



## **Tutorial Edilizia**

Progetto esecutivo di strutture intelaiate in calcestruzzo armato  
secondo la normativa antisismica

# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>Modellazione</b>	<b>5</b>
inMod: la modellazione solida	5
Introduzione	5
Importare una pianta in DXF	7
Tracciare i piani di riferimento	9
Tracciare i piani di impalcato	11
Creare l'archivio delle sezioni	12
Creare l'archivio solai	16
Creare l'archivio dei carichi	16
Disporre gli elementi strutturali	18
Assegnare i carichi	22
Copiare i piani	24
Inserire una copertura a falde	27
Modificare il modello	32
Inserire il vano ascensore	34
Inserire pareti contro terra e tamponature	41
Impiego dei metamateriali	44
Generazione del modello di calcolo	46
<b>Nòlian: analisi del modello</b>	<b>48</b>
Rifinitura del modello	48
Personalizzazione della mesh	48
Assegnazione delle masse	52
Generazione dei piani rigidi	53
Controllo regolarità in pianta ed in altezza	54
Osservazioni sulle analisi limite richieste dalla norma	56
Assegnare le caratteristiche dinamiche	57
Generazione guidata degli spettri	57
Generazione automatica degli spettri	60
Definizione delle condizioni dinamiche	62
Generazione automatica dei torcenti di piano	63
Variazioni di temperatura	65
Analisi dinamica con effetti del 2° ordine	66
Valutazioni dei risultati dell'analisi	67
Periodi propri	67
Deformate	68
Diagramma degli sforzi	68
Risultanti di piano	68
Salvataggio del file	68
<b>EasyBeam: Progetto delle armature</b>	<b>70</b>
Progetto delle armature e normativa	70
Progetto e verifica delle armature	74
Apertura del file	74
Combinazioni delle azioni	74
Modalità di continuità delle armature	75
Assegnazione dei parametri di progetto	76

Personalizzazione delle armature	80
Visualizzazione dei risultati delle verifiche	82
Verifica del calcestruzzo	82
Verifica dell'acciaio	82
Verifica del coefficiente di sfruttamento	89
Verifica del taglio	89
Verifica dei giunti	90
Verifica allo stato limite di servizio: fessurazione	91
Verifica stato limite di servizio: tensioni d'esercizio	92
Verifica dello stato limite di danno	93
Verifica geotecnica	93
Verifica duttilità	94
Personalizzazione delle armature	95
Generazione automatica degli esecutivi	98
<b>EasyWall: Progetto e verifica di pareti</b>	<b>99</b>
Apertura del file	99
Impostazioni di progetto	99
Editing delle armature delle pareti	107
Nozioni preliminari	107
Modificare le dimensioni di un patch	109
Modificare le linee di piegatura	111
Aggiungere una linea di piegatura	111
Eliminare un campo di piegatura	111
Ancoraggio automatico	111
Taglio di un patch	112
Cambiare l'angolo di una piegatura	112
<b>I tabulati allegati alla relazione di calcolo</b>	<b>113</b>
Stampa dei risultati	113
Cosa stampare?	114
<b>EasyQuill: Cenni sulla relazione tecnica</b>	<b>115</b>
La relazione di calcolo	115
Copertina	116
Gestione della relazione	116
Elenco elaborati	117
Dati generali dell'edificio	117
Relazione generale	119
Materiali	120
Concezione strutturale	120
Carico di superficie	121
Scheda definizione carichi variabili	121
Azione della neve	121
Vento	122
Coefficiente di sottofondo	122
Fessurazione	123
Descrizione della fondazione	123
Terreno di sedime	123
<b>Breve introduzione a Nòlian Pro: analisi pushover</b>	<b>124</b>
Operazioni preliminari	124

Definizione dei materiali non lineari uniassiali c.a.	133
Definizione delle sezioni a "fibre calcestruzzo"	135
Visualizzazione dei legami costitutivi con MatTest	136
Analisi pushover	137

## Introduzione

Questo tutorial intende illustrare i passi necessari per eseguire le verifiche ed il progetto di strutture prevalentemente edili in zona sismica. Si assume l'uso dell'ambiente di modellazione solida inMod. Verranno pertanto solo sommariamente trattate le capacità di modellazione della mesh a elementi finiti in Nòlian. Questo tutorial intende integrare e non sostituire i manuali di riferimento dei programmi ai quali si rimanda per la illustrazione dei singoli comandi dei programmi.

## Modellazione

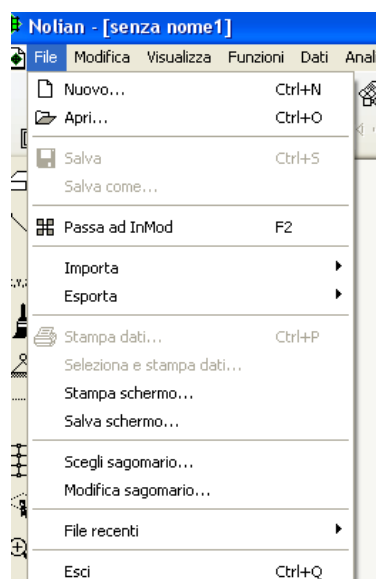
Per modellazione si intende la generazione del "modello di calcolo" e cioè la descrizione del problema strutturale in termini rigorosi per poter essere elaborati tramite i metodi numerici propri della analisi strutturale. Poiché si impiega il metodo degli elementi finiti, il modello di calcolo deve essere un modello appunto discretizzato in elementi finiti la cui geometria è generalmente detta "mesh". Nòlian ha una potente interfaccia grafica che consente la generazione del modello a elementi finiti appunto con operazioni di natura grafica interattiva. In Nòlian però esiste anche un "ambiente" specializzato, chiamato inMod, che consente di descrivere la struttura come "modello solido", un apposito algoritmo, detto appunto "mesciatore" (traslitterato dall'inglese mesher) provvederà a costruire il modello a elementi finiti partendo dal modello solido. In considerazione del fatto che questo tutorial è dedicato soprattutto alla progettazione di strutture edili, varrà descritta esclusivamente la modellazione solida tramite inMod, lasciando la descrizione della modellazione in Nòlian ai manuali di tale programma.

### inMod: la modellazione solida

In questo capitolo ci proponiamo di illustrare "passo passo" come costruire il modello di una struttura edile, partendo dal progetto architettonico, impiegando inMod.


#### Introduzione

Dopo aver lanciato Nòlian, occorre entrare nell'ambiente del modellatore solido inMod. Ciò è possibile in vari modi.

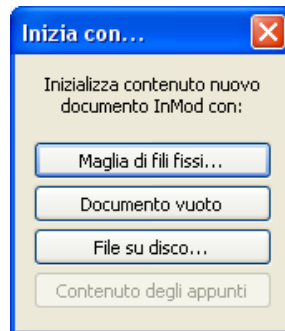


Possiamo:

- selezionare il comando "Passa a inMod" del Menu File ,

- usare l'icona della toolbar 
- premere il tasto F2

Apparirà un dialogo che ci permetterà di scegliere il modo di operare.

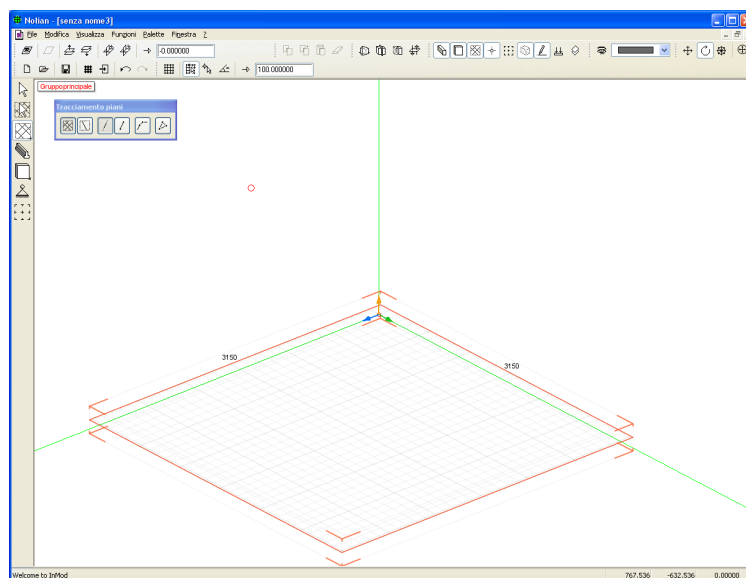


Esistono quattro possibilità:

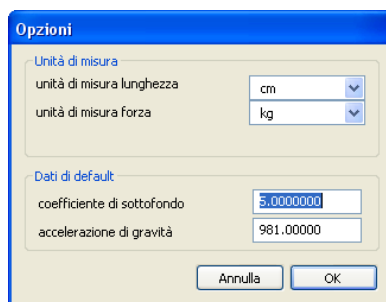
- Maglia di fili fissi...
- Documento vuoto
- File su disco...
- Contenuto degli appunti

Scegliendo "Maglia di fili fissi" si attiverà una procedura guidata che ci permetterà di creare un telaio completo di travi, pilastri, solai e carichi con una maglia predefinita che può anche essere di campate con luci differenti sia lungo x che lungo y e con quote di piano differenti. Questa funzione verrà spiegata più diffusamente più avanti.

Scegliendo invece "Documento vuoto" potremo operare direttamente senza alcuna preimpostazione.

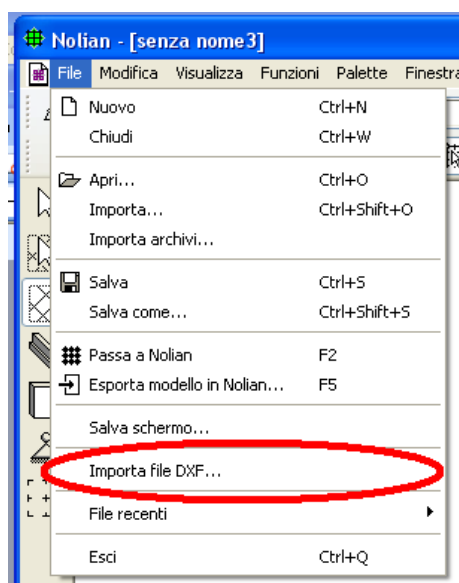


Definiamo come prima cosa le unità di misura che intendiamo usare tramite il menu "Modifica" alla voce "Opzioni..." che ci consente di accedere al dialogo dove è possibile assegnare le unità di misura.

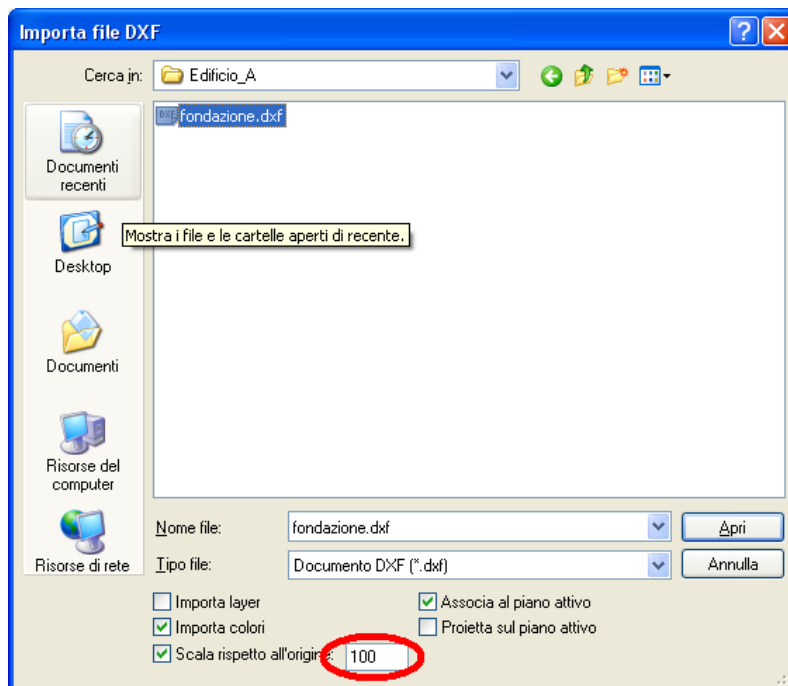


### **Importare una pianta in DXF**

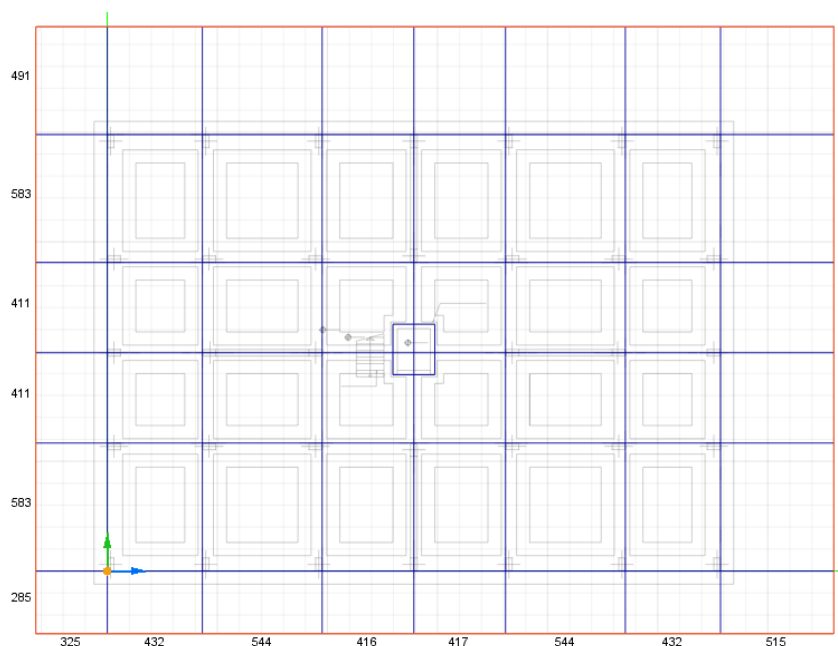
Se abbiamo a disposizione un disegno generato con un programma CAD, possiamo importare il disegno della pianta. Questa operazione non è indispensabile, in quanto inMod è del tutto autonomo nella creazione del modello, ma la pianta può essere utile come riferimento geometrico per il posizionamento dei "fili fissi" e degli elementi strutturali .





Dal menu "File", alla voce "Importa file DXF..." apriamo il dialogo di selezione del file da importare.

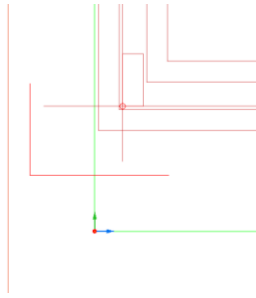



Nel caso del nostro esempio il file dell'architettonico era redatto usando il metro come unità di misura. Noi qui preferiamo invece lavorare in centimetri ed abbiamo impostato il centimetro come unità di misura. E' possibile però, dal dialogo di apertura del file, scegliere il fattore di scala (in questo caso 100) per scalare le unità di misura. Per vedere ora il disegno importato in pianta e non in assonometria, attiviamo l'icona della Sezione dalla toolbar.

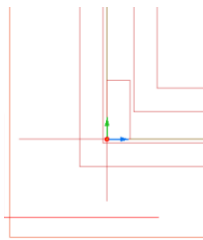


Se, come nel caso del nostro esempio, la pianta è traslata rispetto all'origine e noi, per comodità vogliamo che un preciso punto della pianta coincida con l'origine, possiamo procedere facilmente come segue. Per prima cosa facciamo uno zoom usando la rotella del mouse sul punto della pianta da posizionare. Avendo effettuato così un ingrandimento, le successive operazioni saranno più agevoli. Attiviamo lo snap in griglia dalla toolbar e lo snap ai nodi . Attiviamo lo strumento di selezione dalla palette . Selezioniamo il punto della pianta che vogliamo traslare nell'origine.






La selezione avviene premendo il tasto sinistro del mouse sul punto voluto. Sempre con il tasto di sinistra del mouse premuto si trascina il disegno all'origine degli assi. Avendo utilizzato lo snap al nodo si riesce facilmente a selezionare il vertice di un pilastro e con lo snap alla griglia  altrettanto facilmente si riesce a ricollocarlo all'origine degli assi.



### **Tracciare i piani di riferimento**

In inMod il posizionamento degli elementi strutturali nello spazio tridimensionale avviene impiegando dei generici piani comunque disposti all'intersezione dei quali si possono posizionare gli elementi strutturali. Pertanto per descrivere la struttura è necessario come prima cosa definire questo reticolo. Dopo aver posizionato il disegno di guida, possiamo quindi iniziare il tracciamento dei piani di riferimento. Ricordiamo che inMod usa i "piani di riferimento" che sono la interpretazione geometrica estensiva dei "fili fissi". Le tracce dei piani di riferimento verticali sul piano orizzontale possono essere visti come "fili fissi" o, più genericamente come dei riferimenti di posizionamento.

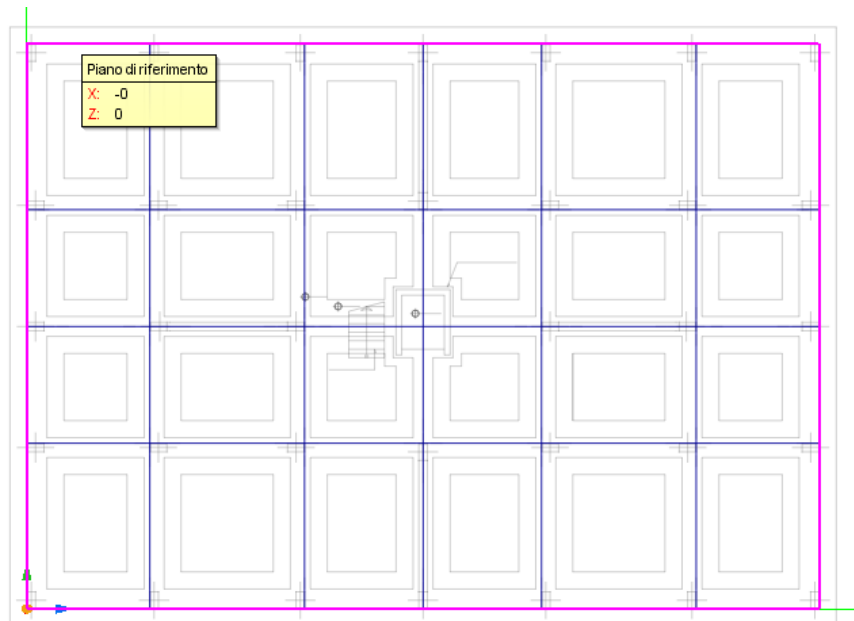
Per tracciare i piani di riferimento, attivare l'icona dalla palette .



Tenendo premuto il tasto del mouse sull'icona della palette, compaiono rispettivamente i seguenti comandi:

- Traccia piani di riferimento (per tracciare i fili fissi della struttura)
- Traccia linea di riferimento (traccia linee di costruzione appartenenti a piano in cui si utilizza il comando)
- Linee e piani infiniti
- Trimming automatico di piani e linee (per lavorare su una porzione di piano)
- Inserimento piani/linee per polilinea (utilizzato per tracciare elementi quali platee); Inserimento piano per tre punti.

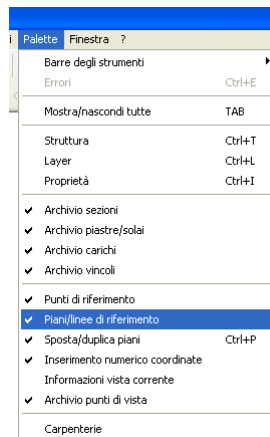




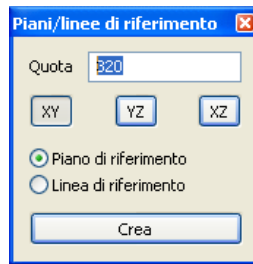
Rilasciando il mouse, il piano attivo sarà ritagliato dal poligono percorso.

### **Tracciare i piani di impalcato**

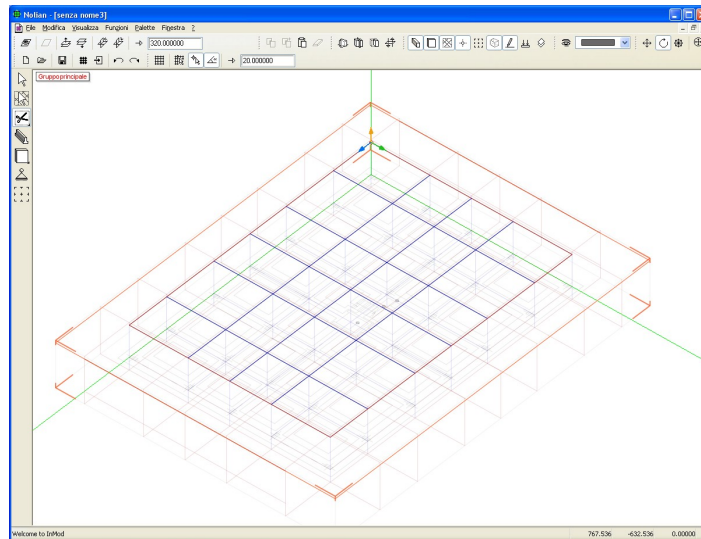
Dopo aver generato i piani verticali, occorre tracciare il piano orizzontale alla quota del primo impalcato. InMod ha molti dialoghi che possono restare sempre aperti. Delle "palette", cioè, per la immissione dei dati. Una di queste palette è quella per la generazione dei piani. Quindi per generare il piano di impalcato occorre aprire questa palette. Le palette si aprono dal menu "Palette". In questo caso, alla voce "Piani/linee di riferimento".



Si sceglie quindi la giacitura del piano da inserire (nel nostro caso un piano orizzontale, quindi XY) e quindi si digita la quota.



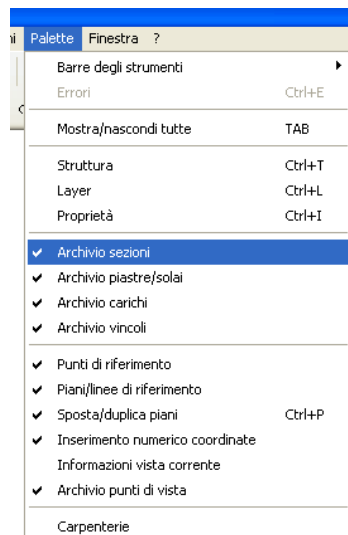
Disattivando la vista in sezione, si percepisce immediatamente come il nuovo piano sia stato generato mantenendo tutti i riferimenti verticali già tracciati.



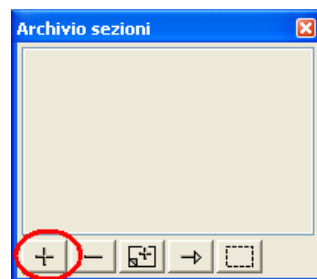
Il nuovo piano orizzontale viene automaticamente reso attivo offrendo la possibilità di effettuare le operazioni su questo impalcato. In particolare, se lo si desidera, si può importare il disegno in formato DXF dello schema del primo impalcato secondo la procedura precedentemente descritta. Si nota che anche i piani orizzontali, per la grande generalità di inMod, possono comunque essere tracciati come linee di riferimento sul prospetto.

### ***Creare l'archivio delle sezioni***

A questo punto si inizia a creare l'archivio delle sezioni degli elementi strutturali che saranno man mano utilizzati. L'attivazione e la visualizzazione delle finestre fluttuanti (o palette) con i vari archivi si ottiene nel menu Palette.

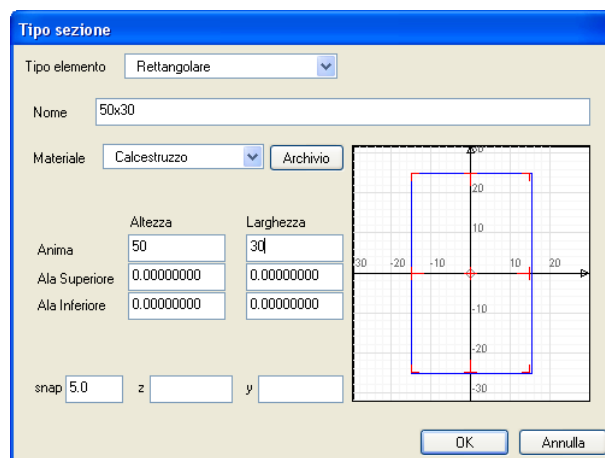


Quindi, per aggiungere una nuova sezione di trave o di pilastro, nel dialogo fluttuante si preme il bottone "+".

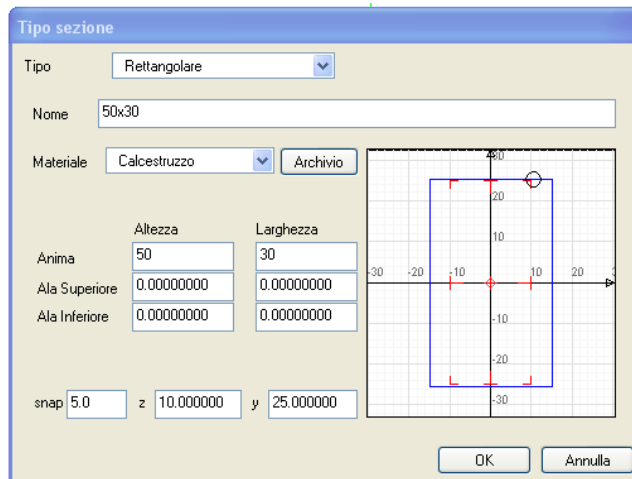


Si aprirà un dialogo per l'assegnazione delle caratteristiche della sezione. La sezione può essere del tipo:

- Rettangolare
- Trave Winkler,
- Da sagomario
- Poligonale

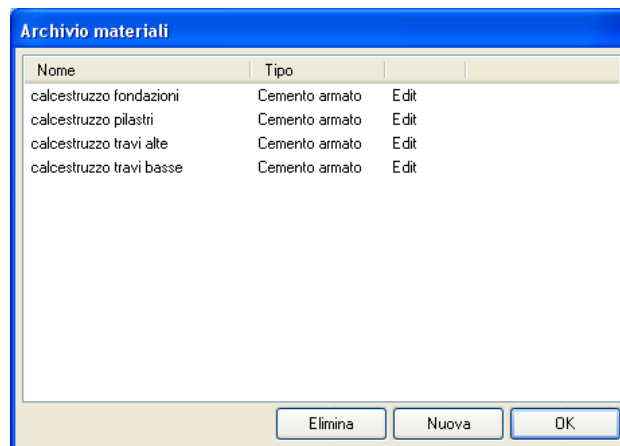


Una volta assegnata la sezione è possibile definire degli "hot spot" e cioè dei punti di ancoraggio che andranno a posizionarsi automaticamente sul filo fisso. Ciò è utile per elementi intradossati o estradossati. Come default il programma propone gli hot spot più impiegati ma questi possono essere modificati a piacimento agendo graficamente sulla parte destra del dialogo.

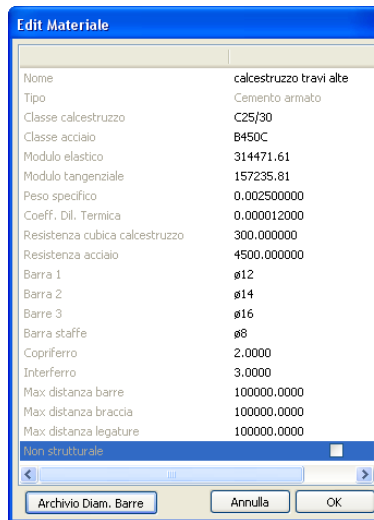


Ogni sezione, e quindi ogni elemento è costituita da un "metamateriale" e cioè un insieme di informazioni che definiscono non solo le caratteristiche fisiche del materiale, ma anche altre informazioni sul modo di essere impiegato come, ad esempio, nel calcestruzzo oltre alle caratteristiche fisiche vengono assegnate le barre di armatura con cui dovrà essere armato quello specifico metamateriale.

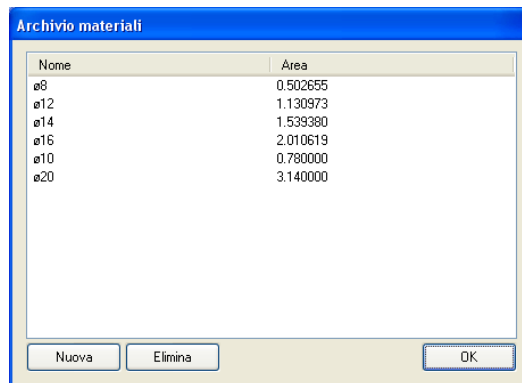
Le caratteristiche dei metamateriali si assegnano premendo il bottone "Archivio" nel dialogo.



Cliccando su Edit è possibile modificare le caratteristiche del metamateriale in base alle esigenze di progetto intervenendo sui moduli elastici, sui parametri di resistenza, fissando anche i diametri di armatura che vogliamo per il progetto degli elementi con "EasyBeam", oltre all'interferro e al copriferro.



Nella scheda "Edit materiale" si gestiscono tutti i parametri. Inoltre cliccando l'archivio diametro barre è possibile attivare il seguente dialogo di gestione delle barre di acciaio.



Cliccando su Nuova è possibile inserire una nuova barra, cliccando su Elimina è possibile eliminare un diametro. Per modificare le barre esistenti è possibile cliccare direttamente sul campo per editarne il contenuto. Per assegnare il carattere di diametro  $\emptyset$  si può premere il tasto ALT e mantenendolo premuto digitare 0248 dal tastierino numerico. Il "nome" della barra infatti non è obbligatoriamente il carattere  $\emptyset$  seguito dal diametro in millimetri per consentire altre denominazioni spesso impiegate.

I comandi delle palette poste sulla parte inferiore del dialogo hanno il seguente impiego:



- Aprire un dialogo per l'assegnazione di un nuovo tipo di sezione;
- Eliminare una sezione dall'archivio;
- Duplicare nell'archivio una sezione per poter essere modificata;
- Assegnare la sezione selezionata nell'archivio agli oggetti selezionati sulla scena;
- Selezionare tutti gli elementi strutturali che abbiano il tipo di sezione attivo nel dialogo.

### Creare l'archivio solai

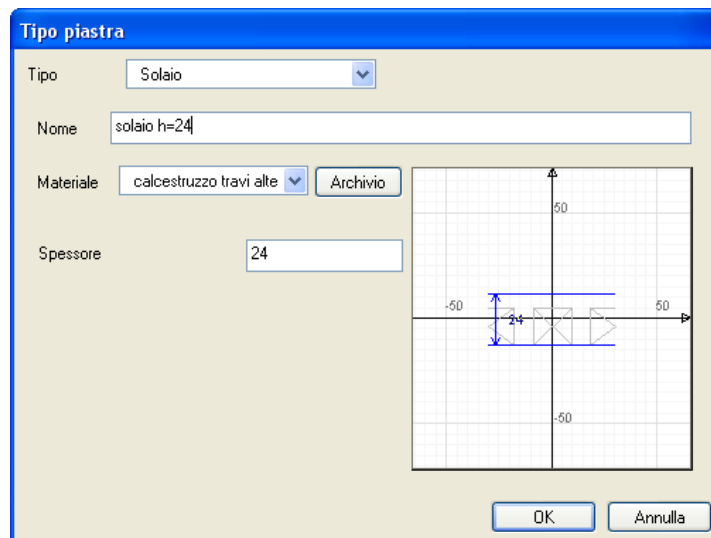
Attivando la palette dell'archivio piastre/solai, come si è fatto per le sezioni, si predispongono, con analogo procedimento, un archivio dei solai. Nel dialogo si sceglie il tipo tra:

- solaio
- tamponatura
- guscio
- piastra Winkler.

Nel nostro archivio inseriremo ora un tipo solaio definendo anche il materiale e lo spessore.

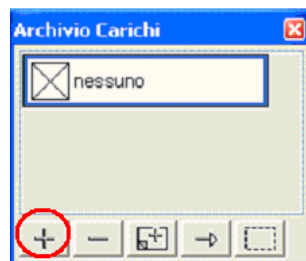
*Si ricorda che i solai e le tamponature sono visti come oggetti che ripartiscono i carichi e non come veri elementi strutturali come il guscio o la piastra Winkler.*

I solai sono trattati come travi continue e quindi i carichi sono assegnati come reazioni di appoggio.



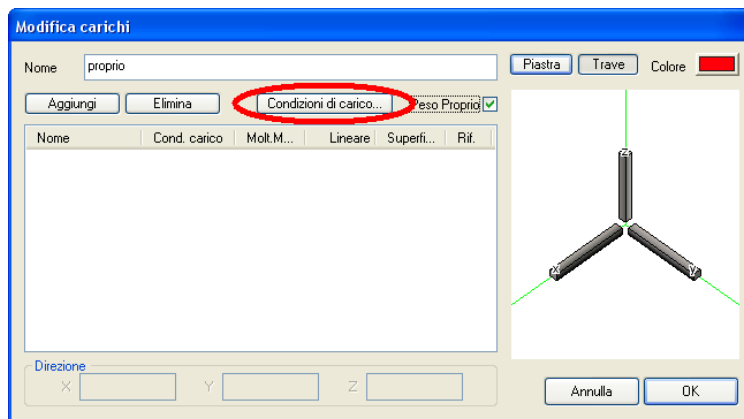
### Creare l'archivio dei carichi

Per l'archivio dei carichi si segue una procedura simile alle precedenti.

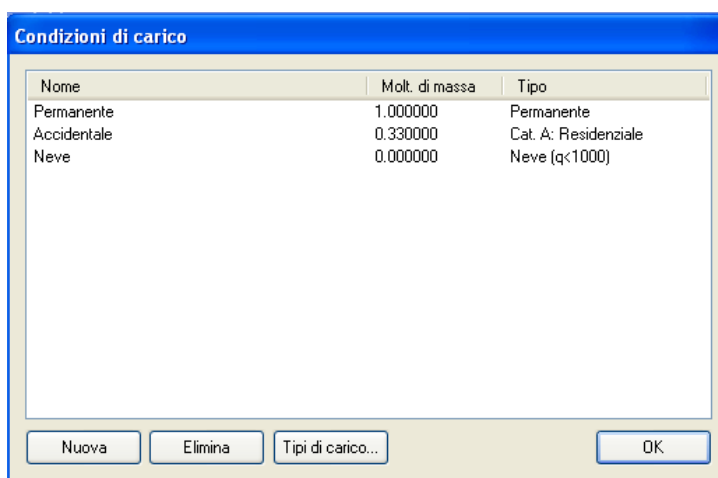


La palette dei carichi permette di creare nuove condizioni di carico. Ogni scheda di carico può anche avere associato il peso proprio che verrà poi assegnato alla condizione di carico "Peso proprio". Per permettere di associare il peso proprio a una condizione di carico occorre semplicemente contrassegnare la casella corrispondente

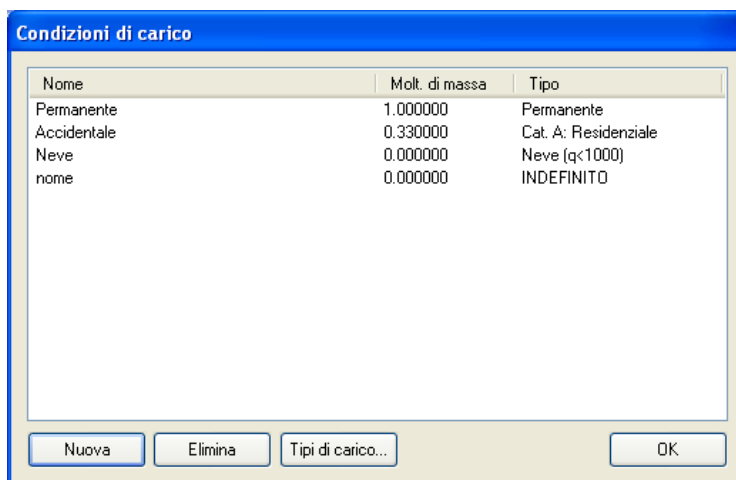




Si possono generare in qualsiasi momento nuove condizioni di carico attribuendo anche i moltiplicatori di massa opportuni ed assegnando un colore specifico per la visualizzazione nel modello.

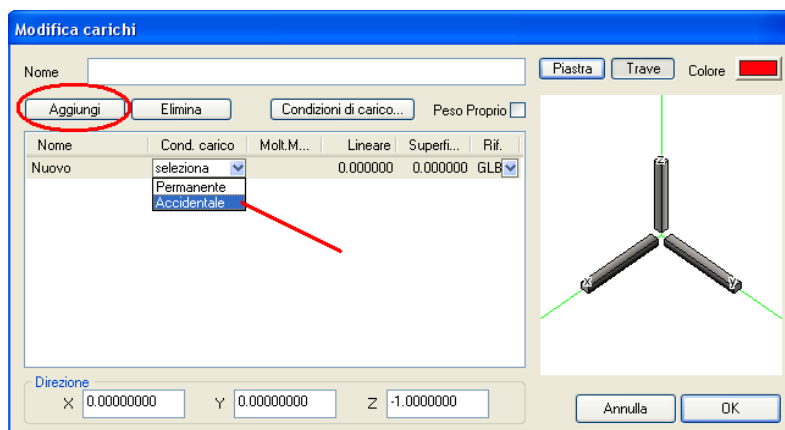


Agendo sul bottone Nuova si aggiunge una nuova riga alla tabella delle condizioni di carico. Per editare la riga, o per cambiare le assegnazioni a condizioni già create, basta selezionare la riga voluta e fare un doppio clic nel campo da editare (nome e moltiplicatore di massa). Inoltre cliccando sulla colonna del tipo apparirà una tendina per l'assegnazione dei tipi di carico.




Una volta generate le condizioni di carico, esse si possono utilizzare nel dialogo dei carichi per formare un carico agente sull'elemento costituito da più condizioni di carico. Per generare una nuova componente di carico si agisce sul bottone "Aggiungi". Con questa azione si aggiunge una


riga alla tabella delle componenti del carico. La riga della tabella si seleziona e quindi si edita. La prima cosa da fare è selezionare, per la riga, la condizione di carico voluta tra quelle già in precedenza create.



Quindi si assegnano i valori del carico per ogni componente. L'immagine del dialogo a destra serve per segnalare il verso delle sollecitazioni introdotte.

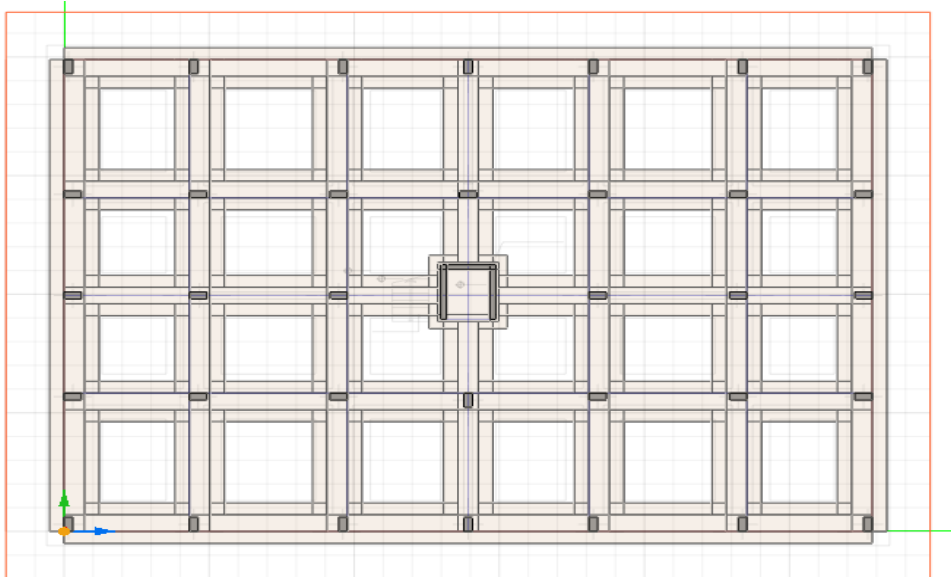
### **Disporre gli elementi strutturali**

L'allineamento delle travi e dei pilastri rispetto ai fili fissi avviene secondo un posizionamento relativo (destra, sinistra, in asse) secondo gli hot spot definiti nella sezione. La posizione di default è in asse ma questo posizionamento può essere modificato prima della disposizione degli elementi. Quando si attiva la visualizzazione degli allineamenti, viene visualizzata una fascia in corrispondenza delle tracce dei piani. Per modificare l'allineamento di default basta attivare l'icona della palette relativa all'allineamento  e quindi cliccare sulla fascia di allineamento e posizionarla come si desidera. In ogni caso gli elementi dopo il loro posizionamento possono essere spostati rispetto ai fili fissi nel modo voluto, avvicinandosi con il mouse all'elemento, selezionandolo e tenendo premuto lo si fa scorrere a destra o a sinistra ed in alto o in basso.

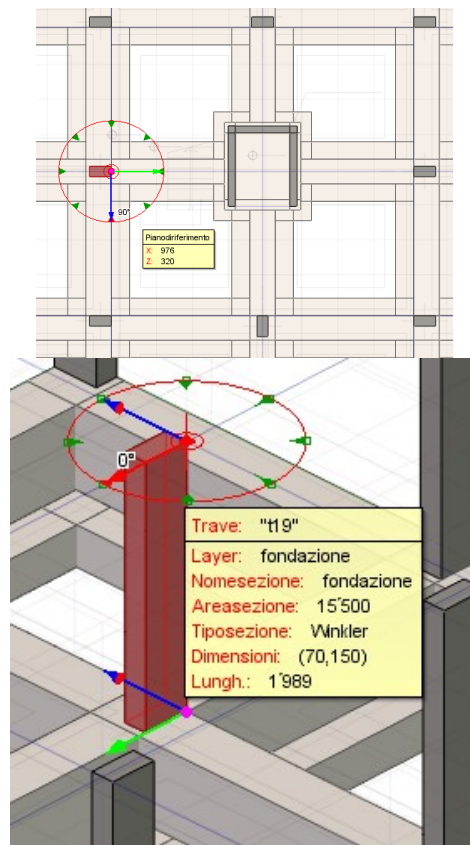
Terminata l'operazione di disposizione delle posizioni di allineamento, si possono posizionare le travi. Occorre prima selezionare lo strumento di posizionamento . Quindi si apre il dialogo dell'archivio delle sezioni e si attiva la sezione da impiegare. Avvicinando il cursore a un punto valido di inserimento, viene rappresentata la posizione possibile. Cliccando l'elemento viene posizionato. I pilastri si possono posizionare in pianta (dall'impalcato superiore) all'intersezione tra due piani di riferimento verticali (fili fissi).



Ripetendo l'operazione più volte si ottiene la maglia completa dei pilastri.

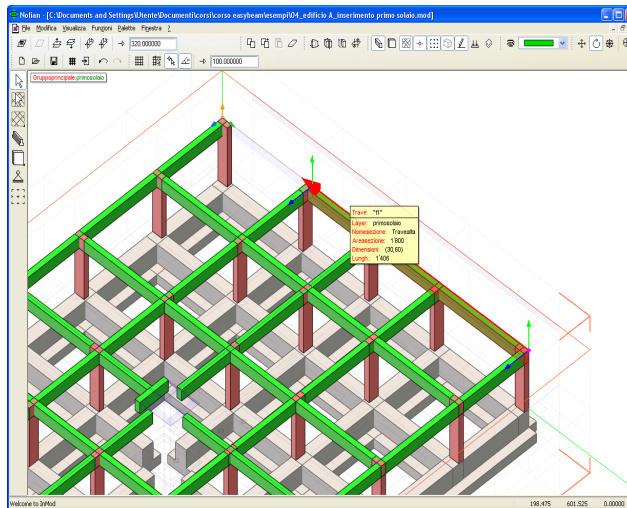


Se qualche pilastro non è posizionato come si desidera lo si può ruotare, usando lo snap agli angoli, e ruotandolo con l'angolo voluto.

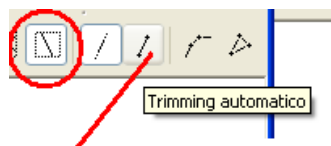


Per ottenere un allineamento differente rispetto a quello di default si sceglie nuovamente la funzione di allineamento degli elementi e questa volta anziché selezionare una traccia si seleziona l'elemento e lo si trascina nella posizione voluta.

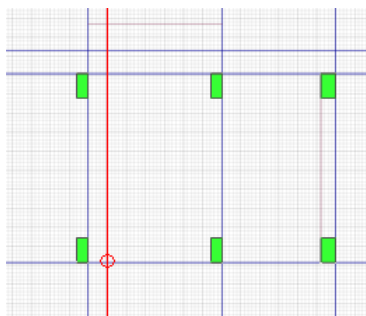
Anche l'inserimento delle travi avviene sempre attivando la funzione di "Inserimento travi". In questo caso ci si accosta il cursore lungo una traccia e immediatamente viene visualizzata l'operazione che si sta eseguendo. L'immissione degli elementi può sempre avvenire anche in proiezione assonometria.



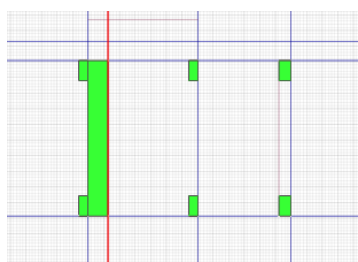
Per gli elementi strutturali che abbiano allineamenti differenti rispetto a quelli che si possono ottenere automaticamente, si può far ricorso alle "linee di riferimento" che non sono dei piani geometrici ma effettivamente delle linee di costruzione che quindi mantengono la loro validità solo sul piano nel quale sono disegnati. Per questo scopo, si attiva l'icona del tracciamento delle linee di riferimento. Il trimming automatico è sicuramente utile per disegnare una traccia limitata nella sola zona di interesse.



