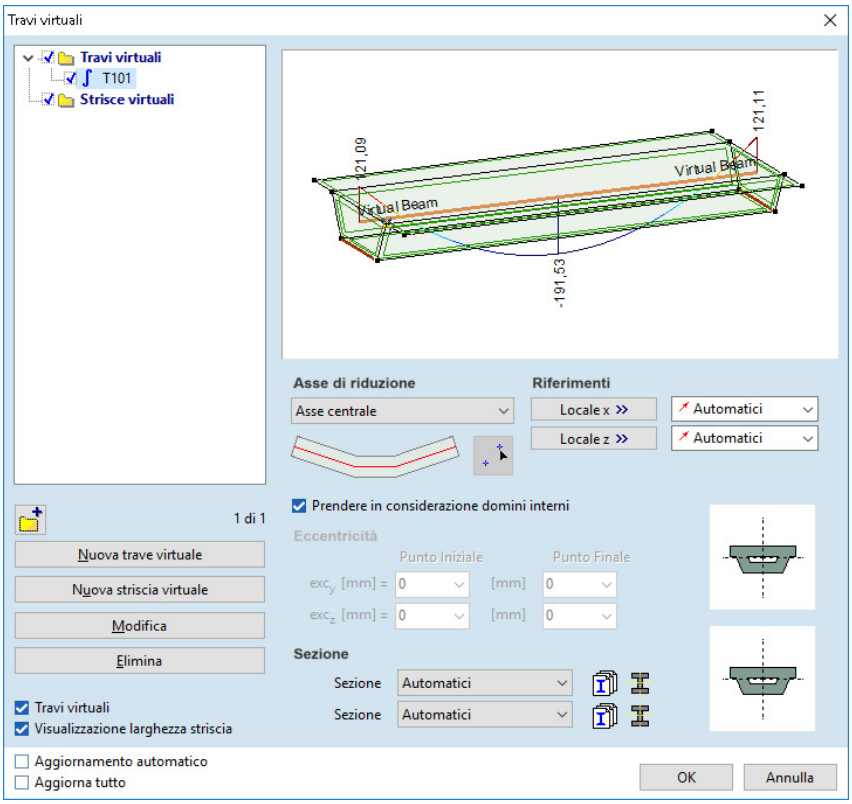


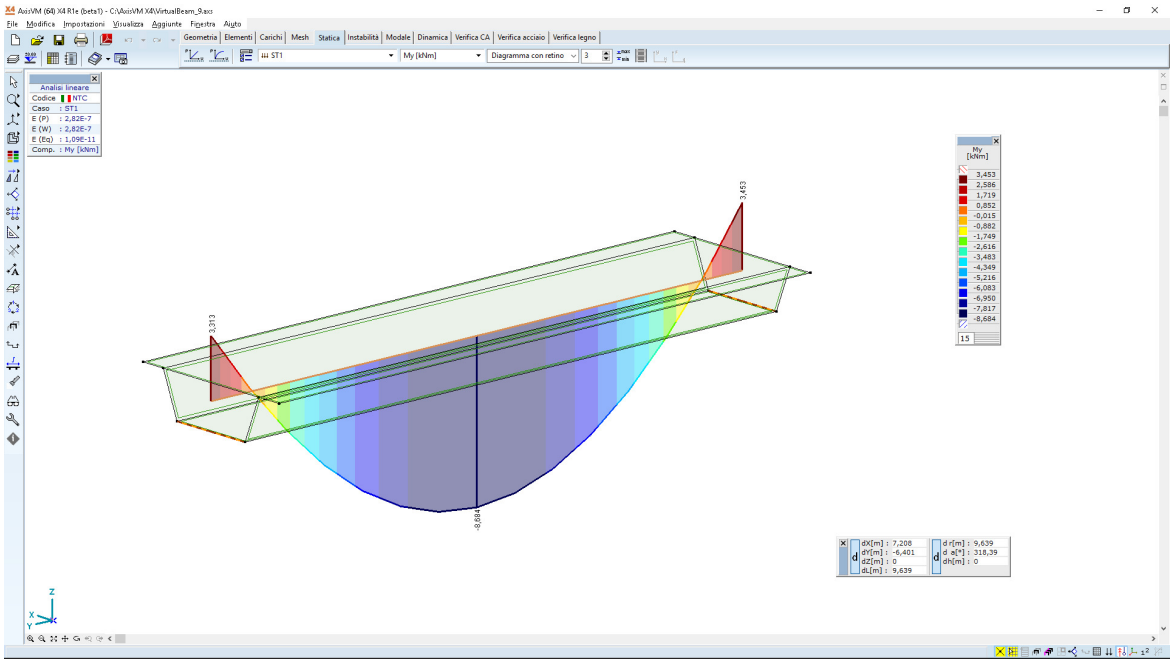
Tonalità di colori definita dall'utente

4.2 Travi virtuali

Con le novità apportate dalla versione X4, il diagramma della deformata è ora visualizzabile anche per la trave virtuale. La deformata può essere visualizzata o con i valori riportati alle estremità ed in campata, oppure con una scala di colori che ne mostrano quali siano i punti più o meno sollecitati. Inoltre, possono essere personalizzati anche gli assi di riduzione.

© 2017 S.T.A. DATA srl



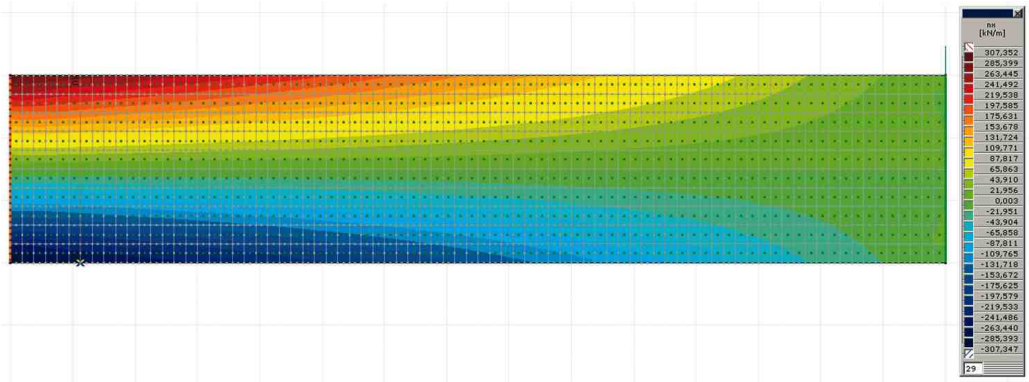


4.3 Interpretazione dei risultati

Per gli elementi di superficie è sempre complesso interpretare i risultati, ma Axis VM dispone di strumenti per ottenere una rapida sintesi dei valori ottenuti.

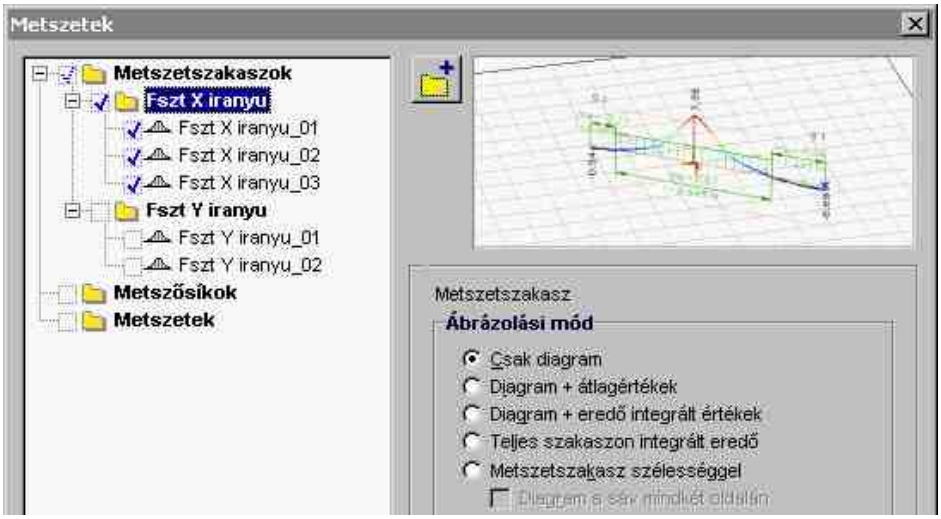
Ad esempio, nella figura seguente il modello è costituito da una mensola incastrata a sinistra con un carico verticale. La figura riporta l'andamento delle forze di trazione e compressione nel piano.

© 2017 S.T.A. DATA srl



4.4 Sezioni e piani di sezione per elementi di superficie

Il comando Sezioni può essere organizzato in cartelle per attivare più facilmente l'insieme di più sezioni.



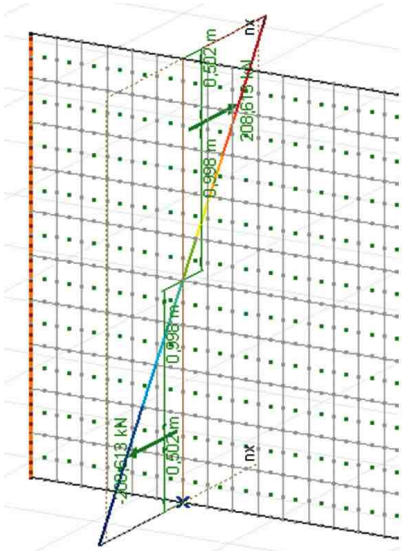
Definizione di Gruppi di segmenti di sezioni.

É possibile definire uno o più segmenti di sezioni che saranno rappresentati contemporaneamente.

Questi segmenti sono numerati automaticamente e sono posizionati in cartelle con lo stesso nome del segmento

Per avere una sintesi dei risultati è possibile effettuare una sezione verticale e richiedere il calcolo delle risultanti per le zone tese e quelle compresse, come riportato nella figura seguente:

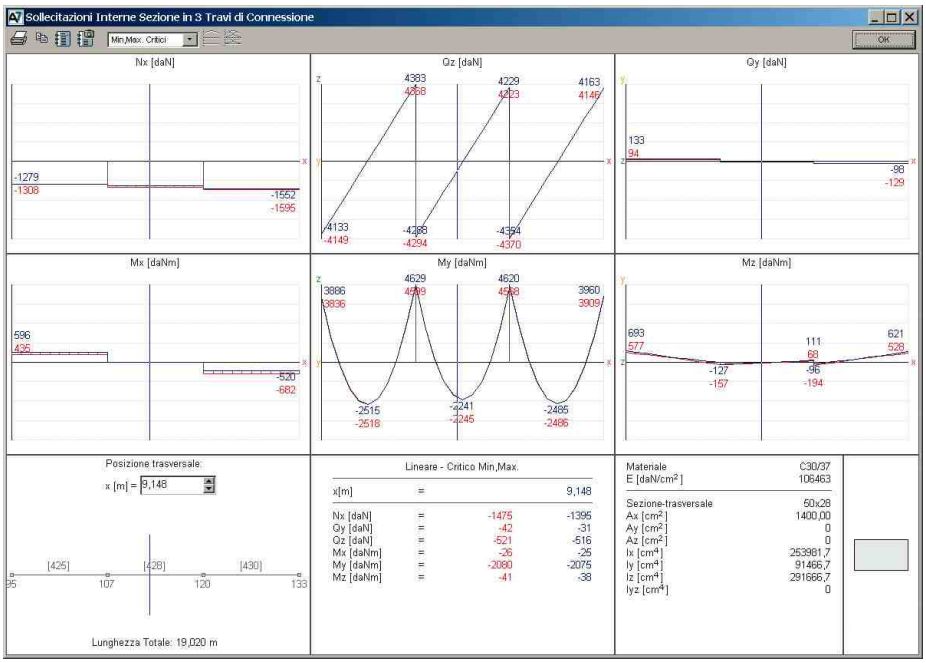
© 2017 S.T.A. DATA srl



4.5 Visualizzazione risultati

È possibile visualizzare i risultati in ogni punto della struttura attraverso finestre che presentano i risultati in modo grafico e numerico.

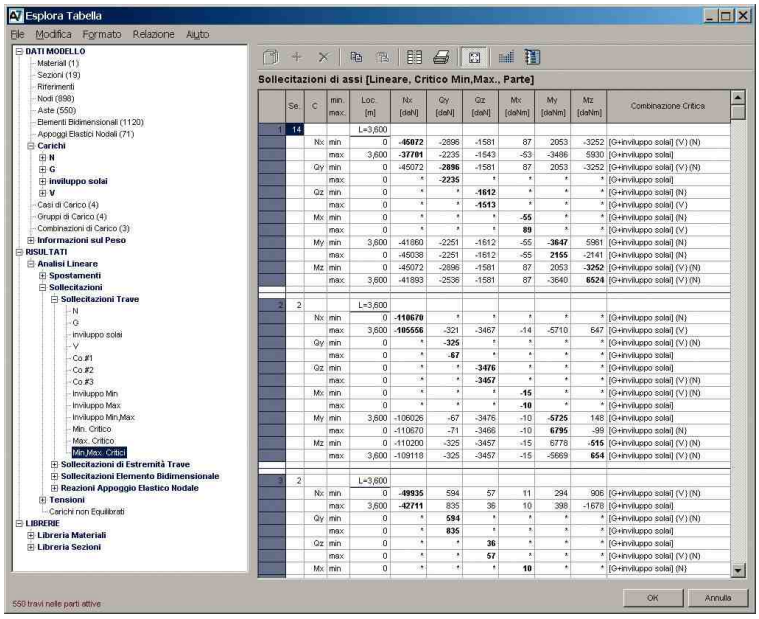
Attraverso un cursore mobile, è possibile conoscere i valori delle sollecitazioni (N, M, T) e deformazioni (ex, ey, ez, rotazioni) in qualsiasi punto.