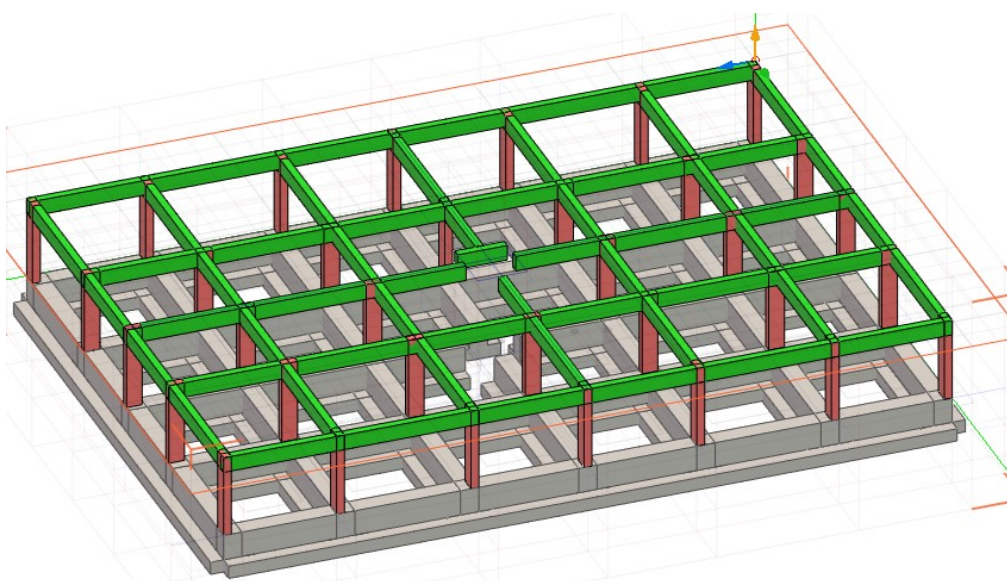
Quindi si traccia la linea di riferimento che, si ricorda, è operativa e visibile solo sul piano attivo, a differenza dei piani di riferimento le cui intersezioni sono valide in tutto lo spazio tridimensionale.

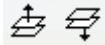


Si posiziona quindi la trave scelta nell'archivio. Si noti come la trave, con questo strumento di inMod, ha un posizionamento del tutto autonomo dal sistema generale dei piani di riferimento.



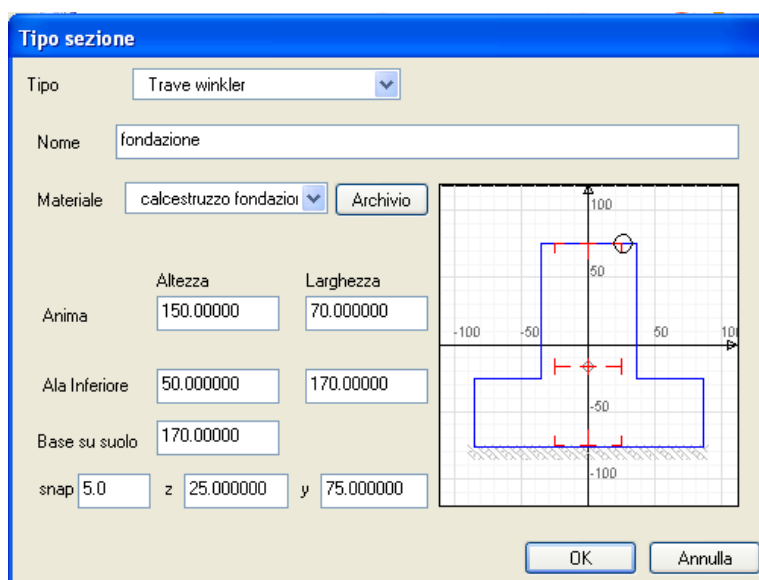
A questo punto si può cambiare punto di vista per avere la conferma delle operazioni svolte e si può riadattare per comodità il bounding box.



Ora, per il posizionamento delle travi di fondazione, è preferibile cambiare il piano attivo .

Nel fascio di piani paralleli al piano attivo si passa tra i vari piani con i tasti + o - della tastiera oppure cliccando ripetutamente sull'icona "Passa al piano inferiore".

Ora aggiorniamo l'archivio delle sezioni aggiungendo la trave Winkler con le modalità già indicate per l'archivio delle sezioni.



Tipo sezione	
Tipo	Trave winkler
Nome	fondazione
Materiale	calcestruzzo fondazioi
Anima	Altezza: 150.00000, Larghezza: 70.00000
Ala Inferiore	50.00000, 170.00000
Base su suolo	170.00000
snap	5.0, z: 25.000000, y: 75.000000

I punti di allineamenti di default delle sezioni (hot spot) sono modificabili nel dialogo di definizione della sezione. Questi punti sono importanti per poter allineare nel modo voluto la trave rispetto al piano di riferimento. Se l'allineamento di default non è soddisfacente si può sempre modificare il box di allineamento (in rosso nella parte destra del dialogo) della sezione selezionando un estremo del box con il mouse, e sempre con il tasto sinistro del mouse premuto, trascinando il filo nella posizione voluta. Le coordinate numeriche riportate nel dialogo permettono sia di tenere sotto controllo la posizione del cursore ma anche di cambiare la dimensione del box.

La disposizione dell'elemento sul reticolo di piani avviene, come precedentemente descritto, attivando l'icona "Inserimento travi" e quindi cliccando su uno di essi. Tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e seguendo un allineamento si ottiene invece una trave compresa tra più piani.

### Assegnare i carichi

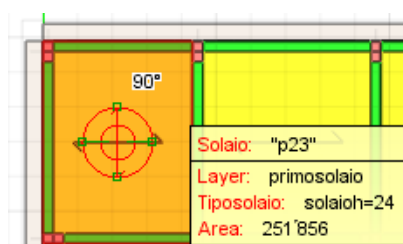
Per l'assegnazione dei carichi, iniziamo con l'attribuzione del peso proprio. Poiché vogliamo attribuire questo tipo di carico a tutti gli elementi, effettuiamo dapprima una selezione di tutti gli elementi strutturali e successivamente assegniamo il carico. La selezione totale può avvenire anche premendo contemporaneamente ctrl-A. Per l'assegnazione, si sceglie il tipo di carico (nel nostro caso "peso proprio") e quindi si agisce sul bottone a freccia del dialogo.



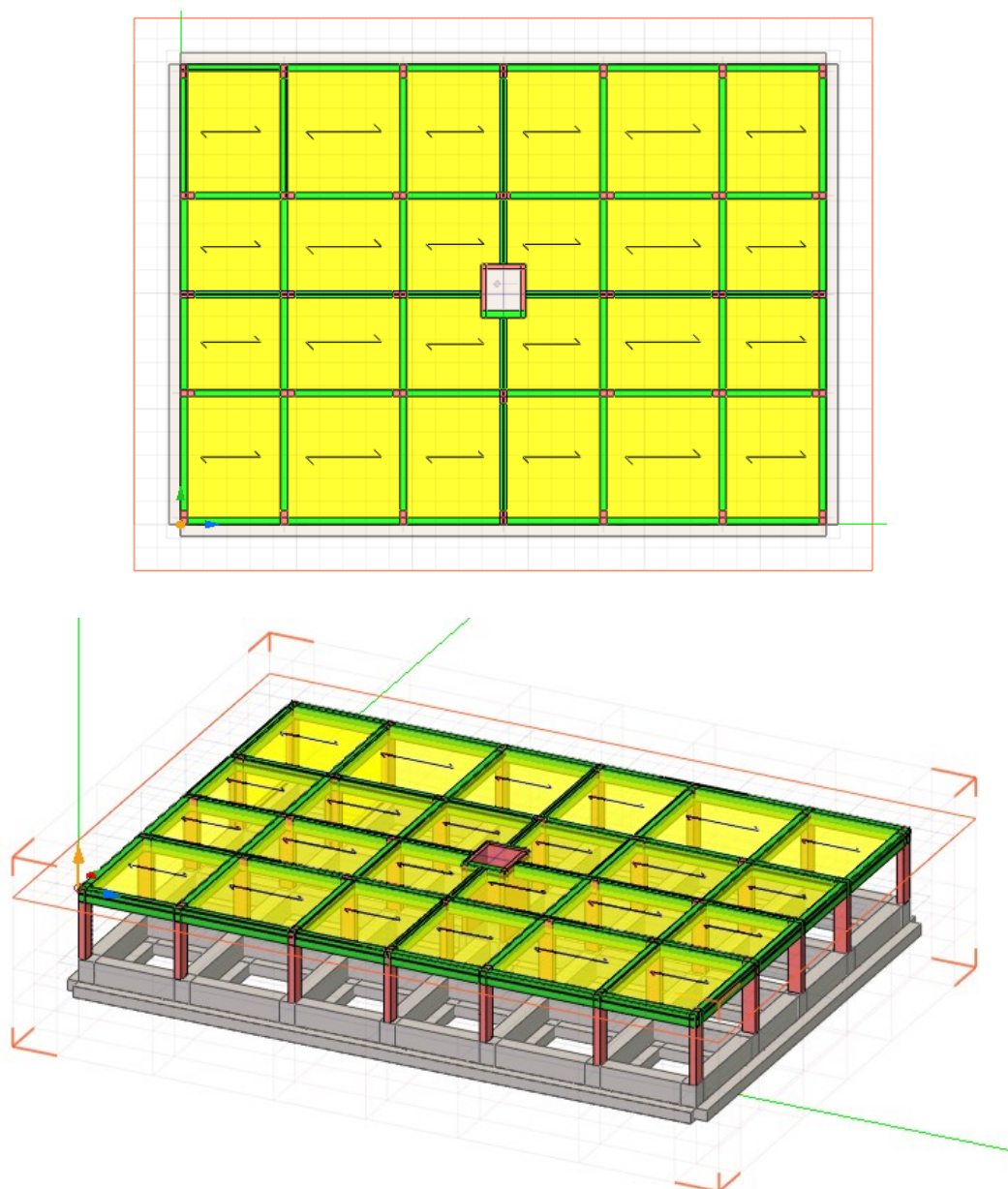
Per quanto riguarda i carichi sui solaio, occorre prima inserire gli oggetti piani "solaio" che non sono oggetti strutturali ma elementi atti alla distribuzione del carico da solaio. Per l'inserimento, si seleziona l'icona per l'inserimento di elementi piani, si attiva in archivio il tipo di elemento piano e lo si posiziona nel campo voluto, una linea di colore magenta evidenzia il campo di solaio selezionato.



La direzione di default dei travetti del solaio, e quindi della trave continua secondo la quale sarà ripartito il carico, può essere modificata selezionando l'elemento con il tasto sinistro del mouse. Spostandosi, con il tasto premuto, appare un goniometro sul quale è riportata la graduazione con maggiore o minore densità in funzione dipende dal raggio. Su le angolazioni rappresentate si ha uno "snapping" e quindi la rotazione può essere effettuata molto semplicemente.



Gli eventuali balconi vengono inseriti sempre all'interno di piani o linee di riferimento. Se il balcone appartiene solo a un impalcato si possono utilizzare le linee di riferimento con lo snap opportuno e successivamente selezionare le linee che rappresentano il contorno del balcone. Il risultato finale dell'inserimento dei solai è il seguente:



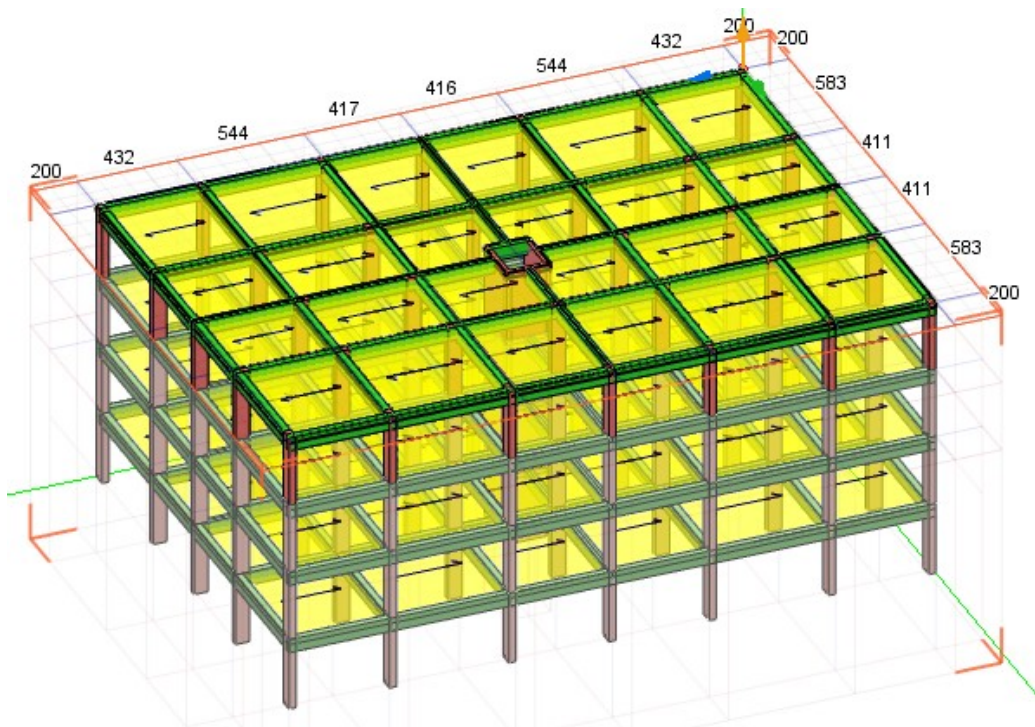
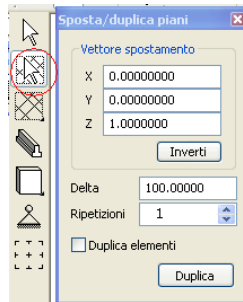
Poiché durante l'inserimento dei solai si è attivata anche una tipologia di carico, questa viene automaticamente assegnata agli elementi strutturali.

Per la visualizzazione dei carichi a fini di controllo, si può attivare il filtro di visualizzazione dei carichi e tutti gli elementi assumono il colore del carico ad essi associato.

Poiché il balcone ha un valore di carico differente, per assegnarlo dapprima si crea un nuovo carico e successivamente si assegna agli elementi voluti selezionandoli con tasto shift premuto. Al termine della operazione si avrà un differente colorazione degli oggetti con i vari carichi.

## Copiare i piani

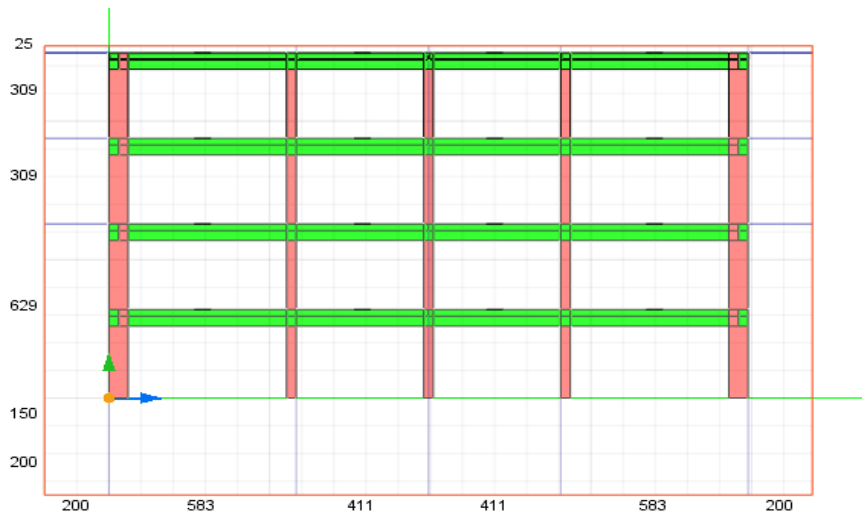
Se gli impalcati alle quote superiori sono uguali si possono copiare insieme a tutti gli elementi che sono associati al piano. In tal modo si semplifica moltissimo la costruzione del modello.



## Inserire una copertura a falde

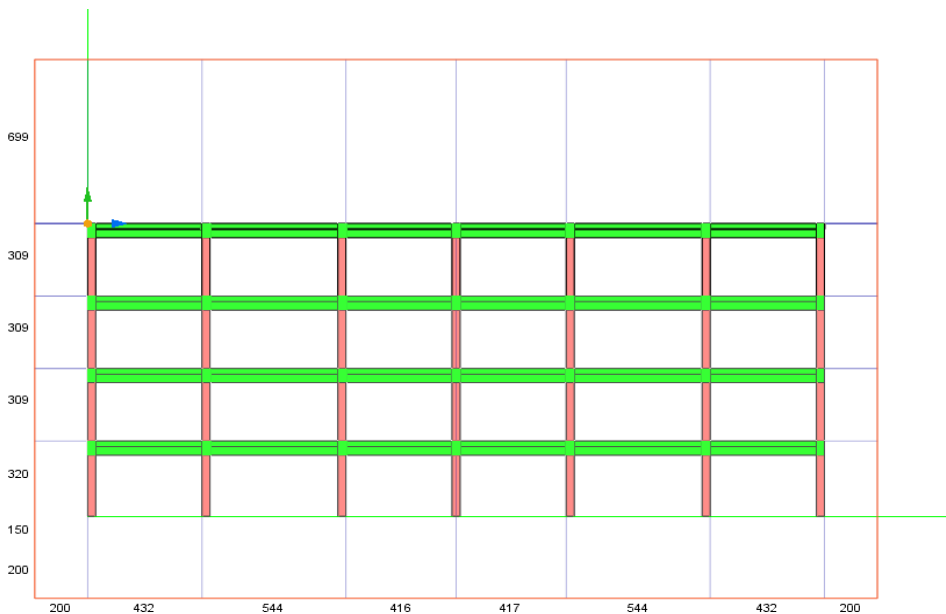
Per generare una copertura a falde, è necessario inserire dei piani inclinati. Per l'inserimento di piani inclinati cambiamo punto di vista e attiviamo un piano verticale parallelo al piano YZ cliccando ripetutamente sull'icona "Passa alla prossima famiglia di piani". Il piano attivo è facilmente individuabile poiché gli altri piani assumono una colorazione attenuata. Tra la famiglia di piani paralleli al piano YZ si sceglie il piano voluto semplicemente utilizzando il tasto "+". Una volta scelta il piano voluto, attiviamo la sezione.



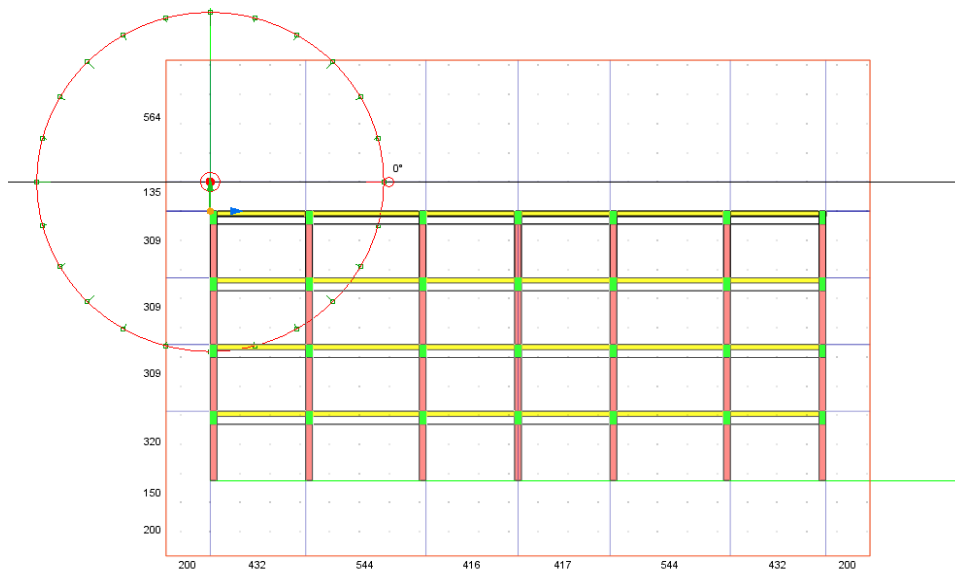


Per poter rendere visibili i nuovi elementi che stiamo per aggiungere, è opportuno allargare il bounding box. Ciò si ottiene selezionando un lato del contorno rosso del bounding box e trascinandolo tenendo il tasto sinistro del mouse premuto.

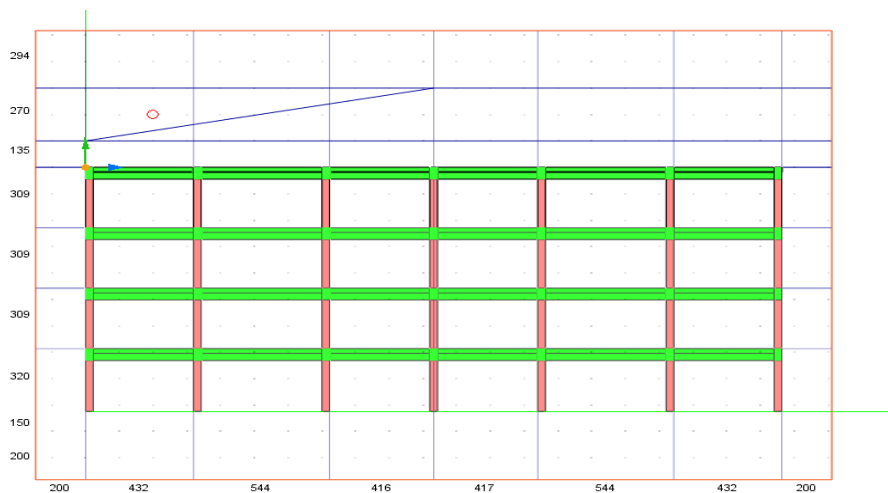
Per concentrarci meglio sulle operazioni che vogliamo fare, possiamo nascondere alcuni elementi dalla scena per lasciare visibili solo le tracce dei piani. Ora generiamo un nuovo piano orizzontale. Potremmo farlo con la tecnica già vista e cioè generandolo dal dialogo. Vogliamo però mostrare l'uso della griglia e della possibilità di spostare l'origine della griglia. Per generare in questo modo un piano orizzontale a distanza prefissata (+135) dall'ultimo impalcato, si sposta l'origine degli assi nel punto voluto trascinandolo e tenendo attivo lo snap ai nodi.



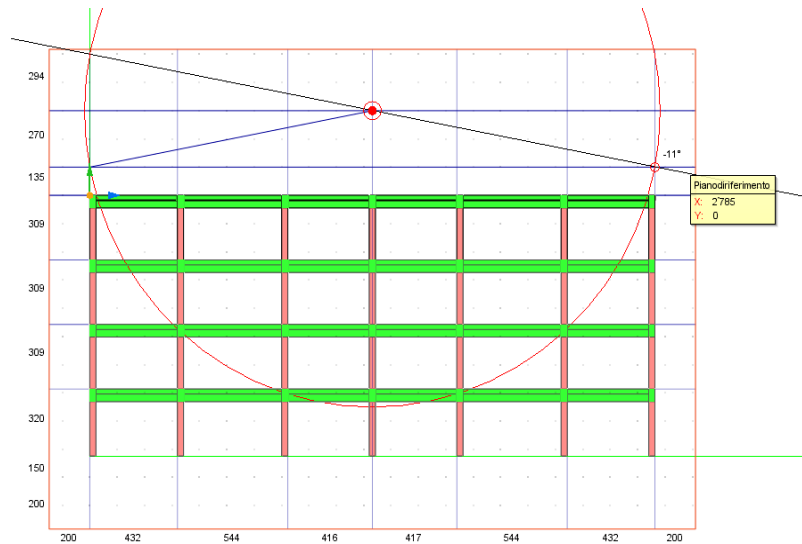
Successivamente si cambia il passo della griglia e lo si imposta a 135 cm. A questo punto il tracciamento con lo snap alla griglia permette di posizionarsi a distanza di 135 cm dalla nuova origine degli assi.



Allo stesso modo si traccia un altro piano che ci servirà solo come comodo riferimento geometrico per la definizione del colmo della copertura. Il nuovo piano permette di tracciare i piani inclinati servendosi dello snap ai nodi.

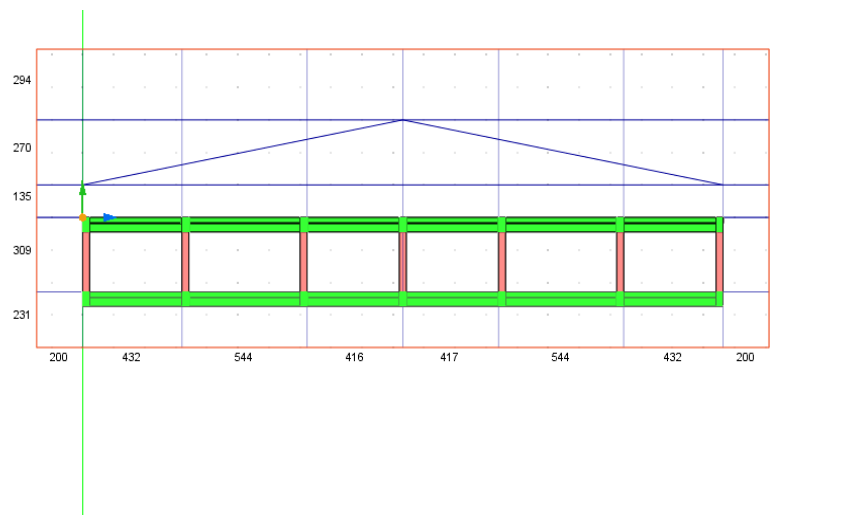


Il piano orizzontale in corrispondenza del colmo, non essendo più necessario, può essere cancellato semplicemente selezionando il piano e quindi agendo sull'icona di cancellazione. Si completa il modello inserendo l'altro piano inclinato.

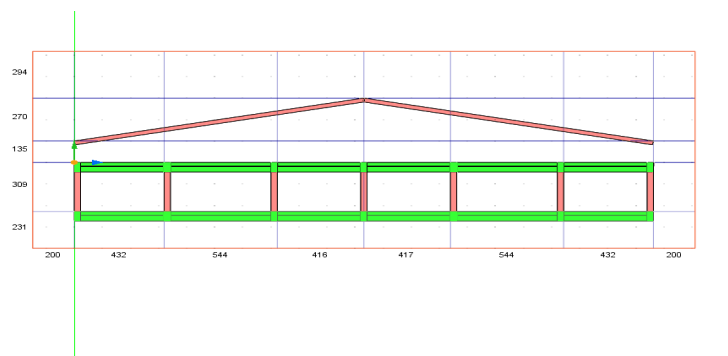


Si ricorda che il trimming automatico è molto comodo perché permette di creare dei piani le cui tracce restano visibili solo tra due piani laterali che li limitano.

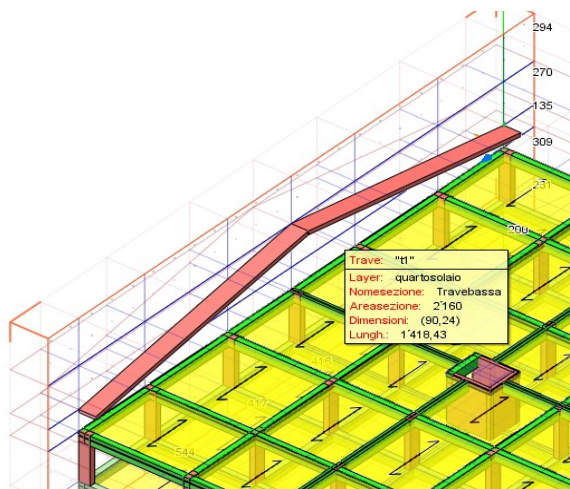
Stirando ora il contorno del bounding box si nasconde dalla scena la parte del modello sulla quale non si vuole lavorare.



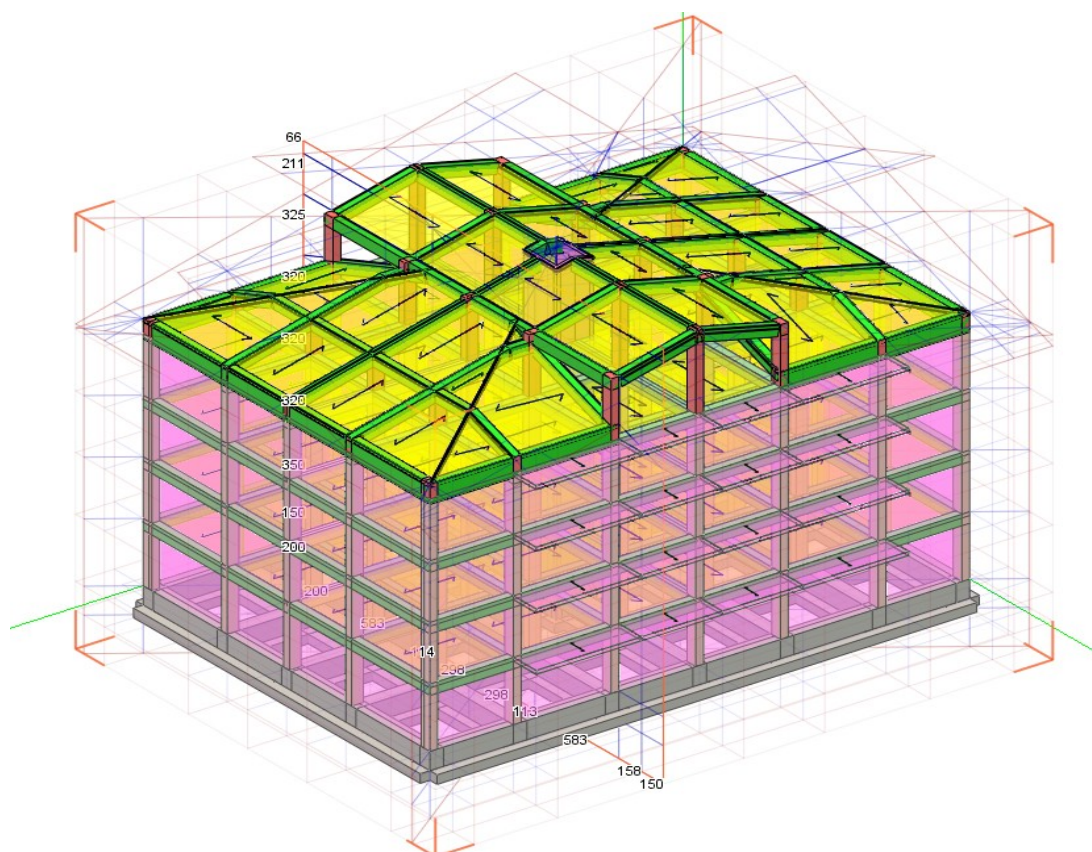
Per meglio operare sulla parte che ci interessa, si attua un ingrandimento impiegando la funzione di zoom con la rotella del mouse. Quindi si inseriscono agevolmente altre travi.



Per prolungare i pilastri basta selezionarli. Se ci si avvicina a una estremità dell'elemento selezionato compare una freccia, a questo punto basterà stirare l'estremo dell'elemento tenendo premuto il tasto sinistro del mouse per portare l'estremo dell'elemento su un altro piano.



Si ripete l'operazione per tutti i pilastri. Attivando poi il piano inclinato di falda, l'inserimento delle travi avviene agevolmente disponendole come di consueto.

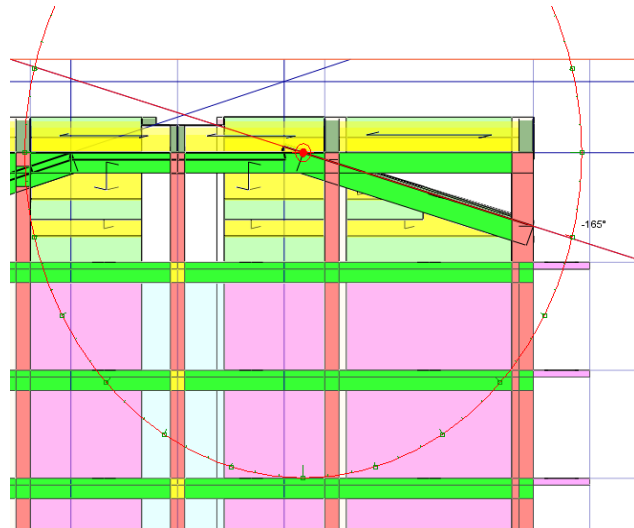


Dopo l'inserimento delle travi si dispongono i solai con il loro carico. Nel caso di campi di solaio compresi tra più di quattro travi si può seguire un percorso tenendo premuto il tasto sinistro del mouse in corrispondenza delle tracce che definiscono il solaio. La rotazione della tessitura del solaio si ottiene facilmente selezionando il solaio e ruotandolo facendo riferimento al goniometro

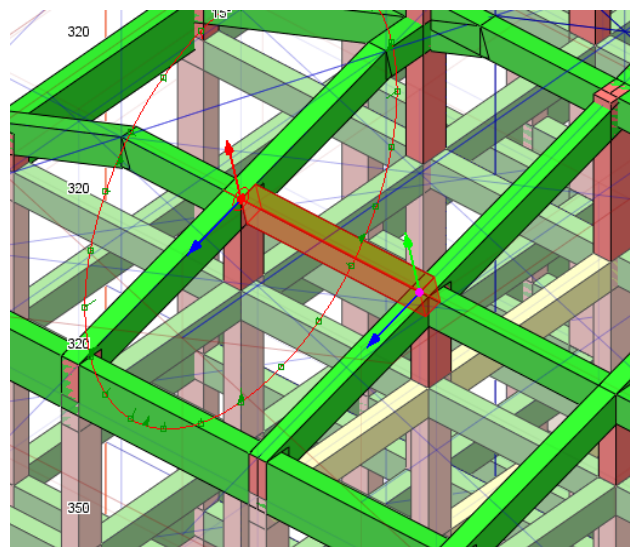
che immediatamente si apre.

### **Modificare il modello**

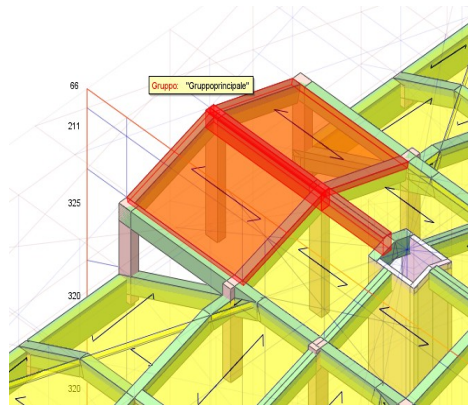
Qualora sia necessario effettuare modifiche del modello si può intervenire in qualsiasi momento. Se, ad esempio, si vuole cambiare la pendenza di parte della copertura, si seleziona il piano inclinato e lo si ruota utilizzando snap ai punti, griglia o angoli.



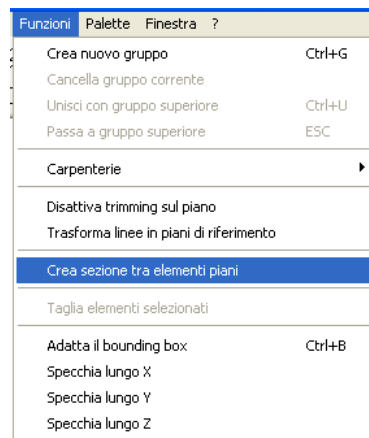
Per completare il modello è opportuno ruotare le travi di falda del solaio di copertura. L'operazione si esegue in maniera identica a tutte le altre che prevedono una rotazione. Difatti basta selezionare la trave, avvicinandosi a uno degli assi che vengono mostrati sull'elemento, si ruota la trave tenendo premuto il tasto sinistro del mouse. Gli snap permettono di ruotare facilmente la trave secondo la pendenza della falda. Si ruota la trave a spessore usando lo snap ai punti.



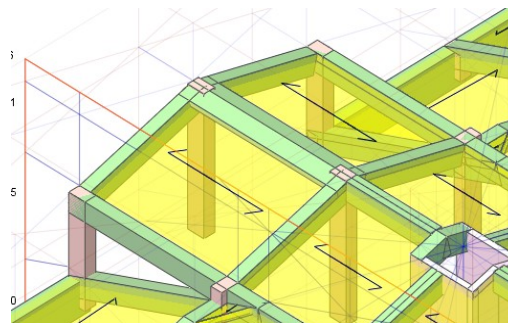
Dopo aver inserito tutti i solai in copertura, vogliamo sagomare la sezione della trave di colmo secondo la pendenza delle falde. La sezione della trave viene generata automaticamente selezionando i solai delle falde e la trave di colmo.



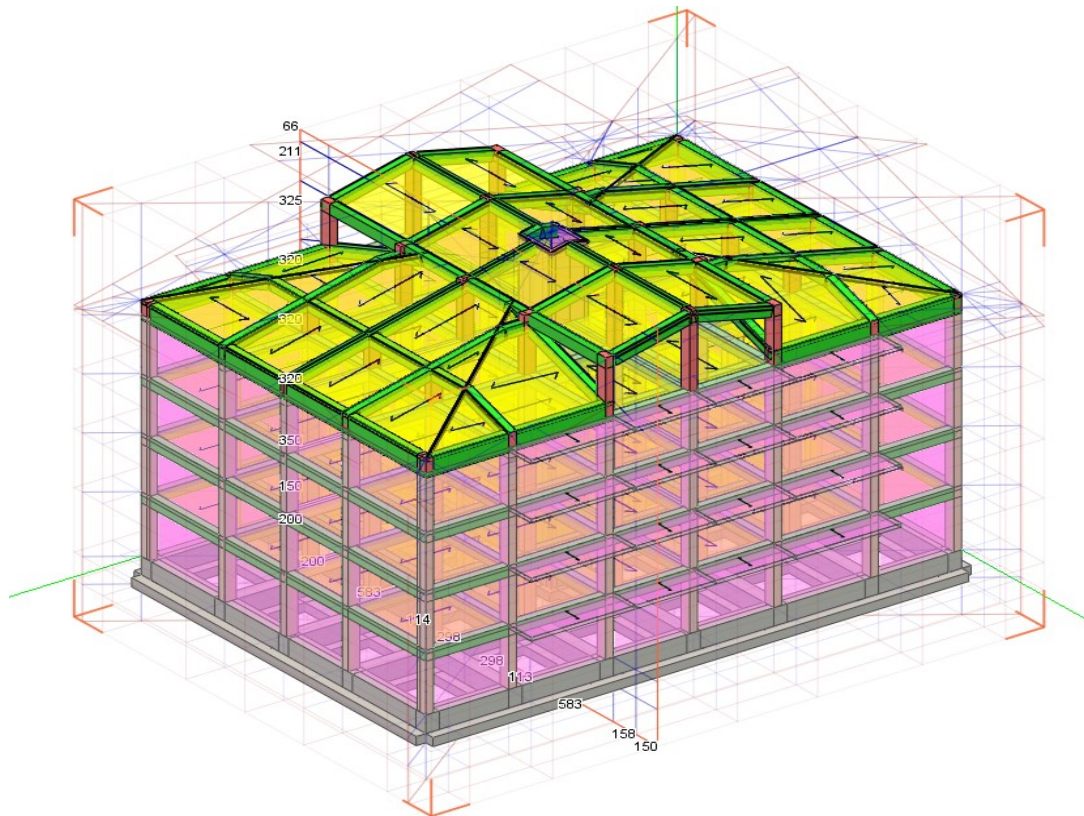
Successivamente si sceglie dal menù a tendina la funzione "Crea sezione tra elementi piani".



La finestra di dialogo che si apre successivamente permette di definire la lunghezza delle ali della sezione. Il risultato che si ottiene è quello di aver generato una nuova sezione, che si conserva in archivio, e che viene assegnata alla trave selezionata.



Al termine, si ottiene un modello completo della struttura.



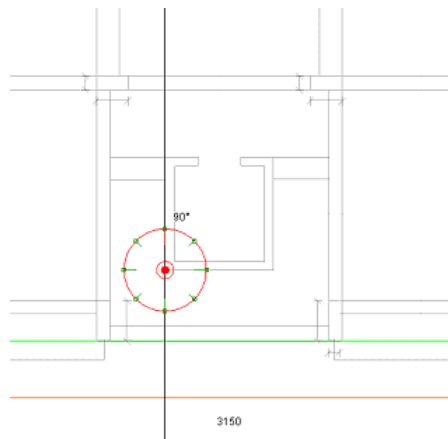
### ***Inserire il vano ascensore***

Descriveremo la possibilità di generare un sotto-modello in inMod per poi inserirlo in un altro documento di inMod. Nel nostro caso, genereremo il vano ascensore in un documento inMod a parte e poi lo inseriremo nel modello della struttura che stavamo fin qui elaborando. Notiamo che questa tecnica consente anche di creare una propria "libreria" di oggetti strutturali ricorrenti che si possono poi inserire subito in nuove strutture.

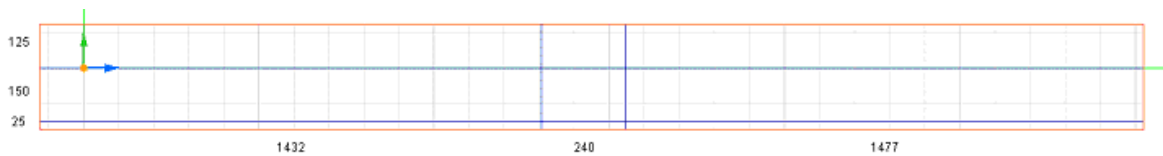
Questa possibilità di importazione del modello è utile quando si affrontano strutture complesse e che prevedono, ad esempio, degli elementi strutturali usuali negli edifici come le pareti di un vano ascensore, o le rampe delle scale.

Nell'esempio che si sta seguendo, si può pensare di creare le pareti del vano ascensore separatamente in un nuovo documento. Si importa nuovamente una pianta dell'edificio nella quale è rappresentato anche il vano ascensore, seguendo le istruzioni precedentemente descritte.

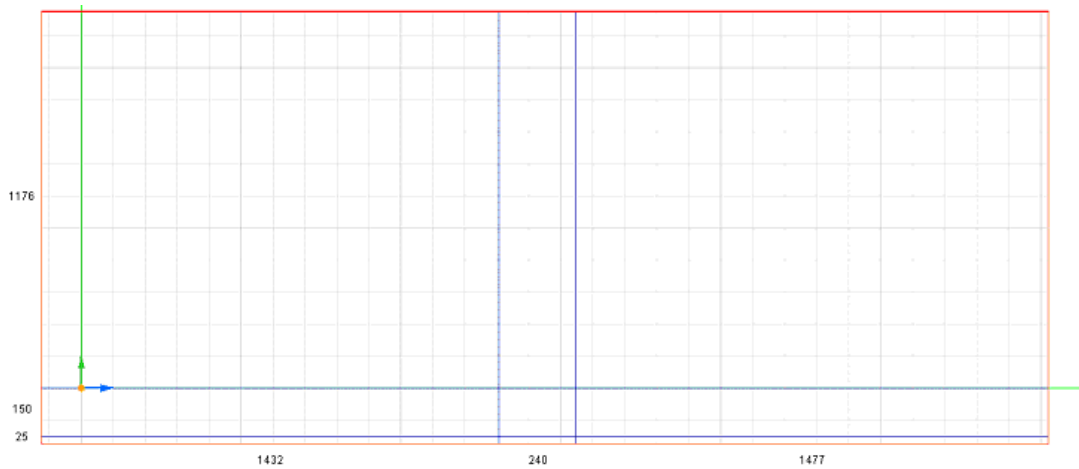
Si iniziano a tracciare i piani di riferimento con l'apposita funzione e l'ausilio degli snap ai nodi e agli angoli.




Per definire i piani orizzontali e le forature, si cambia punto di vista scegliendo un piano verticale parallelo al piano XZ .

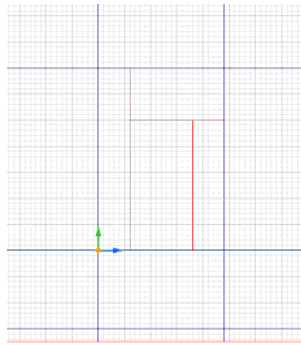


Per maggiore chiarezza si stira il bounding box per allargare la scena. L'operazione si esegue selezionando con il tasto sinistro del mouse l'estremo del bounding box e spostando verso l'alto il puntatore sempre con il tasto sinistro del mouse premuto.



Si cambia il passo della griglia e si iniziano a tracciare i piani orizzontali. Si ricorda che quando si cambia il passo, bisogna confermare l'operazione cliccando nell'icona a fianco. Per la foratura, si può procedere utilizzando le linee di riferimento che creano tracce solo sul piano voluto . L'attivazione della griglia rende agevole l'operazione di tracciamento delle linee. Si ricorda che il posizionamento delle linee è altrettanto agevole con gli snap.



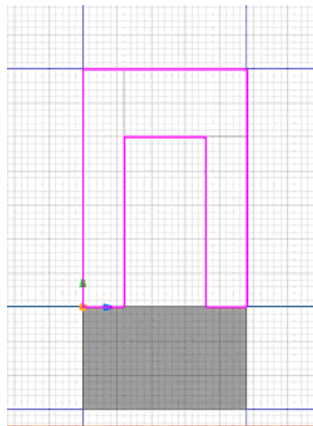


240

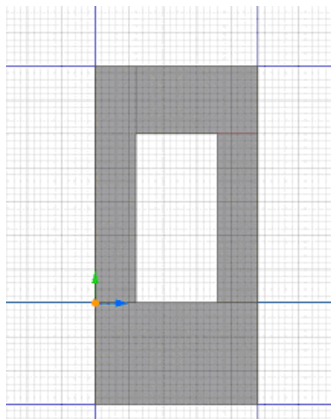
Dopo aver tracciato i piani si crea l'archivio degli elementi bidimensionali per realizzare le pareti.

Si ricorda che la visibilità degli archivi si ottiene dalla menu Palette o premendo il tasto TAB.

L'inserimento delle pareti viene effettuato semplicemente spostandosi con il mouse all'interno della area delimitata dai vari piani o, nel caso della foratura, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse in corrispondenza di una traccia e muovendosi lungo il percorso che definisce la porzione di parete. La chiusura del percorso è evidente poiché lo stesso cambia colore.