4.6 Presentazione numerica

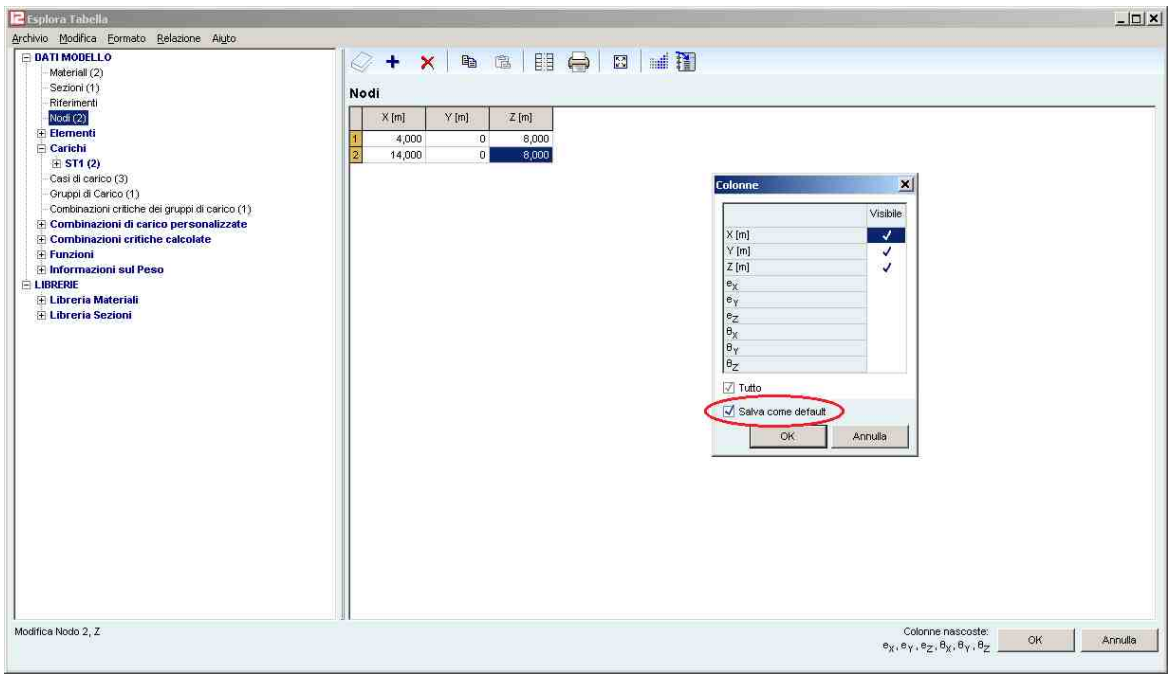
I dati numerici sono presentati in tabella con possibilità di esportazione diretta verso Excel, Word, PDF.

© 2017 S.T.A. DATA srl



Tutti i dati di input ed i risultati sono raccolti in comode tabelle, che tramite la presentazione ad albero, consente facilmente la consultazione e la stampa.

Nelle tabelle è possibile scegliere quali colonne visualizzare e salvare tale scelta come impostazione di default.

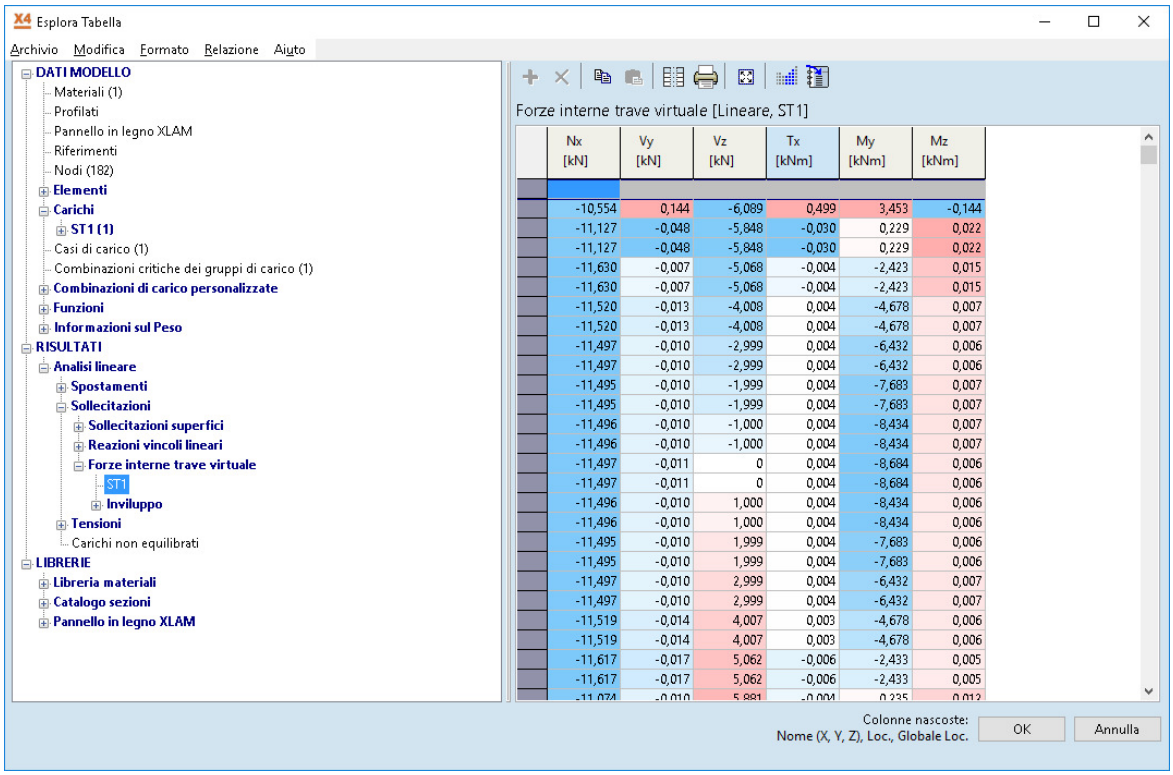


Personalizzazione della tabella coordinate nodi.

4.7 La Relazione di Calcolo

Ottenere rapidamente la relazione di calcolo non è mai stato così semplice: un solo comando consente l'impaginazione automatica con la presentazione dell'anteprima di stampa a partire dai dati presenti nella tabella e dalle immagini che si possono catturare direttamente a video.

Dalla tabella dei risultati si scelgono i dati che si desiderano inserire nella Relazione, in modo semplice ed efficace, con un semplice Click. Nella tabella vengono riportati i valori minimi e massimi.