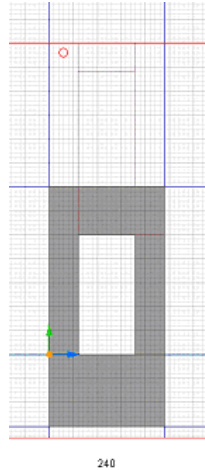
240



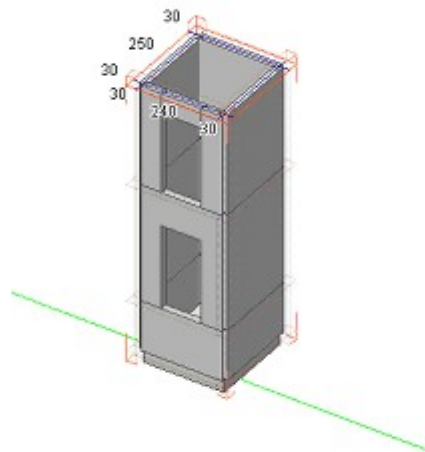
240

Per la platea di fondazione del vano ascensore, ci si posiziona in pianta alla quota -150 cm, si crea un'altra tipologia di piastra e la si dispone all'interno dell'area desiderata.

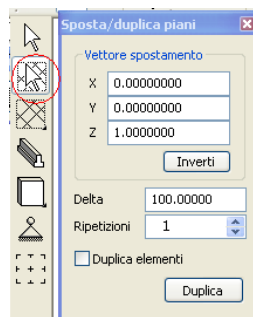
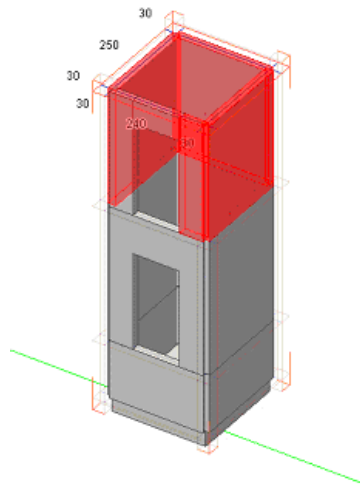
Per quanto riguarda, poi, la generazione dei piani superiori a quello già formato si opera come già indicato.



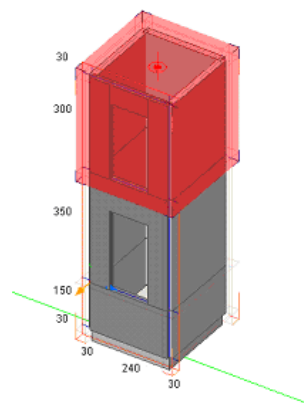
Le altre pareti vengono facilmente assegnate anche in proiezione assonometrica. Una volta generata una parte della struttura le eventuali parti uguali possono essere copiate facilmente.



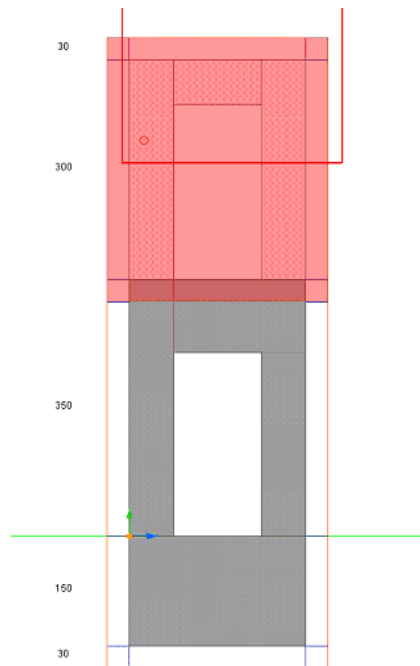
Per copiarle basta selezionarle, tenendo premuto il tasto shift per la selezione multipla, e scegliere nel menu a tendina il comando duplica.



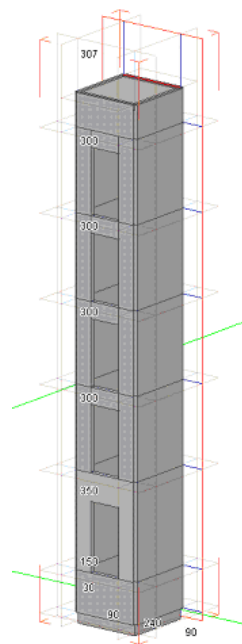
L'operazione di duplicazione permette di generare un gruppo.



Si cambia ora il punto di vista e si sposta il gruppo appena creato utilizzando lo snap ai nodi, in tal modo si riesce a posizionare il gruppo nella posizione voluta senza problemi. Il posizionamento avviene trascinando il gruppo, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse.

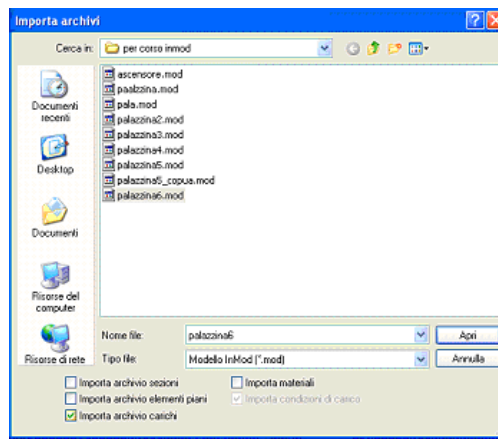


Si ricorda come l'attivazione dello snap ai nodi permette di posizionare nel punto voluto il gruppo. Ripetendo l'operazione più volte si può realizzare tutta la struttura. Per le pareti dell'estracorsa si genera semplicemente un piano orizzontale alla quota voluta e si introducono gli elementi strutturali.

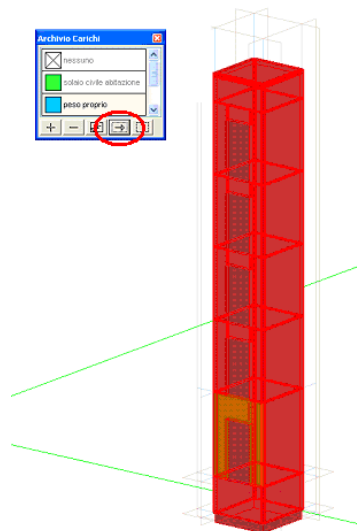


Si ricorda che è opportuno salvare la struttura spesso per salvaguardarsi da interruzioni improvvise.

Per l'assegnazione del peso proprio alla struttura si può utilizzare l'archivio dei carichi generato precedentemente importandolo nel modello. Selezionando l'importazione di archivi, si apre la seguente finestra dalla quale si può decidere cosa importare.



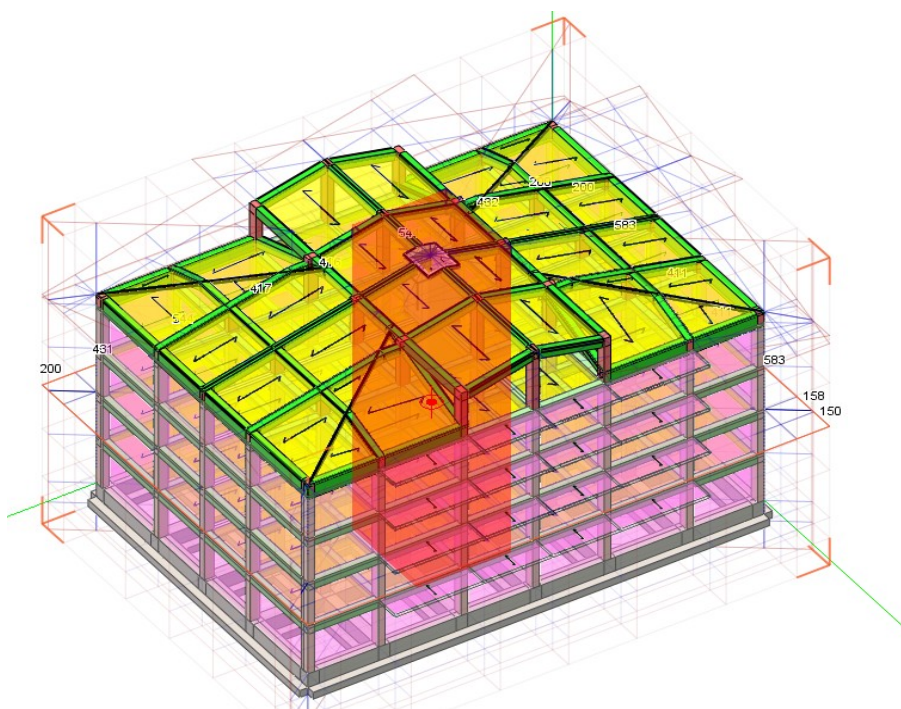
L'assegnazione del peso proprio agli elementi strutturali avviene selezionandoli e scegliendo la condizione di carico voluta e poi premendo sull'icona di assegnazione dalla finestra dell'archivio dei carichi identificata da un freccia.



Una volta generato l'insieme strutturale che costituisce il vano ascensore si salva il modello e si ritorna nel modello della palazzina.

Per importare il vano ascensore, si seleziona la funzione di importazione. Poiché il modello del vano ascensore era stato generato utilizzando la stessa pianta della palazzina il posizionamento dello stesso è già corretto. In caso sia necessario, si sposterà il gruppo del vano ascensore nella posizione voluta.

Si cambia vista per vedere se le operazioni effettuate corrispondono a quanto desiderato.

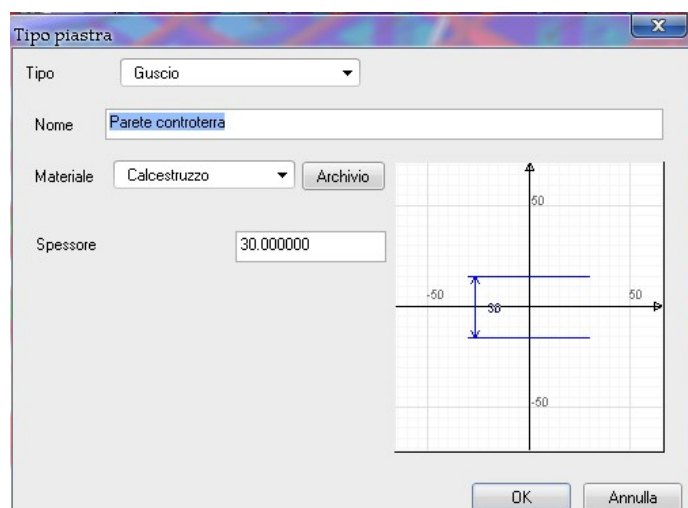


### ***Inserire pareti contro terra e tamponature***

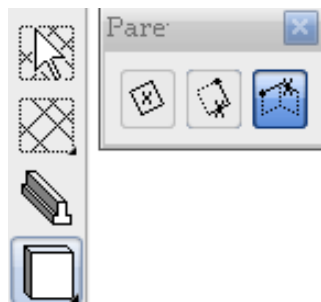
Per inserire le pareti contro terra, è opportuno aggiungere un nuovo layer per facilitare la visualizzazione.



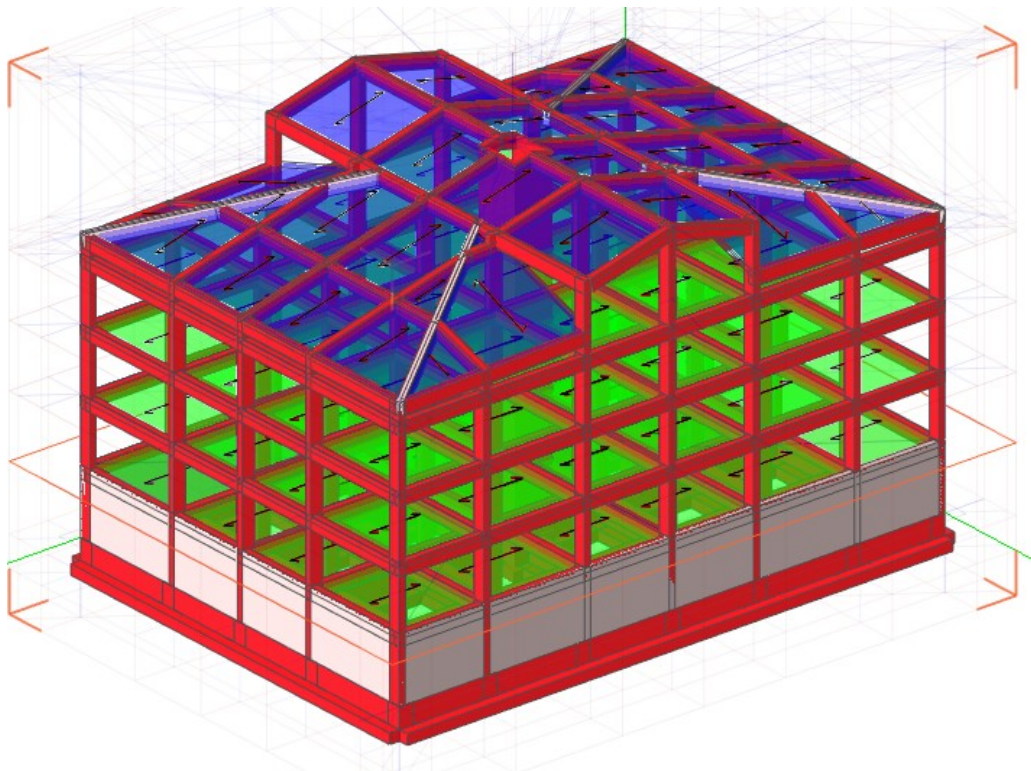
Successivamente si aggiunge un "Archivio di piastre" definendo un Guscio di spessore 30 cm.



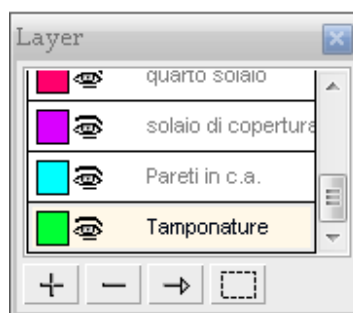
Poi si procederà all'inserimento mediante il comando "Inserisci elementi piani" adottando ad esempio il comando "selezione aree da contorno ed estrusione"



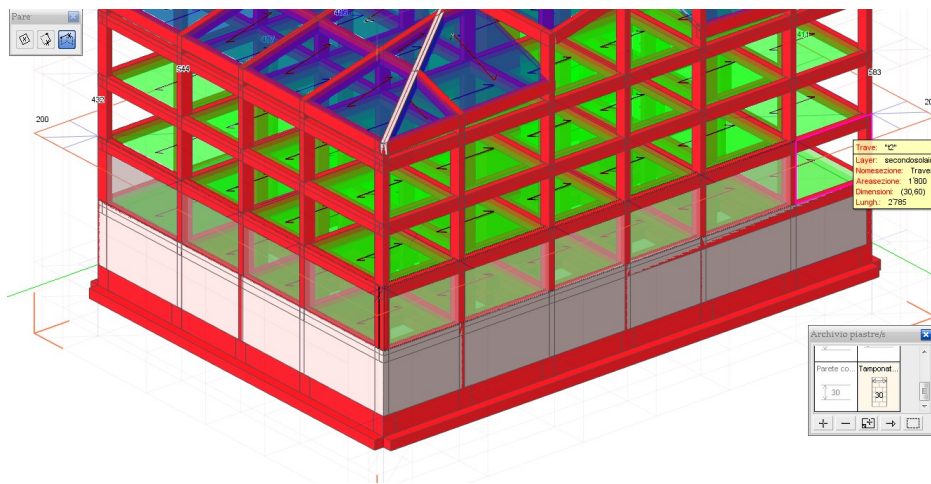
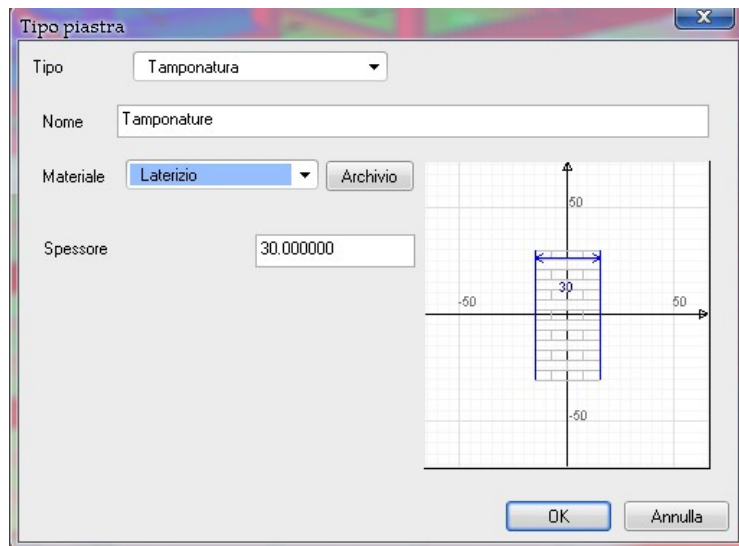
A questo punto si assegnano tutte le pareti e si ottiene il modello di raffigurato nella immagine seguente.




Allo stesso modo si procede per le tamponature. Si definisce un nuovo layer...

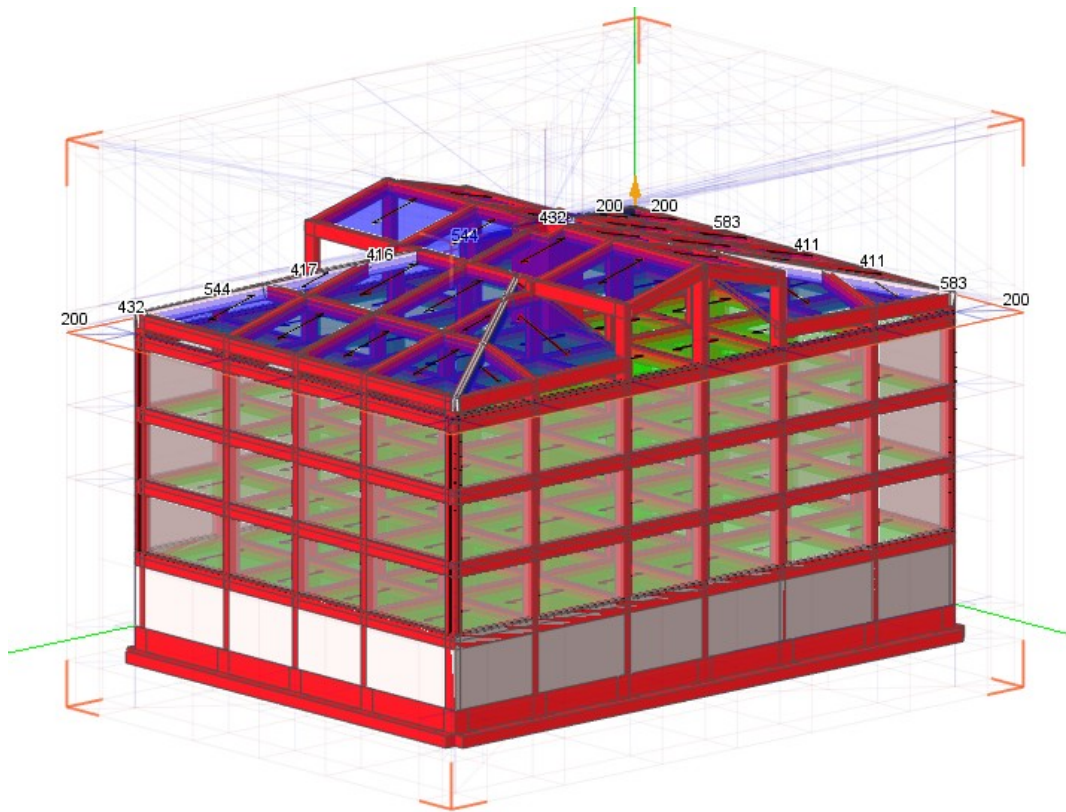


... e un nuovo archivio di tipo "Tamponatura".



Disposte le tamponature nel primo piano, ci sposteremo al piano superiore mediante il comando "passa al piano superiore"  mettendo le tamponature fino al terzo piano.

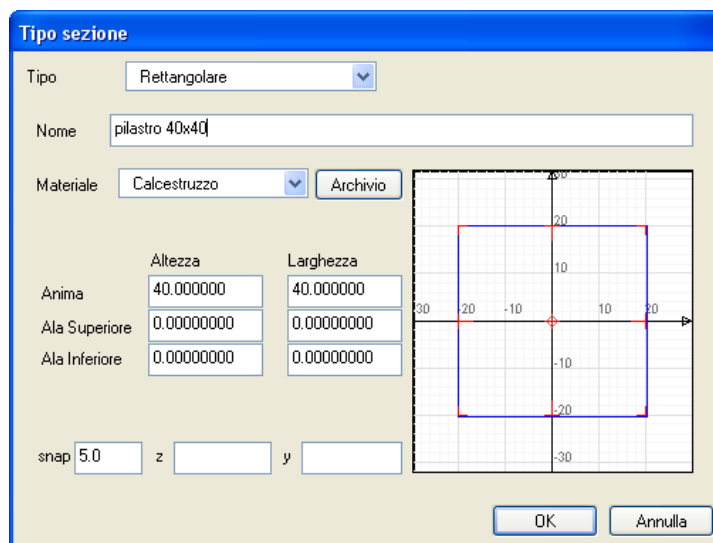


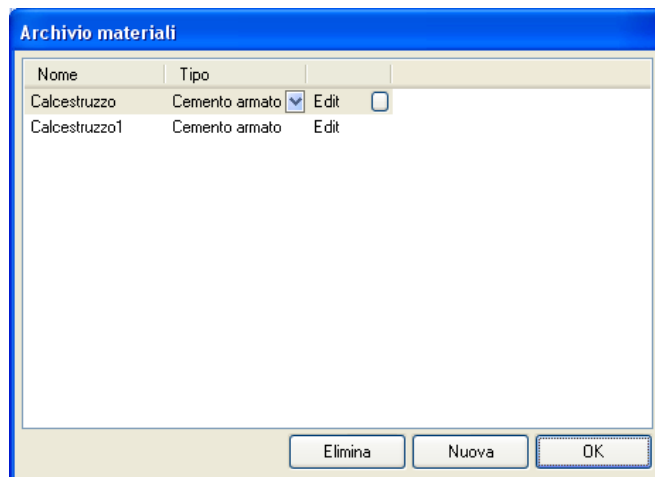


### ***Impiego dei metamateriali***

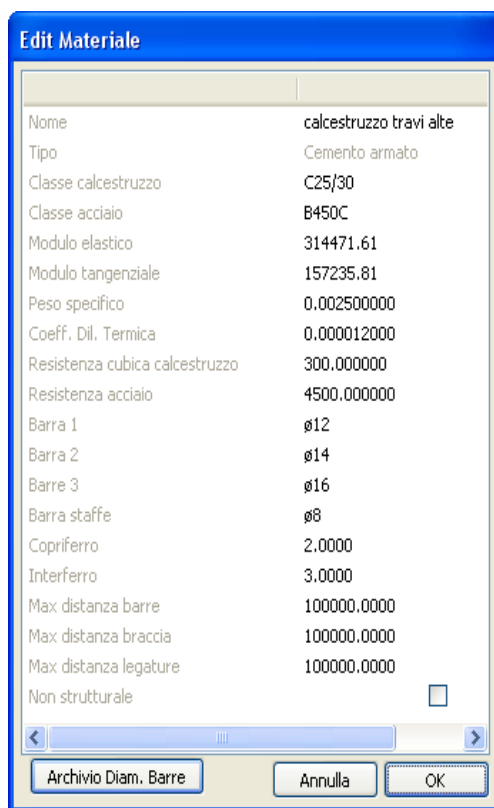
I metamateriali sono la descrizione delle caratteristiche fisiche del materiale arricchita da altri elementi atti a completarne l'impiego.

Si accede all'archivio dei metamateriali dal dialogo del tipo di sezione cliccando sul bottone archivio.





Cliccando su edit si possono assegnare o modificare le caratteristiche dei metamateriali.



Le voci che possono essere assegnate sono le seguenti:

Nome	nome da dare al materiale es. Calcestruzzo fondazioni
classe calcestruzzo	Classe del calcestruzzo con la denominazione di normativa es. C28/35 per il calcestruzzo con $R_{ck}=35\text{Mpa}$
Classe acciaio	B450C è il solo tipo utilizzabile nel caso di armatura di strutture in cemento armato
Modulo Elastico	Modulo elastico del calcestruzzo calcolato in funzione della classe con la formula presente nel capitolo 11 del DM 14/01/2008
Modulo elasticità tangenziale	è il modulo di elasticità tangenziale G del calcestruzzo.
Peso specifico	è il peso specifico in unità $[P]/[L]^3$ del materiale in oggetto
Coeff. Dil. Termica	è il coefficiente di dilatazione termica del materiale

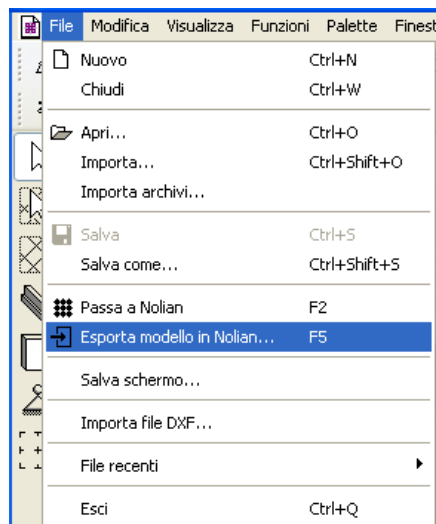
Resistenza cubica calcestruzzo	è la resistenza cubica del calcestruzzo $R_{ck}$
Resistenza acciaio	è la resistenza a snervamento dell'acciaio $f_{yk}$
Barra 1	denominazione della barra 1
Barra 2	denominazione della barra 2
Barra 3	denominazione della barra 3
Barra staffe	denominazione della barra delle staffe
Copriferro	è il copriferro definito come distanza in unità di misura [L] dal centro della barra alla superficie esterna del calcestruzzo.
Interferro	è il l'interferro definito come distanza in unità di misura [L] dal centro della barra alla superficie esterna del calcestruzzo.
Max distanza delle barre	è la massima distanza in unità correnti tra una barra e un'altra
Max distanza delle braccia	è la massima distanza in unità correnti tra una braccio e un altro
Max distanza legature	è la massima distanza in unità correnti tra una legatura e un'altra
check "non strutturale"	definisce gli elementi come non strutturali. In questi elementi non verranno applicati i criteri di gerarchia delle resistenze ma verranno effettuate esclusivamente il progetto e la verifica ai soli carichi verticali (vedi punto 7.2.3. NTC2008).

Nome	Area
ø8	0.502655
ø12	1.130973
ø14	1.539380
ø16	2.010619
ø20	3.141593
ø10	0.785000
ø24	4.520000
ø22	3.801327

In modo da controllare in ogni parte il progetto degli elementi strutturali.

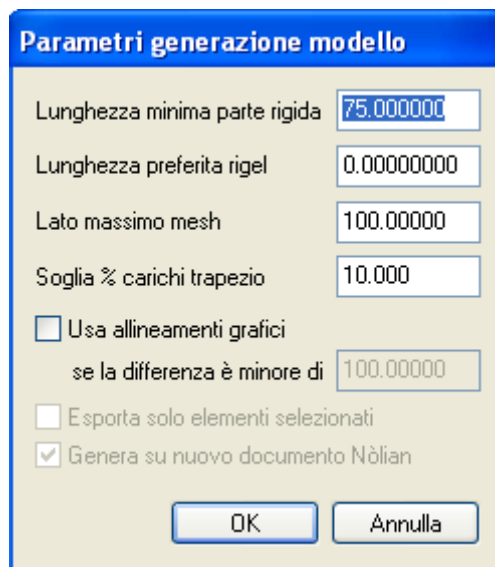
### **Generazione del modello di calcolo**

Una volta eseguito il modello con inMod la struttura verrà trasferita in Nòlian mediante il comando presente nel menu principale a tendina e più precisamente in File > Esporta modello in Nòlian ...



... oppure cliccando sull'icona della toolbar .

Nel dialogo che si apre si possono a segnare i parametri di esportazione.



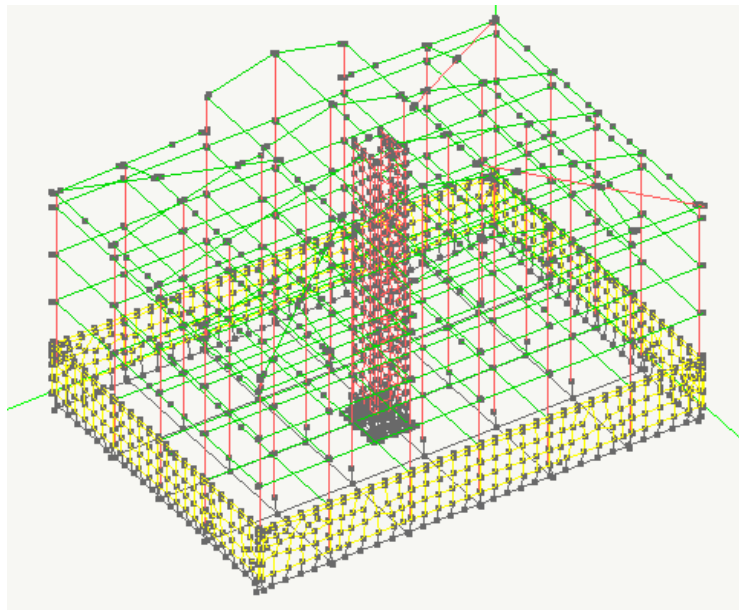
In questo dialogo è possibile controllare tutti i parametri per la generazione del modello:

- **Lunghezza minima parte rigida:** è la misura minima per considerare una intersezione tra travi come zona rigida e quindi inserire un elemento rigel tra esse nonostante non sia geometricamente necessario per connettere la struttura; rigel saranno comunque inseriti nel caso in cui non sia possibile determinare un punto unico di intersezione tra gli assi delle travi; in nessun caso saranno inseriti rigel se le travi sono tra loro collineari o se nessuna di esse è dissassata.
- **Lunghezza preferita rigel:** indica una misura oltre la quale ogni rigel presente viene accorciato durante la fase finale dell'esportazione, mantenendo inalterata la deviazione delle travi; notare che il parametro precedente viene utilizzato nelle fasi iniziali dell'esportazione ed ha perciò la priorità su questo.
- **Lato massimo mesh:** lunghezza indicativa massima dei lati degli elementi bidimensionali generati; la grandezza effettiva degli elementi dipende dalle relazioni tra essi e dalle intersezioni presenti; questo parametro viene tenuto in conto anche in altre occasioni in cui sia necessario fare scelte in base alla dimensione degli elementi o alla distanza tra loro, è perciò

importante che questo valore sia commisurato alla distanza minima in ballo nel modello, tenendo comunque conto che una mesh più fitta appesantisce naturalmente i tempi di calcolo dell'analisi.

- Usa allineamenti grafici: se è attiva questa opzione, vengono generati degli allineamenti che non fanno uso dei Rigel e quindi non sono recepiti nel modello di calcolo ma conservano la funzione di mantenere la esatta geometria della struttura al fine di avere una corretta proiezione delle armature. Se i disassamenti infatti non sono rilevanti, hanno scarso rilievo nel modello di calcolo ma ne appesantiscono la gestione. La lunghezza massima per cui è applicata questa funzionalità consente di avere dei Rigel ove invece il disassamento sia significativo. Questa opzione semplifica molto il modello di calcolo ed è vivamente consigliata ove non sia indispensabile tenere conto dei disassamenti.
- Esporta solo elementi selezionati: se sono stati selezionati elementi in InMod, questa casella determina se l'esportazione terrà conto solo degli elementi selezionati o di tutti quelli presenti nel modello.
- Genera su nuovo documento Nòlian: determina se cancellare il contenuto del documento Nòlian corrente o importare il modello mantenendo i dati attuali; quest'ultima possibilità è utile per l'importazione successiva di parti indipendenti del modello, ma può determinare errori nell'importazione nel caso capitino sovrapposizioni tra gli elementi già presenti e quelli generati.

Confermata l'operazione dal dialogo, attivando la finestra di Nòlian si visualizza il modello di calcolo generato.



## Nòlian: analisi del modello

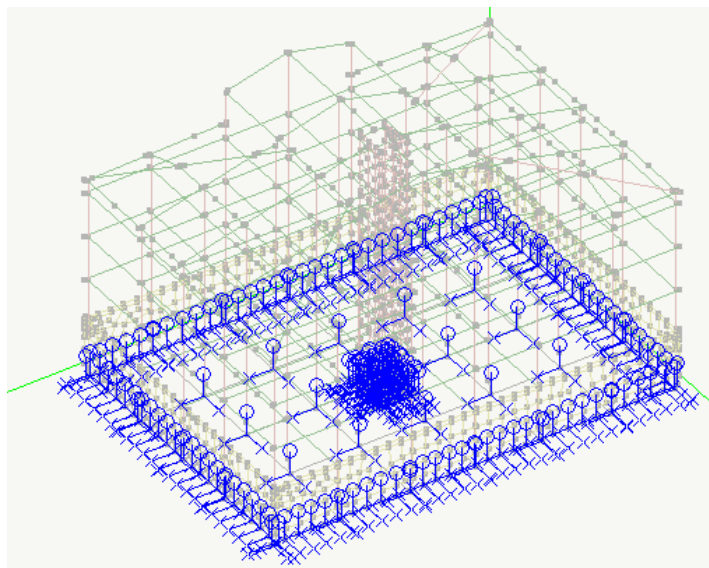
### Rifinitura del modello

#### *Personalizzazione della mesh*


Generalmente il modello generato è sufficientemente ma il progettista può all'occorrenza raffinarlo tramite le funzioni di interfaccia grafica interattiva di Nòlian che consentono di operare direttamente sulla mesh ad elementi finiti. Qui di seguito si dà qualche indicazione soprattutto per

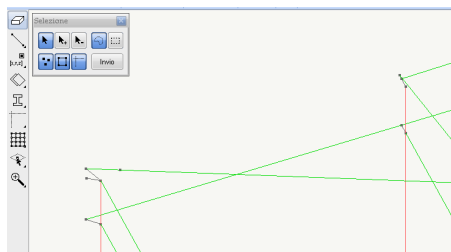
fornire una breve panoramica di alcune funzionalità di gestione del mesh in Nòlian che in questo tutorial non sono trattate.


Ad esempio si possono visualizzare  o modificare i vincoli.

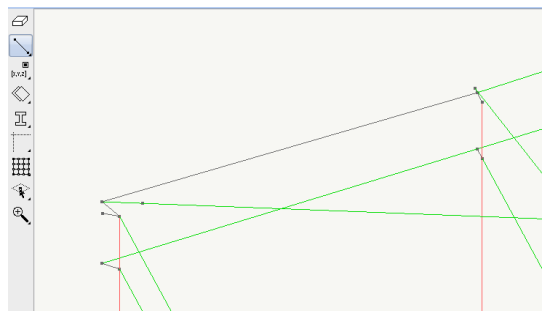


*Rappresentazione grafica dei vincoli*

Come altro esempio, con l'icona "cancella" delle palette  eliminiamo gli elementi che costituiscono una trave...

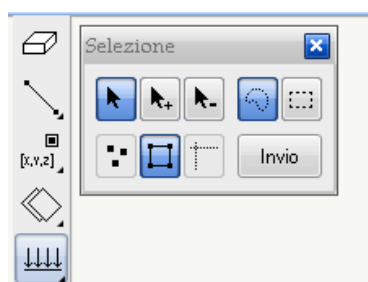
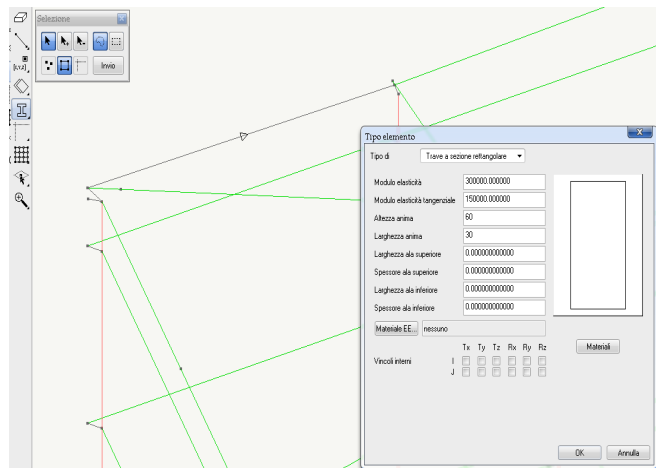


... e quindi rimodelliamola mediante il comando di tracciamento di un elemento a due nodi .

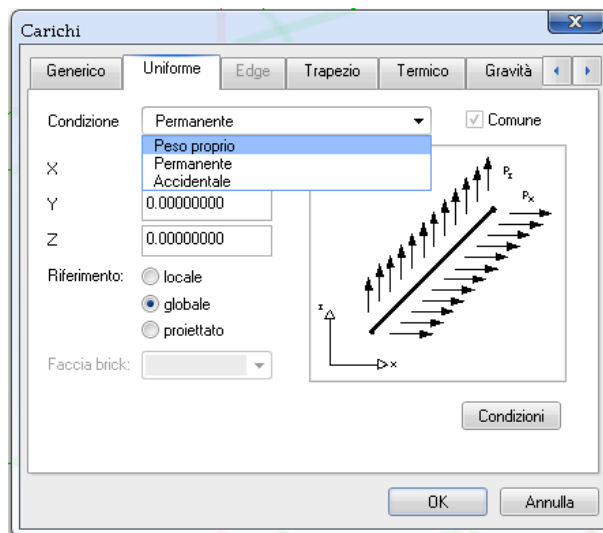


A questo punto all'elemento inserito, distinto dagli altri per la colorazione, si potranno assegnare la geometria della sezione e le informazioni sul carico.




Per assegnare le caratteristiche della sezione si attiva la funzione relativa dalla palette e poi si seleziona l'oggetto.

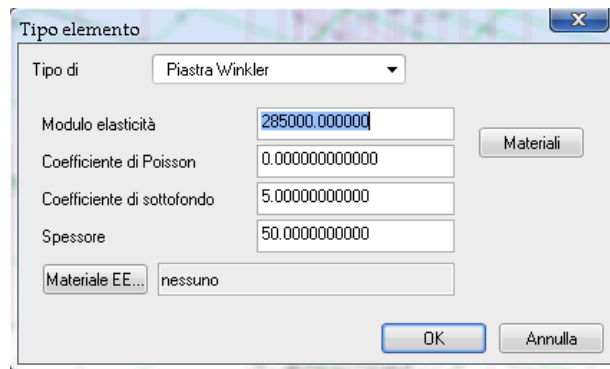



La selezione degli elementi può avvenire con molte modalità governate da una palette fluttuante.

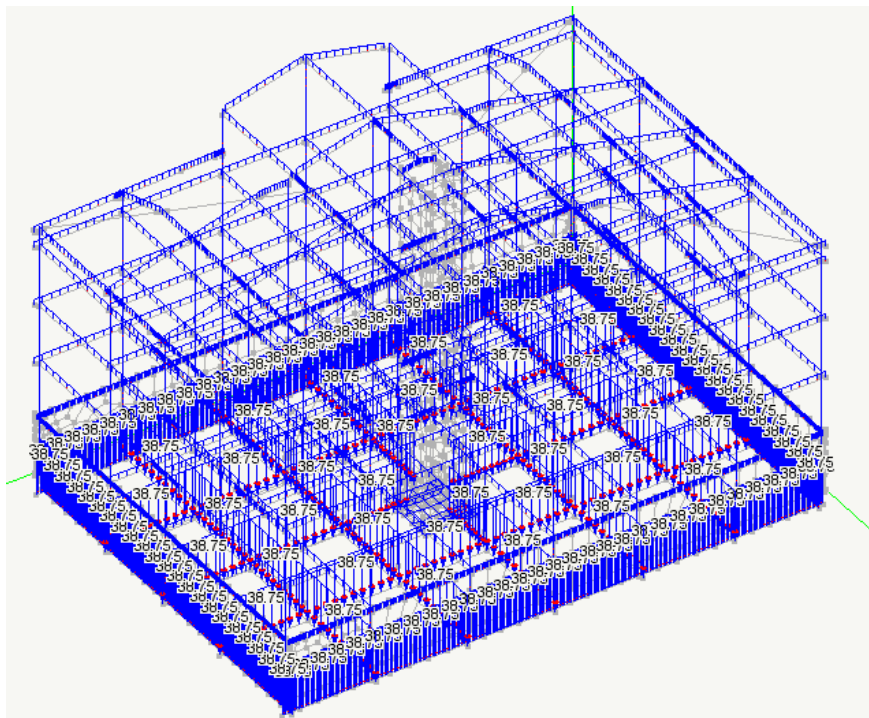


Per quanto concerne l'assegnazione dei carichi si utilizza il comando di assegna dei carichi agli elementi.

Nel caso di elementi piani, si tracciano attivando le funzioni relative sempre dalla palette . Qualora si volesse generare una mesh in automatico il comando si può impiegare il comando  e successivamente si riassegnerà le caratteristiche dell'elemento selezionando l'icona di assegnazione delle caratteristiche degli elementi .



I carichi, come le altre caratteristiche assegnate, si possono visualizzare mediante i comandi presenti nella toolbar. Nel caso dei carichi si attiva la funzione dalla toolbar  e quindi si sceglie la condizione di carico da visualizzare.



*Rappresentazione grafica dei carichi*


### **Assegnazione delle masse**

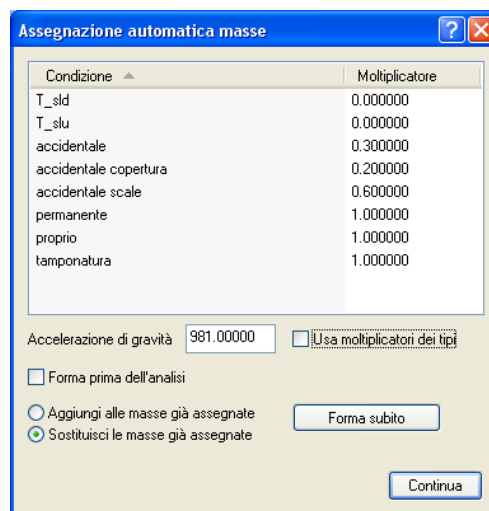
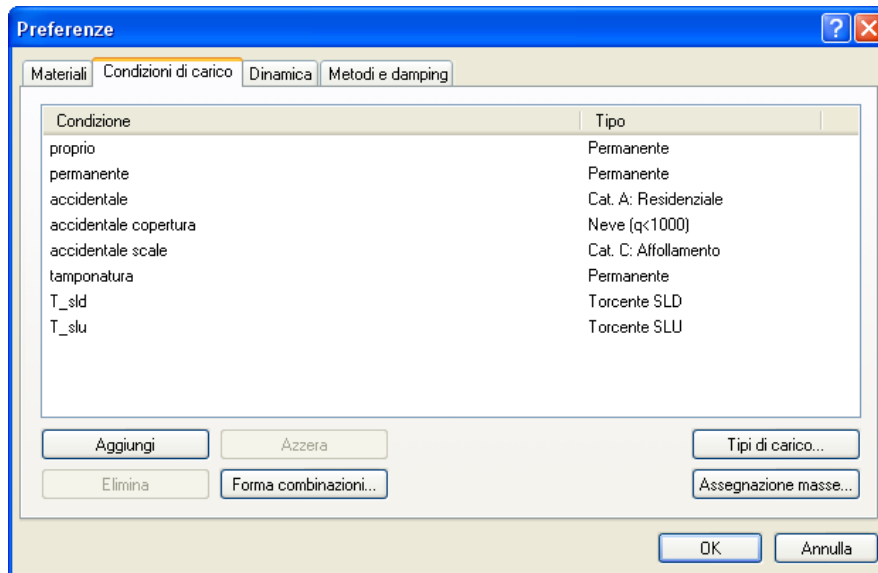
Le masse associate a nodi ed elementi, coinvolte nell'analisi dinamica, non sono in diretta relazione con i carichi agenti e pertanto si gestiscono in Nòlian. Le masse possono ovviamente essere assegnate direttamente agendo sulla rappresentazione del modello di calcolo, ma una procedura



automatica consente di trasformare i carichi già assegnati in masse secondo moltiplicatori assegnati.

Accedere al dialogo della gestione delle condizioni di carico con un doppio clic sull'icona della

palette  e cliccare su "Assegnazione masse..."




Assegnate quindi i moltiplicatori per ogni condizione di carico. I moltiplicatori sono unitari per i carichi permanenti e pari ai  $\Psi_2$  moltiplicati per  $\phi$  per i carichi variabili. Selezionando il check-box "Usa moltiplicatori dei tipi" verranno assegnati automaticamente i valori di  $\Psi_2$  già associati ai tipi di carico. Cliccando sul bottone "Forma subito" le masse verranno subito assegnate agli elementi.

### **Generazione dei piani rigidi**

Qualora si desideri modellare la struttura considerando gli impalcati infinitamente rigidi nel proprio piano, si può usare una relazione cinematica tra nodi detta "Master Slave". Il nodo master deve essere collocato nel baricentro del sistema di masse.

Si può impiegare la procedura automatica attivabile dal menu Funzioni -> Genera impalcati rigidi. Se invece si vuole operare autonomamente, si seguano i seguenti passi.

Rifinitura del modello: Generazione dei piani rigidi

- Generare il nodo baricentrico tramite il menu Modifica->Funzioni->Nodo baricentrico e selezionando l'intero piano con la selezione a lazo
- Selezionare l'icona di assegnazione del nodo master 
- Selezionare l'intero piano con il cappio e premere il tasto invio
- Selezionare il nodo baricentrico precedentemente creato



- Vincolare il nodo master come indicato nella figura.

Nel caso in cui sia abbia una copertura a falde, non è possibile impiegare un vincolo cinematico che è specializzato per piani orizzontali, quindi si genereranno degli elementi Guscio a cui si assegnerà un moltiplicatore di rigidità flessionale di circa 1%.

### **Controllo regolarità in pianta ed in altezza**

Per determinare il fattore di struttura da assegnare al modello la normativa (D.M. 14/01/2008 Par. 7.2.2) prevede di determinare la regolarità in altezza ed in pianta dell'edificio per apportare secondo le valutazioni dei coefficienti di riduzione o di amplificazione.

Di seguito si riporta uno stralcio delle prescrizioni di regolarità:

*Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:*

- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità;*
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;*
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;*
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.*

*Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:*

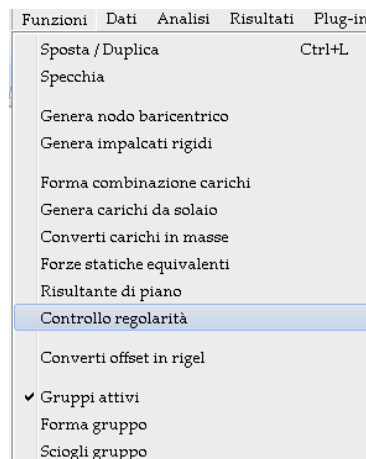
e) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;

f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;

g) nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva<sub>3</sub> e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;

h) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

Queste prescrizioni possono anche essere valutate direttamente ma in Nòlian è implementata una procedura che consente una valutazione numerica. Questa funzione si attiva dal Menu Funzioni -> "Controllo regolarità"



	Quota	Massa	Jx	Jy	ex	ey	tx	ty
1	290.23	263.26	1277188	1417879	-132.460	138.633	0.003	0.002
2	599.23	263.26	997349	1042082	-119.340	124.012	0.002	0.002
3	908.23	263.26	895810	894802	-97.620	99.528	0.002	0.002
4	1217.23	258.25	709725	709026	-76.323	76.186	0.001	0.001

Massima eccentricità relativa	0.0696	
Massimo rapporto tra frequenze	2.823	
Massimo rapporto tra giratori di rigidezza	1.055	
Massima variazione di eccentricità	0.0112	
Massima variazione di massa	0.0190	
Massima variazione di rigidezza	0.2441	REGOLARE
Massima sensibilità allo spostamento	0.0028	NON NECESSITA ANALISI EFFETTI 2° ORDINE

Continua

Le informazioni che si ottengono sono relative ai singoli impalcati ed alle variazioni che determinano appunto la valutazione di regolarità. Le colonne della tabella hanno i seguenti contenuti.

- Quota dell'impalcato
- Massa di piano
- Momento di inerzia in direzione X (Jx)
- Momento di inerzia in direzione Y (Jy)
- Eccentricità del baricentro delle masse rispetto al baricentro delle rigidezze in direzione X (ex)
- Eccentricità del baricentro delle masse rispetto al baricentro delle rigidezze in direzione Y (ey)
- Fattore  $\theta$  in direzione X (per la verifica delle non linearità geometriche) (tx)
- Fattore  $\theta$  in direzione Y (per la verifica delle non linearità geometriche) (ty)
- 

### **Osservazioni sulle analisi limite richieste dalla norma**

La normativa prevede in zona sismica di valutare il rispetto di diversi stati limite, di seguito si riassumono le diverse tipologie.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del sisma la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per la valutazione degli stati limite si eseguirà l'analisi statica o dinamica lineare e l'analisi non-lineare in base alle esigenze richieste dalla progettazione.

## Assegnare le caratteristiche dinamiche

### Generazione guidata degli spettri

La generazione dello spettro di risposta può essere effettuata mediante una apposita funzione di Nòlian selezionabile dal menu Funzioni ->Genera Spettro di Risposta.

Dapprima nella scheda dei dati geografici si deve scegliere la località e lo stato limite. Si possono anche dare direttamente le coordinate geografiche in gradi sessadecimali e quindi con il comando "Calcola" vengono estratti i parametri sismici da un data base con i dati di rischio sismico imposti dalla normniva.

The screenshot shows a software dialog box titled "Generazione spettro" with four tabs: "Dati generali", "Dati struttura", "Grafico", and "Dati sismici". The "Dati sismici" tab is active. It contains the following fields and controls:

- Ricerca valori sismici:**
  - Stato limite:  (dropdown)
  - Probabilità superamento:
  - Tipo spettro:  (dropdown)
  - Vita:
- Coordinate geografiche in gradi sessadecimali !**
  - Longitudine:     Latitudine:
  -
- Zona sismica:**  (dropdown)
- Parameters:  $T_r$  474.56108     $A_g$  0.11757185     $F_0$  2.6207397     $T_c^*$  0.30165317
- Ricerca coordinate geografiche:**
  - Località:
- 
- 

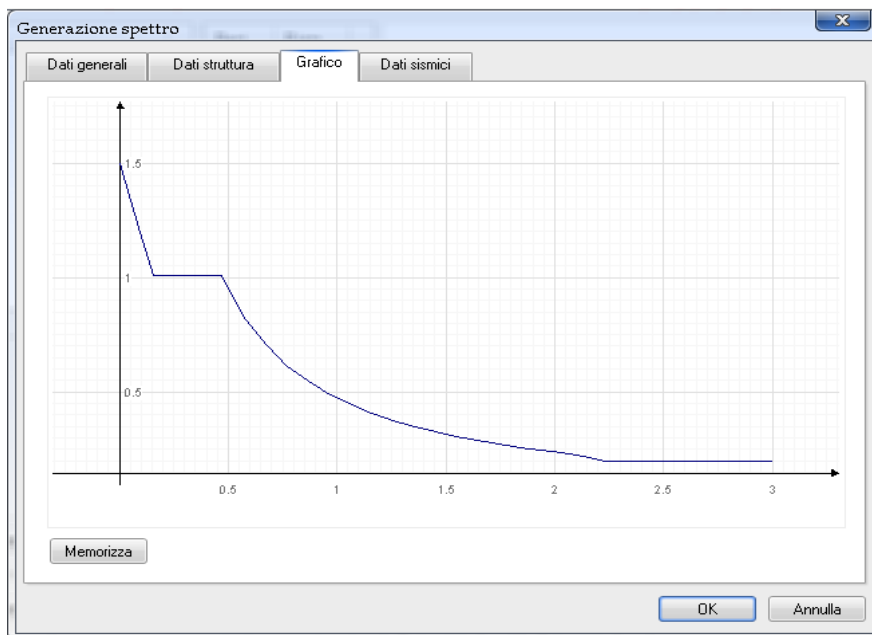
Quindi si passa alla scheda dati generali dove si immettono i dati generali della struttura

Poi si passa alla scheda Dati struttura. Nei campi Intervalli e Durata totale si devono inserire la durata dello spettro (minimo 3 secondi per il D.M. 14/01/2008) e il numero di intervalli in cui si desidera suddividere la durata totale.

Si otterrà, ad esempio, uno spettro con una spaziatura di  $3/32 = 0,09375$  sec.

Avendo selezionato il check-box "Calcola q" viene assegnato anche il fattore q di struttura in base alla tipologia strutturale prescelta che in questo caso vale 3.90. Se l'utente volesse assegnare questo fattore direttamente, può inserire il valore deselezionando il check-box "Calcola fattore di struttura (q)".

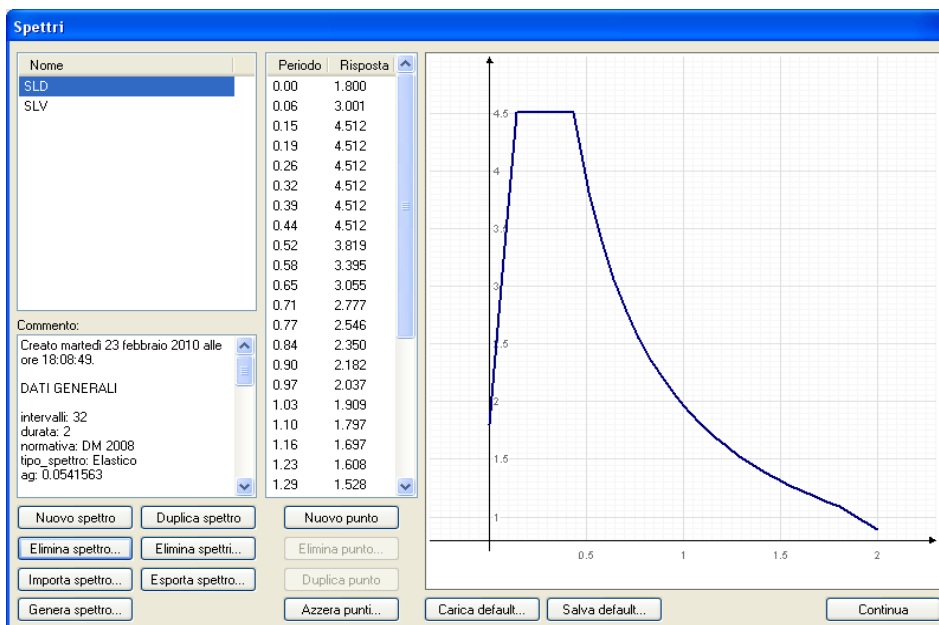
Lo spettro così generato può essere salvato in un file testo premendo il tasto Salva nella scheda dati generali e successivamente assegnarlo alle condizioni dinamiche che saranno illustrate in seguito.



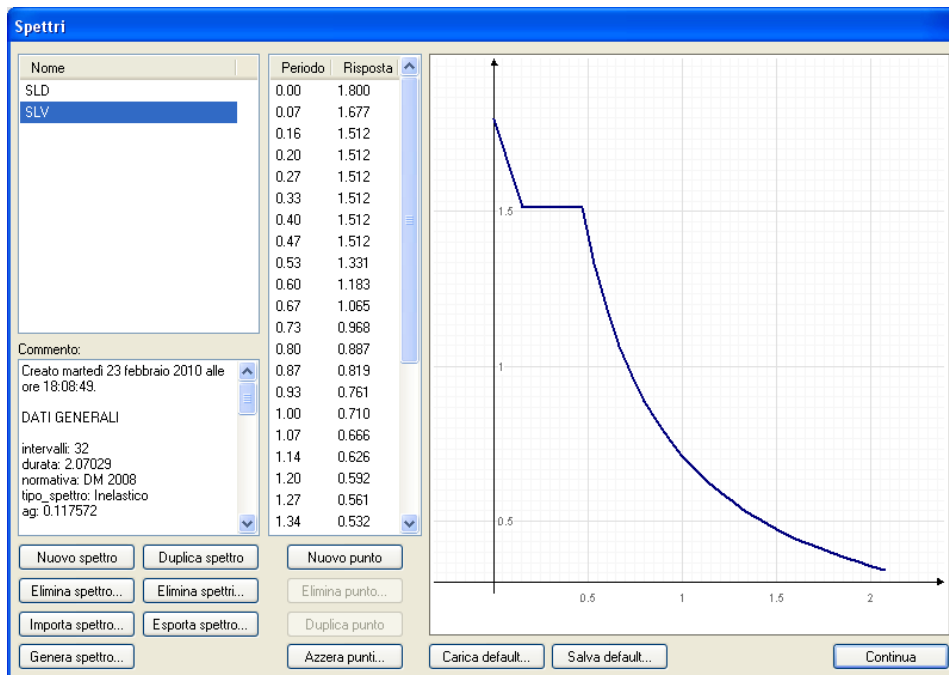
Una volta generato e salvato lo spettro per lo stato limite di salvaguardia della vita (slv) si farà la stessa operazione per lo stato limite di danno.

Si consiglia di salvare gli spettri di risposta nella cartella di Nòlian denominata File ausiliari->Spettri o all'interno della cartella del progetto in modo da poterli eventualmente reimpiegare.

Il file potranno essere denominati in modo da ottenere un facile riconoscimento. A esempio: SLV e SLD.



*Spettro per lo Stato Limite di Danno*

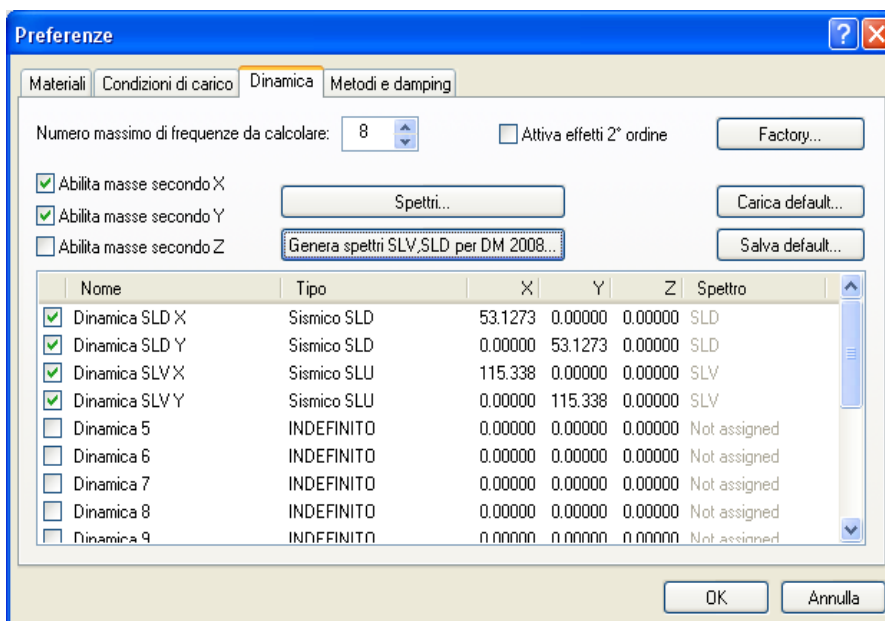


*Spettro per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita*

### Generazione automatica degli spettri

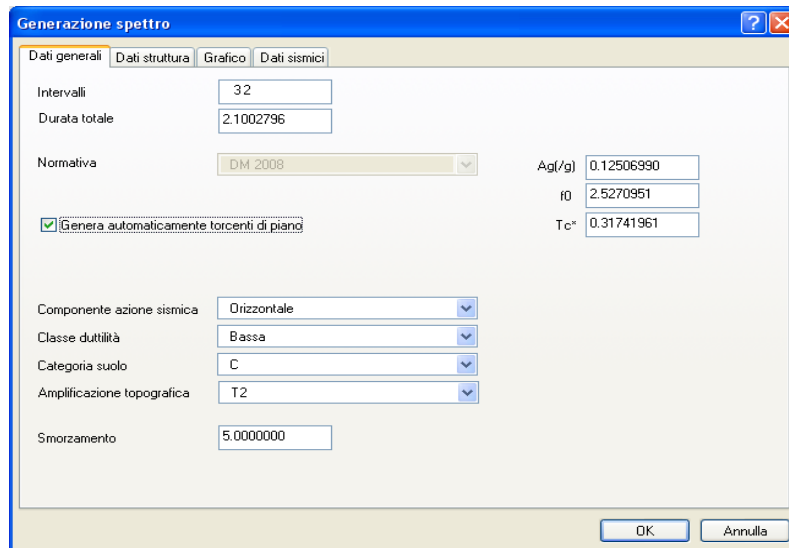
L'azione sismica definita sopra può essere calcolata in modo del tutto automatico attivando la funzione "Genera spettri SLV, SLD per DM2008" dal dialogo Dinamica delle Opzioni di analisi.

- Attivare il menu Analisi->Opzioni
- Selezionare la scheda Dinamica



- Premere sul bottone "Genera spettri SLV, SLD per DM2008". Si accede alla procedura già descritta precedentemente ma in questo caso spettro e accelerazioni saranno automaticamente assegnate alle condizioni dinamiche.



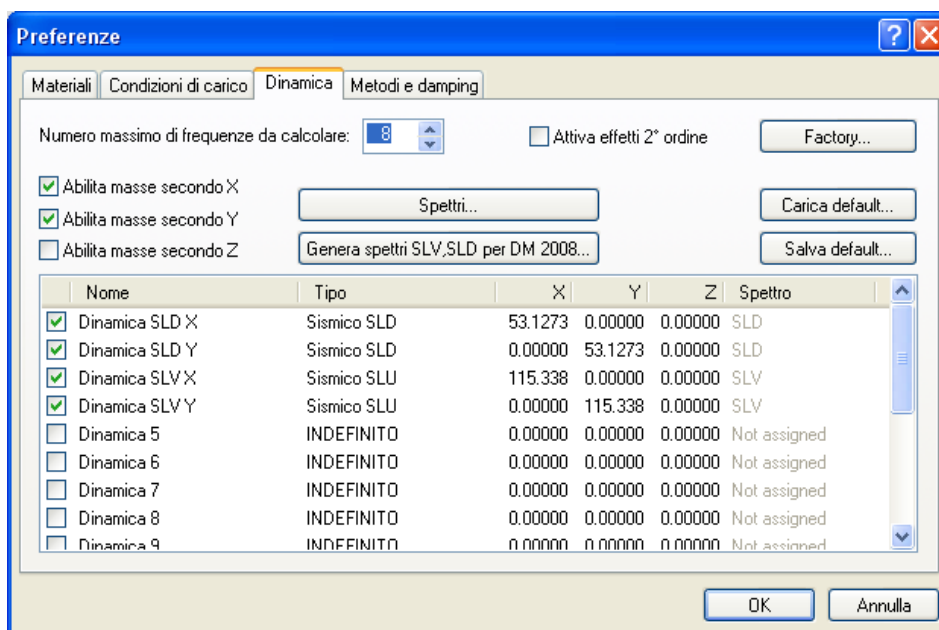


In questo dialogo è disponibile anche il check box "Genera automaticamente torcenti di piano" che provvederà a tale funzione comunque anche gestibile in modo personalizzato come sarà descritto in seguito.

### **Definizione delle condizioni dinamiche**

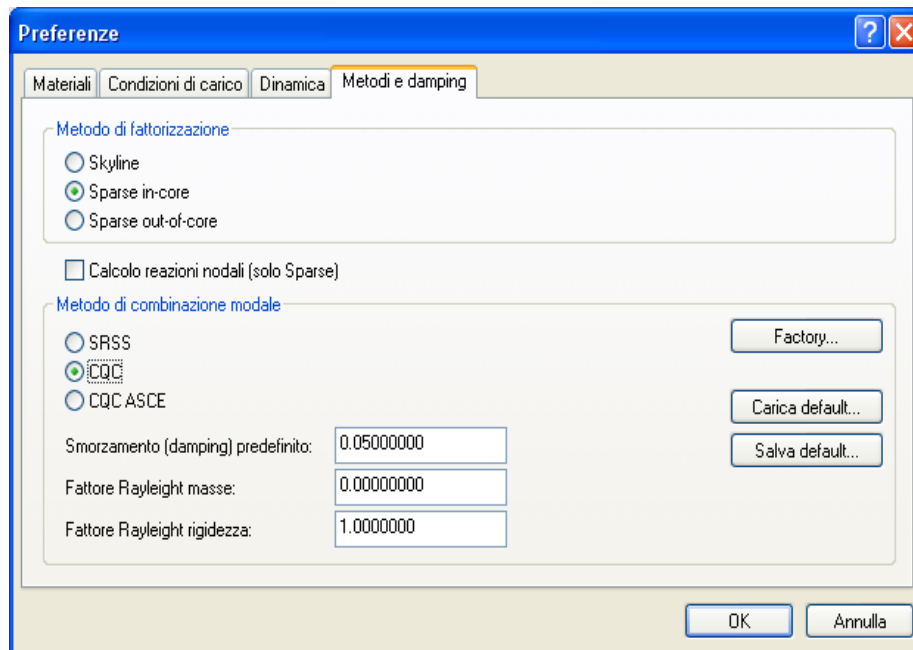
Prima di effettuare l'analisi dinamica della struttura con la tecnica dello spettro di risposta, è necessario assegnare i valori di accelerazione e gli spettri di risposta da impiegare per ogni condizione dinamica. Si possono avere fino a 16 condizioni dinamiche che saranno valutate simultaneamente.

- Attivare il menu Analisi->Opzioni
- Selezionare la scheda Dinamica



- Assegnare le frequenze da calcolare. Generalmente, visto l'uso dei piani rigidi, il numero di frequenze da calcolare è pari a 3 per ogni piano quindi in questo caso pari a 12

- Abilitare le masse nelle direzioni X e Y. Si dovranno abilitare anche secondo Z nel caso di strutture con presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi, di elementi a mensola, di strutture di tipo spingente, di pilastri in falso, edifici con piani sospesi.



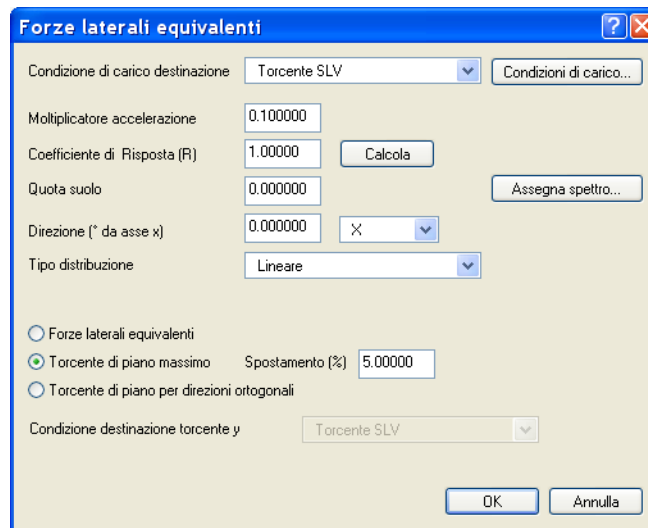
- Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  (nel nostro caso  $a_g = 0,35 \cdot 981 = 343,35$  cm/sec<sup>2</sup>).
- Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  leggibili dalla funzione di generazione spettro "dati geografici" per lo stato limite di salvaguardia della vita (ultimo) e di danno.
- Assegnare il percorso del file dello spettro di risposta cliccando con il pulsante destro del mouse e selezionando "scegli file"
- passare alla scheda Damping e selezionare il metodo di sovrapposizione modale che può essere SRSS ovvero CQC a seconda dell'esistenza o meno di modi aventi un periodo di vibrazione molto ravvicinato con uno scarto minore del 10%. Selezionando il metodo CQC non si dovrà controllare lo scarto tra i periodi anche se l'onere computazionale è leggermente superiore.

### **Generazione automatica dei torcenti di piano**

Se si sta operando con il D.M.2008 o con gli Eurocodici è necessario tenere conto delle eccentricità accidentale delle masse. Per esempio il D.M.2008 richiede che si tenga in conto di una eccentricità del 5%. Il nostro consiglio è quello, ammesso dalla normativa, di impiegare un momento torcente di piano che sia equivalente alla azione determinata dalla eccentricità delle masse. Infatti altrimenti si dovrebbero considerare ben 4 possibili decentramenti delle masse e quindi eseguire ben 4 distinte analisi dinamiche accompagnate dalle relative combinazioni delle sollecitazioni. Con il torcente di piano questo iter diviene molto più agevole.

**ATTENZIONE:** La procedura qui descritta si può attuare in modo del tutto automatico tramite l'attivazione del check-box visto in precedenza nel capitolo sulla formazione automatica degli spettri. La procedura qui di seguito descritta è utile in caso di personalizzazione dei torcenti di piano.

Accedere al dialogo di gestione della procedura dal menu Funzioni->Forze statiche equivalenti.



Generare le due condizioni di carico (una per SLD e l'altra per SLV) specifiche alle quali saranno affidati i torcenti di piano dall'apposito dialogo della gestione delle condizioni di carico al quale si può accedere direttamente dal precedente dialogo cliccando sul bottone "Condizioni di carico".

Poiché il torcente di piano si ottiene applicando con una data eccentricità il sistema orizzontale di forze statiche equivalenti, è necessario indicare lo spettro di risposta per il quale si desidera valutare il sistema di forze statiche equivalenti. A tale spettro è associata l'accelerazione assegnata alle condizioni dinamiche (moltiplicatore dell'accelerazione di gravità) per cui l'operazione è molto semplice. Se si desidera però assegnare valori diversi, il dialogo consente una assegnazione automatica. Il coefficiente di risposta può essere calcolato automaticamente premendo sul bottone "Calcola". In questo caso viene eseguita una analisi dinamica e viene calcolato il primo periodo di vibrazione. Poiché l'operazione può essere onerosa sotto il profilo del tempo di calcolo, è necessario disporre dell'opzione di fattorizzazione per le matrici sparse.

Si ricorda che la risposta in termini di accelerazione è data da

$$R = S_d(T_1) \lambda a_g/g$$

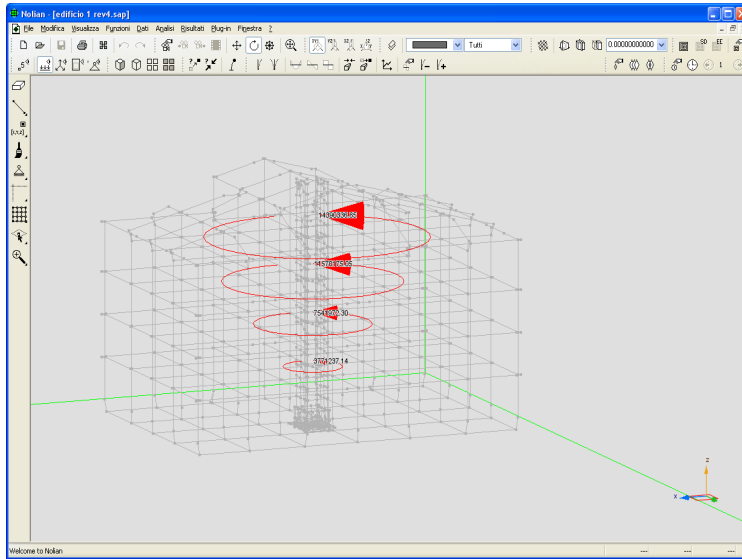
dove  $S_d(T_1)$  nel dialogo è assegnato al campo Coefficiente di risposta e  $a_g/g$  al campo Moltiplicatore accelerazione. Il parametro  $\lambda$  è un coefficiente pari a 0.85 se l'edificio ha almeno tre piani e se  $T_1 < 2 T_C$ , pari a 1.0 in tutti gli altri casi.

Selezionando la opzione "Torcente di piano massimo" verrà calcolato, a favore di sicurezza, il massimo valore del momento torcente. Sarà così possibile avere un'unica condizione di torcente di piano.

Selezionando il bottone Continua il momento torcente verrà automaticamente applicato ai nodi master.

Qualora si volessero visualizzare tali momenti si può cliccare sull'apposito pulsante di visualizzazione della toolbar.





## Variazioni di temperatura

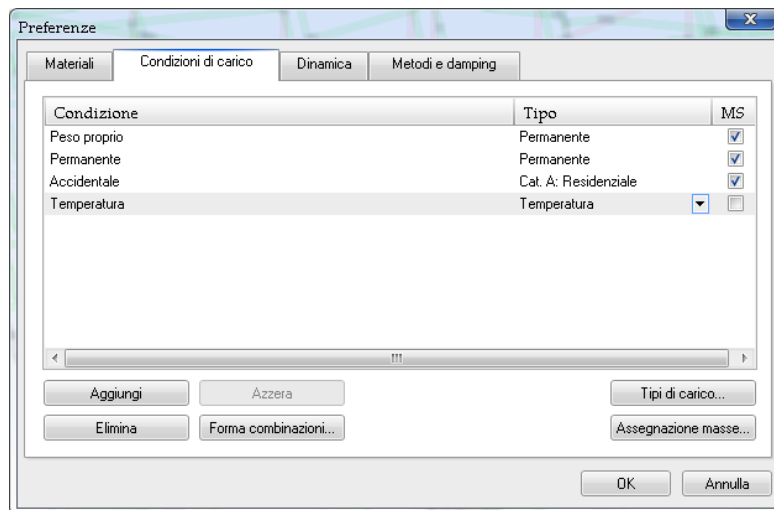
Per valutare gli effetti della temperatura si aggiunge, tra le condizioni di carico, una dedicata a tale tipo di carico termico.

Nome	Tipo	Gr...	Gs	G...	P0	P1	P2	P2S	Phi
Permanente	permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1.30	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLU	sismico	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLD	sismico	<input type="checkbox"/>	0.00	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLV	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLD	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	0.00	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Cat. A: Residenziale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. B: Uffici	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. C: Affollamento	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. D: Commerciale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. E: Magazzini	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	1.00
Cat. F: Rimesse (<30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. G: Rimesse (>30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. H: Copertura	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00
Neve (q<1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20	1.00
Neve (q>1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.20	0.20	1.00
Vento	variabile non contemporaneo	<input type="checkbox"/>	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00	0.00	1.00
Temperatura	variabile non contemporaneo	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	0.00	0.60	0.50	0.00	0.00	1.00

Gs: gamma      GSs: gamma sismico      P0: psi zero      P2: psi due  
 P1: psi uno      P2S: psi due sismico  
 Phi: coeff. di correlazione

Aggiungi      Factory  
 Elimina      Elimina tutti      Continua

Per le azioni termiche l'ipotesi degli impalcati infinitamente rigidi nel proprio piano conduce a tensioni elevatissime dovute al modello - per altro fisicamente corretto - di infinita rigidità. In questi casi è necessario disattivare il metodo master slave. Per una questione di praticità, Nòlian consente di effettuare due distinte analisi modificando automaticamente il modello di calcolo: uno con il sistema master slave attivo e uno con tale sistema disattivo. Si nota che questa operazione sarebbe anche possibile attivando due fasi, ma in questo modo la si è voluta rendere più agevole. Questa funzionalità entra in azione esclusivamente se si effettua un'analisi statica e dinamica. Nel dialogo delle condizioni di carico occorre disattivare i contrassegni relativi all'uso del master - slave (colonna contrassegnata con le lettere MS) alle condizioni che si desidera vengano calcolate senza l'attivazione del vincolo cinematico del master-slave.

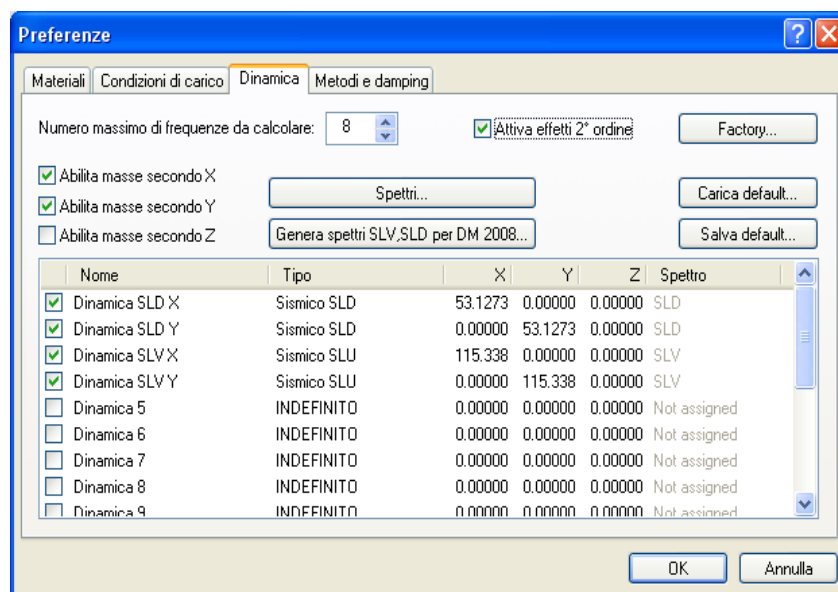


### **Analisi dinamica con effetti del 2° ordine**

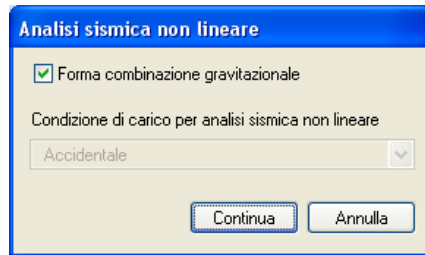
Secondo quanto previsto nel paragrafo 7.3.1 del D.M. 14/01/2008 si devono valutare gli effetti del secondo ordine qualora ci siano non linearità geometriche. Tale prescrizione viene controllata valutando il fattore  $\theta$  con la funzione relativa la controllo di regolarità.

Qualora le prescrizioni normative sui valori limite da rispettare per tale fattore non siano rispettate si procede ad eseguire un'analisi tenendo conto degli effetti del secondo ordine.

La procedura si attiva dal dialogo delle opzioni dinamiche di progetto.



Quando si avvia l'analisi dinamica si apre un dialogo nel quale si richiede di specificare per quale condizione di carico di carico l'utente vuole eseguire l'analisi sismica non lineare. E' anche possibile formare automaticamente una nuova condizione che includa tutte le condizioni di carico definite di natura "Gravitazionale"



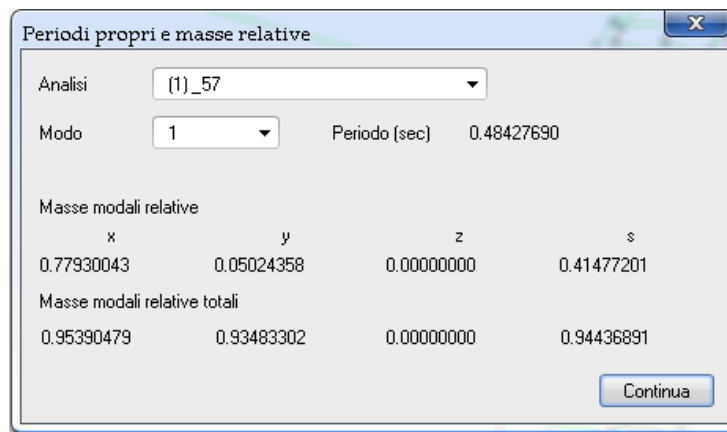
## Valutazioni dei risultati dell'analisi

### Periodi propri

Dopo aver eseguito l'analisi della struttura si deve controllare la percentuale di massa eccitata. Tale controllo è immediatamente eseguibile mediante il dialogo al quale si accede dall'icona della




toolbar oppure dal menu Risultati->Periodi propri.



Sono esposti i valori di massa eccitata relativi ai diversi periodi e nell'ultima riga si ottiene il valore della massa relativa totale. Il valore, per la norma, deve essere maggiore del 85%. Nel caso in esame la massa è maggiore di 85% e cioè pari a 94,43%


Consiglio: Se si trova un valore inferiore avendo assegnato un numero di periodi da calcolare pari a tre volte il numero di piani rigidi, prima di procedere ad aumentare il numero di modi calcolati è bene effettuare alcuni controlli e considerazioni in ordine alla modellazione effettuata.

- Controllare i periodi di vibrazione (autovalori) e la massa eccitata corrispondente di ciascun modo.
- Controllare la forma modale della struttura per valutarne la congruità, specialmente se ci sono modi con bassa massa eccitata. Attivare menu Risultati->Forme modali oppure il tasto  della toolbar
- Valutare se i modi di vibrare sono plausibili con le caratteristiche della struttura e, se si ritiene che non siano plausibili, modificare il modello strutturale in modo da ottenere ciò che ci si aspetta. Una visualizzazione interessante è quella effettuata con mappa a colori (rappresentazione solida attivata). Essa ci fornisce un rapidissimo controllo della forma modale attiva.

Questo controllo è molto opportuno in quanto può rivelare errori di modellazione.

La mancata eccitazione delle masse nella misura voluta è spesso legata alla presenza di parti molto rigide le cui masse associate hanno scarsa possibilità di entrare nel processo. Questo accade, a esempio, in edifici con piano scantinato del quale siano modellate le pareti contro terra.

### **Deformate**

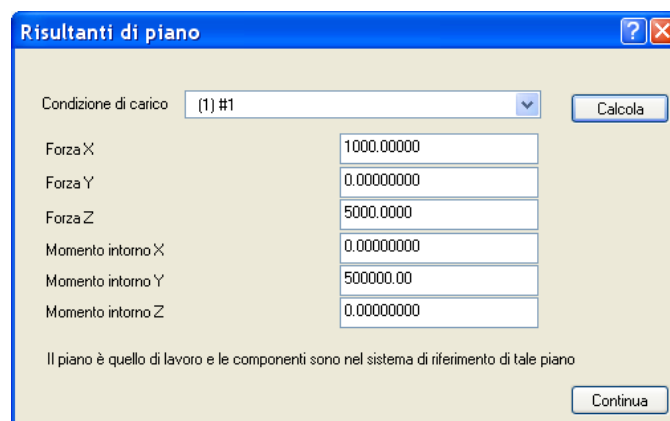
Un altro controllo importante riguarda la deformata delle strutture sotto i carichi verticali attivabile dalla toolbar mediante il tasto  oppure dal menu Risultati->Diagramma deformate.

### **Diagramma degli sforzi**

Anche il controllo dei diagrammi degli sforzi (M,T,N) e degli isosforzi ci forniscono importanti indicazioni sulla qualità del modello di calcolo da noi realizzato. E' sempre opportuno eseguire questi controlli prima di usare nel progetto delle armature infatti anche banali distrazioni nell'assegnazione dei carichi vengono immediatamente alla luce con questo controllo.

### **Risultanti di piano**

Anche il controllo delle risultanti di piano ci fornisce importanti indicazioni sulla qualità del modello di calcolo da noi realizzato. Il calcolo delle risultanti di piano si ottiene dalla funzione "Funzioni" - > Risultanti di piano. Mediante tale comando si avranno informazioni delle forze e momenti agenti sul piano di lavoro attivo dovuti alla condizione di carico selezionata.



Risultanti di piano	
Condizione di carico	(1) #1
Forza X	1000.00000
Forza Y	0.00000000
Forza Z	5000.0000
Momento intorno X	0.00000000
Momento intorno Y	500000.00
Momento intorno Z	0.00000000

Il piano è quello di lavoro e le componenti sono nel sistema di riferimento di tale piano

### **Salvataggio del file**

Terminate tutte le procedure definite nei capitoli precedenti siamo pronti per passare a EasyBeam non prima di aver salvato la struttura e fatta una "Pausa caffè".

Il salvataggio della struttura si esegue dal menu File->Salva o File->Salva come o attivando l'icona



Si accede al dialogo standard di salvataggio dei file. Poiché in Nòlian si può impiegare qualsiasi sistema di unità di misura purché congruente, la informazione sul sistema di unità di misura impiegate finora non è stato indispensabile. Nei post-processor invece, poiché fanno riferimento a requisiti di normativa espressi in specifiche unità di misura, questa informazione è necessaria. Salvando il file, nel dialogo di salvataggio, questa informazione va assegnata. Eseguite le

operazioni di salvataggio si può passare a EasyBeam.



# EasyBeam: Progetto delle armature

## Progetto delle armature e normativa

Nel D.M. 14/01/2008 sono presenti indicazioni di carattere progettuale che il tecnico dovrà rispettare sia di tipo geometrico che per le armature da impiegare negli elementi strutturali che sono riportate di seguito:

### 7.4.6.1 Limitazioni geometriche

#### 7.4.6.1.1 Travi

La larghezza  $b$  della trave deve essere  $\geq 20$  cm e, per le travi basse comunemente denominate "a spessore", deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte  $b_c$ , essendo  $b_c$  la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

Il rapporto  $b/h$  tra larghezza e altezza della trave deve essere  $\geq 0,25$ .

Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.

Le zone critiche si estendono, per CD"B" e CD"A", per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a 2 volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro.

#### 7.4.6.1.2 Pilastri

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.

Se  $\theta$ , quale definito nel § 7.3.1, risulta  $>0,1$ , l'altezza della sezione non deve essere inferiore ad un decimo della maggiore tra le distanze tra il punto in cui si annulla il momento flettente e le estremità del pilastro.

In assenza di analisi più accurate si può assumere che la lunghezza della zona critica sia la maggiore tra: l'altezza della sezione, 1/6 dell'altezza libera del pilastro, 45 cm, l'altezza libera del pilastro se questa è inferiore a 3 volte l'altezza della sezione.

#### 7.4.6.1.3 Nodi trave-pilastro

Sono da evitare per quanto possibile eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi 1/4 della larghezza del pilastro la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

#### 7.4.6.1.4 Pareti

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm, (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del § 7.4.4.6, armature inclinate), e 1/20 dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare ad un solo piano non destinate ad uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

In assenza di analisi più accurate si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra: la larghezza della parete e 1/6 della sua altezza.

### 7.4.6.2 Limitazioni di armatura

#### 7.4.6.2.1 Travi

#### Armature longitudinali

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

In ogni sezione della trave, salvo giustificazioni che dimostrino che le modalità di collasso della sezione sono coerenti con la classe di duttilità adottata, il rapporto geometrico  $\rho$  relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione  $A_s$  o quella al lembo inferiore della sezione  $A_i$ , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}} \quad (7.4.25)$$

dove:

$\rho$  è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa pari ad  $A_s/(b \cdot h)$  oppure ad  $A_i/(b \cdot h)$ ;

$\rho_{comp}$  è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;

$f_{yk}$  è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (in MPa).

Nelle zone critiche della trave, inoltre, deve essere  $\rho_{comp} \geq 1/2 \rho$  e comunque  $\geq 0,25 \rho$ .

L'armatura superiore, disposta per il momento negativo alle estremità delle travi, deve essere contenuta, per almeno il 75%, entro la larghezza dell'anima e comunque, per le sezioni a T o ad L, entro una fascia di soletta pari rispettivamente alla larghezza del pilastro, od alla larghezza del pilastro aumentata di 2 volte lo spessore della soletta da ciascun lato del pilastro, a seconda che nel nodo manchi o sia presente una trave ortogonale. Almeno  $1/4$  della suddetta armatura deve essere mantenuta per tutta la lunghezza della trave.

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori che inferiori, devono attraversare, di regola, i nodi senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo, oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a  $1,25 f_{yk}$ , e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi oltre di essa.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo, deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro. Per prevenire lo sfilamento di queste armature il diametro delle barre non inclinate deve essere  $\leq \alpha_{bL}$  volte l'altezza della sezione del pilastro, essendo

$$\alpha_{bL} = \begin{cases} \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8v_d}{1 + 0,75k_D \cdot \rho_{comp} / \rho} & \text{per nodi interni} \\ \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8v_d) & \text{per nodi esterni} \end{cases} \quad (7.4.26)$$

dove:  $v_d$  è la forza assiale di progetto normalizzata;

$k_D$  vale 1 o  $2/3$ , rispettivamente per CD"A" e per CD"B";

$\gamma_{Rd}$  vale 1,2 o 1, rispettivamente per CD"A" e per CD"B".

Se per nodi esterni non è possibile soddisfare tale limitazione, si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lun-

ghezza minima pari a 10 volte il loro diametro disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

### Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive devono essere disposte ad un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "A" e CD "B"
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

#### 7.4.6.2.2 Pilastri

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, debbono essere utilizzate armature bi-diagonali.

Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro ai sensi del § 7.4.5.3. deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

### Armature longitudinali

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.

Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica  $\rho$  di armatura longitudinale, con  $\rho$  rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\% \quad (7.4.27)$$

Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

### Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature; le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD "A" e CD "B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD "A" e CD "B".

Si devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a

$$\frac{A_{st}}{s} \geq \begin{cases} 0,08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} & \text{per CD "A" al di fuori della zona critica e per CD "B"} \\ 0,12 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} & \text{per CD "A"} \end{cases} \quad (7.4.28)$$

in cui  $A_{st}$  è l'area complessiva dei bracci delle staffe,  $b_{st}$  è la distanza tra i bracci più esterni delle staffe ed  $s$  è il passo delle staffe.

#### 7.4.6.2.3 Nodi trave-pilastro

Indipendentemente da quanto richiesto dalla verifica nel § 7.4.4.3.1, lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

Per i nodi non confinati, appartenenti a strutture sia in CD"A" che in CD"B", le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione:

$$\frac{n_{st} \cdot A_{st}}{i \cdot b_j} \geq 0,05 \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \quad (7.4.29)$$

nella quale  $n_{st}$  ed  $A_{st}$  sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale,  $i$  è l'interasse delle staffe, e  $b_j$  è la larghezza utile del nodo determinata come segue:

- se la trave ha una larghezza  $b_w$  superiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_w$  e  $b_c + h_c/2$ , essendo  $h_c$  la dimensione della sezione della colonna parallela alla trave;
- se la trave ha una larghezza  $b_w$  inferiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_c$  e  $b_w + h_c/2$ .

#### 7.4.6.2.4 Pareti

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad 1/10 dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato.

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza "confinata"  $l_c$  pari al 20% della lunghezza in pianta  $l$  della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico  $\rho$  dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\% \quad (7.4.30)$$

Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due con un passo non superiore a 8 volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento ed attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra  $\frac{1}{2}$  altezza ed  $\frac{1}{2}$  larghezza della parete.


Nella rimanente parte della parete, in pianta ed in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

Nella fase di predimensionamento strutturale il progettista si occuperà di rispettare le prescrizioni geometriche mentre per il rispetto delle prescrizioni sulle limitazioni dell'armatura in fase progettuale di ogni singolo elemento si può far affidamento ad EasyBeam il quale permette la massima flessibilità ed operatività su ogni singolo elemento.