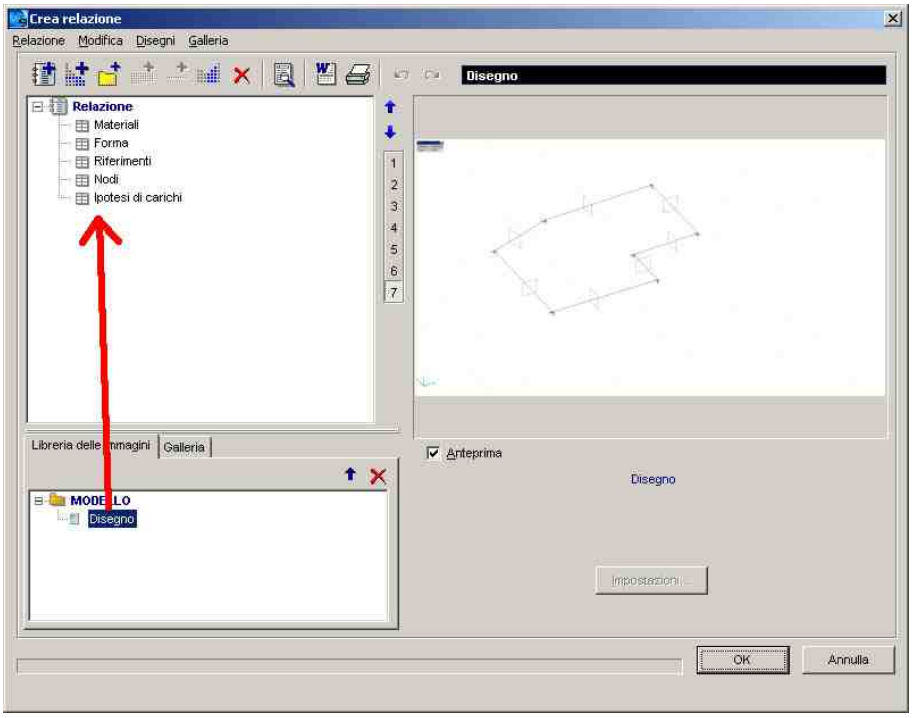
Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
-10,554	0,144	-6,089	0,499	3,453	-0,144
-11,127	-0,048	-5,848	-0,030	0,229	0,022
-11,127	-0,048	-5,848	-0,030	0,229	0,022
-11,630	-0,007	-5,068	-0,004	-2,423	0,015
-11,630	-0,007	-5,068	-0,004	-2,423	0,015
-11,520	-0,013	-4,008	0,004	-4,678	0,007
-11,520	-0,013	-4,008	0,004	-4,678	0,007
-11,497	-0,010	-2,999	0,004	-6,432	0,006
-11,497	-0,010	-2,999	0,004	-6,432	0,006
-11,495	-0,010	-1,999	0,004	-7,683	0,007
-11,495	-0,010	-1,999	0,004	-7,683	0,007
-11,496	-0,010	-1,000	0,004	-8,434	0,007
-11,496	-0,010	-1,000	0,004	-8,434	0,007
-11,497	-0,011	0	0,004	-8,684	0,006
-11,497	-0,011	0	0,004	-8,684	0,006
-11,496	-0,010	1,000	0,004	-8,434	0,006
-11,496	-0,010	1,000	0,004	-8,434	0,006
-11,495	-0,010	1,999	0,004	-7,683	0,006
-11,495	-0,010	1,999	0,004	-7,683	0,006
-11,497	-0,010	2,999	0,004	-6,432	0,007
-11,497	-0,010	2,999	0,004	-6,432	0,007
-11,519	-0,014	4,007	0,003	-4,678	0,006
-11,519	-0,014	4,007	0,003	-4,678	0,006
-11,617	-0,017	5,062	-0,006	-2,433	0,005
-11,617	-0,017	5,062	-0,006	-2,433	0,005

Scelte le parti che si desiderano stampare, appare il quadro complessivo dei dati con la possibilità di inserire immagini e grafici che sono state catturate in precedenza.

I disegni catturati ed inseriti all'interno della relazione si possono scalare e ruotare in modo manuale.

Rotazione e scala sono anche possibili anche quando si desidera stampare singolarmente i disegni.

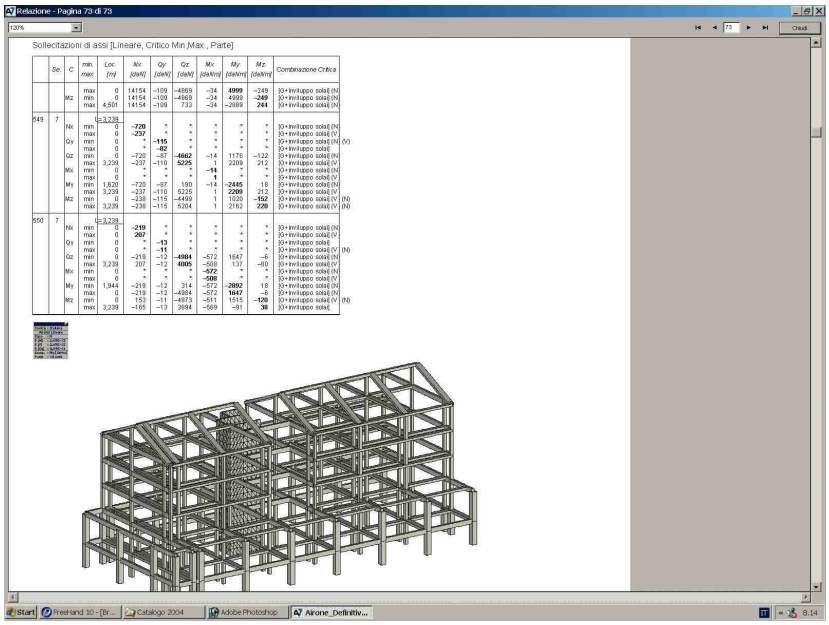
© 2017 S.T.A. DATA srl



Aggiornamento automatico della Relazione

Se il modello viene modificato, i dati contenuti sono automaticamente aggiornati, con notevole risparmio di tempo.