## Progetto e verifica delle armature

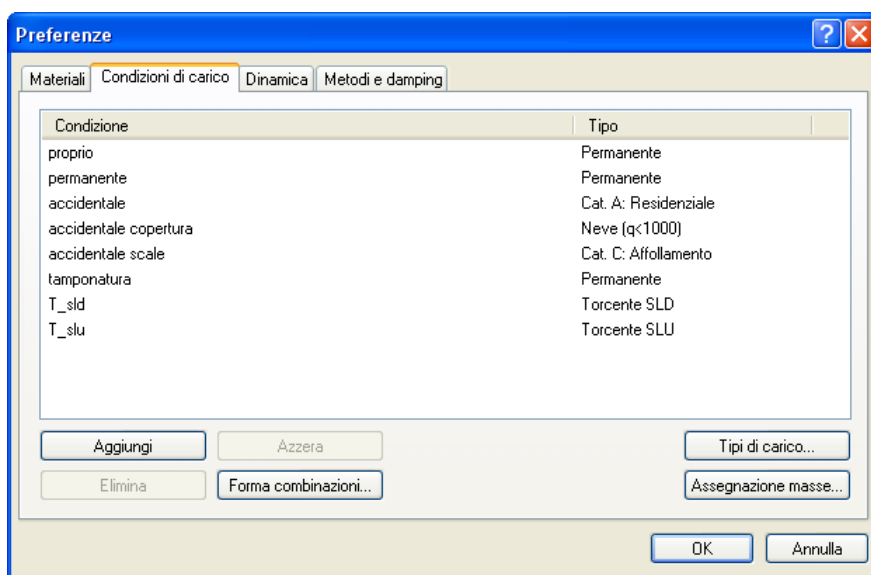
### Apertura del file

Una volta lanciato EasyBeam appare l'ambiente tridimensionale simile al Nòlian. L'apertura del file può essere effettuata:

- mediante l'icona 
- trascinando l'icona del file di Nòlian all'interno dell'ambiente.
- dal menu File->Apri.

### Combinazioni delle azioni

In qualsiasi momento dell'iter progettuale (inMod, Nòlian o EasyBeam) è possibile definire per ogni condizione di carico la sua tipologia. Ad ogni tipologia sono assegnabili i coefficienti necessarie per le combinazioni di carico.



alle condizioni va assegnato il tipo a scelta dell'utente . Per quanto riguarda le condizioni dinamiche 1 e 2 vanno assegnate come sismico SLD e le condizioni dinamiche 3 e 4 vanno assegnate come sismico SLU. Cliccando su tipi di carico... si accede al seguente dialogo:

Nome	Tipo	Grav	Gs	GSs	P0	P1	P2	P2S	Phi
Permanente	permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1.30	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLU	sismico	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLD	sismico	<input type="checkbox"/>	0.00	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLV	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLD	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	0.00	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Cat. A: Residenziale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. B: Uffici	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. C: Affollamento	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. D: Commerciale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. E: Magazzini	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	1.00
Cat. F: Rimesse (<30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. G: Rimesse (>30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. H: Copertura	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00
Neve (q<1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20	1.00
Neve (q>1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	1.00	0.70	0.50	0.20	0.20	1.00
Vento	variabile non contemporaneo	<input type="checkbox"/>	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00	0.00	1.00
Temperatura	variabile non contemporaneo	<input type="checkbox"/>	1.50	0.00	0.60	0.50	0.00	0.00	1.00

Gs: gamma      GSs: gamma sismico      P0: psi zero      P2: psi due  
 P1: psi uno      P2S: psi due sismico  
 Phi: coeff. di correlazione

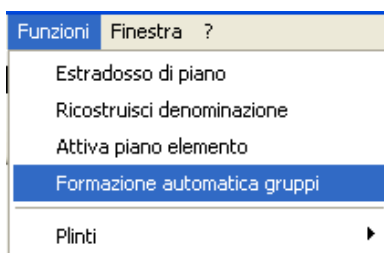
Aggiungi      Factory  
 Elimina      Elimina tutti      Continua

nel quale è possibile assegnare e personalizzare i diversi coefficienti per ogni tipologia di carico. Inoltre, si può spuntare, ove occorra la casella gravità che consente di differenziare i carichi di gravità per le verifiche sismiche.

Per il significato delle diverse voci e sul modo in cui il programma effettua le combinazioni automatiche si rimanda al manuale di riferimento del programma. Nel nostro esempio configureremo le diverse condizioni come illustrato nella figura precedente.

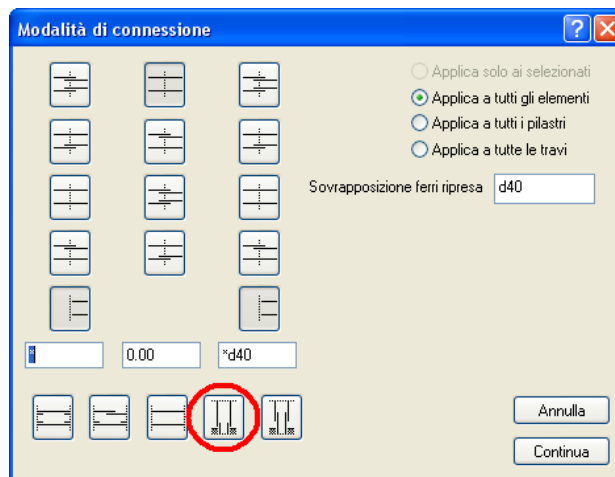
### **Modalità di continuità delle armature**

All'apertura del file può essere opportuno applicare il comando "Formazione automatica gruppi" il quale raggruppa eventuali elementi spezzati per scopi legati all'analisi ma che non rispecchiano punti di discontinuità costruttiva.

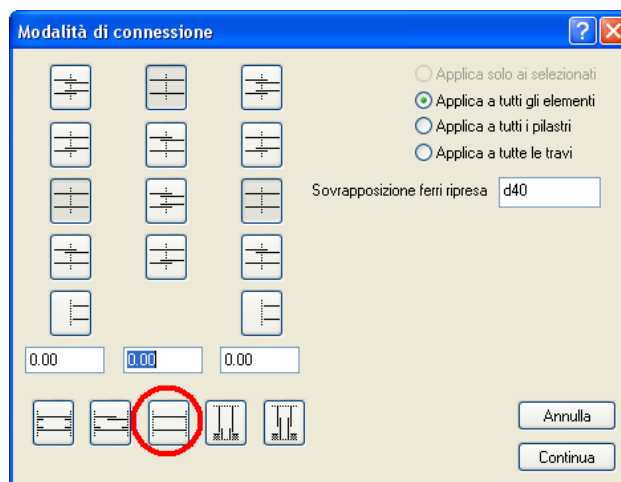


E' possibile poi personalizzare le modalità di connessione delle barre all'interfaccia tra elementi contigui in quanto per default esse sono impostate per l'interruzione ad ogni elemento.

Si consiglia di impostare le modalità di connessione sulla continuità per le travi (corrispondente al 3° bottone dei cinque in basso), per i pilastri invece la scelta è dettata dalla sensibilità del progettista, pur sapendo che la interruzione migliore per i pilastri in zona sismica è alla mezzera del pilastro (scelta consigliata ottenibile premendo il 5° bottone), la maggior parte preferisce utilizzare la interruzione al solaio di cui si presenta in figura la modalità di connessione (4° bottone).



*Impostazione di continuità consigliata per i pilastri*

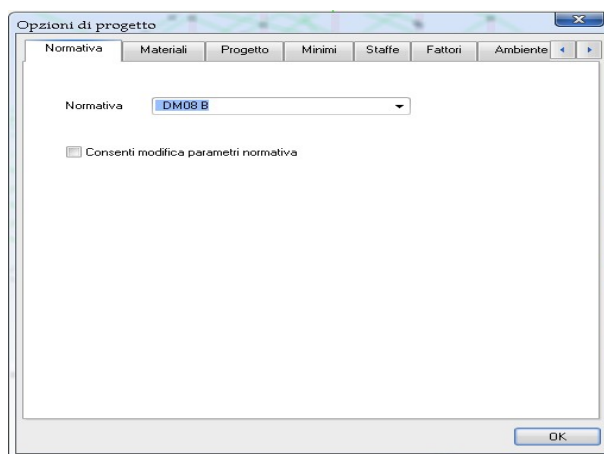


*Impostazione di continuità consigliata per le travi*

### **Assegnazione dei parametri di progetto**

Prima di effettuare il progetto delle armature della struttura si devono configurare tutti i parametri inerenti i materiali e si deve scegliere il metodo di progetto.

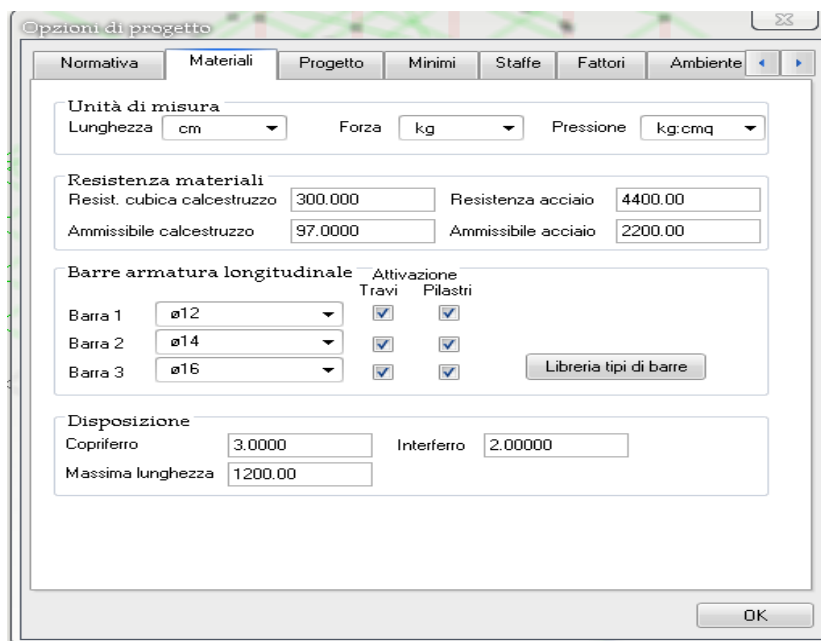
Si ricorda che queste configurazioni vengono memorizzate dal programma per cui una volta eseguite secondo i materiali impiegati e le proprie abitudini progettuali non sarà affatto necessario assegnarli nuovamente o si dovrà intervenire solo su alcuni di essi. Inoltre nella nuova versione EWS27 il cui aggiornamento è scaricabile da internet è possibile scegliere la normativa da utilizzare nel calcolo nel nostro caso D.M. 2008.



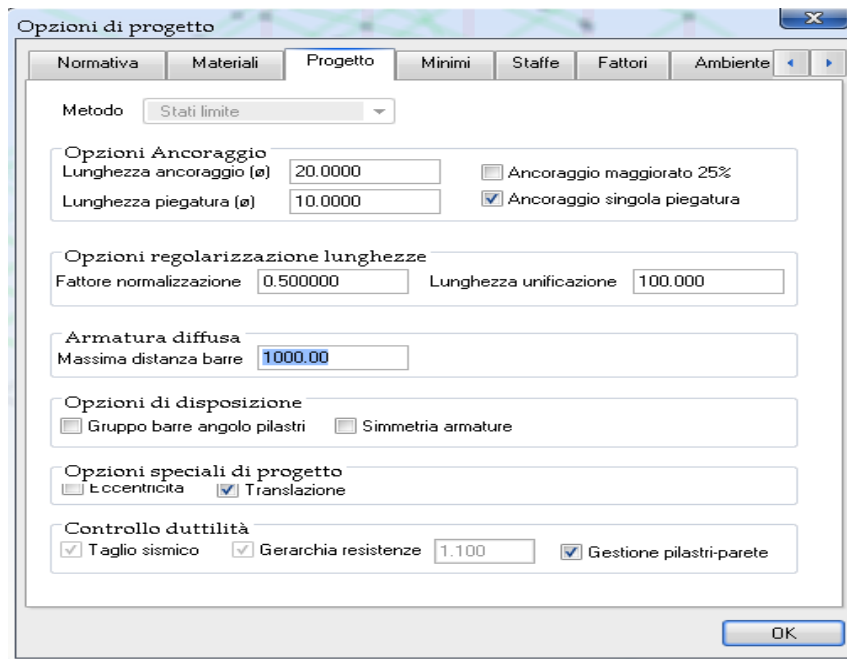
**Una volta scelta la normativa tutti i parametri inerenti vengono assegnati di conseguenza.**

Qualora l'utente voglia modificare i minimi di normativa non dovrà far altro che selezionare il settaggio "Consenti modifica parametri normativa".

Sulla scheda dei materiali si possono definire le caratteristiche del calcestruzzo e delle barre di armature e si possono definire barre diverse per travi e per pilastri. Si può definire inoltre il valore del copriferro e dell'interferro.

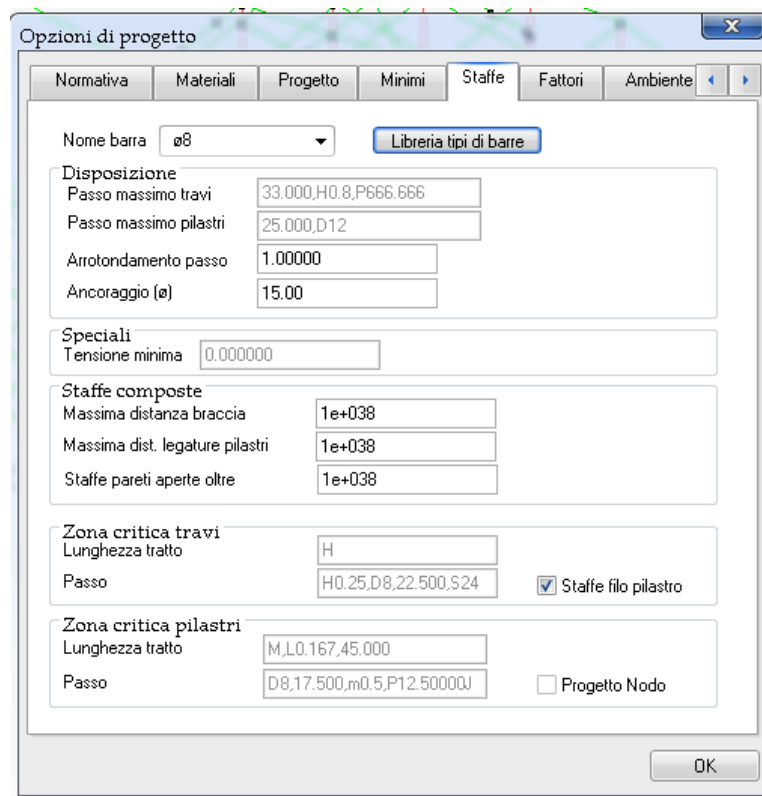






Si ricorda che il copriferro è definito qui come distanza dal centro della barra al lembo esterno del calcestruzzo e non come si intende comunemente come distanza minima dalla superficie esterna della barra di acciaio al lembo esterno del calcestruzzo. Similmente accade per l'interferro che è inteso come distanza tra i centri delle barre e non come distanza minima tra l'esterno delle barre.

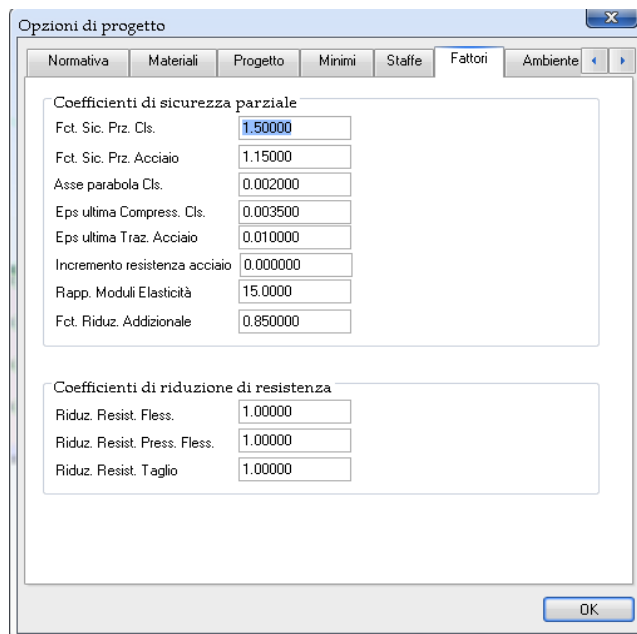
**ATTENZIONE:** questi parametri non modificano le caratteristiche dei metamateriali che, se si desidera, vanno modificate per i singoli metamateriali.



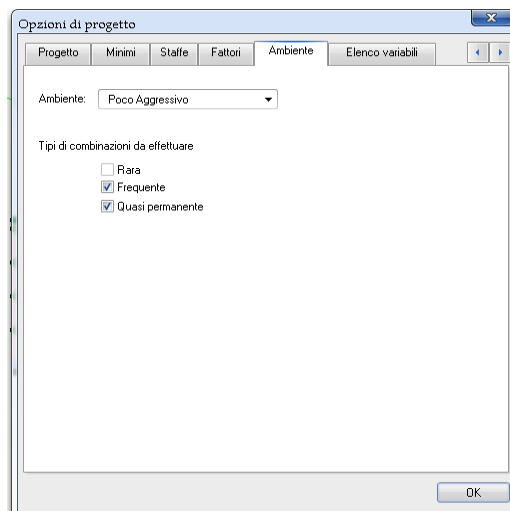
Alcuni campi dei valori consentono l'assegnazione di espressioni algebriche in una sintassi molto Progetto e verifica delle armature : Assegnazione dei parametri di progetto

semplificata che però consentono una flessibilità notevolissima consentendo di concatenare più valori minimi e massimi espressi tramite variabili. Ciò è necessario per meglio ottemperare anche ai più complessi requisiti di normativa. Per la sintassi di tali espressioni all'interno si rimanda la manuale di riferimento.

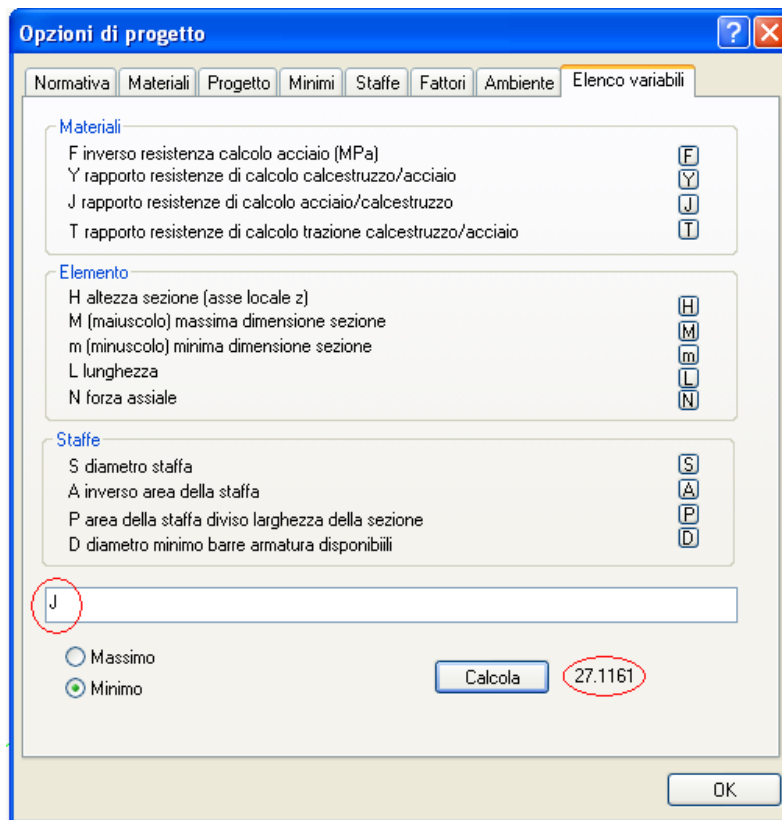
I settaggi inerenti i fattori di sicurezza parziale sono i seguenti rappresentati nella figura seguente.



Per la verifica a fessurazione (stato limite di servizio) va definito anche l'ambiente.



Con il dialogo "Elenco variabili" si posso controllare i parametri inseriti. Ad esempio se volessimo visualizzare il rapporto delle resistenze di calcolo acciaio/calcestruzzo si digiterà l'icona corrispondente ed apparirà nel dialogo la lettera corrispondente e da cui verrà calcolato il valore relativo.




Terminate le operazioni di settaggio si può procedere al progetto delle armature attivando l'apposito comando della palette



Nel nostro caso, e cioè per strutture ad alta duttilità, è necessario che il progetto sia effettuato su tutta la struttura contemporaneamente. Questo perché EasyBeam procederà al calcolo prima di tutte le travi e poi di tutti i pilastri per tenere conto della gerarchia delle resistenze.

## Personalizzazione delle armature

Nel caso in cui l'utente volesse visualizzare o modificare l'armatura inserita in un elemento trave o

pilastro si utilizza il comando "Visualizzazione armatura"  che permette di rappresentare le armature, attivare l'icona di visibilità e quindi selezionare gli elementi voluti. La selezione di più elementi può avvenire anche per lazo o per rettangolo e anche per selezione multipla (tasto <shift>) o totale. Le modalità di rappresentazione sia degli elementi che delle armature possono venire assegnate nel dialogo cui si accede tramite un doppio clic sull'icona della visibilità.

Sono possibili le seguenti opzioni:

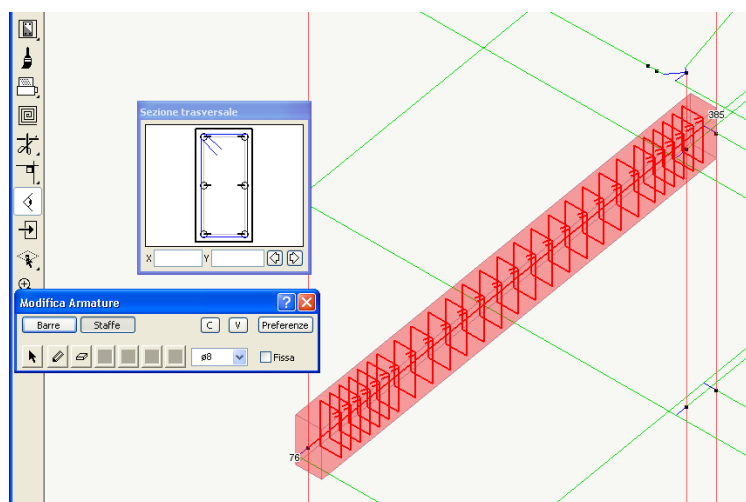
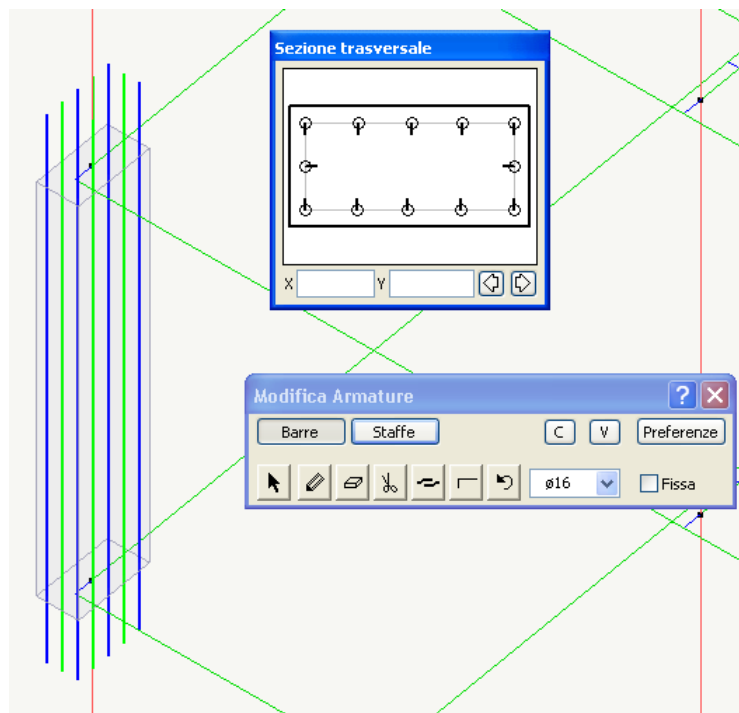
- Rappresentare l'asse degli elementi
- Rappresentare il solido degli elementi selezionati
- Rappresentare o meno le armature degli elementi selezionati

Le armature possono essere rappresentate per esploso. In questo caso, si hanno tre tipi diversi di rappresentazione che dipendono dalla rappresentazione attiva (per sezione o in assonometria) e dalla posizione della trave rispetto al piano di sezione.

- Rappresentazione in assonometria

- Rappresentazione in sezione dell'elemento sul piano di sezione
- Rappresentazione in sezione dell'elemento ortogonale al piano di sezione

La rappresentazione in assonometria consente di vedere le armature da qualsiasi punto di vista in esploso rispetto al baricentro delle armature. Qualora si selezionino elementi contigui che non abbiano assi baricentrici coincidenti la rappresentazione non verrà amplificata (esplosa) in quanto non esiste un asse comune di riferimento. Nella rappresentazione in assonometria è possibile selezionare una barra di armatura, per ottenere che si apra automaticamente il dialogo per modificare le armature longitudinali.



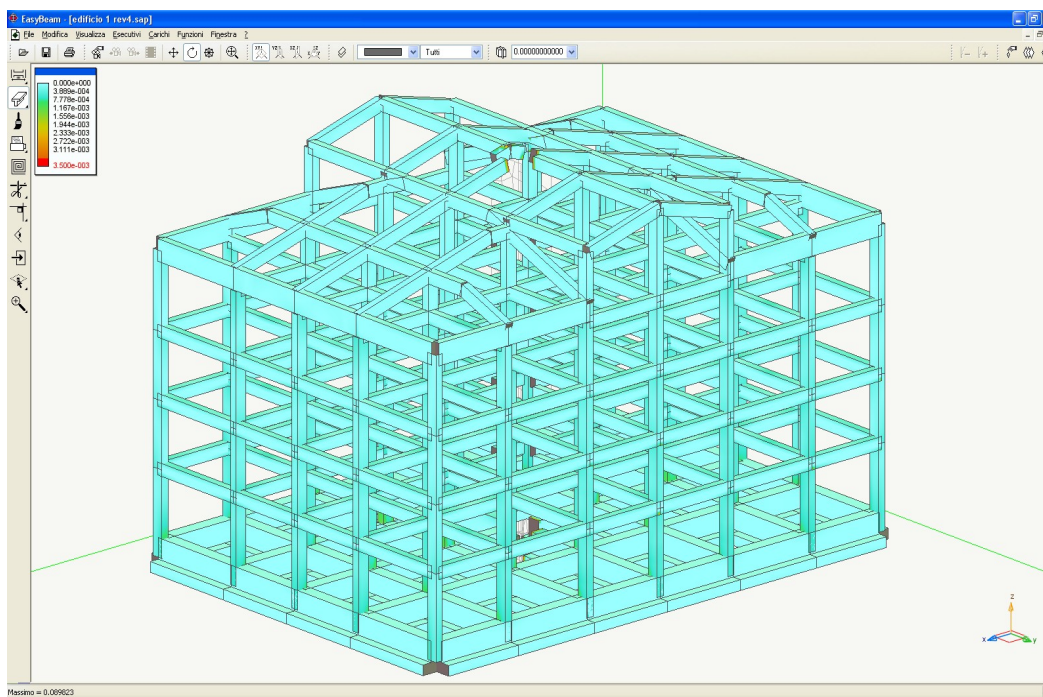
La rappresentazione in sezione genera una disposizione ordinata delle armature, raggruppate se di forma eguale, che procede dall'alto verso il basso per gli elementi suborizzontali, e da destra verso sinistra per gli altri elementi. I diametri ed il numero delle barre viene riportato. Le barre connesse vengono rappresentate come tali. Vengono rappresentate le armature di elementi che siano sezionati dal piano di sezione e che siano subparalleli al piano ( $\pm 10^\circ$ ). Per la selezione, poiché in sezione sul piano sono rappresentate solo gli elementi con asse giacente sul piano stesso, selezionare gli ele-


menti fuori piano in assonometria e quindi attivare la sezione. La rappresentazione in sezione ortogonale viene corredata del diametro di ciascuna barra. Tutte le rappresentazioni si possono esportare sul foglio alla scala voluta. Dal dialogo del controllo di visibilità è possibile abilitare la rappresentazione a schermo dei nomi degli elementi e degli indici degli elementi attribuiti nella mesh ad elementi finiti. Si rimanda al manuale di riferimento di EasyBeam per tutte le operazioni di modifica della forma delle barre

## Visualizzazione dei risultati delle verifiche


Dopo aver effettuato il progetto delle armature ed eventualmente aver modificato le armature secondo le proprie esigenze è consigliabile effettuare le verifiche a video allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio delle diverse grandezze in gioco. Vediamo come fare in pochi e semplici passi. Si ricorda che le funzioni di verifica sono tutte attivate tramite l'icona gerarchica che si trova in alto a sinistra della palette. Tenendo premuta l'icona, si apre una striscia che consente di scegliere il tipo di verifica desiderata. Le verifiche possono fornire valori numerici oppure rappresentazioni a livelli di colore. Per attivare una o l'altra modalità, si deve eseguire un doppio clic sull'icona della verifica desiderata e scegliere le modalità di verifica volute.

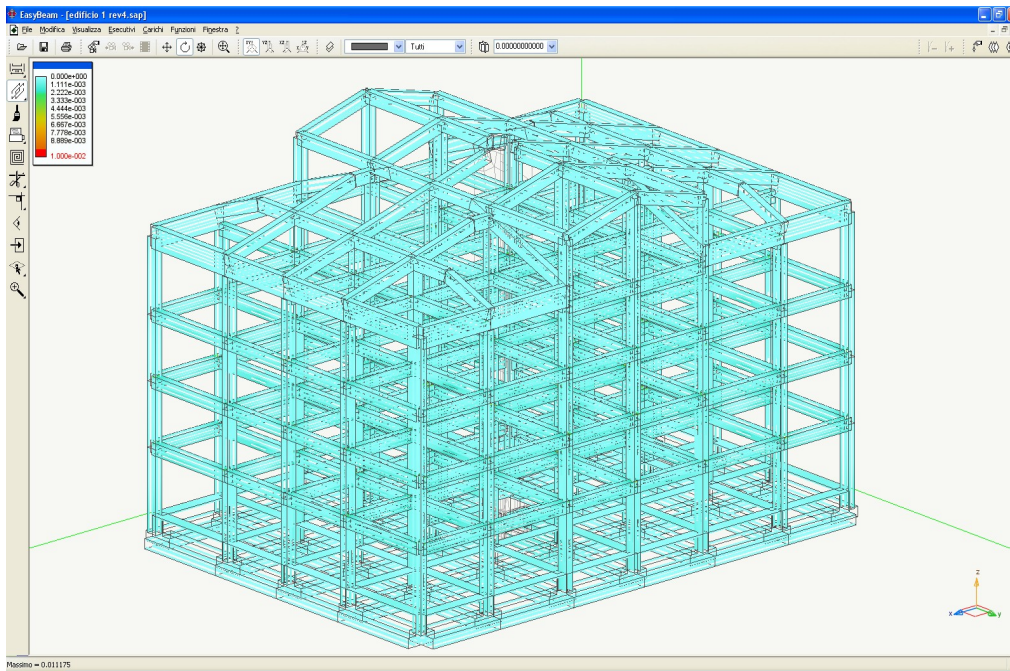
### Verifica del calcestruzzo




Cliccando sull'icona della palette in alto a sinistra  (evidenziata in rosso nella figura) e selezionando tutta la struttura mediante il menu Modifica->Seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo, si visualizza la massima deformazione del calcestruzzo, evidenziata in basso nella barra di stato

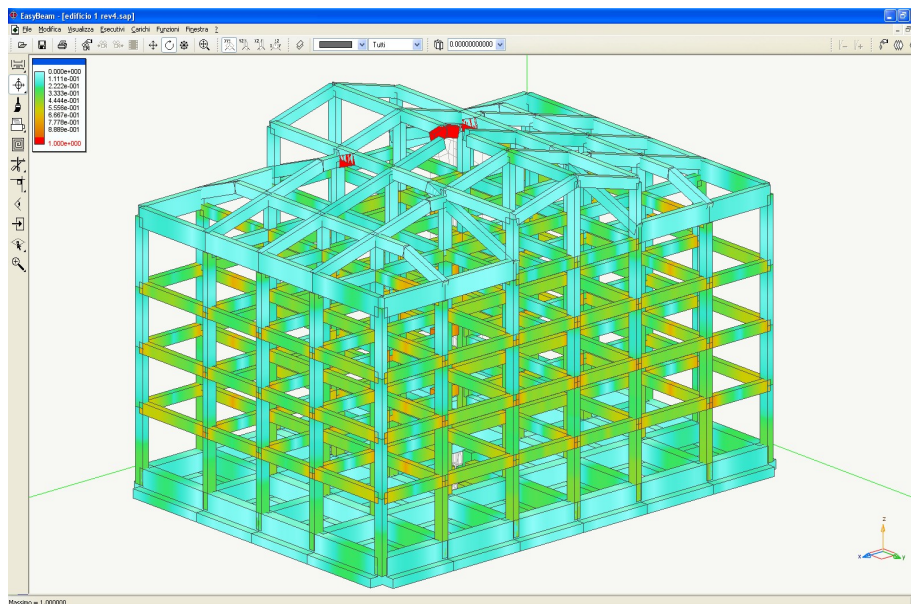
### Verifica dell'acciaio

Cliccando sull'icona della palette in alto a sinistra  (evidenziata in rosso nella figura) e selezionando tutta la struttura mediante il menu Modifica->Seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo si visualizza la massima deformazione dell'acciaio, il cui valore numerico massimo è riportato in basso nella barra di stato.




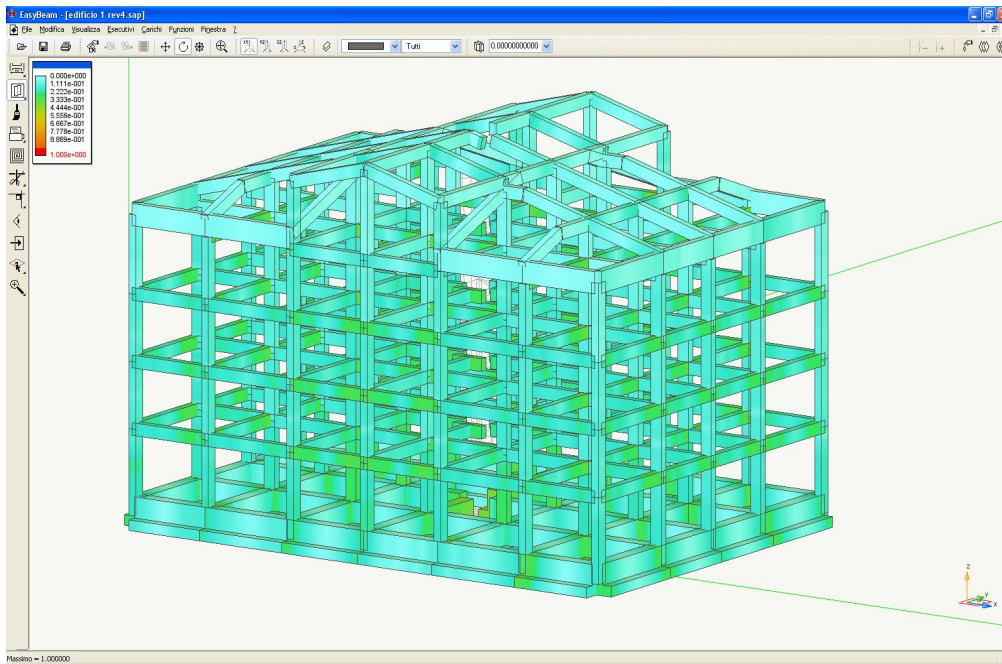
### Verifica del coefficiente di sfruttamento

Cliccando due volte sull'icona della palette in altro a sinistra  (evidenziata in rosso in figura) appare un dialogo dove è possibile settare la possibilità di visualizzazione della rappresentazione a colori anziché dei valori numerici del coefficiente di sfruttamento. Selezionando tutta la struttura mediante il menù modifica seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo si visualizza il valore del coefficiente di sfruttamento, il cui massimo è evidenziato in basso nella barra di stato. Sulla legenda dei colori, è visualizzato il valore massimo ottenibile.




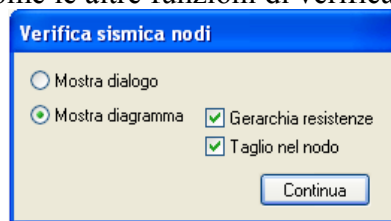
### Verifica del taglio

La verifica si attiva come quelle precedentemente illustrate . Il valore mostrato a diagramma di colori è il coefficiente di sfruttamento (inverso del coefficiente di sicurezza) per il taglio. Viene mostrato il valore massimo tra tutte le combinazioni di progetto attivate.

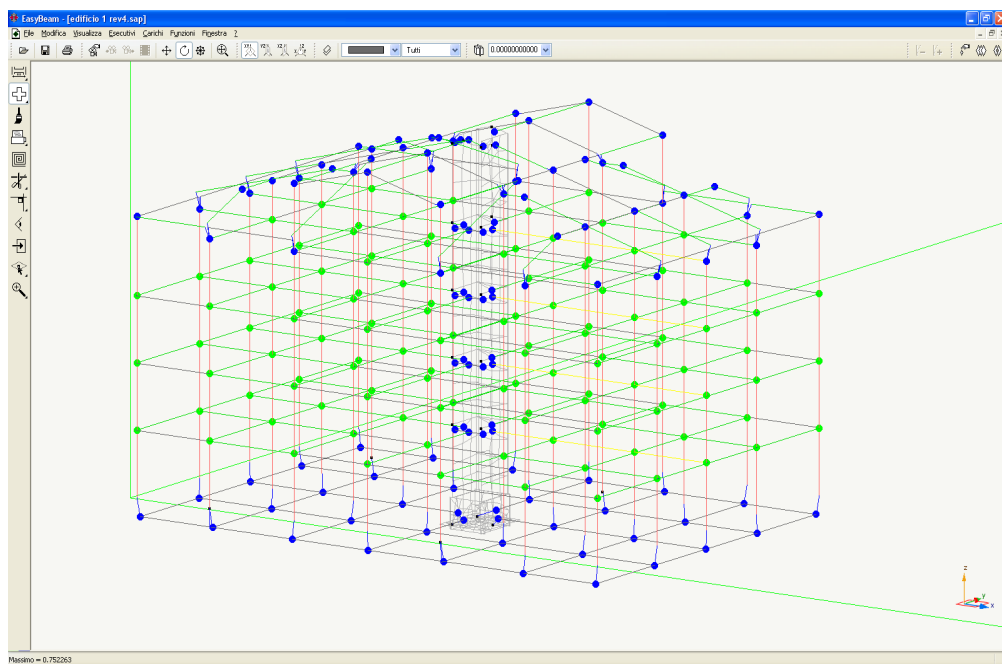


## Verifica dei giunti

Questa funzione  si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte.



I nodi vengono verificati per la gerarchia delle resistenze e per la staffatura secondo normativa. Le verifiche possono avere tre risultati identificati da tre colori diversi:



- il colore rosso indica che nel nodo  $\alpha < \gamma_{rd}$ ,
- il colore blu indica che il nodo non è ammissibile per la verifica,

Visualizzazione dei risultati delle verifiche : Verifica dei giunti

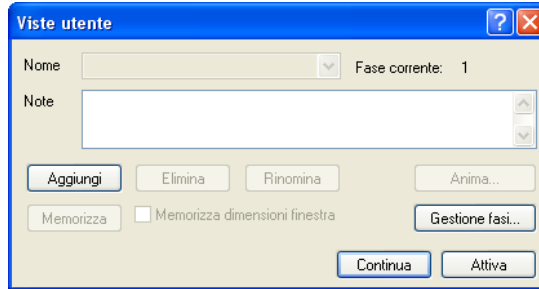
- il colore verde che  $\alpha > \gamma_{rd}$ .

In testa e al piede dei pilastri è ammesso che la verifica non sia soddisfatta.

Tutte le immagini dei risultati che sono rappresentate possono essere salvate e come vista utente e poi stampate nel tabulato di EasyBeam. La procedura da seguire è la seguente. Cliccare sull'icona




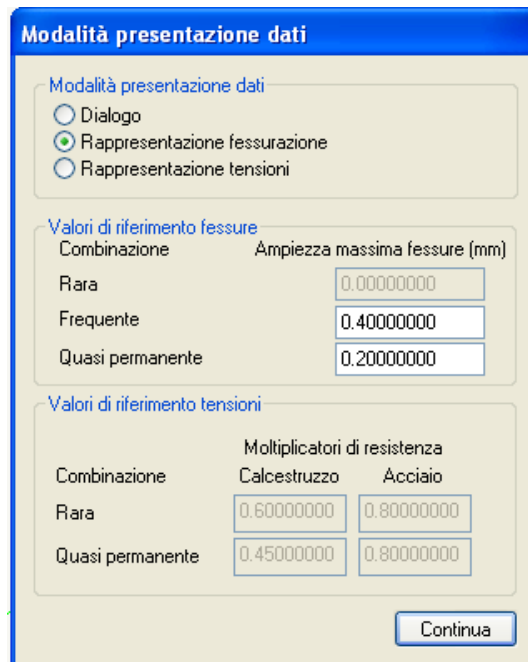
appare il dialogo seguente.



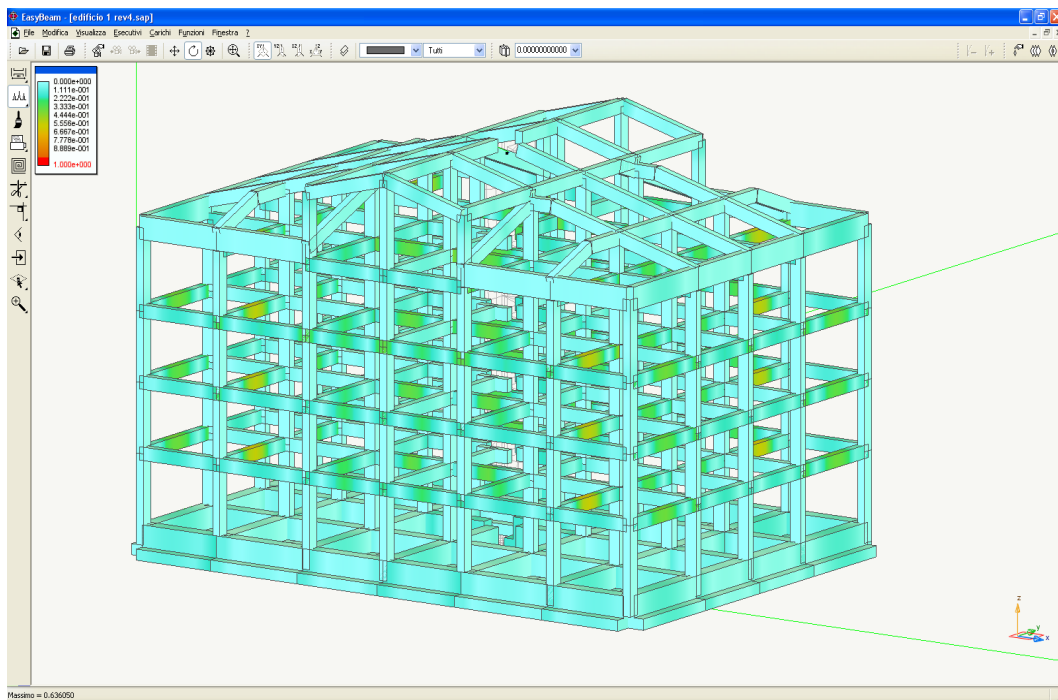
cliccando su Aggiungi il programma aggiungerà una nuova vista. Il nome assegnato alla vista verrà poi riportato come didascalia della figura.

### **Verifica allo stato limite di servizio: fessurazione**


Questa funzione si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte . Nel dialogo delle opzioni della verifica (che si apre con un doppio clic sull'icona) si devono assegnare i due valori limite della apertura delle fessure che sono il fine scala della mappatura a colori. Tali valori, dati dalla normativa, possono essere inseriti dall'utente o settati in modo automatico selezionando il tipo da ambiente nel dialogo dei fattori di combinazione di esercizio.







### Verifica stato limite di servizio: tensioni d'esercizio

Questa funzione si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte . Nel dialogo delle opzioni della verifica (che si apre con un doppio clic sull'icona) si possono assegnare i moltiplicatori della tensione di snervamento acciaio. Tali valori dati dalla normativa possono essere inseriti dall'utente o settati in modo automatico selezionando il tipo di ambiente nel dialogo dei fattori di combinazione di esercizio. Cliccando su Continua e selezionando quindi tutta la struttura è possibile avere la rappresentazione a colori della verifica delle tensioni di esercizio.