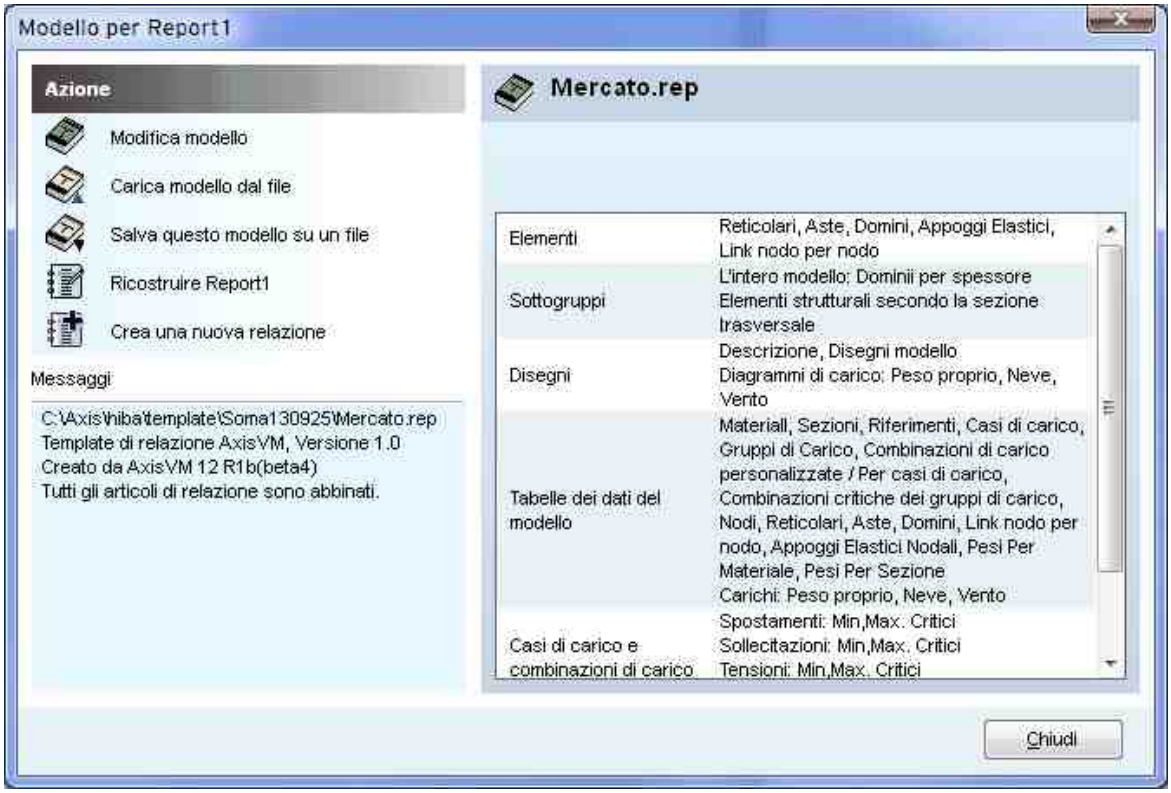
L'anteprima visualizza il risultato finale ed è possibile esportare i dati anche in formato RTF, PDF, ecc.



4.7.1 Template di relazione

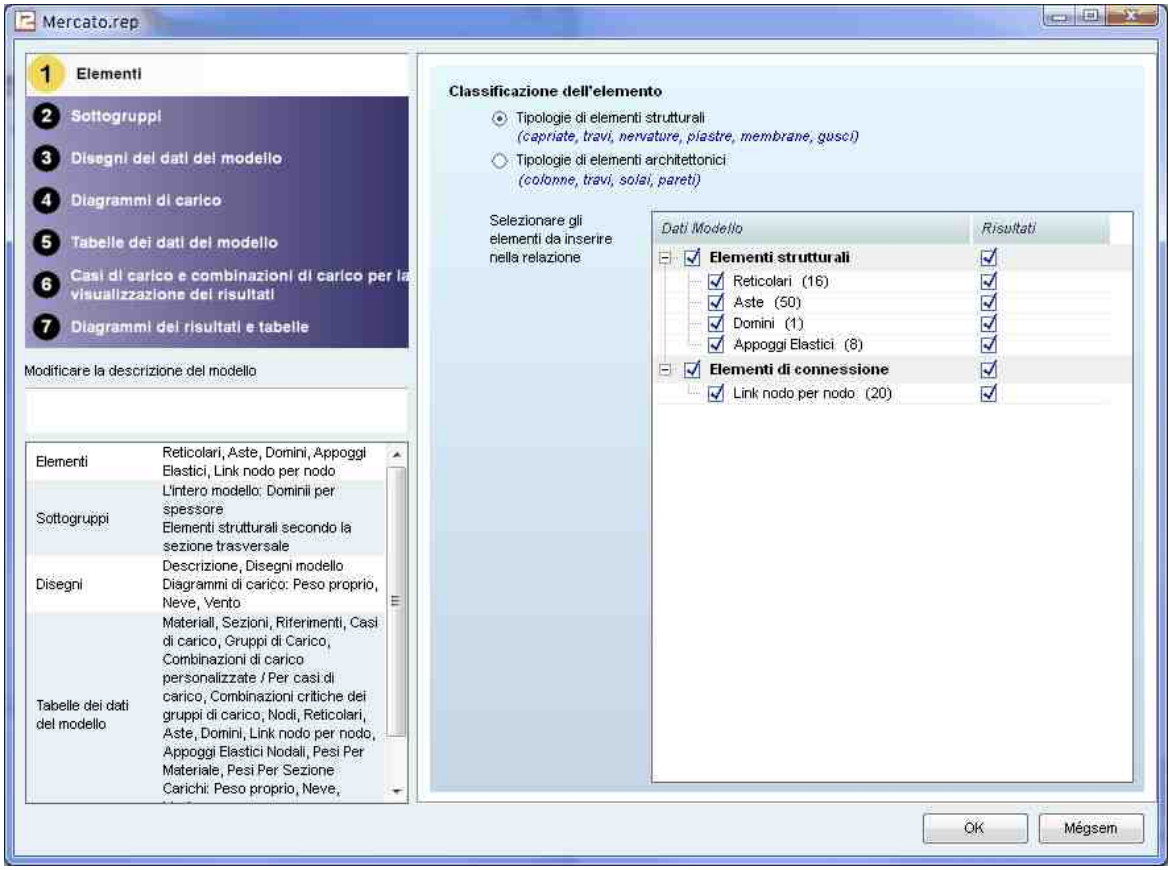
I modelli delle relazioni possono essere utilizzati per generare relazioni basati su alcuni preimpostazioni, filtri e preferenze. Le relazioni generate sono costituite da disegni e tabelle. I modelli possono essere salvati come file e riutilizzati per generare relazioni per altri modelli.

© 2017 S.T.A. DATA srl



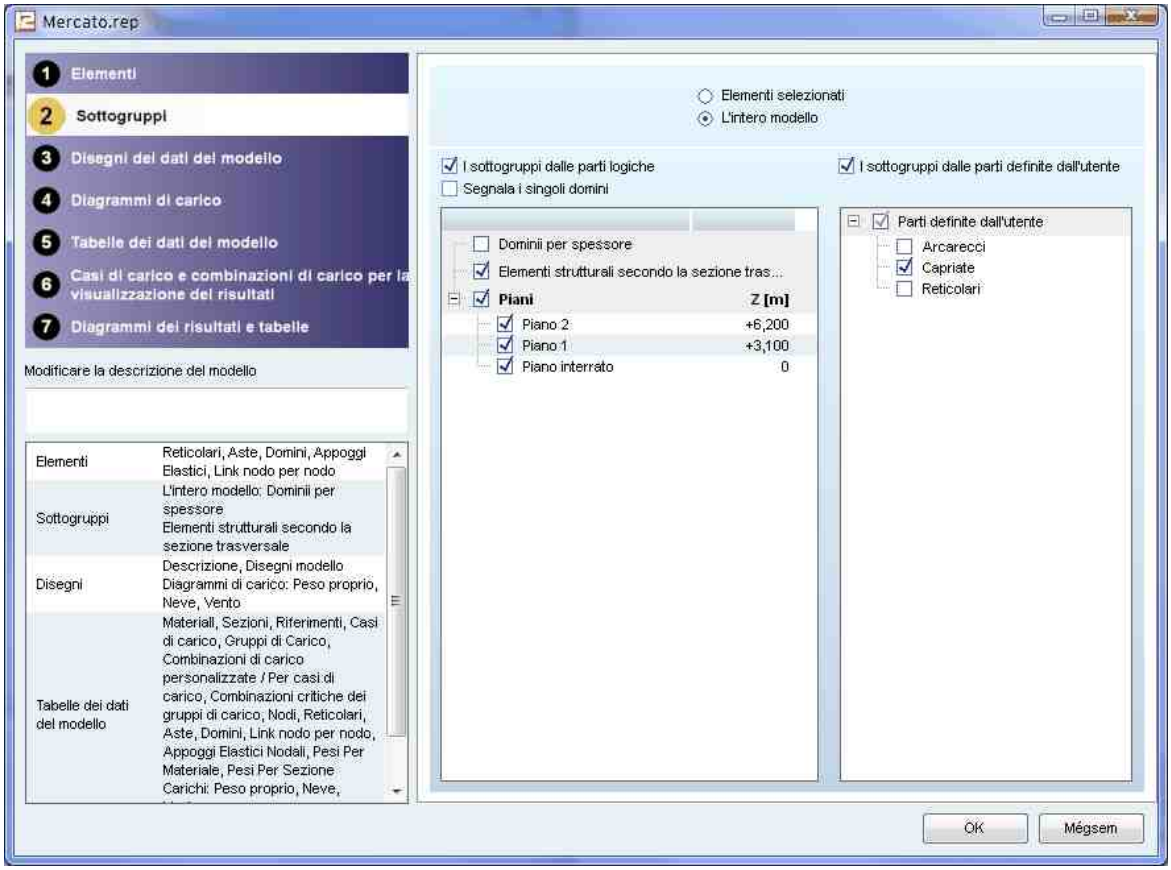
Le fasi di questo processo sono elencate sulla sinistra. Cliccando su questi elementi si possono modificare le opzioni di filtro e le altre impostazioni. La casella modifica sotto la lista permette di inserire una descrizione per il template.

Elementi



Il primo passo è la selezione dei tipi di elementi da includere nella relazione e scegliere la classificazione dell'elemento. Se viene selezionato Tipi di elementi strutturali, gli elementi saranno classificati in base al loro tipo di elementi finiti. Se viene selezionato Tipi di elementi architettonici, gli elementi saranno classificati in base al tipo di architettura (determinato dalla geometria dell'elemento).
I dati degli elementi e dei risultati possono essere selezionati separatamente per la segnalazione.
I prossimi passi visualizzeranno tabelle e disegni sulla base di questa selezione.

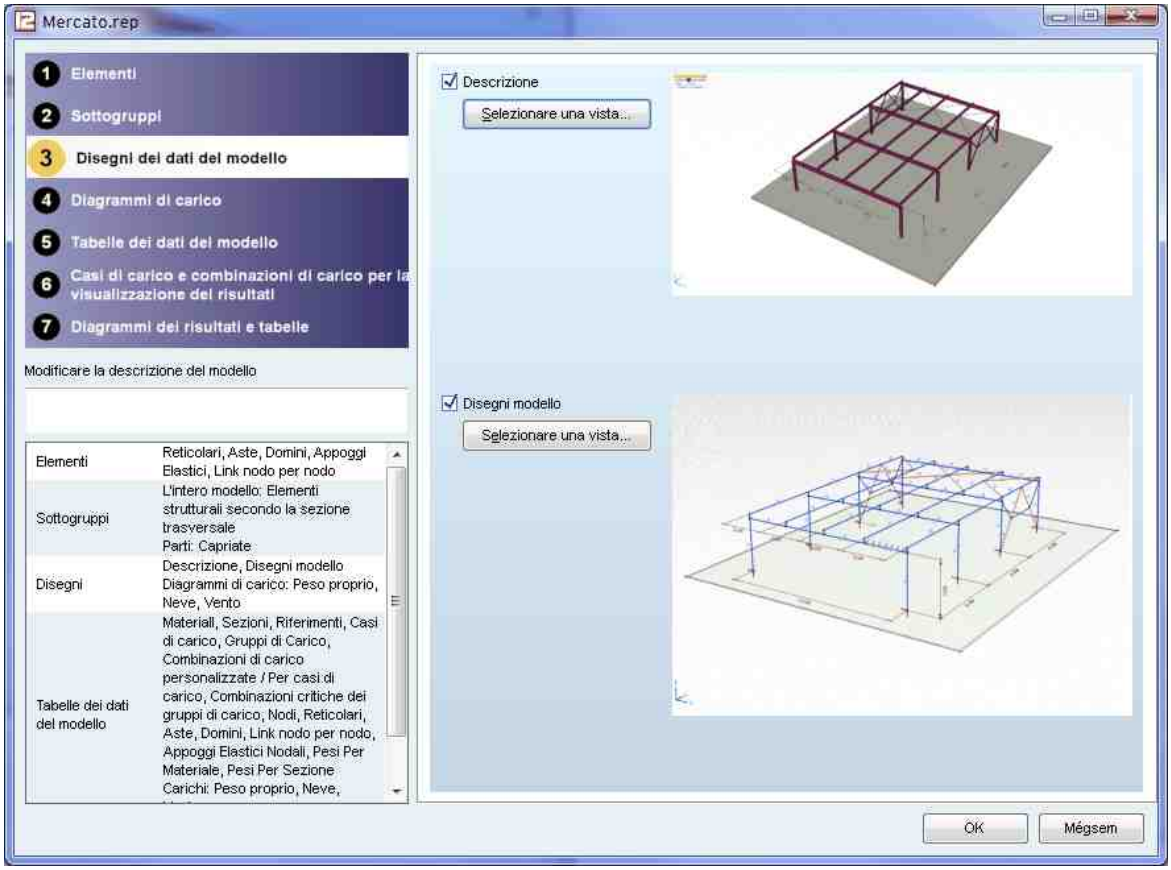
Sottogruppi



Il secondo passo è quello di definire i sottogruppi per gli elementi riportati. Una sotto-relazione completa sarà generata per ogni sottogruppo.
Se l'opzione di Elementi selezionati è attiva, saranno segnalati solo gli elementi selezionati prima di aprire Genera Relazione.
Se l'opzione Sottogruppi di parti logiche viene attivato i sottogruppi possono essere creati da domini con lo stesso spessore, elementi strutturali con la sezione trasversale uguale o piani (saranno riportati solo i piani selezionati).
Se viene selezionato Segnala i domini uno a uno ogni dominio sarà segnalato separatamente. I domini interni (interamente contenuti in un altro dominio) sono segnalati con il dominio esterno anche in questo caso.
Se viene selezionato Modello intero i sottogruppi possono essere creati anche da parti definite dall'utente.