**Modalità presentazione dati**

Modalità presentazione dati

Dialogo  
 Rappresentazione fessurazione  
 Rappresentazione tensioni

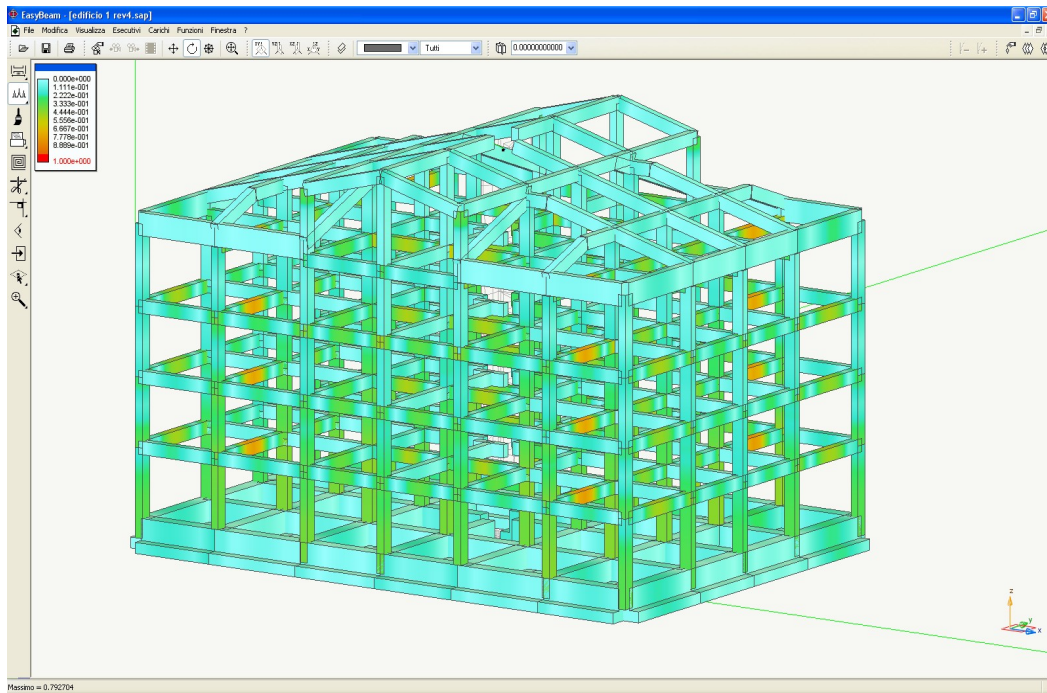
Valori di riferimento fessure

Combinazione	Ampiezza massima fessure (mm)
Rara	0.00000000
Frequente	0.40000000
Quasi permanente	0.20000000


Valori di riferimento tensioni

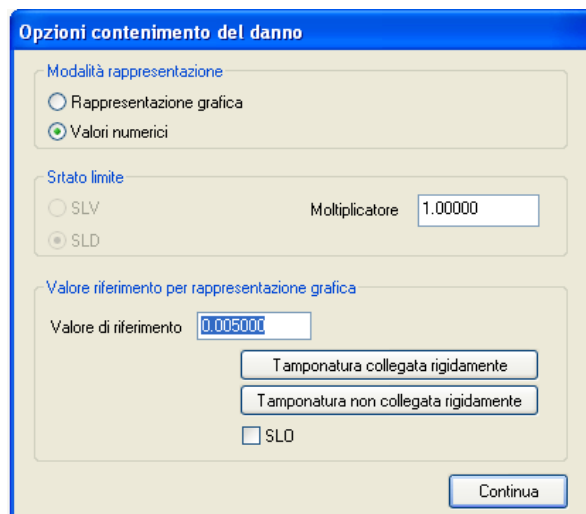
Combinazione	Moltiplicatori di resistenza	
	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60000000	0.80000000
Quasi permanente	0.45000000	0.80000000

Continua




### Verifica dello stato limite di danno

Mediante il comando della palette , "Verifica secondo lo SLD" è possibile verificare lo spostamento sismico secondo quanto previsto dalla normativa sia per il Danno che per lo SLV (martellamento).




### Verifica geotecnica

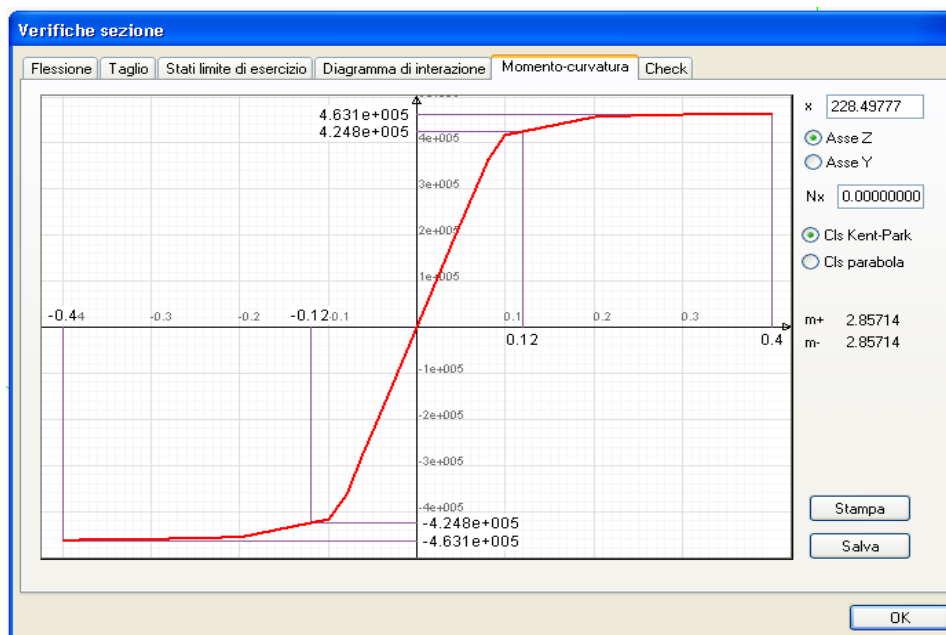
Attivando dall'icona della palette , la funzione di verifica geotecnica, è possibile eseguire sulle travi le verifiche geotecniche rispetto all'Approccio 1 o all'Approccio 2 del D.M. 14/01/2008.

**Verifiche geotecniche**

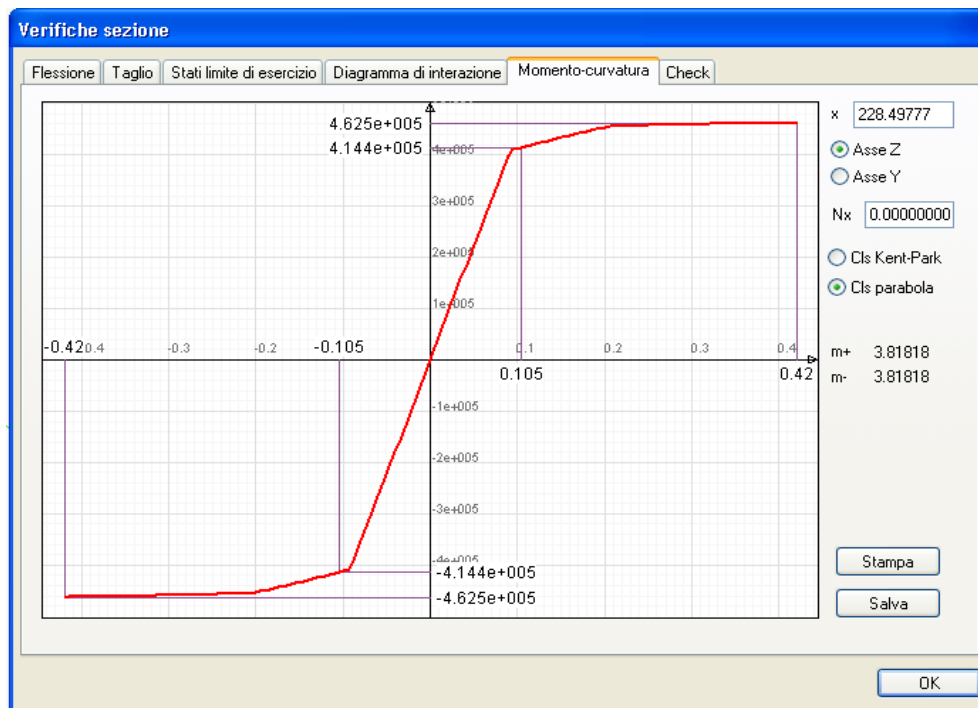
<b>Caratteristiche del terreno</b>		<b>Coefficienti M</b>		<b>Fondazione</b>	
Angolo attrito (°)	30.0000		1.00000	Profondità piano di posa	0.000000
Coesione	0.100000		1.00000	<b>Stato limite di danno</b>	
Peso specifico	1.80000		1.00000	Spostamento max. confronto	0.000000
<b>Coefficienti gamma in combinazione A</b>			<b>Fattore sicurezza R</b>		<b>Settaggio autom. coeff. normativa</b>
Permanente sfavorevole	1.30000	Portanza	2.30000	Approccio 1 : A2 + M2 + R2	
Variabile sfavorevole	1.50000	Scorrimento	1.10000	Approccio 2 : A1 + M1 + R3	
<b>Falda</b>					
Profondità falda (positiva)	10000.0	Densità terreno umido	1.80000	Umidità (%)	10.0000
<b>Tipo di rappresentazione</b>					
<input type="radio"/> Numerica <input checked="" type="radio"/> Deflessione mappa <input type="radio"/> Pressione mappa <input type="radio"/> Sfruttamento portanza mappa					
Continua					

### Verifica duttilità

Mediante il comando , "Verifica duttilità" permette di controllare la duttilità di ogni elemento modellato, facendo visualizzare per ogni elemento il diagramma momento-curvatura di Kent – Park e/o parabola rettangolo. In modo da verificare il rispetto di quanto previsto nel paragrafo 7.4.4 Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali del D.M. 14/01/2008.




*Legame Kent-Park*



*legame parabola-rettangolo*

## Personalizzazione delle armature

Nel caso in cui l'utente volesse visualizzare o modificare l'armatura inserita in un elemento trave o pilastro si utilizza il comando "Visualizzazione armatura"  che permette di rappresentare le armature, attivare l'icona di visibilità e quindi selezionare gli elementi voluti. La selezione di più elementi può avvenire anche per lazo o per rettangolo e anche per selezione multipla (tasto <shift>) o totale. Le modalità di rappresentazione sia degli elementi che delle armature possono venire assegnate nel dialogo cui si accede tramite un doppio clic sull'icona della visibilità.

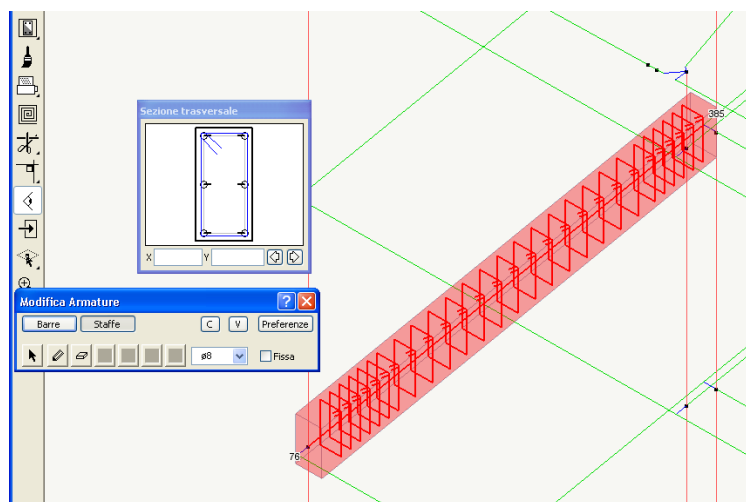
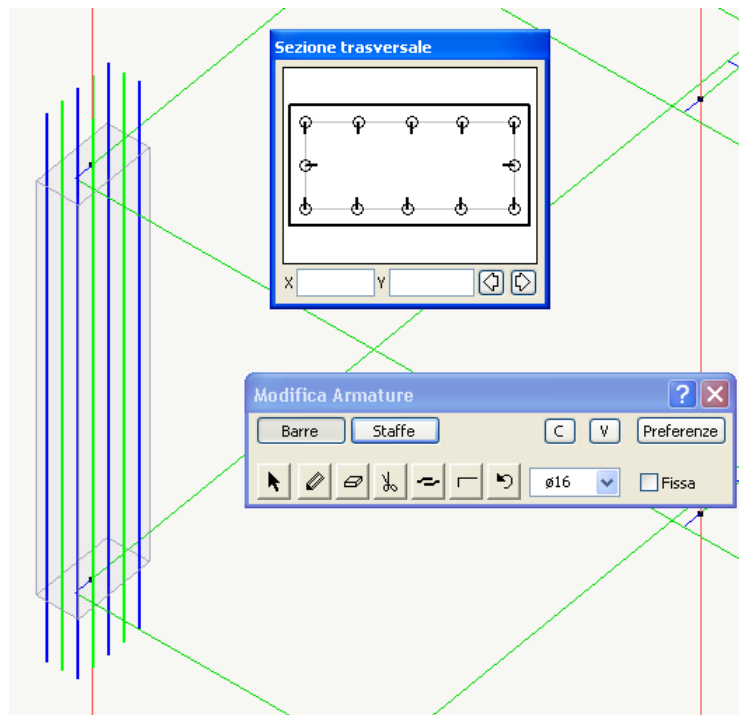
Sono possibili le seguenti opzioni:

- Rappresentare l'asse degli elementi
- Rappresentare il solido degli elementi selezionati
- Rappresentare o meno le armature degli elementi selezionati

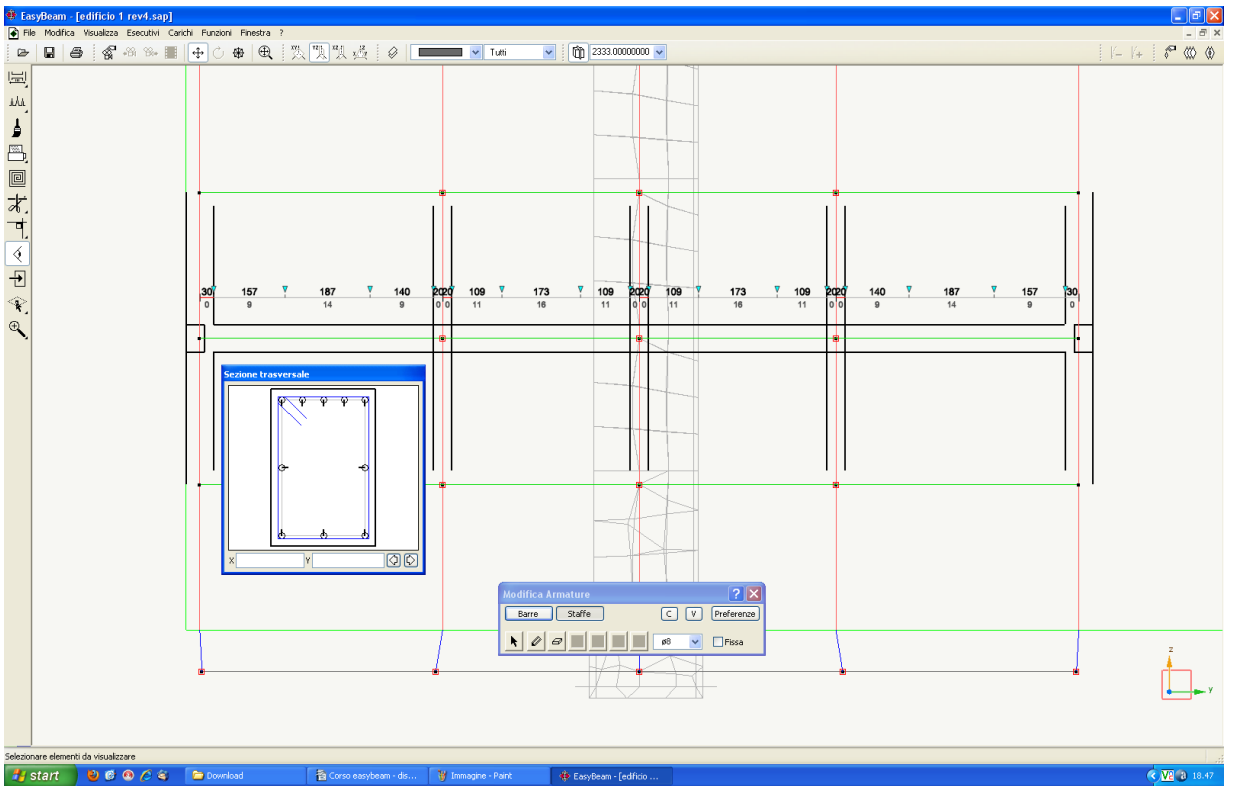
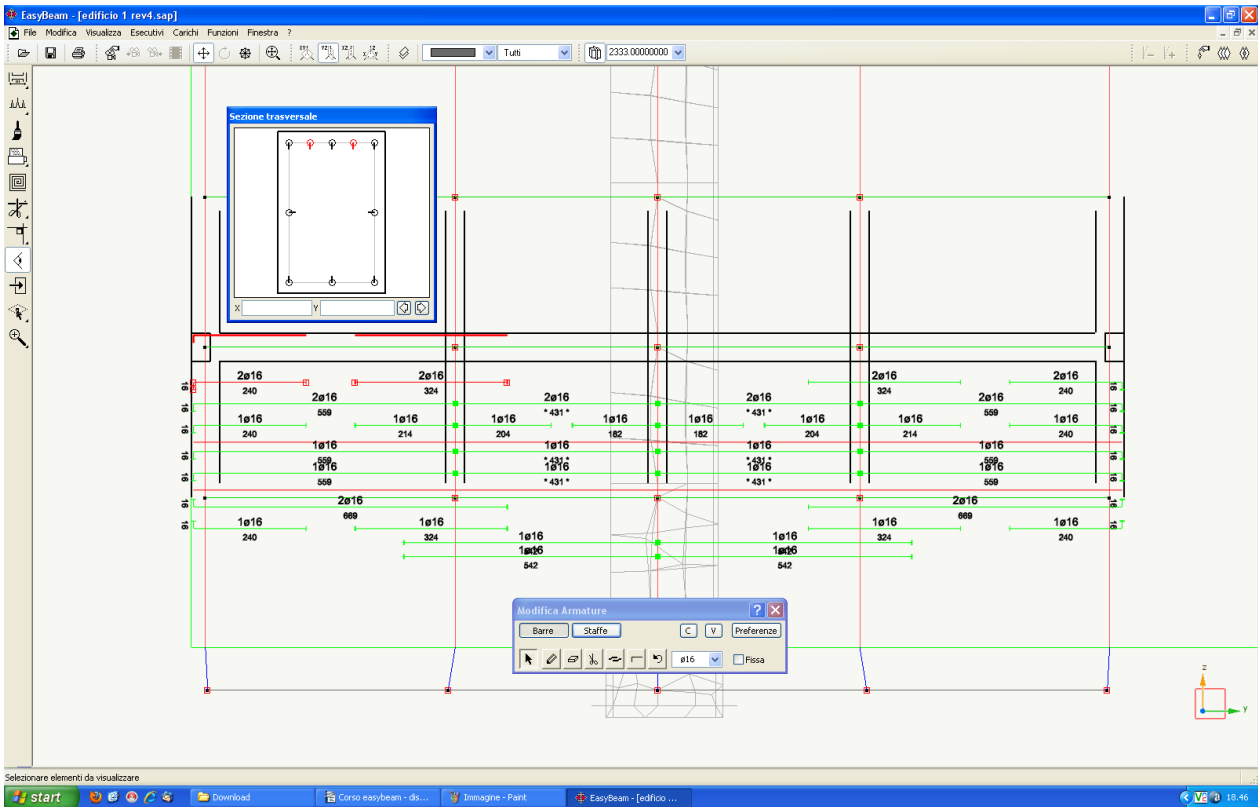
Le armature possono essere rappresentate per esploso. In questo caso, si hanno tre tipi diversi di rappresentazione che dipendono dalla rappresentazione attiva (per sezione o in assonometria) e dalla posizione della trave rispetto al piano di sezione.

- Rappresentazione in assonometria
- Rappresentazione in sezione dell'elemento sul piano di sezione
- Rappresentazione in sezione dell'elemento ortogonale al piano di sezione

La rappresentazione in assonometria consente di vedere le armature da qualsiasi punto di vista in esploso rispetto al baricentro delle armature. Qualora si selezionino elementi contigui che non abbiano assi baricentrici coincidenti la rappresentazione non verrà amplificata (esplosa) in quanto non esiste un asse comune di riferimento. Nella rappresentazione in assonometria è possibile selezionare una barra di armatura, per ottenere che si apra automaticamente il dialogo per modificare le armature longitudinali.



La rappresentazione in sezione genera una disposizione ordinata delle armature, raggruppate se di forma eguale, che procede dall'alto verso il basso per gli elementi suborizzontali, e da destra verso sinistra per gli altri elementi. I diametri ed il numero delle barre viene riportato. Le barre connesse vengono rappresentate come tali. Vengono rappresentate le armature di elementi che siano sezionati dal piano di sezione e che siano subparalleli al piano ( $\pm 10^\circ$ ). Per la selezione, poiché in sezione sul piano sono rappresentate solo gli elementi con asse giacente sul piano stesso, selezionare gli elementi fuori piano in assonometria e quindi attivare la sezione. La rappresentazione in sezione ortogonale viene corredata del diametro di ciascuna barra. Tutte le rappresentazioni si possono esportare sul foglio alla scala voluta. Dal dialogo del controllo di visibilità è possibile abilitare la rappresentazione a schermo dei nomi degli elementi e degli indici degli elementi attribuiti nella mesh ad elementi finiti. Si rimanda al manuale di riferimento di EasyBeam per tutte le operazioni di modifica della forma delle barre, delle staffe, della loro connessione ed ancoraggio



## Generazione automatica degli esecutivi


Questo tutorial è soprattutto dedicato alle procedure da seguire per effettuare un consapevole Generazione automatica degli esecutivi : Generazione automatica degli esecutivi

progetto in zona sismica e quindi non si inoltra, per forza di cose, nelle moltissime funzioni dei programmi di cui si tratta. Le procedure di generazione degli esecutivi di EasyBeam sono molto flessibili e produttive e si basano su un sistema CAD interno, il BIC, eguale per tutti i postprocessori di Nòlian, che consente la manipolazione grafica dei disegni con molta facilità consentendo di giungere fino alla produzione finale. Su queste funzioni, vista la loro specificità, non ci soffermiamo rimandando alla documentazione di EasyBeam ma ci teniamo a sottolineare la semplicità e produttività di queste ultime operazioni per ottenere gli elaborati esecutivi.

# EasyWall: Progetto e verifica di pareti

## Apertura del file

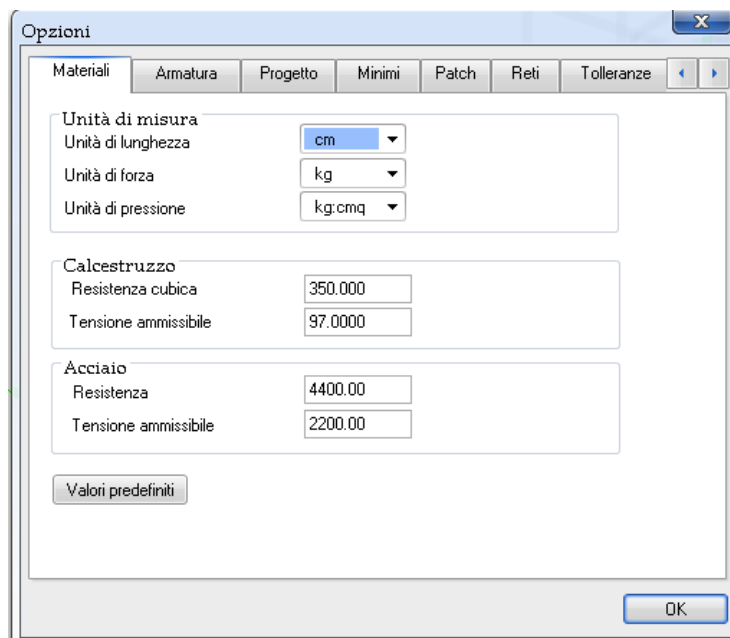
Una volta aperto EasyWall appare l'ambiente tridimensionale simile al Nòlian. L'apertura del file può essere effettuata:

- Mediante l'icona 
- Trascinando l'icona del file di Nòlian sulla finestra del documento di EasyWall
- Dal menu File->Apri.

## Impostazioni di progetto

Aperto il file della struttura è opportuno impostare i "Dati elemento" cliccando sul comando .

Dalla selezione del comando "Dati elemento" si apre un dialogo che permette di impostare tutte le opzioni necessarie al progetto.



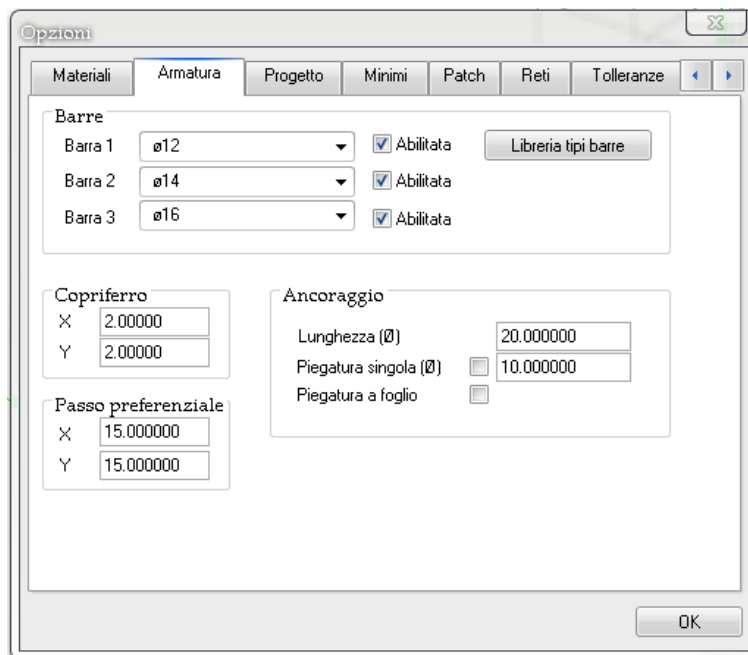
Il dialogo "Opzioni" ha la scheda "Progetto" selezionata. Le impostazioni sono le seguenti:

Categoria	Parametro	Valore
Unità di misura	Unità di lunghezza	cm
	Unità di forza	kg
	Unità di pressione	kg/cmq
Calcestruzzo	Resistenza cubica	350.000
	Tensione ammissibile	97.0000
Acciaio	Resistenza	4400.00
	Tensione ammissibile	2200.00

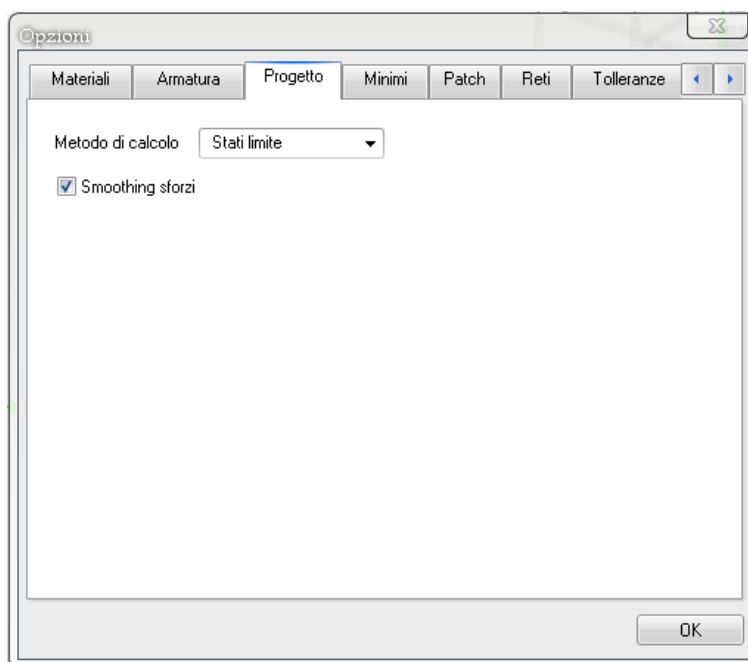
Altri elementi visibili: pulsante "Valori predefiniti" e pulsante "OK".

Nella prima pagina del dialogo si definiscono le unità di misura e le caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio. Di solito abbiamo dei valori predefiniti che sono modificabili in base alla necessità di progetto.

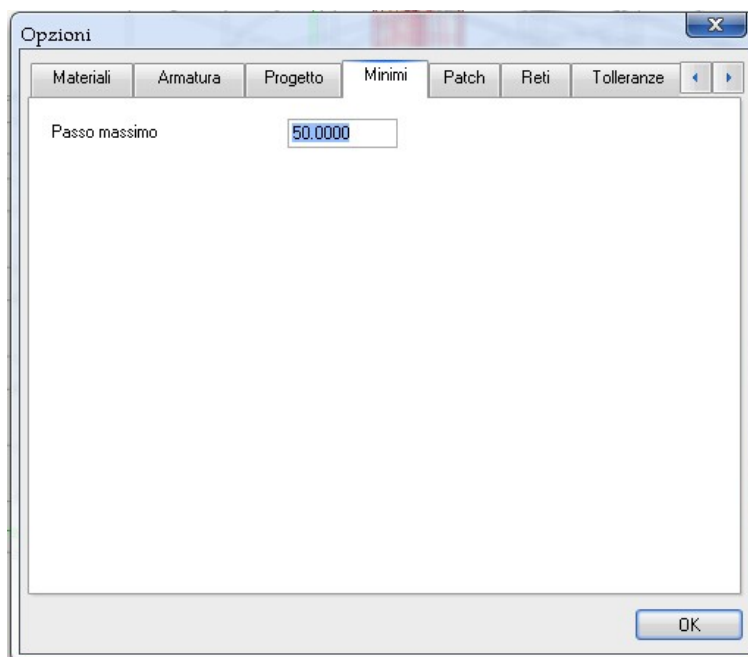




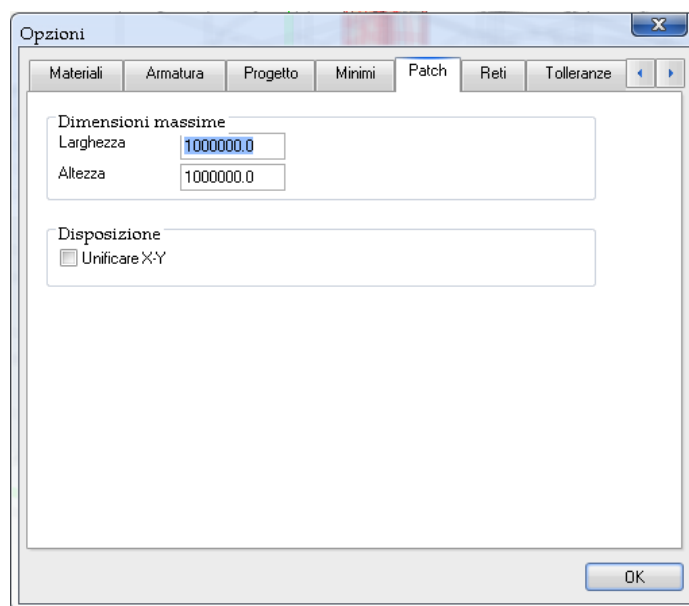
Nella pagina Armature si definiscono le armature, i copriferri, gli interferri e le lunghezze di ancoraggio da impiegare nel progetto e nella verifica.



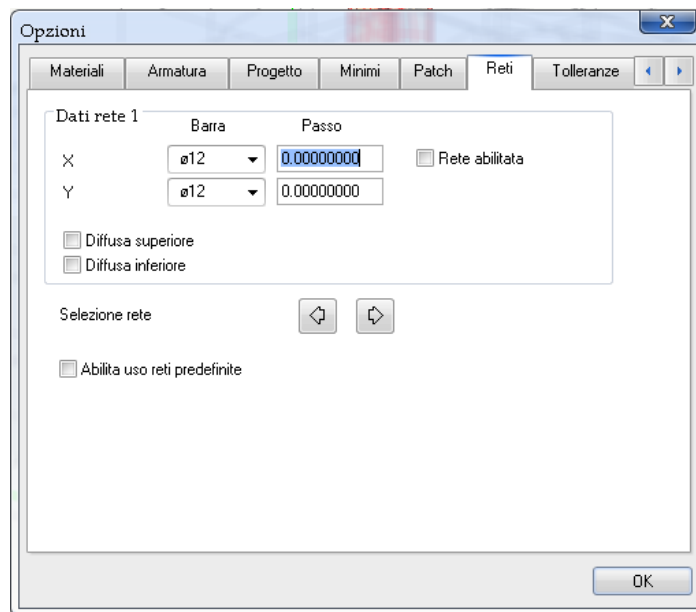
Nella pagina Progetto si definisce il metodo di calcolo con cui eseguire il progetto e la verifica.



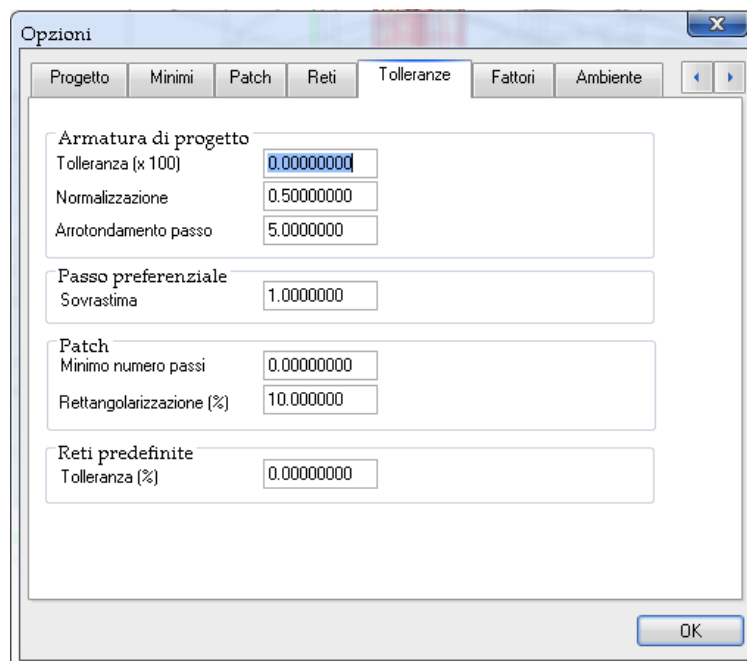
Il passo massimo consente di forzare al passo massimo assegnato qualsiasi valore di passo superiore a tale valore. Convenzionalmente, passo massimo=0 indica che il passo è libero. Il passo massimo, insieme alla barra di diametro minimo, determinano la minima armatura adottata.



Nella pagina Patch vengono impostate le dimensioni, ovvero la larghezza ed altezza massime, che consentono di definire delle zone di armatura di dimensioni non superiori a quelle volute. Ciò è importante se si usano reti elettrosaldate. Vi è una tolleranza, che si assegna nel dialogo delle tolleranze, che determina una lunghezza sotto la quale si accetta un sovradimensionamento delle zone per evitare di adottare delle zone troppo esigue. Nella disposizione delle zone si tiene conto della sovrapposizione per l'ancoraggio. La lunghezza di ancoraggio viene calcolata secondo criteri statici ma può essere aumentata tramite il parametro di ancoraggio nelle Opzioni di progetto. Mentre per unificazione X-Y il progetto avviene sempre per barre disposte a maglia ortogonale. Le zone di armatura però vengono determinate indipendentemente per le due direzioni. Solo se le zone coincidono vengono sommate in un'unica zona. Se si vuole forzare l'adozione di zone con l'armatura definita sempre per entrambe le direzioni, l'opzione del dialogo "Unificare X-Y" lo consente. Nel caso di reti elettrosaldate questa possibilità è importante.



Tramite la pagina Reti è possibile assegnare delle reti di armatura tramite diametro della barra e passo in due direzioni ortogonali. Le quantità di armatura sono nelle direzioni ortogonali e possono essere impiegata "ruotandole" di un angolo retto, se occorre. Cioè, ad esempio, una rete  $x = \text{ø}12/20$ ,  $y = \text{ø} 12/40$  soddisfa egualmente la richiesta di  $x = \text{ø} 12/40$ ,  $y = \text{ø} 12/20$ . Se una, ed una sola, rete è definita "Diffusa (superiore o inferiore)" tale rete verrà usata come rete diffusa.



Nella pagina Tolleranze si possono assegnare le tolleranze con le quali si opera la disposizione delle armature. In genere i valori preassegnati (di default) sono sufficienti comunque di seguito si riporta il significato dei parametri del dialogo.

### **Fattore di normalizzazione delle quantità di armatura di progetto**

Appena effettuato il progetto delle armature, il programma individua per ogni gruppo strutturale due livelli ottimi di suddivisione tecnica delle armature. Poiché infatti la quantità di armatura varia da punto a punto del gruppo strutturale, è necessario un criterio ottimale di individuazione di zone omogenee di armatura. Questo procedimento di ottimizzazione utilizza il fattore di normalizzazione. Detto A il volume di armatura diffusa su tutto il gruppo strutturale con il valore massimo riscon-

trato nel progetto (cioè estendendo il massimo su tutta la superficie) e B invece il volume ottimizzato (e quindi sempre inferiore ad A), se:

$(A - B) / A < \text{fattore normalizzazione}$

si adotta l'armatura massima su tutto il gruppo strutturale.

### Tolleranza sulle quantità di armatura di progetto

Il fattore di tolleranza consente di indicare la quantità di armatura che eventualmente si ritiene di poter trascurare. Valori molto piccoli di armatura infatti porterebbero comunque all'adozione del quantitativo minimo. In genere questo parametro è zero. Il valore è una quantità lineare di armatura per 100. (Ad esempio  $\text{cm}^2 / \text{m}$ ).

### Sovrastima del passo preferenziale

Il criterio di prossimità è dato dal fattore di sovrastima. Se cioè la quantità di armatura che si otterrebbe con il passo preferenziale, supera quella determinata con il passo arrotondato del fattore di "sovrastima" si adotta il passo preferenziale. Se ad esempio, sovrastima = 2.0, vuol dire che si accetta di raddoppiare la quantità pur di adottare il passo preferenziale.

### Minimo numero passi

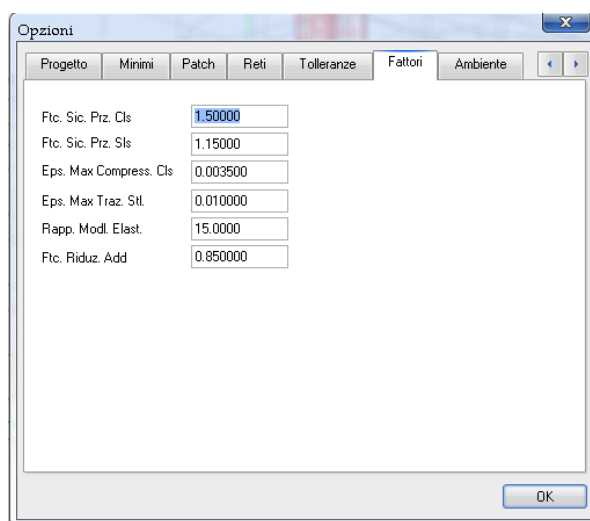
E' possibile assegnare un numero di passi di armatura sotto il quale il patch non viene disposto. Questo per evitare zone di armatura di dimensioni troppo esigue che magari potrebbero contenere una sola barra. Se, a esempio, si assegna 2 e si ha un passo di 15 cm, zone di armatura di larghezza inferiore a 30 cm (che conterebbero solo 2 barre) non vengono disposte. Ovviamente assegnando 0 le zone vengono sempre disposte.

### Rettangolarizzazione

Questo parametro governa lo sfido che il progettista è disposto ad ammettere affinché i patch, qualora non lo fossero, assumano forma rettangolare e, se il caso, anche unificandosi tra loro se sovrapposti.

### Tolleranza per l'uso delle reti predefinite

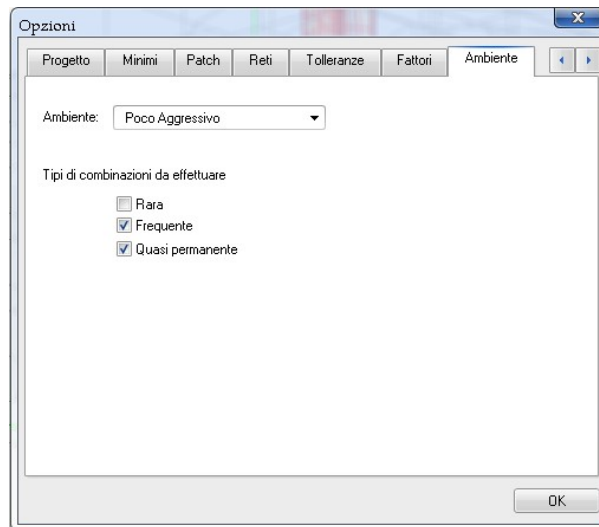
La tolleranza percentuale indica la maggiorazione percentuale di armatura che si è disposti ad accettare per l'uso della rete predefinita.




I fattori servono a determinare i legami costitutivi dei materiali. I valori di default sono in genere sufficienti e quindi questo dialogo può non essere usato. I fattori sono i seguenti.

- Coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo (tipicamente 1.5).
- Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio (tipicamente 1.15).

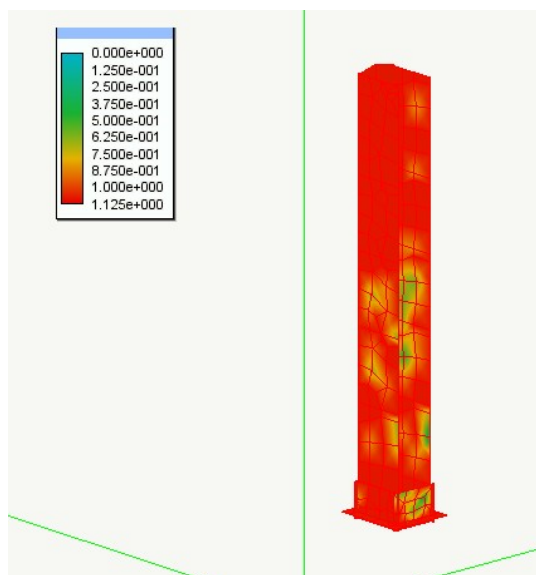
- Deformazione massima del calcestruzzo in compressione (tipicamente 0.0035). Viene impiegato come limite massimo ammissibile di deformazione nel progetto agli stati limite.
- Deformazione massima dell'acciaio in trazione (tipicamente 0.01).
- Viene impiegato come limite massimo ammissibile di deformazione nel progetto agli stati limite.
- Rapporto tra i moduli elastici (tipicamente 15) Si tratta del rapporto tra i moduli elastici dell'acciaio e del calcestruzzo. E' necessario per definire il diagramma sforzi-deformazioni del calcestruzzo nel caso del metodo delle tensioni ammissibili. Non è utilizzato nel metodo degli stati limite.
- Fattore riduzione aggiuntiva (tipicamente 0.85). Impiegato per definire il valore massimo di resistenza nel diagramma sforzi-deformazioni del calcestruzzo impiegato nel metodo degli stati limite.



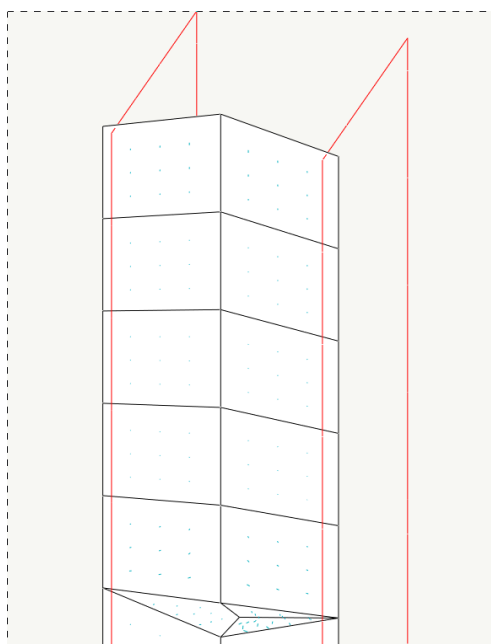
Con questo dialogo si definisce l'ambiente per definire le verifiche secondo lo SLE. terminate le operazioni di settaggio si può procedere al progetto delle armature utilizzando l'apposito tasto della palette .

Nel nostro caso, e cioè per strutture ad alta duttilità, è necessario che il progetto sia effettuato su tutta la struttura contemporaneamente.

Dopo aver eseguito il progetto si procede alla verifica della sezione mediante il comando .



Successivamente si eseguirà la verifica di fessurazione mediante il comando



## Editing delle armature delle pareti

Le armature possono essere modificate dall'utente mediante l'editing piano delle barre. Le funzioni relative alla modifica dei patch di armatura sono tutte attivabili da icone della palette raccolte sotto un'unica posizione gerarchica.



Gli strumenti presenti nel gruppo, rispettivamente, consentono di:

- modificare i patch;

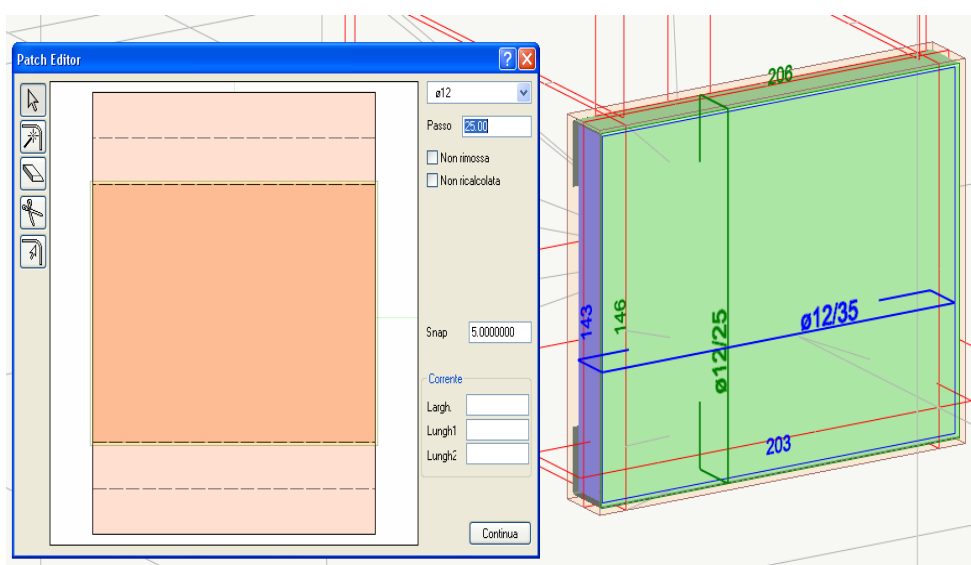
- fondere i patch, se i limiti di sfrido assegnati lo consentono;
- generare un nuovo patch, di armatura diffusa o aggiuntiva a seconda che sia già presente sul gruppo strutturale un'armatura diffusa o meno;
- eliminare un patch;
- definire una linea di verifica, vedere il capitolo "Le linee di verifica"
- spostare la posizione in cui nei patch viene posizionata la barra rappresentativa del patch; questo strumento consente anche di eliminare la barra (trascinandola fuori del contorno) o di aggiungerne altre cliccando nella posizione voluta.