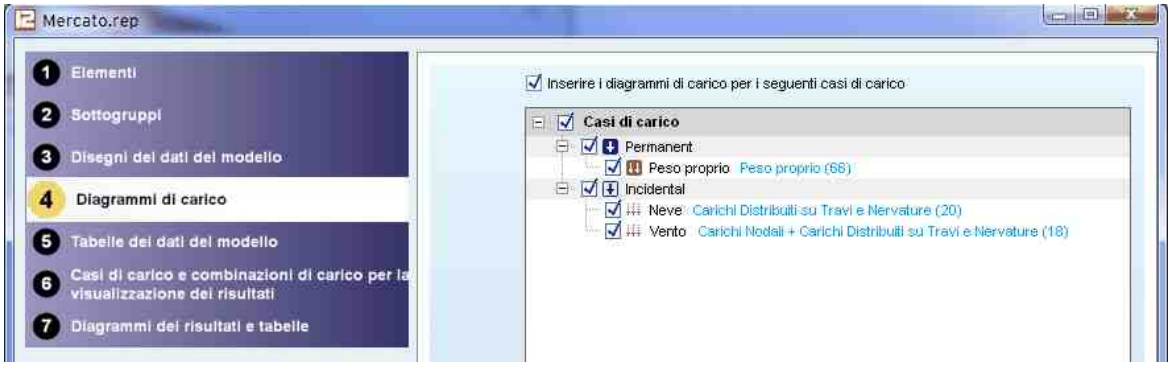
Disegni dati modello

© 2017 S.T.A. DATA srl



Se viene selezionato Presentazione, una vista del modello viene inserita all'inizio della relazione. Cliccare su Seleziona una vista ... per scegliere una vista dalla Libreria Disegni.
Selezionare Disegni Modello, se si desidera inserire automaticamente il carico creato e i diagrammi dei risultati. Cliccare su Seleziona una vista ... per scegliere una vista dalla Libreria Disegni.
I diagrammi generati erediteranno tutte le impostazioni del disegno selezionato (punto di vista, lo stato dei simboli grafici, la numerazione, l'etichettatura, ecc), con piccoli aggiustamenti. Se non viene selezionato un disegno (ad esempio la Libreria Disegni è vuota) i disegni seguiranno la vista corrente nella finestra attiva.
Se un diagramma è visualizzato solo su una certa parte della struttura, la vista viene ridotta per adattare il disegno alla finestra. Il punto di vista e lo stato dei simboli grafici rimarrà invariato.

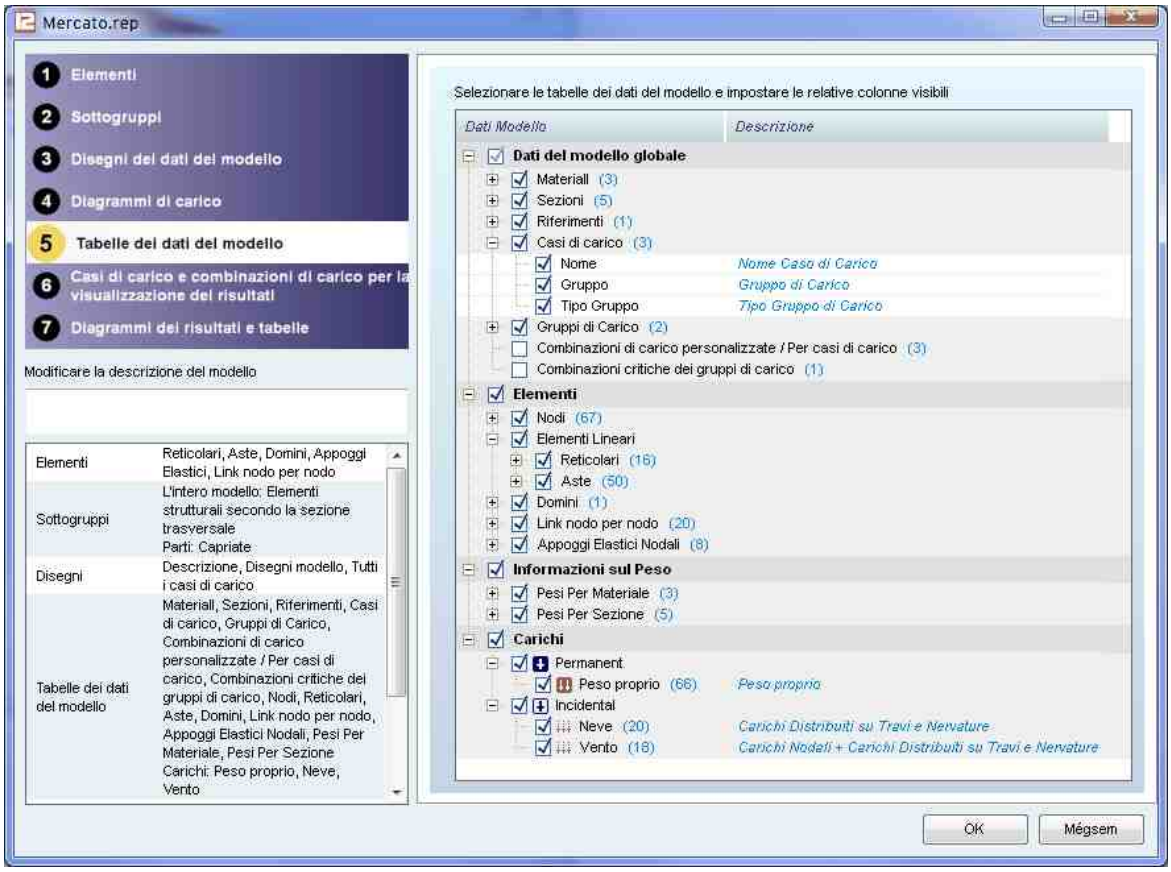
Diagrammi di carico



Se si seleziona Inserie i diagrammi di carico per i seguenti casi di carico, selezionare per la relazione i casi di carico da aggiungere ai loro diagrammi di carico. I diagrammi di carico saranno generati dalla

vista definita per i Disegni Modello nel passaggio precedente.