### **Nozioni preliminari**

Il patch editor, così come del resto tutto EasyWall, vede le barre disposte in "patch" cioè in campi definiti da una direzione unica delle barre e una forma unica delle barre (a meno talvolta della lunghezza che può essere "variabile") e da una larghezza che è costante per tutto il patch. Il patch quindi, in sostanza, lo si può vedere come un "foglio" o, da un punto di vista strutturale, come un foglio di rete elettrosaldata.

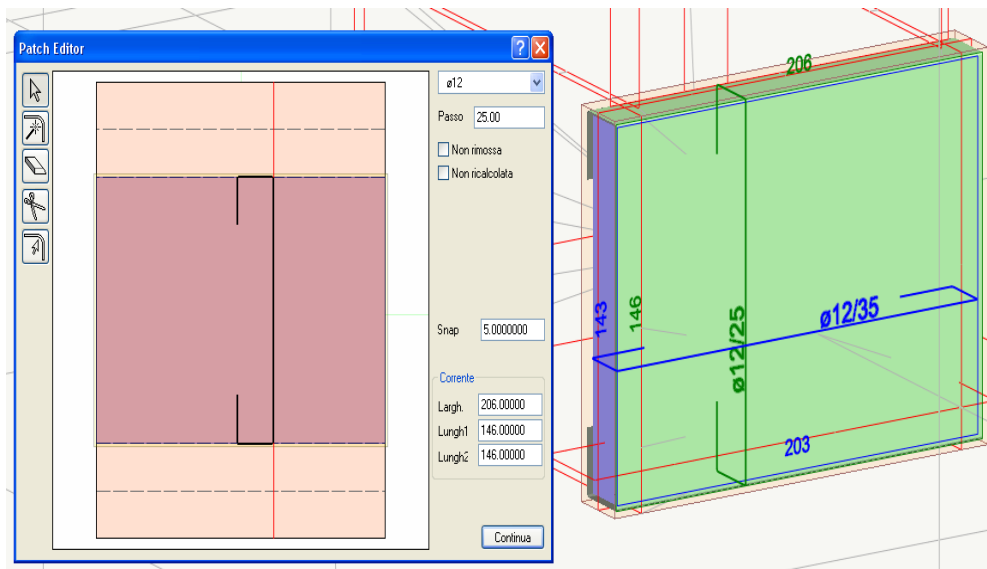
L'editor segue questa impostazione e consente di modificare il patch agendo sul suo sviluppo piano, considerandolo cioè come un foglio aperto nelle sue piegature. Lo si può immaginare come quelle illustrazioni dove, per ottenere una forma scatolare sul foglio piano vengono segnate le linee di taglio e di piegatura.

Selezionando il patch voluto, dopo aver attivato l'icona della palette relativa, si apre il dialogo del patch editor che mostra lo sviluppo piano del patch selezionato. Per selezionare più agevolmente il patch voluto, può essere opportuno agire sulle opzioni di visibilità in modo che restino visibili solo quelli che si desidera selezionare eliminando sovrapposizioni.



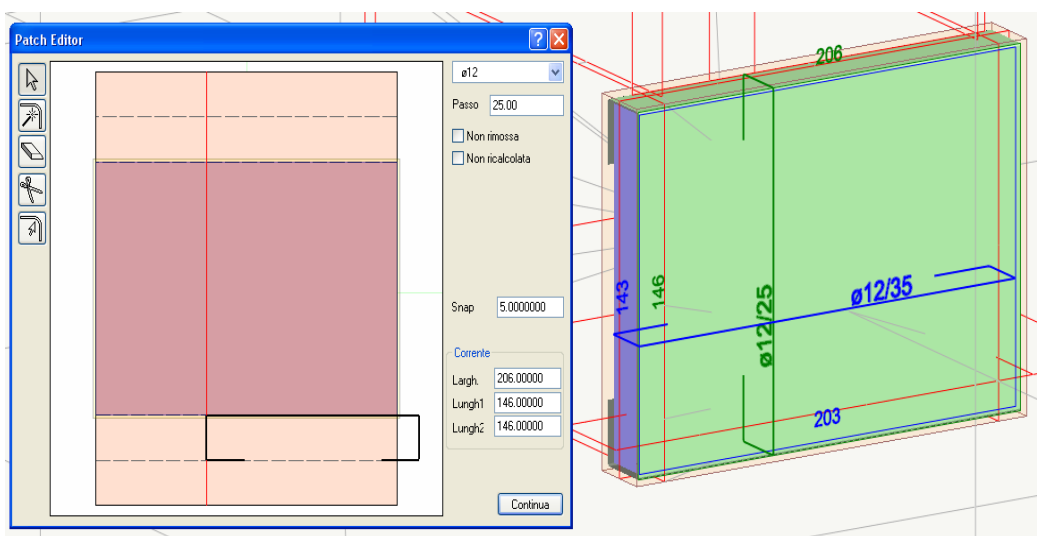
In figura si vede sulla destra, sullo sfondo il patch selezionato e nel dialogo il suo sviluppo. L'area in colore giallo è la proiezione del volume di calcestruzzo, dell'involucro cioè che deve contenere il patch. In colore più deciso il patch vero e proprio e in colore più chiaro lo sviluppo delle piegature eseguite per ancorare le barre.

Selezionando l'icona più in alto del dialogo, a forma di freccia (selezione), e cliccando sul patch, si visualizza la forma della barra di armatura.



Si vede immediatamente che la parte piegata è rappresentata dai campi in colore più tenue nel suo sviluppo piano con, in tratteggio, i punti di piegatura. Se infatti spostiamo il cursore su questi campi, la barra cambia modo di essere rappresentata in modo tale che il tratto rappresentato nello sviluppo sia sempre "giacente" su tale piano di sviluppo. Si veda la figura successiva.

Si noti anche, nelle figure, che le misure della zona selezionata sono riportate sulla destra e sono



editabili. Vi sono due misure di lunghezza perché, come detto, la forma del patch può essere trapezoidale.

L'immagine nel dialogo può essere zoomata o traslata agendo con il tasto destro del mouse e con la rotella del mouse.

Inoltre, nelle operazioni grafiche vi è una funzione di "snap" che forza il cursore in posizioni significative che ricadano entro una distanza assegnata a dialogo dall'operatore.

**Nota importante.** Le operazioni di questo dialogo non sono annullabili. Fare quindi molta attenzione perché, ad esempio, la cancellazione di un patch può richiedere di effettuare addirittura un nuovo progetto per ripristinarlo! Fare attenzione soprattutto alla logica dei prompt, cioè dell'aspetto degli elementi del disegno che indicano, al passaggio del cursore, la fattibilità della operazione.

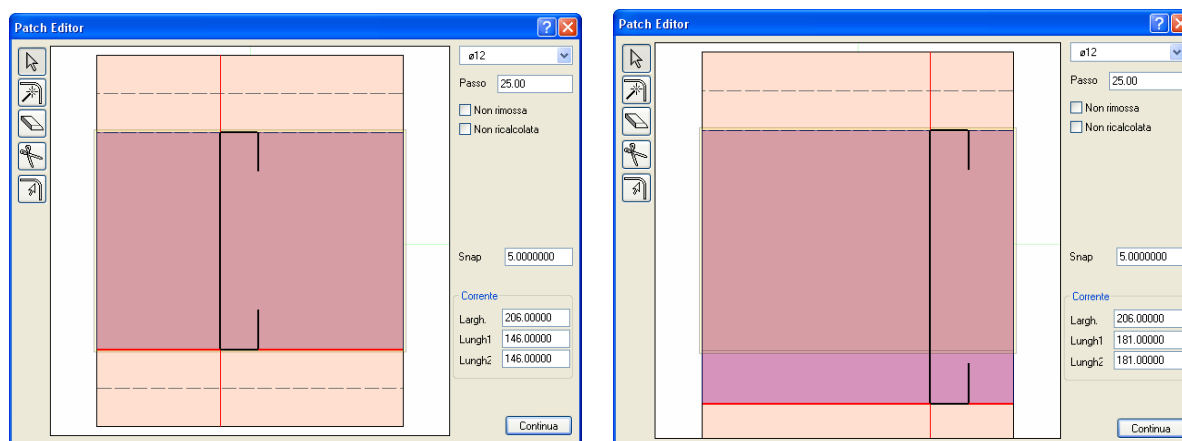


Oltre a queste informazioni geometriche dal dialogo si posso assegnare i diametri e il passo delle barre nonché alcune opzioni di comportamento che vedremo in seguito. Le operazioni che si possono effettuare sono principalmente le seguenti.

- Modificare le dimensioni di un patch sia graficamente che numericamente
- Modificare la posizione delle linee di piegatura
- Aggiungere o eliminare campi di piegatura
- Eseguire un ancoraggio automatico
- Taglio di un patch e forature
- Variare l'angolo di piegatura

### **Modificare le dimensioni di un patch**

Oltre alla modifica numerica, molto intuitiva, si può agire graficamente. Selezionare l'icona di selezione della palette del dialogo e quindi la linea di confine del patch voluta e quindi trascinarla nel punto voluto. Notare che nello sviluppo dell'involucro in calcestruzzo, in colore giallo, sono rappresentati gli spessori di copriferro per un posizionamento accurato. Quando il lato da spostare è stato correttamente individuato dal cursore del mouse, viene rappresentato da una linea rossa. Solo allora si può iniziare il trascinamento.

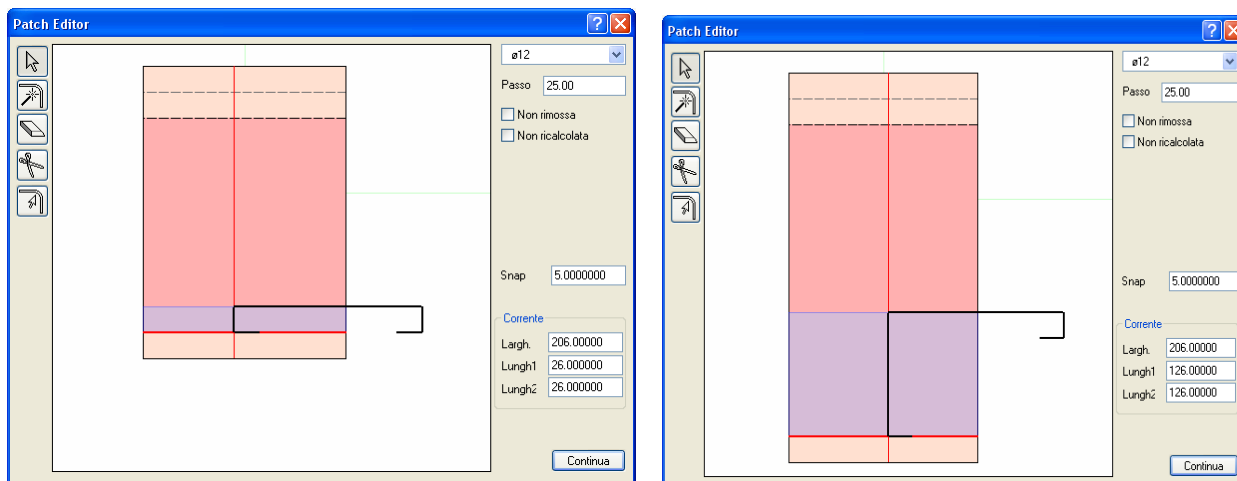


Notare che spostando il lato di un patch, ciò non avviene a detrimento della lunghezza e della forma delle piegature (ancoraggi) che vengono traslati anch'essi.

Agendo su tutto il segmento di bordo del patch si sposta tale segmento parallelamente a se stesso. Se si desidera formare invece un patch trapezoidale, ci si deve spostare su uno dei due estremi del segmento. Un pallino rosso indicherà che l'operazione è stata individuata e da allora si potrà trascinare questo estremo del segmento nella posizione voluta per ottenere una configurazione trapezoidale.

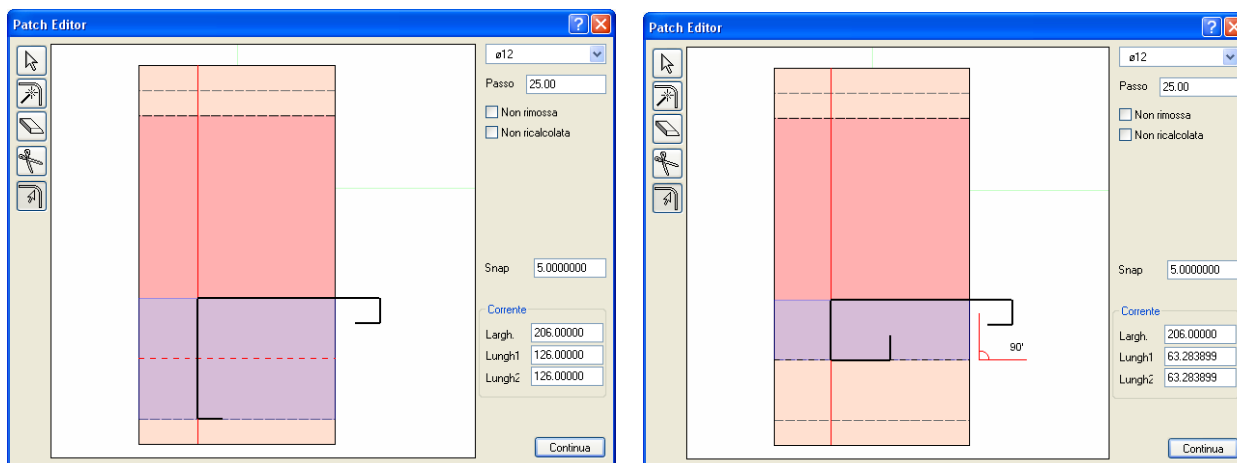
## Modificare le linee di piegatura

Si agisce nello stesso modo usato per spostare il limite di un patch.



## Aggiungere una linea di piegatura

Selezionare del dialogo l'icona più in basso, cliccare sul campo dove si vuole inserire la piegatura. Verrà rappresentata una linea rossa tratteggiata che seguirà il cursore del mouse. Posizionare la linea dove si desidera e cliccare con il mouse. In quel punto si formerà una nuova linea di piegatura.



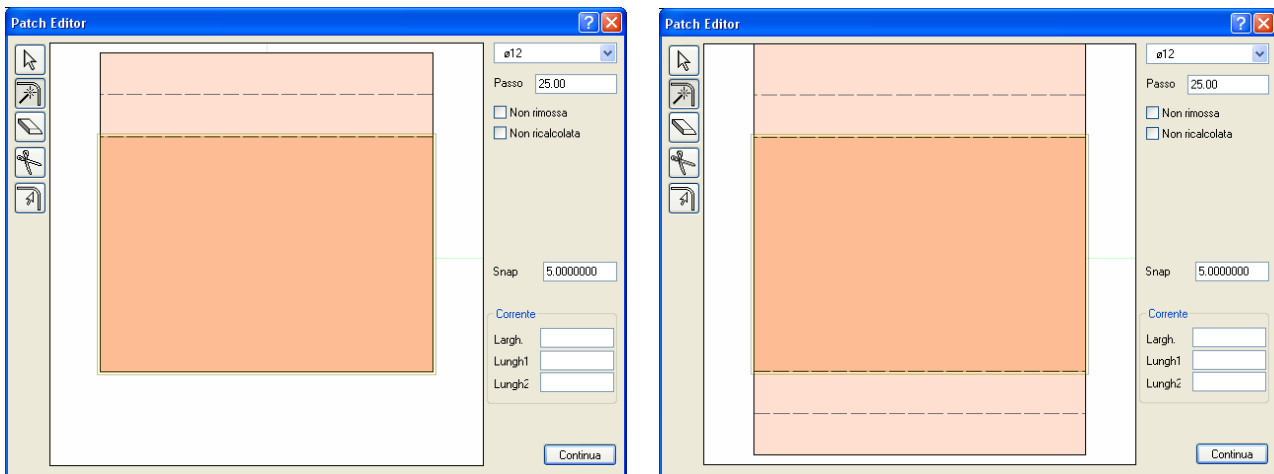
Notare che l'aggiunta di una piegatura non altera la lunghezza o la forma delle altre piegature.

## Eliminare un campo di piegatura

Selezionare l'icona della gomma e spostarsi con il mouse sul campo da cancellare. Si noti che non si cancella la linea di piegatura (raddrizzamento) ma si intende eliminare tutto il tratto piegato. La logica è quella dell'editing di una barra dove si eliminano i tratti di barra piegati. Nella stessa logica, se si elimina un tratto intermedio anche tutti i successivi vengono eliminati in quanto cesserebbe la continuità.

## Ancoraggio automatico

Selezionare l'icona di ancoraggio automatico, la seconda dall'alto. Posizionarsi sul lato da ancorare. La linea apparirà di colore rosso. Notare in figura che per un corretto ancoraggio, il patch termina esattamente nella linea di copriferro. Cliccare su tale linea rossa per ottenere l'ancoraggio automatico.



### **Taglio di un patch**

Con l'icona a forbice attivata, spostarsi con il cursore sul campo del patch da tagliare. Si formerà una linea tratteggiata rossa a indicare la linea di taglio. Se si toccano i limiti laterali del patch la linea di taglio cambia direzione. In tal modo di possono eseguire tagli orizzontali o verticali. Posizionata la linea ove si desidera, cliccando, il patch viene suddiviso. Suddividendo un patch in modo da isolarne un campo all'interno, tale campo può poi essere poi rimosso con la cancellazione per formare un foro.

### **Cambiare l'angolo di una piegatura**

Con l'icona di piegatura attivata (l'icona più in basso) posizionarsi esattamente sulla linea di piegatura della quale si vuole cambiare angolo. Appena si sarà correttamente posizionati, apparirà il valore dell'angolo. Cliccando e tenendo premuto il tasto del mouse, spostarsi verticalmente fino a ottenere l'angolo voluto. L'angolo varia di intervalli di 5 gradi. Quindi rilasciare il tasto del mouse.

#### **Zone fisse e non calcolate**

Dal dialogo delle zone si può attribuire a una zona l'attributo di "Non rimossa". In questo caso durante il progetto, la zona con questo attributo non viene rimossa per essere sostituita, come di consueto, con le armature progettate, ma viene mantenuta inalterato e la sua armatura conteggiata nel fabbisogno di armatura nei punto di calcolo interni ad essa. Questa possibilità consente di assegnare un'armatura di propria scelta nei punti voluti della struttura e di progettare mantenendo valida questa propria scelta. Non possono ricevere questo attributo le armature diffuse e quindi, in questo caso, il check-box è disattivato.

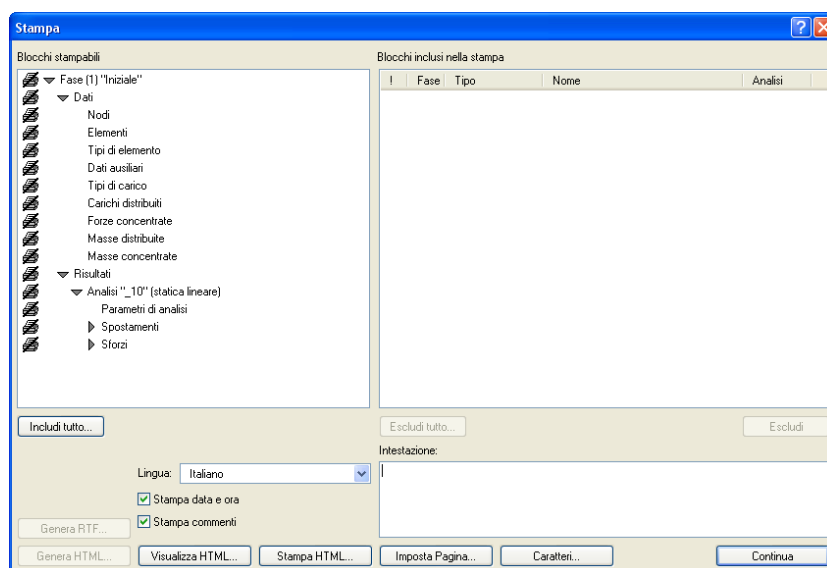
Se una zona, oltre che definita "Non rimossa" viene anche definita "Non calcolata", la zona viene mantenuta invariata così come detto per le zone definite solamente "Non rimossa" ma nei punti interni a questa zona non viene eseguito il progetto di armatura e viene adottata solamente l'armatura assegnata. Questa possibilità consente di armare in modo voluto, evitando anche segnalazioni di errore, i punti singolari o critici di armatura dove vi siano, a esempio, concentrazioni di sforzo dovuti a forze concentrate o a altri fenomeni che il progettista intende risolvere in modo

# I tabulati allegati alla relazione di calcolo

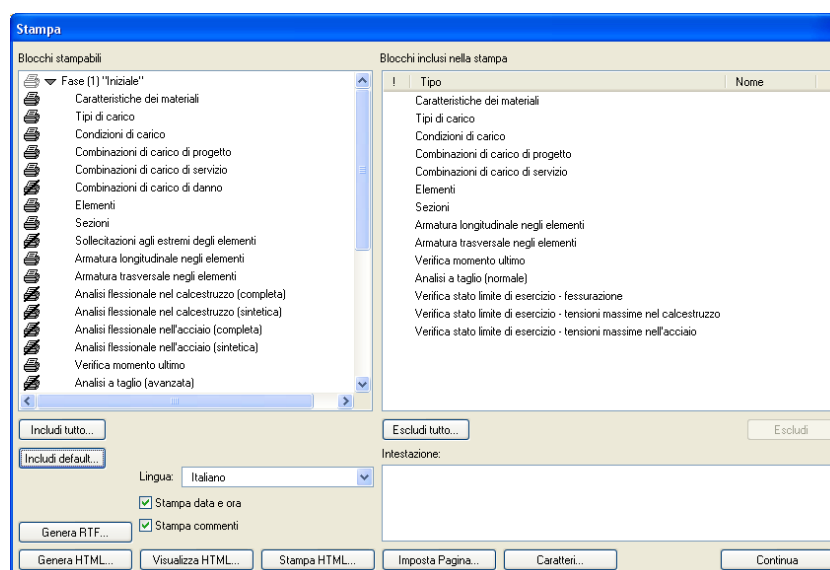
## Stampa dei risultati

Secondo una prassi consolidata e normata di recente, la relazione tecnica si basa su elementi atti a descrivere la concezione alla base delle scelte progettuali suffragate dai risultati di analisi e verifiche. Queste ultime quindi si presentano come "allegati" alla relazione di calcolo. Qui ci occupiamo appunto di essi e cioè della "stampa" (più propriamente salvataggio su file) dei dati di descrizione del modello e dei risultati delle verifiche. Gli elementi più variabili della relazione tecnica sono affidati ad EasyQuill (che vedremo subito dopo) il quale è in grado di generare relazioni personalizzate.

Cliccando sull'icona di stampa di Nòlian o di EasyBeam appaiono i seguenti dialoghi.



*Dialogo stampe di Nòlian*



*Dialogo stampe EasyBeam*

I dialoghi di stampa sono simili, e la stampa è completamente configurabile dall'utente. Si può

quindi ottenere una stampa personalizzata anche con le immagini delle viste utente salvate nel file. Un blocco può essere inserito nei blocchi da stampare cliccando sull'icona a forma di stampante che diventerà attiva e sarà così visualizzata nella parte destra del dialogo. Tutti i blocchi possono essere spostati a piacimento trascinandoli per organizzare la successione dei testi. Le stampe possono essere realizzate in formato html o rtf premendo il pulsante di generazione del file di stampa. Se alcune verifiche non state eseguite oppure non sono risultate soddisfacenti il programma ne dà comunicazione in sede di stampa e sul tabulato vengono evidenziate in rosso.

## **Cosa stampare?**

Se la struttura è ha molti elementi strutturali non è difficile ottenere tabulati con migliaia di pagine. Proprio per questo i programmi della Softing sono stati sviluppati con una attenzione particolare alle verifiche in forma grafica per ottenere una maggiore sinteticità dei risultati. A tale scopo è stata anche sviluppata la stampa mirata che riassume la stampa esponendo in automatico solo le verifiche degli elementi strutturali più significativi.

Un'ulteriore utilità è il tasto "Includi default" che inserisce, a seconda del metodo di calcolo prescelto o alla normativa prescelta, i blocchi di testo consigliati.

# EasyQuill: Cenni sulla relazione tecnica

## La relazione di calcolo

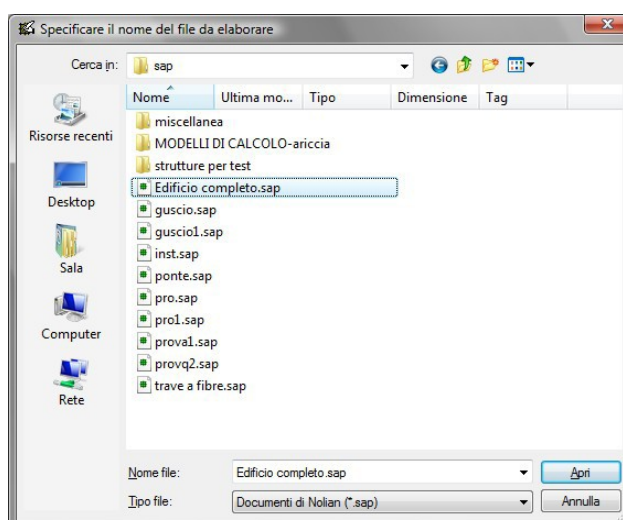
Alla relazione di calcolo è dedicato il testo "Percorso 5" al quale rimandiamo per ogni ulteriore informazione sull'argomento. Qui, per facilitare la comprensione di questo percorso, ci limitiamo a ricordare che la Relazione Tecnica è un documento che contiene informazioni sulle scelte progettuali del progettista e quindi ha una struttura piuttosto articolata e personale che in EasyWorld viene gestita da un programma specifico: EasyQuill. Quindi le stampe di cui si parlerà nel prossimo capitolo vanno viste soprattutto come degli allegati tecnici da allegare alla Relazione Tecnica. Sul loro livello di dettaglio vi sono pareri discordi. Molti progettisti riportano in Relazione Tecnica solo le verifiche e i dati principali del progetto, altri i risultati in forma completa. I programmi di EasyWorld tendono a favorire al massimo la personalizzazione degli elaborati del progetto per non dare ai progettisti una soluzione unica ma invece flessibile e adattabile alle loro esigenze.

Qui illustreremo lo script rilasciato con il programma che ovviamente può essere modificato arricchito o scritto ex novo dal progettista per soddisfare le sue specifiche esigenze.

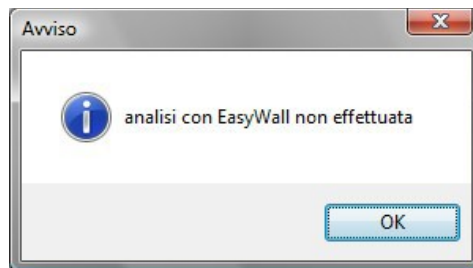
Per le modalità di redazione di uno script con EasyQuill si rimanda al manuale del programma.

Lo script che illustreremo, che realizza la relazione di calcolo, è strutturato come una procedura guidata.

Si avvia l'elaborazione cliccando due volte sul file per aprirlo e quindi il tasto F5 per attivarla. Lo script richiede di specificare il file di Nòlian dal quale estrarre i dati.



Leggendo il file di Nòlian, lo script controlla quali analisi siano state effettuate e quali post-processor siano stati usati fornendo un avviso per ogni elemento controllato come in figura. Cliccare su ok per andare avanti.



## Copertina

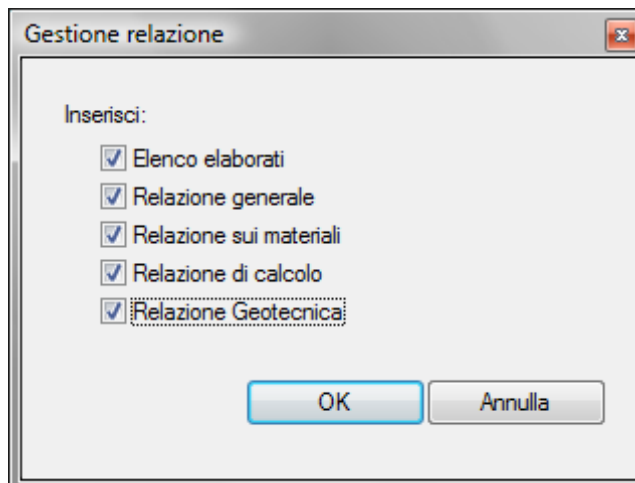
Inserire i dati inerenti il progettista: Nome, cognome, indirizzo dello studio, il telefono, il cellulare e l'indirizzo di posta elettronica. Cliccare su OK per continuare o su annulla per interrompere l'esecuzione del template.

Inserire i dati del progetto: Regione Provincia, Comune, Titolo del progetto, committente ed infine il nome del file con cui verrà salvata la relazione. Cliccare su OK per continuare o su annulla per interrompere l'esecuzione del template.

Tutti i dati precedenti verranno inseriti nella copertina della relazione. Cliccare su OK per continuare o su annulla per interrompere l'esecuzione del template.

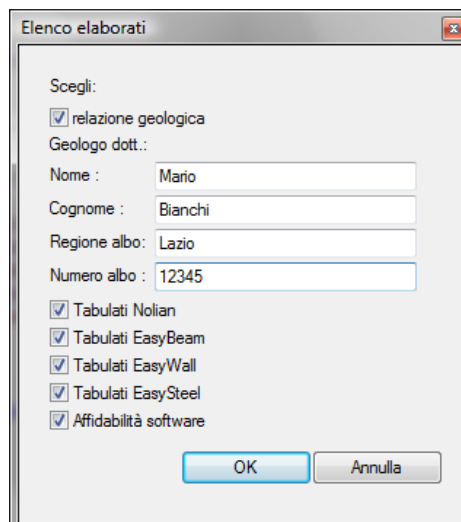
## Gestione della relazione

Il dialogo di gestione della relazione tecnica è necessaria per decidere quali parti della relazione si vogliono inserire. Cliccando su tutti i checkbox si otterrà un fascicolo contenente tutta la documentazione richiesta dal capitolo 10 del testo unico. Cliccare su OK per continuare o su annulla per interrompere l'esecuzione del template.



## Elenco elaborati

Inserendo i dati e cliccando sui checkbox della scheda rappresentata in figura si otterrà la generazione di un elenco di elaborati allegati alla relazione (tabulati ed altro). Tale scheda non provoca l'inserimento di tali elaborati che dovranno essere allegati a parte. Cliccare su OK per continuare o su Annulla per interrompere l'esecuzione dello script.



## Dati generali dell'edificio

La scheda dei dati generali contiene alcuni dati da inserire nella relazione generale. Tutti i campi definiti hanno ovvio significato e le unità di misura delle lunghezze sono segnalate nel dialogo.



**Dati generali dell'edificio**

Caratteristiche dell'edificio:

Tipo costruzione: Opere provvisorie

Classe d'uso: classe 1

Duttilità: alta

Regolarità: regolare

Localizzazione:

Zona sismica: 1      Quota (m): 300      Dist. dalla costa (Km): 10

Dimensioni principali:

Lunghezza (m): 10      Larghezza (m): 10      Altezza (m): 10

Alt. entro terra (m): 3      Piani fuori terra: 3      Piani entro terra: 1

Continua

## Relazione generale

La relazione generale è gestita anche dalle due schede aggiuntive. I testi riportati sono di ESEMPIO e vanno ADATTATI alle esigenze del progetto. Nella scheda 1 si richiedono la suddivisione dell'edificio e la sua destinazione d'uso.

**Relazione generale 1**

Suddivisione:

(DETTAGLIARE LA RIPARTIZIONE DELL'EDIFICIO. QUESTO E' UN ESEMPIO DI TESTO DA IMMETERE QUI)

n. 1 piani destinati ad abitazioni,  
n. 1 piani destinati a negozi  
n. 1 piani destinati ad uffici  
n 1 posti auto.

Destinazione e tipologia:

Destinazione d'uso: abitativo

OK      Annulla

La seconda scheda richiede di approfondire le caratteristiche del sito, le sue interferenze con il territorio circostante. Le interferenze con le costruzioni e le caratteristiche geologiche del sito.

Relazione generale 2

<p>Caratteristiche del sito:</p> <p>(DESCRIVERE LE CARATTERISTICHE OROGRAFICHE DEL TERRENO SU CUI SORGE L'OPERA, CONFINI, ETC. . QUESTO E' UN ESEMPIO DI TESTO DA IMMETTERE QUI)</p> <p>Il sito su cui sorge il fabbricato è sostanzialmente</p>	<p>Interferenze con il territorio:</p> <p>(DESCRIVERE LE EVENTUALI INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE, QUESTO E' UN ESEMPIO DI TESTO DA IMMETTERE QUI)</p> <p>Pur avendo debitamente studiato il problema non sono state riscontrate interferenze significative col territorio circostante.</p>
<p>Interferenze con le costruzioni:</p> <p>(DESCRIVERE LE EVENTUALI INTERFERENZE CON GLI EDIFICI ESISTENTI, QUESTO E' UN ESEMPIO DI TESTO DA IMMETTERE QUI)</p> <p>Nelle opere oggetto della presente relazione non si riscontrano particolari interferenze con le costruzioni esistenti essendo la costruzione</p>	<p>Caratteristiche Geologiche:</p> <p>(DETTAGLIARE DESCRIZIONE DEL SITO, QUESTO E' UN ESEMPIO DI TESTO DA IMMETTERE QUI)</p> <p>Il sito su cui sorge l'edificio in oggetto è caratterizzato da terreni di carattere (alluvionale/ di riporto/rocce/etc).</p> <p>I terreni sono principalmente costituiti da argille</p>

Continua

## Materiali

La scheda materiali riporta con ovvio significato dei simboli le caratteristiche dei materiali utilizzati per la struttura in esame.

Materiali strutturali DM2008

Strutture in cemento armato:

Calcestruzzi:

Calcestruzzo fondazioni Rck: 25

Calcestruzzo elevazioni Rck: 30

Acciaio da cemento armato

tipo B450C per longitudinali e staffe

tipo B450A per reti e tralicci elettr.

Strutture in Acciaio [ ]:

Acciai laminati a caldo con profili a sezione aperta

UNIEN10025

S235

Acciai laminati a caldo con profili a sezione cava:

UNIEN10210

S235H

Viti ad alta resistenza: 8.8

Continua

## Concezione strutturale

Relazione di calcolo: Concezione strutturale/nor...

Concezione strutturale:

(DESCRIVERE L'EDIFICIO E TUTTO CIO' CHE RISULTA INTERESSANTE A CHIARIRE QUALI SIANO LE IPOTESI ALLA BASE DELLA CONCEZIONE STRUTTURALE DELL'EDIFICIO. IL TESTO CHE SEGUE È UN ESEMPIO)

L'edificio oggetto della relazione di calcolo è a pianta regolare e rettangolare e si sviluppa per

Unità di misura utilizzate nella relazione:

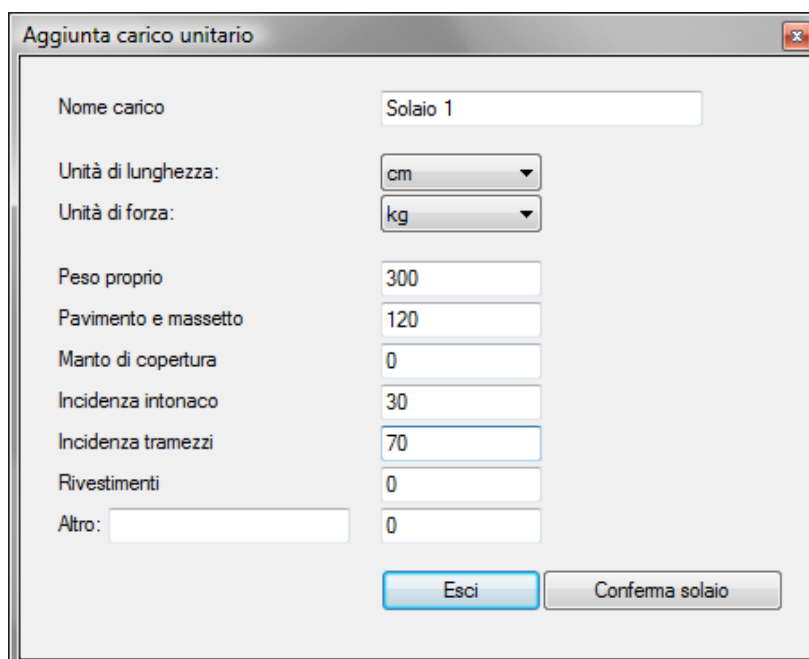
forza: kg

lunghezza: m

Continua

Nella scheda concezione strutturale di potrà descrivere personalizzando il testo proposto i criteri che hanno definito la concezione strutturale dell'edificio, definire la normativa usata (attualmente scegliendo la norma si provvede solo ad aggiornare il capitolo normativa con il giusto elenco di norme) e le unità di misura usate nelle relazione (quelle di Nòlian vengono lette automaticamente)

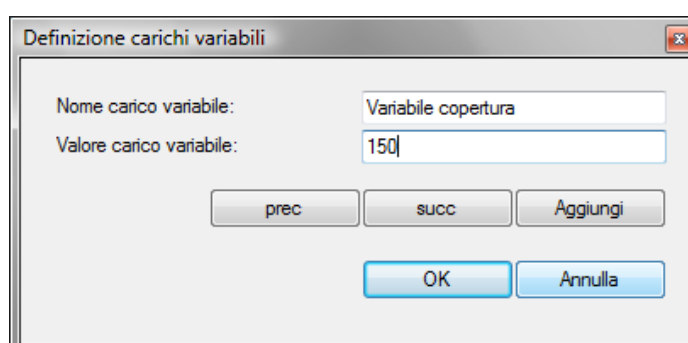
## Carico di superficie



Nome carico	Solaio 1
Unità di lunghezza:	cm
Unità di forza:	kg
Peso proprio	300
Pavimento e massetto	120
Manto di copertura	0
Incidenza intonaco	30
Incidenza tramezzi	70
Rivestimenti	0
Altro:	0

Nella scheda Aggiunta carico unitario si devono inserire i pesi dei diversi solai. Inseriti i valori si deve cliccare su conferma solaio e alla fine su esci.

## Scheda definizione carichi variabili



Nome carico variabile:	Variabile copertura
Valore carico variabile:	150

Nella scheda di definizione di carichi unitati si devono inserire carichi variabili che sono presenti nella struttura sui solai o su altre parti strutturali. Dopo aver inserito tutti i dati nel form, cliccando sul bottone aggiungi, verrà aggiunto un altro carico mentre cliccando sui tasti Prec e Succ si potrà controllare ed eventualmente modificare i dati dei record precedenti e successivi. Cliccare su OK per continuare o su annulla per interrompere l'esecuzione del template.

## Azione della neve

Nella scheda neve si deve inserire la zona. La altezza viene letta automaticamente dalla relazione generale ma può essere modificata anche in questa fase.

Azione della neve: Azione della neve

**Azione della neve**

Altezza s.l.m.m.: 300

zona : I-alpina

OK Annulla

## Vento

Nella scheda vento si deve inserire la regione. La altezza viene letta automaticamente dalla relazione generale ma può essere modificata anche in questa fase.

**Azione del vento**

Regione: Lazio

Altezza s.l.m.m.: 300

Classe di rugosità : A

Categoria : I

Tempo di ritorno: 50

z (altezza edificio): 10

OK Annulla

## Coefficiente di sottofondo

**Coefficiente di sottofondo**

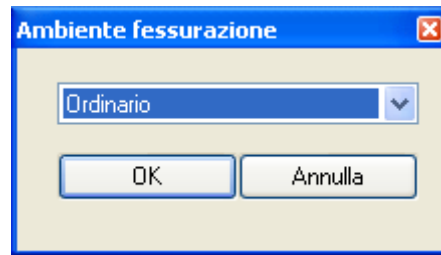
Modulo di Winkler: 5

(in unità di misura del modello)

OK Annulla

Il coefficiente di sottofondo deve essere quello fornito in Nòlian nelle medesime unità di misura.

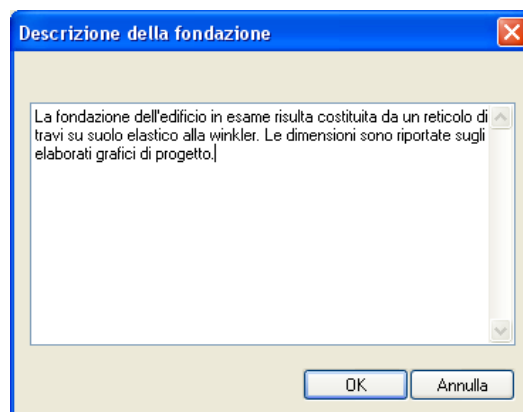
## Fessurazione



In questa scheda si sceglierà l'ambiente della struttura secondo quanto definito dal DM96. E cioè ambiente molto, moderatamente o poco aggressivo.

## Descrizione della fondazione

Si deve inserire la descrizione della fondazione della struttura



## Terreno di sedime

Nella scheda descrizione del terreno di sedime si descrive il terreno del piano di fondazione.

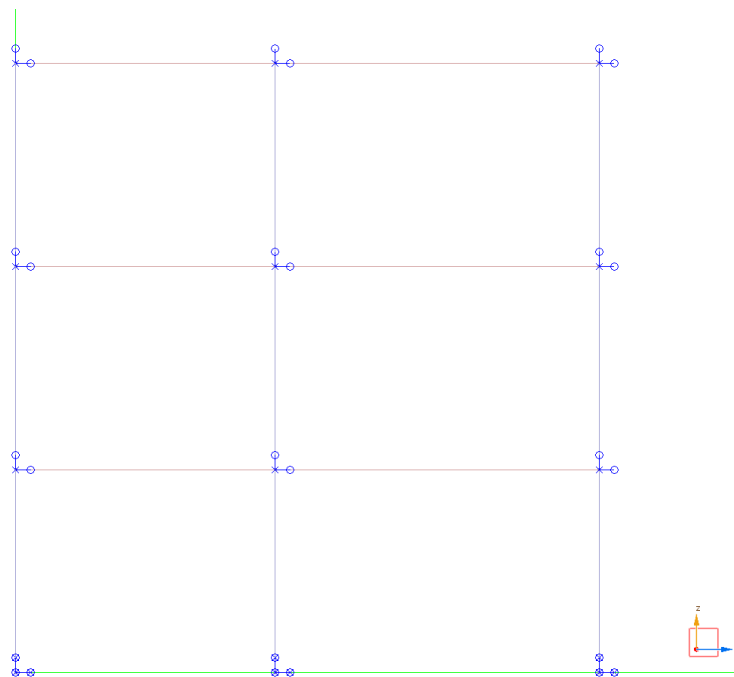
# Breve introduzione a Nòlian Pro: analisi pushover

## Operazioni preliminari

Modelliamo in Nòlian un telaio piano caricato con le normali condizioni di carico verticali. Come unità di misura impiegheremo cm e kg.

Nella fattispecie il telaio ha due campate di 400 e 500 e tre piani con interpiano di 300.

Il telaio ha vincoli di incastro a terra, sarà disposto sul piano globale XZ e avrà e avrà vincolati i gradi di libertà  $T_y$ ,  $R_x$ ,  $R_x$ .

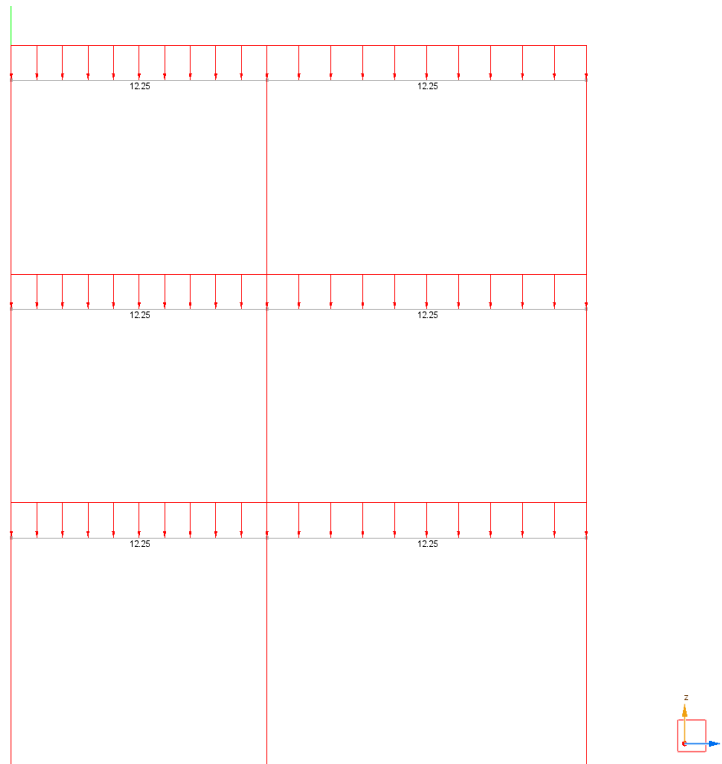


*Vincoli del telaio*

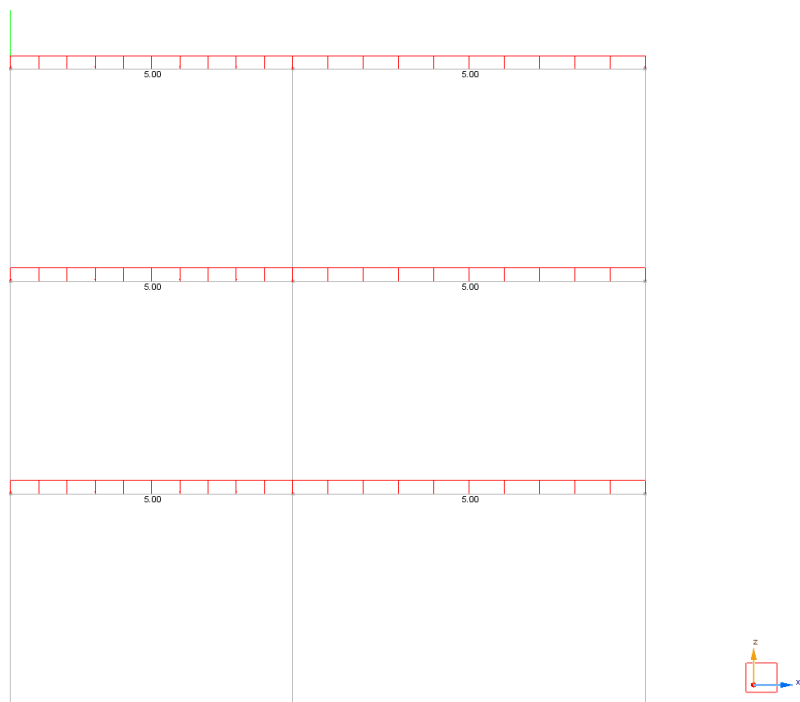
Le sezioni di calcestruzzo hanno tutte dimensioni 30x30, modulo elastico  $E=300000$  e modulo di elasticità tangenziale  $G=150000$ .