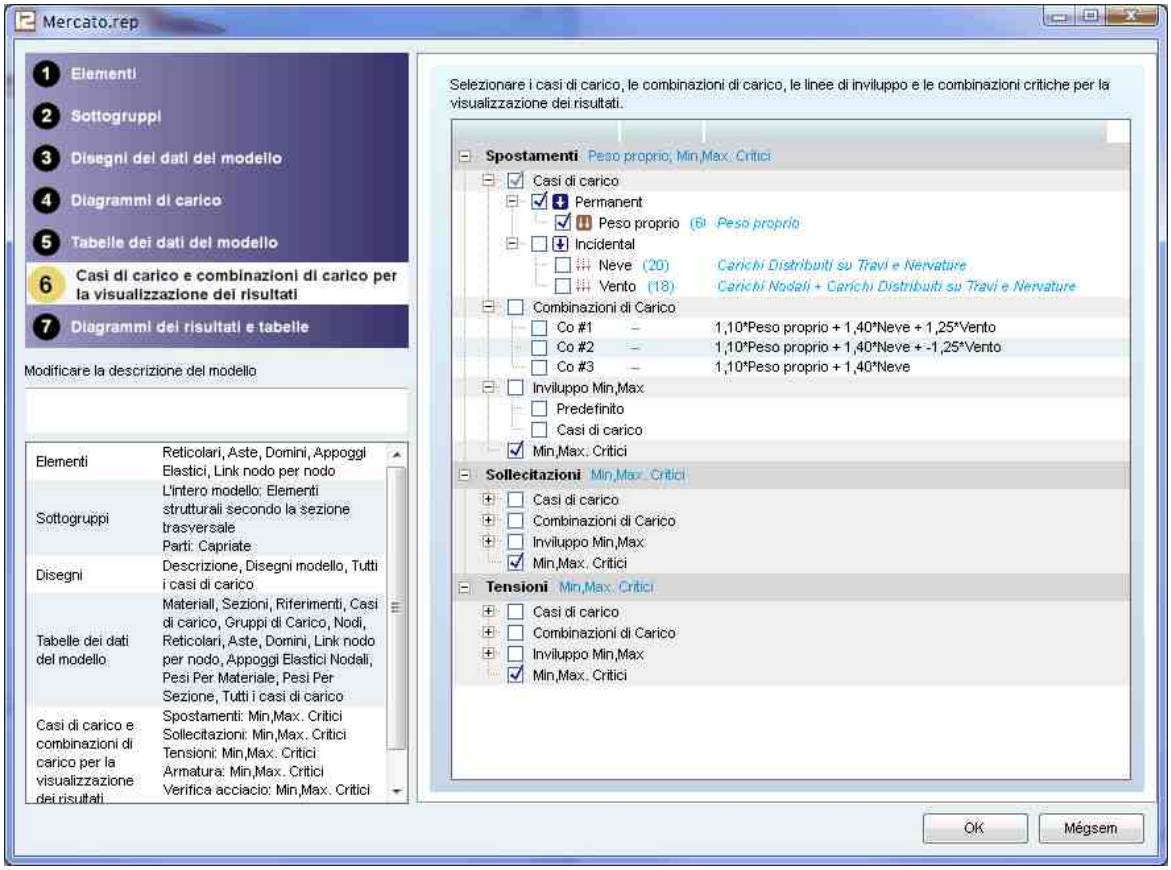
Tabelle dati modello



Selezionare le tabelle dati modello da aggiungere alla relazione. Si possono impostare le colonne visibili per le tabelle in modo da mettere a punto il contenuto della relazione.
In Elementi troverete solo gli elementi selezionati nella prima fase.
Sotto Carichi è possibile selezionare i casi di carico per aggiungere le loro tabelle dati carico alla relazione.

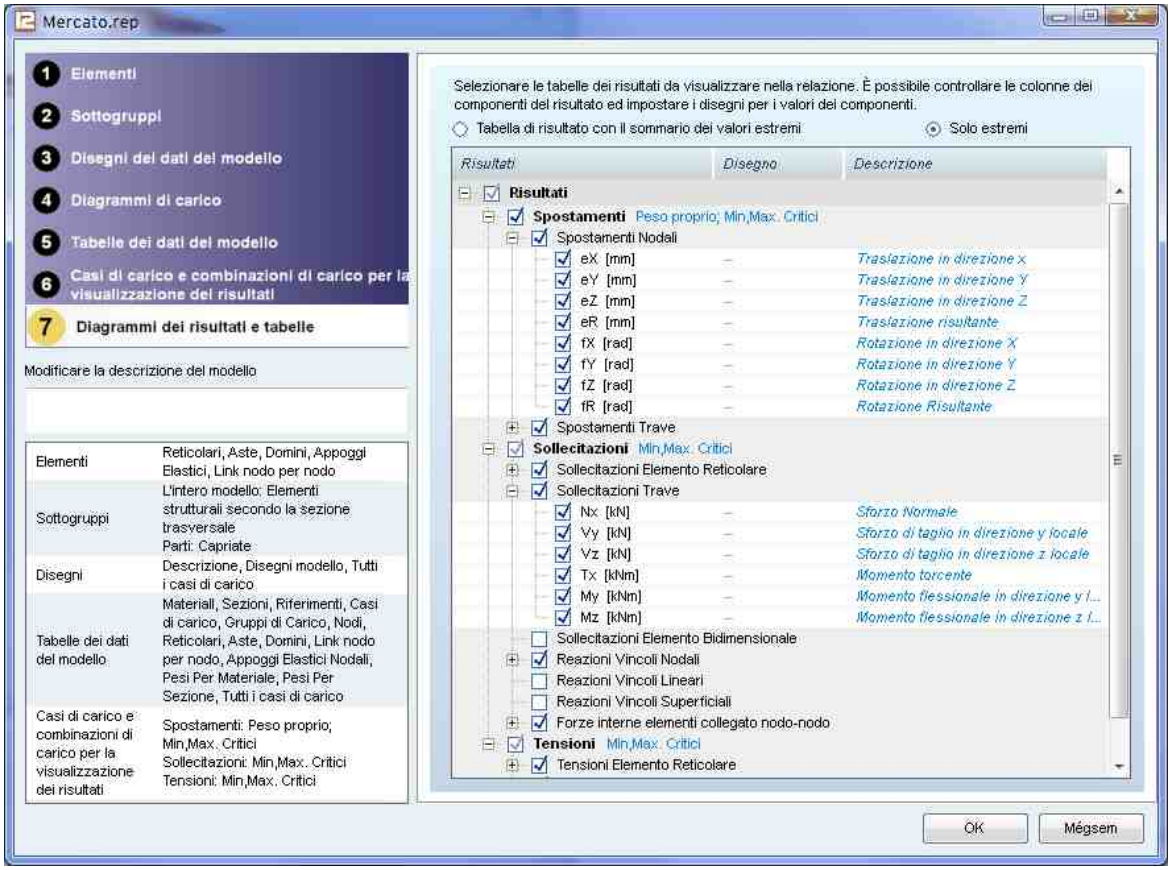
Casi di carico e combinazioni per la visualizzazione dei risultati

© 2017 S.T.A. DATA srl



AxisVM fornisce una grande quantità di risultati. E 'importante decidere quali casi di carico, combinazioni, inviluppi o combinazioni critiche dovrebbero contribuire alla relazione per gli spostamenti, le forze interne, le tensioni, i valori dell'armatura, l'acciaio o le verifiche della progettazione in legno.

Diagramma dei risultati e delle tabelle



L'ultimo passo è quello di selezionare tra le possibili tabelle dei risultati e di controllare la visibilità delle loro colonne. È anche possibile generare diagrammi di risultato per i componenti del risultato. Cliccare nella colonna Disegno in una fila di un componente risultato. Si puo scegliere una modalità di disegno per tale componente dal menu a tendina, anche se si lascia la casella deselezionata (nascondendo la rispettiva colonna). I diagrammi dei risultati saranno generati dal set di vista per i disegni e i modelli saranno inseriti prima della tabella.

© 2017 S.T.A. DATA srl

© 2017 S.T.A. DATA srl

S.T.A. DATA SRL - C.so Raffaello, 12 - 10126 Torino