I carichi agenti sono assegnati a in condizioni di carico separate:

Condizione di carico  $G$  : nella quale, oltre al carico gravitazionale, sono presenti i carichi rappresentati in figura.



Condizioni di carico Q con i carichi rappresentati nella successiva figura.



Secondo il Dm 2008 le analisi pushover devono essere due. Secondo quanto riportato al punto 7.3.4.1. che riportiamo integralmente:

*Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (**Gruppo 1**) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (**Gruppo 2**) appresso illustrate.*

**Gruppo 1 - Distribuzioni principali:**

- distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);
- distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;
- distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a  $T_c$ .

**Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:**

- a) distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura.

*L'analisi richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà.*

Le due analisi devono avere due diverse distribuzioni di forze laterali.  
Vediamo come ottenere in Nòlian i tre casi dei gruppi 1 e 2.

**Gruppo 1 - Caso n. 1:** *Distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);*

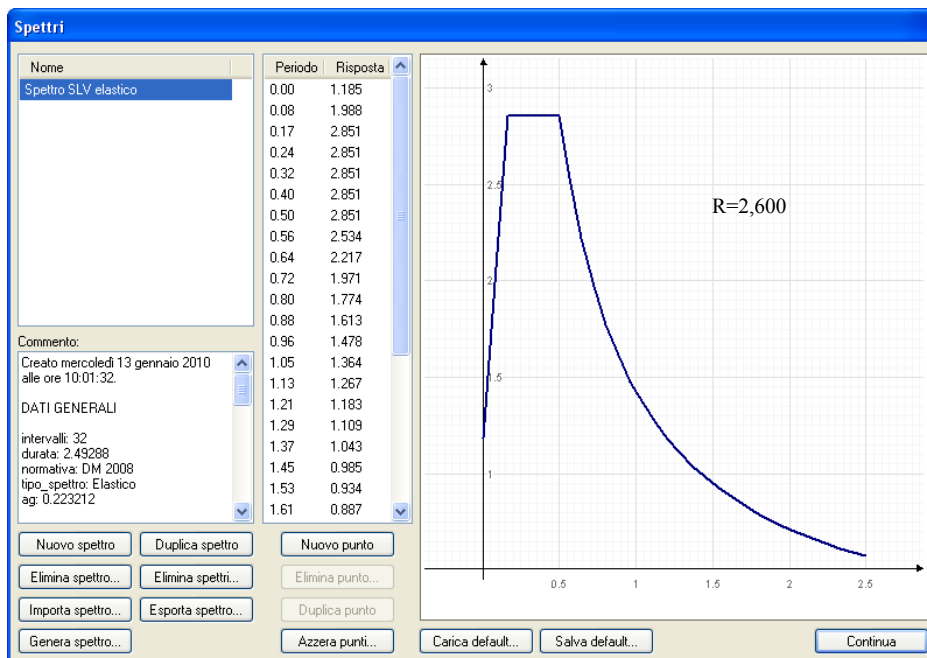
Si ottiene semplicemente utilizzando la funzione delle forze statiche equivalenti esistenti nel menù Funzioni di Nòlian.

Nel dialogo occorre:

- scegliere la condizione di carico voluta dal menu popup in alto. Se la condizione deve essere generata, si può accedere al dialogo di gestione delle condizioni di carico tramite il bottone "Genera",
- assegnare il moltiplicatore accelerazione che corrisponde al valore di  $a_g/g$  del sito in esame moltiplicato quando per il coefficiente  $\lambda$  che è un coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se  $T_1 < 2T_c$ , pari a 1,0 in tutti gli altri casi (vedi formula 7.3.6 del DM2008), il coefficiente di risposta è il valore della ordinata dello spettro in corrispondenza del periodo fondamentale  $T_1$  della struttura in quella direzione (se si dispone dell'opzione "sparse" attivata si può premere sul tasto "calcola" per ottenere tale valore altrimenti dopo aver effettuato un'analisi dinamica preventiva si può provvedere a leggere tale valore sullo spettro di risposta),
- Assegnare la quota del suolo, ovviamente riferita al modello, consente di distinguere le masse che si trovano "sopra" il suolo. Quelle sottostanti questa quota, sono ignorate. Si ricorda che la generazione avviene considerando la struttura posta sul piano globale XY e con elevazione in direzione Z.
- Assegnare la direzione secondo la quale si vogliono assegnare le forze statiche equivalenti. Il menu popup al lato consente di scegliere rapidamente l'asse X o Y. La direzione va assegnata in gradi sessadecimali. Il tipo di distribuzione può essere lineare o costante. La distribuzione lineare è quella più usata e serve a simulare l'andamento dovuto al primo modo di vibrare. La distribuzione costante invece è proporzionale alla massa non è dipendente dall'altezza.

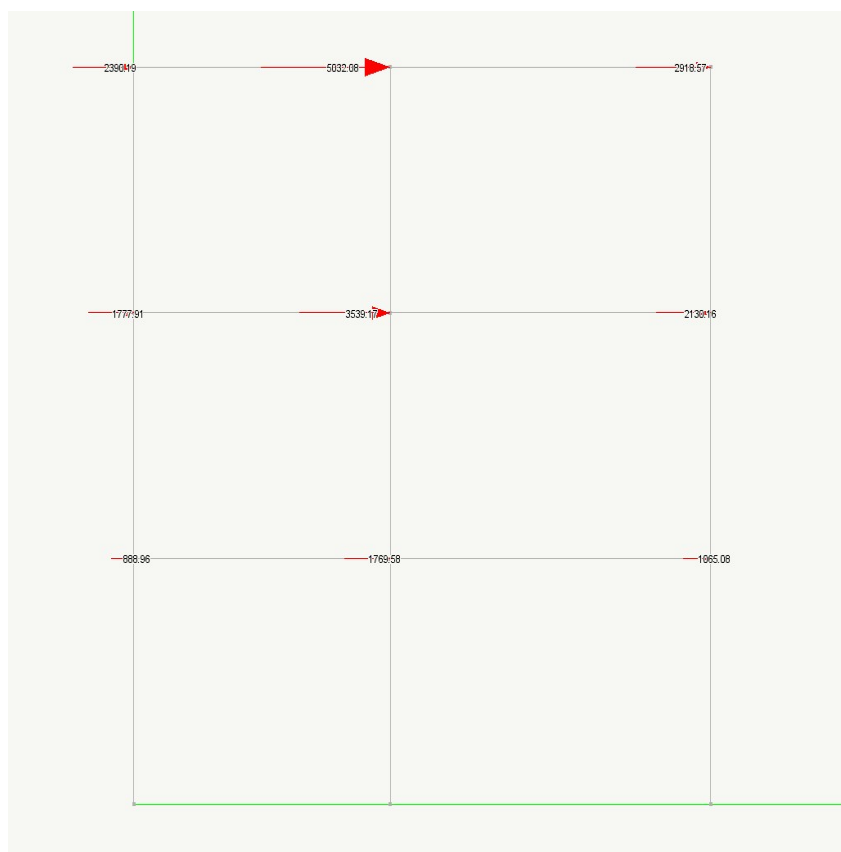


Facciamo un esempio pratico. Si consideri la struttura descritta sopra e ipotizziamo sia situata nel comune di Avellino. La struttura ha un periodo fondamentale  $T_1=0,549$  sec in CD "B", su terreno tipo B. Per cui si ha  $T_c=0,50$ sec e  $\lambda=0,85$  in quanto la struttura ha 3 piani e  $T_1 < 2T_c = 2*0,50=1,0$  sec. Il moltiplicatore dell'accelerazione risulta pari a  $a_g*\lambda=0,2232*0,85=0,18972$ .



Il coefficiente di risposta è pari a  $R=2.600$ , la quota del suolo = 0,00m, e la direzione X

La distribuzione delle forze laterali del *caso 1* risulta quindi quella in figura:



**Gruppo 1 - Caso 2** - Distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;

Per ottenere questo tipo di distribuzione si deve distribuire il tagliante alla base  $F_h$  ottenuto dalle formule 7.3.6 della norma in funzione degli spostamenti orizzontali dell'autovettore del modo fondamentale di vibrazione. Tali spostamenti normalizzati possono essere letti dal tabulato dell'autovettore del modo considerato.

Facciamo un esempio pratico. Riportiamo un estratto del tabulato di calcolo con gli spostamenti dell'autovettore della prima forma modale che ha una massa eccitata del 85,69%

**Modo 1**

Nodo	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000
2	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000
3	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000	0.0000e+000
4	6.6928e-002	0.0000e+000	6.7784e-004	0.0000e+000	2.0535e-004	0.0000e+000
5	6.6963e-002	0.0000e+000	-2.1699e-004	0.0000e+000	1.4518e-004	0.0000e+000
6	6.6913e-002	0.0000e+000	-4.6085e-004	0.0000e+000	2.1951e-004	0.0000e+000
7	1.5277e-001	0.0000e+000	1.0484e-003	0.0000e+000	1.6523e-004	0.0000e+000
8	1.5280e-001	0.0000e+000	-3.3438e-004	0.0000e+000	1.2702e-004	0.0000e+000
9	1.5280e-001	0.0000e+000	-7.1400e-004	0.0000e+000	1.7394e-004	0.0000e+000
10	2.0703e-001	0.0000e+000	-7.9615e-004	0.0000e+000	9.1619e-005	0.0000e+000
11	2.0700e-001	0.0000e+000	-3.6939e-004	0.0000e+000	5.3935e-005	0.0000e+000
12	2.0697e-001	0.0000e+000	1.1655e-003	0.0000e+000	8.5670e-005	0.0000e+000

Il valore di  $F_h = (G + 0,3 \cdot Q) \cdot R \cdot \lambda \cdot a_g / g = (39555 + 0,3 \cdot 13550) \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 0,2232 = 21516$  kg  
 la ripartizione viene effettuata in funzione degli spostamenti Tx ai nodi 4,7,10 pari a 0,066928, 0,15227, 0,20703 cm rispettivamente ottenendo:

$$\begin{aligned}
 F1 &= 21516 * 0,066928 / (0,066928 + 0,15227 + 0,20703) = 3378 \text{ kg a quota } 320 \text{ (primo piano)} \\
 F2 &= 21516 * 0,15227 / (0,066928 + 0,15227 + 0,20703) = 7659 \text{ kg a quota } 640 \text{ (secondo piano)} \\
 F3 &= 21516 * 0,20703 / (0,066928 + 0,15227 + 0,20703) = 10478 \text{ kg a quota } 960 \text{ (terzo piano)}
 \end{aligned}$$

**Gruppo 1 - Caso 3** - Distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a  $T_c$ .

I taglianti globali di piano possono essere determinati utilizzando la funzione "Risultante di piano" del menu "Funzioni".

Nel caso in esame si ottiene

$$\begin{aligned}
 R1 \text{ (risultante a terra)} &= 19919 \text{ kg} \\
 R2 \text{ (risultante al primo piano)} &= 16524 \text{ kg} \\
 R3 \text{ (risultante al secondo piano)} &= 9606 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

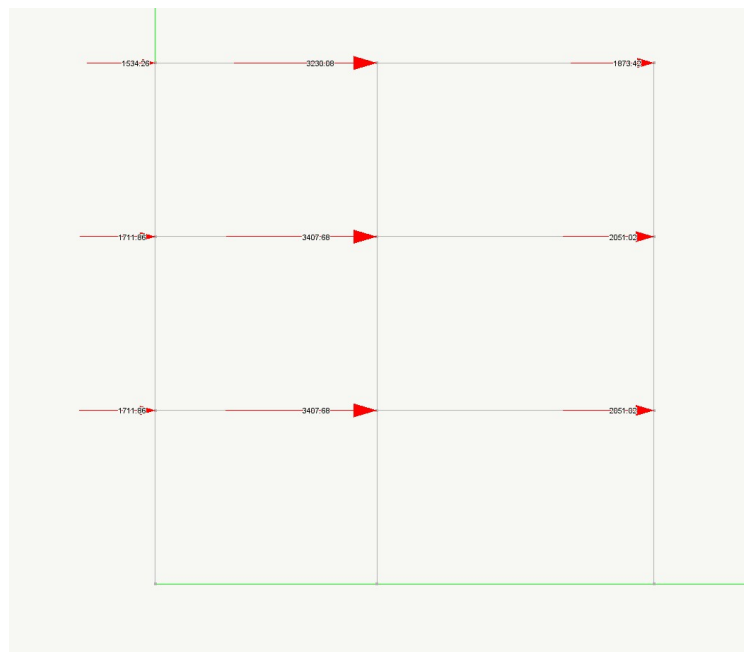
Le forze da applicare saranno :

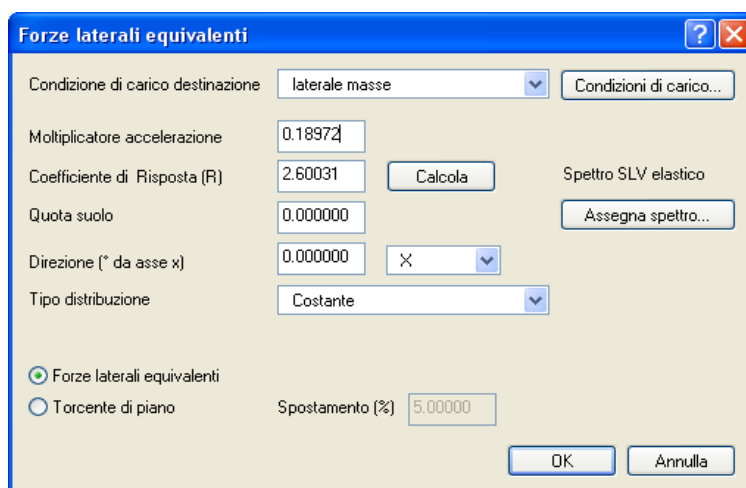
$$\begin{aligned}
 F1 &= 19919 - 16524 = 3395 \text{ kg a quota } 320 \text{ (primo piano)} \\
 F2 &= 16524 - 9606 = 6918 \text{ kg a quota } 640 \text{ (secondo piano)} \\
 F3 &= 9606 \text{ kg a quota } 960 \text{ (terzo piano)}
 \end{aligned}$$

*Gruppo 2 - Caso a) Distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;*

Per ottenerla è sufficiente inserire il tipo di distribuzione costante nel dialogo "Forze statiche equivalenti" precedente.

La distribuzione delle forze laterali del Caso a) risulta quindi quella in figura:





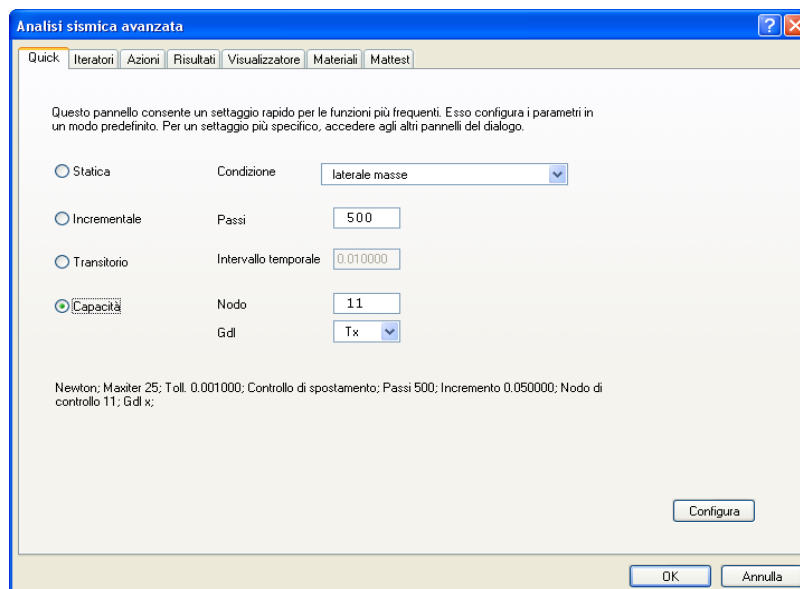
**Gruppo 2 - Caso b)** *Distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura.*

**La distribuzione adattiva non è ottenibile con le attuali funzioni di Nòlian.**

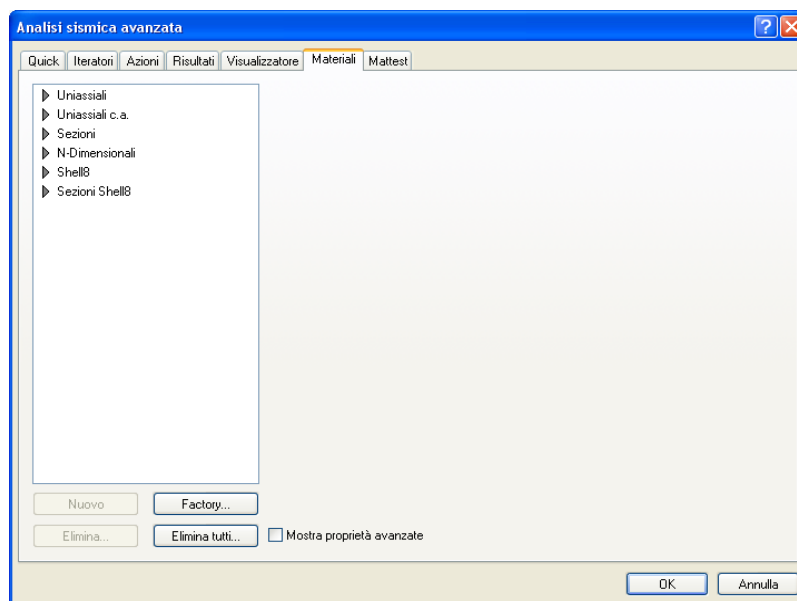
**NOTA BENE** La generazione del sistema di forze previsto dalla normativa, benché applicabile come sopra indicato, è in corso di più estesa automazione nelle procedure di Nòlian per consentire un impiego più rapido.

### **Definizione dei materiali non lineari uniassiali c.a.**

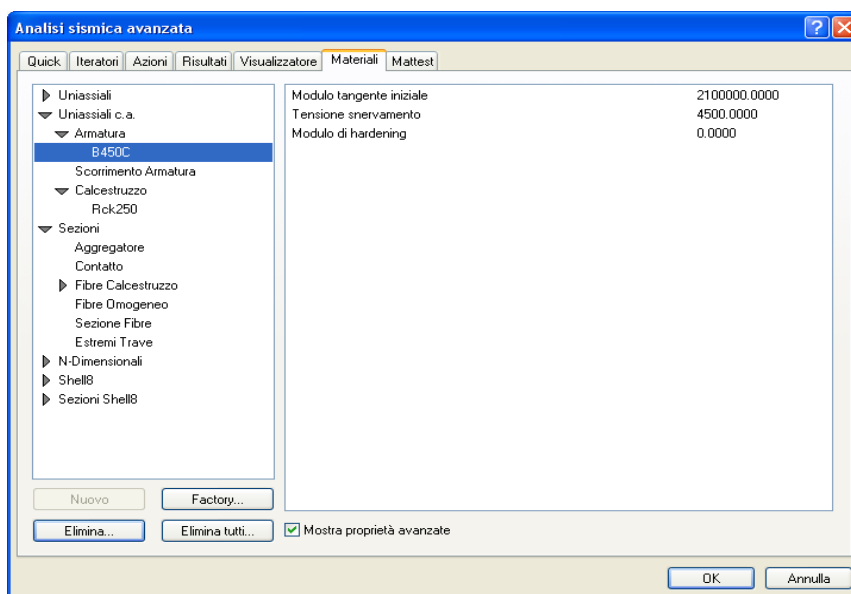
Entriamo nel vivo della analisi non lineare entrando nell'ambiente Earthquake Engineering. Cliccando sul menu analisi "analisi simica avanzata" si entra all'interno dell'ambiente di Earthquake Engineering. La schermata iniziale è la seguente.



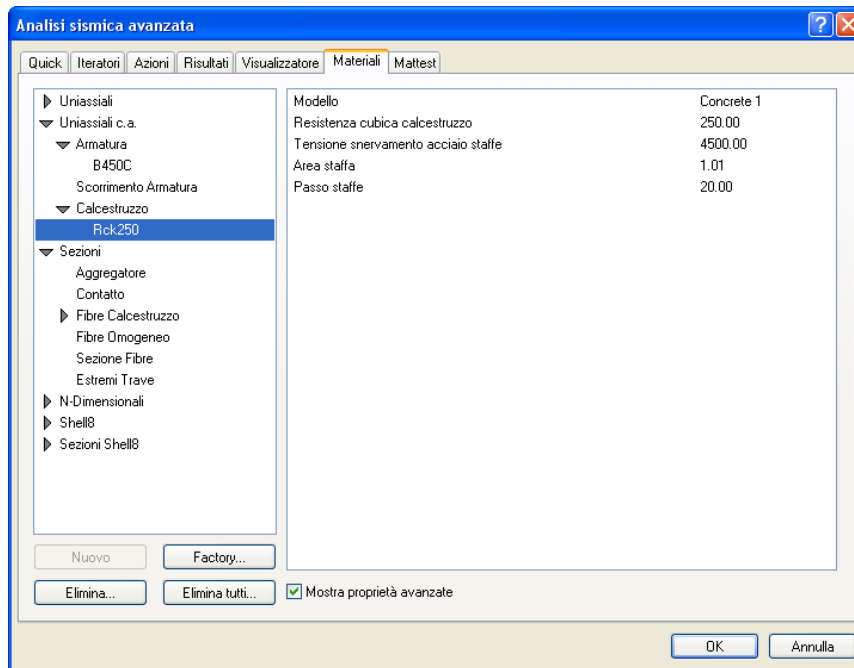
Quindi clicchiamo su materiali per entrare nella scheda dei materiali e procedere alla loro assegnazione.



Espandiamo il ramo dei materiali uniassiali per il calcestruzzo, selezioniamo il ramo armatura, clicchiamo sul bottone "Nuovo.." e definiamo un materiale per l'armatura denominandolo "B450C" con le seguenti caratteristiche.



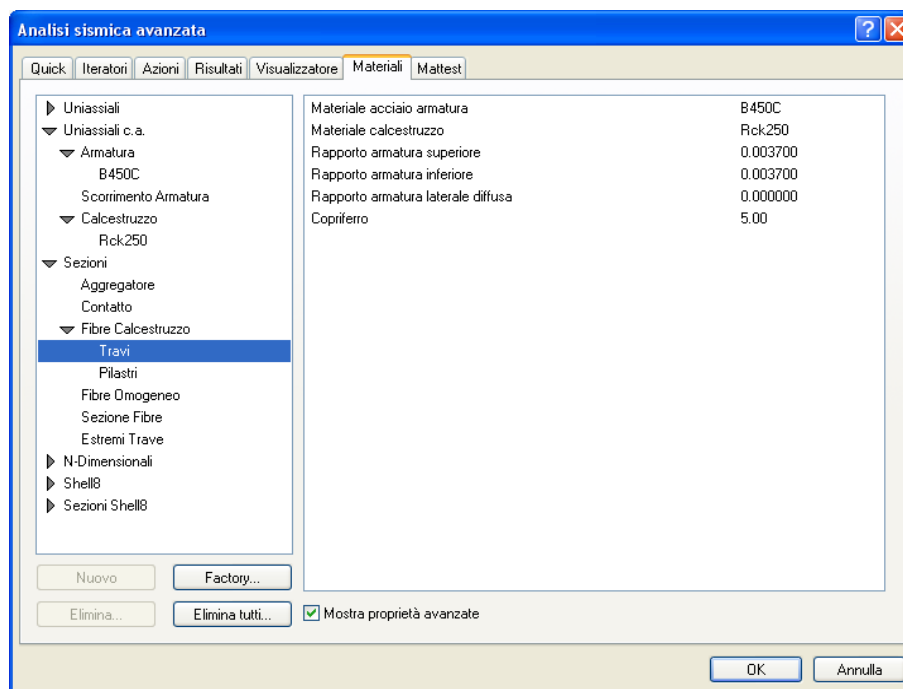
Facciamo la stessa cosa per il materiale uniassiale c. a. "Calcestruzzo" che denomineremo Rck250.



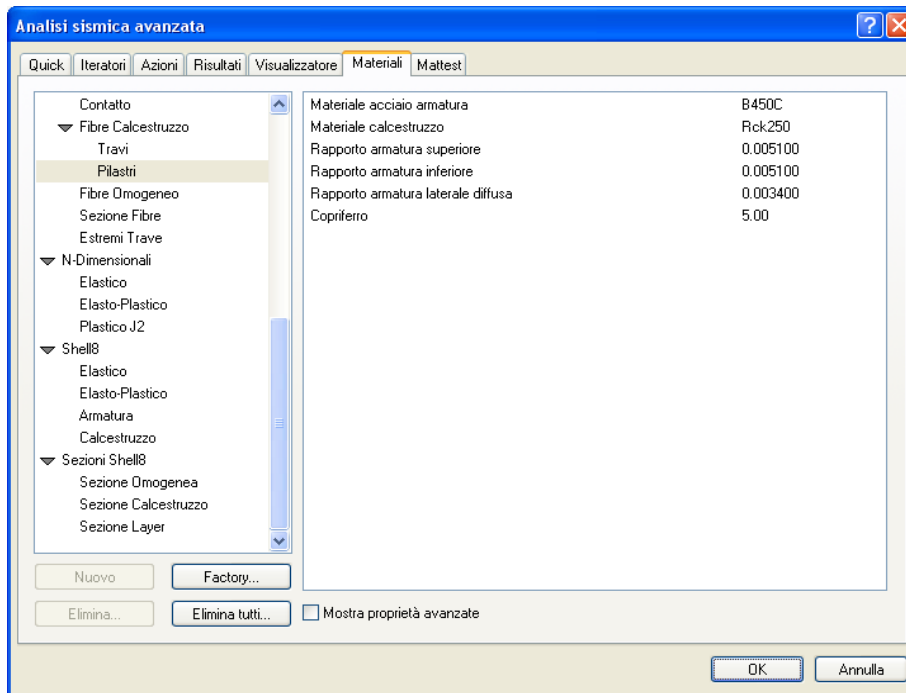
## Definizione delle sezioni a "fibre calcestruzzo"

Con le precedenti operazioni abbiamo definito dei materiali con leggi costitutive uniassiali i quali ci servono a definire le sezioni di calcestruzzo armato. Successivamente occorre definire dimensioni delle sezioni e quantitativi di armatura presenti in esse.

A tale scopo espandiamo il ramo delle sezioni, selezioniamo il ramo "Fibre calcestruzzo", clicchiamo sul bottone "Nuovo.." e definiamo una sezione che chiameremo "travi" con le seguenti caratteristiche:



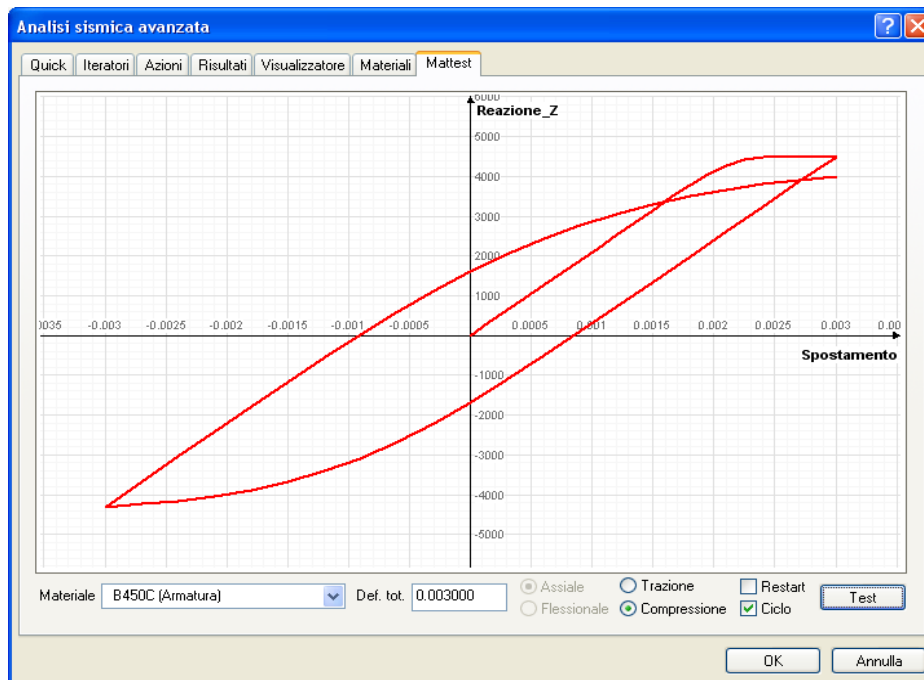
Agiamo similmente per i pilastri utilizzando le caratteristiche seguenti:



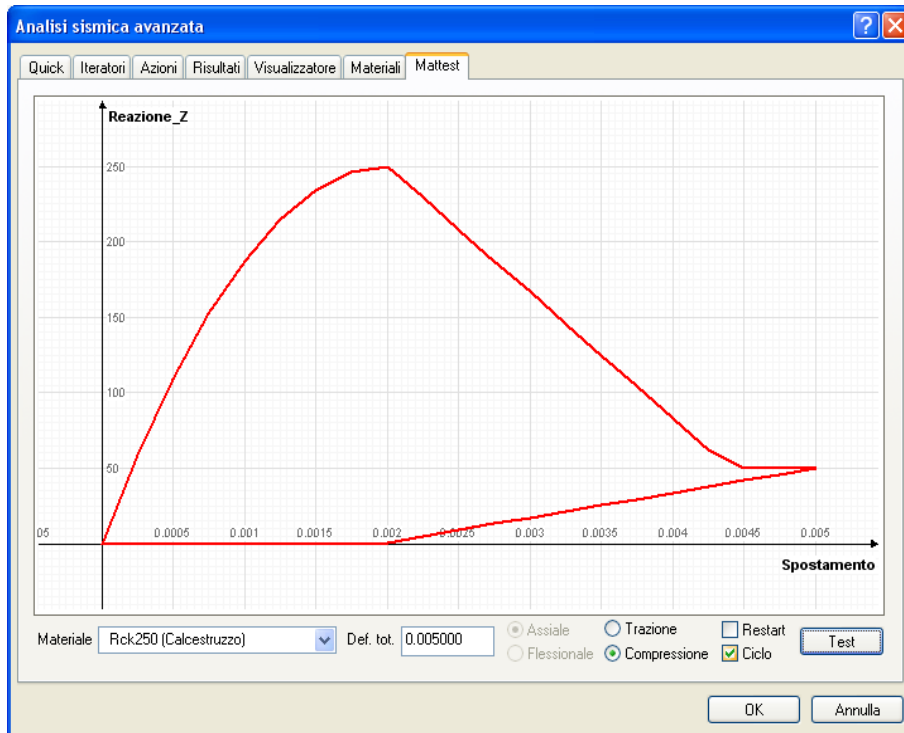
## Visualizzazione dei legami costitutivi con MatTest

Un'utilissimo strumento di controllo in questa fase è il MatTest. Questa funzione ci permette di controllare e visualizzare il legame costitutivo di ogni materiale utilizzato nell'analisi. Esso ci permette di validare ancor prima di analizzare la struttura le nostre ipotesi sui materiali utilizzati.

Nelle figure che seguono riportiamo i legami costitutivi dei materiali utilizzati.



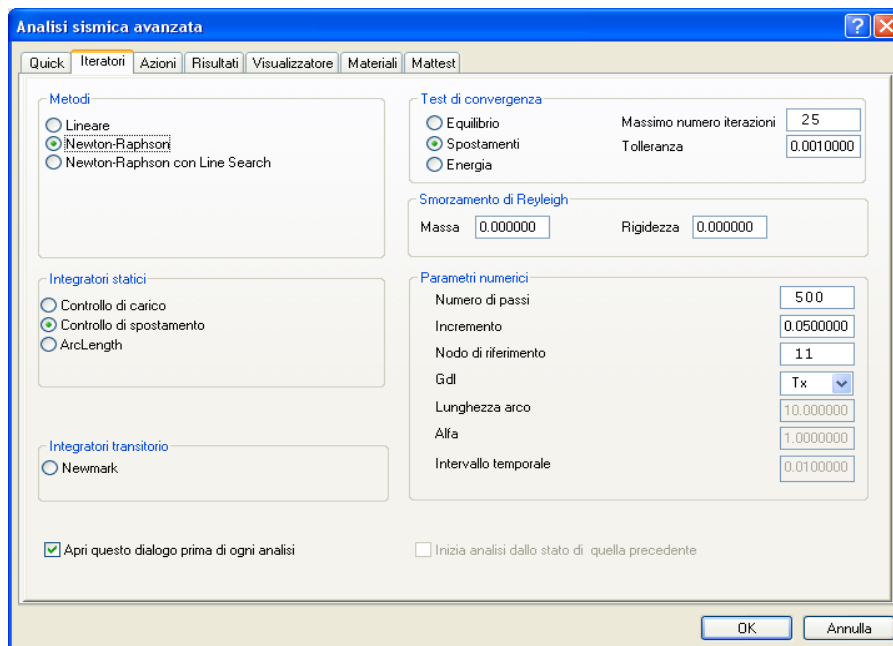
*Legame costitutivo dell'acciaio*



*Legame costitutivo del calcestruzzo*

## Analisi pushover

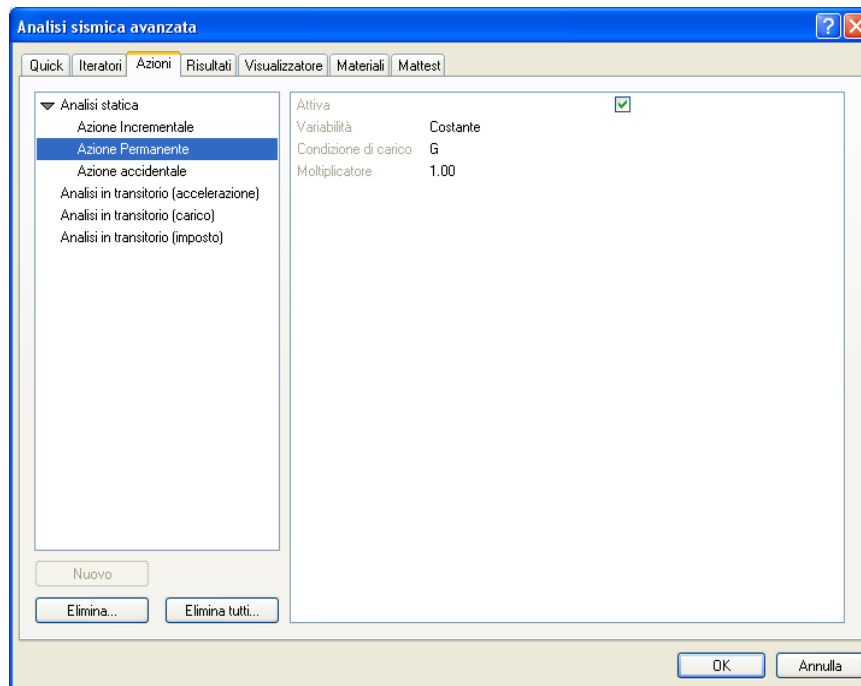
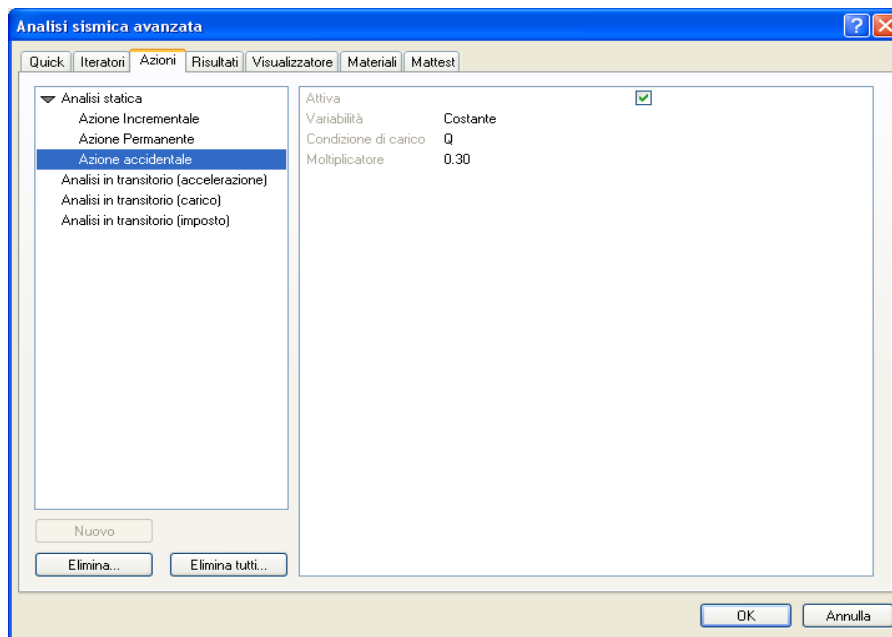
Inseriti i materiali siamo pronti per iniziare l'analisi di spinta della struttura. Cominciamo col settare i parametri degli iteratori. La configurazione in figura è una configurazione standard.



Quindi si passa al pannello delle "Azioni". Vanno definite un numero di azioni pari alle azioni



verticali che si vogliono tenere in conto durante il calcolo. Nel nostro caso sono due: G e Q. Entrambe vanno fattorizzate con l'opportuno moltiplicatore (tab.1le 2.5.I e 2.6.I NTC2008)

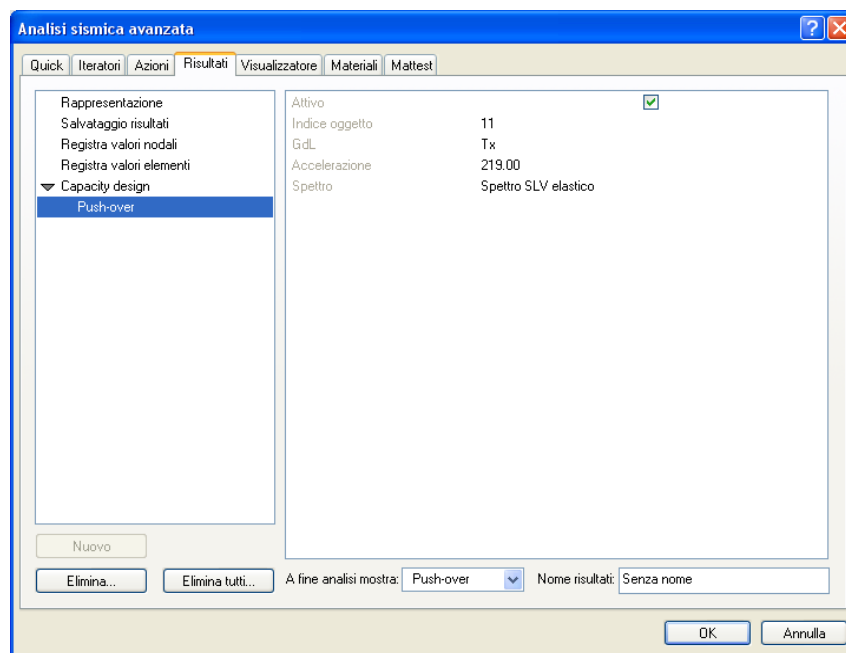


Inoltre va definita l'azione incrementale che applica una delle due distribuzioni descritte precedentemente. La variabilità lineare è necessaria proprio per applicare una forza che si incrementi passo passo.

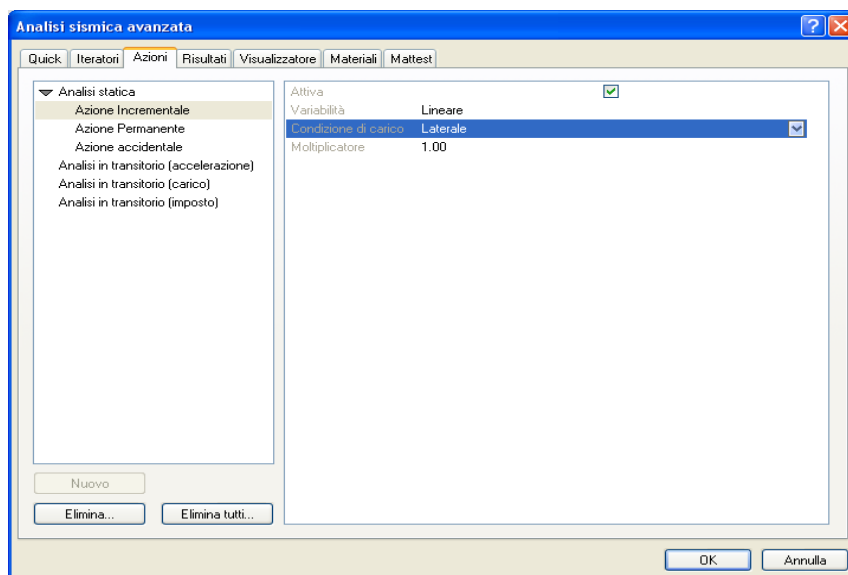
Ultimo passo è la definizione dei risultati da visualizzare alla fine dell'analisi. Creeremo un nuovo risultato "Pushover" nella sezione "Capacity design".

Selezioniamo il checkbox "Attivo", assegniamo l'indice del nodo di controllo della struttura  
Analisi pushover: Analisi pushover

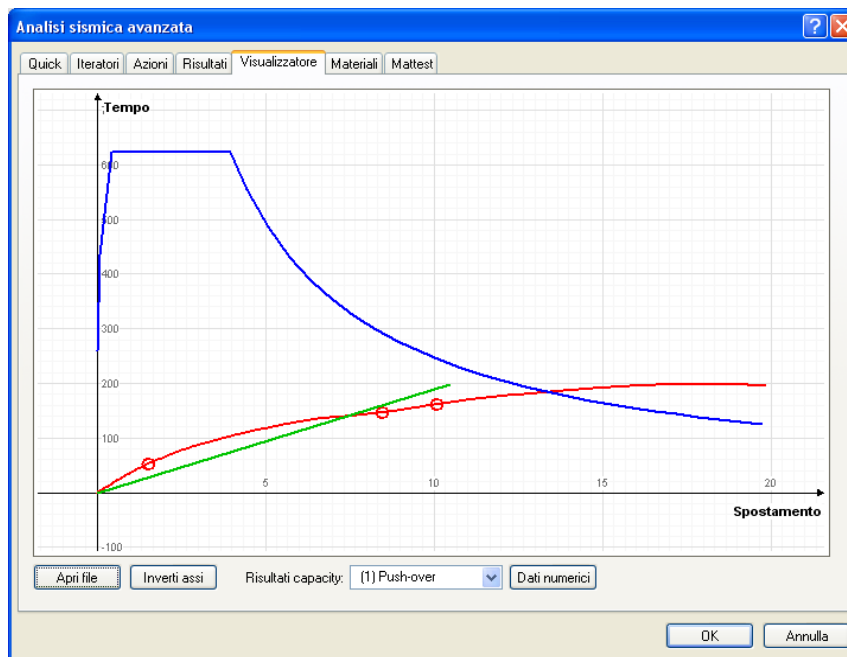
(solitamente un nodo dell'ultimo piano), inseriamo il valore dell'accelerazione di progetto  $a_g$ , e lo spettro elastico per lo stato limite considerato della struttura.



Nel campo "a fine analisi mostra:" scegliamo "Pushover".



Premendo OK, si dà inizio all'analisi di capacity design e, alla fine dell'analisi, si presenterà come risultato il grafico seguente,



Nel diagramma sono riportate le due curve Capacity (rossa) e Demand (blu). In verde viene riportato il periodo proprio dell'oscillatore elementare equivalente.

Il calcolo delle accelerazioni di picco PGA (Peak Ground Acceleration) viene riportato nel dialogo che appare cliccando sul bottone "dati numerici" in cui vengono riportati tutti i parametri di calcolo e la verifica fra lo spostamento  $d_{c,u}$  e  $d_{max}$ .

Dati numerici					
G	1.2616159	Tc	0.50030646		
m*	29.443832	Se(T*)	264.97351		
Fy*	5848.7849	d* max	11.422569		
dy*	10.482211				
T*	1.4433467				
dc,u	18.230588	d max	14.410894	14.41 <= 18.23	
Prima plasticizzazione		Danno severo		Prima rottura	
Spostamento	1.2000000	Spostamento	6.7000000	Spostamento	8.0000000
Elemento	6	Elemento	11	Elemento	11
Ascissa	500.00000	Ascissa	500.00000	Ascissa	500.00000
Curvatura	0.00011284	Curvatura	0.00143115	Curvatura	0.00193813
Rotazione	0.00000000	Rotazione	0.00000000	Rotazione	0.00000000
Lunghezza cp	0.00000000	Lunghezza cp	0.00000000	Lunghezza cp	0.00000000
PGA	39.306574	PGA	154.91982	PGA	177.71962

Osservazioni:

- la struttura è ottimizzata quando le curve capacity (rossa) e demand (blu) si intersecano sulla congiungente tra la curva demand (blu) e il periodo (verde)
- se l'intersezione avviene sopra la struttura non è verificata
- se l'intersezione avviene sotto la struttura risulta verificata.