

Adriano Castagnone

# Calcolo strutture in muratura con 3Muri



fare sismica



BOOK n.3

 **STA.**  
DATA  
TEORIA IN PRATICA

PROPRIETA' LETTERARIA RISERVATA

© 2017 – Adriano Castagnone – Corso Raffaello, 29 – 10125 Torino [adriano.castagnone@gmail.com](mailto:adriano.castagnone@gmail.com)

Il presente file può essere usato esclusivamente per finalità di carattere personale. I diritti di commercializzazione, traduzione, memorizzazione elettronica, di adattamento e di riproduzione totale o parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.

L'elaborazione dei testi è curata con scrupolosa attenzione, tuttavia, l'autore declina ogni responsabilità per eventuali errori o inesattezze.

**INDICE**

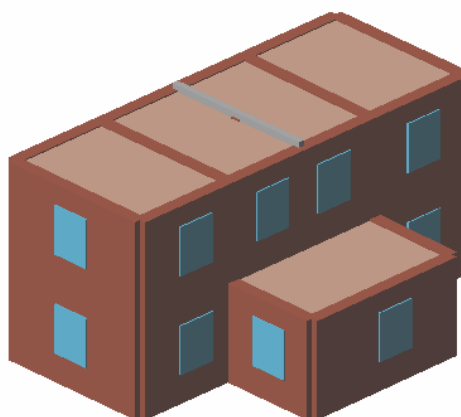
<b>Premessa</b> .....	<b>3</b>
<b>Esempio guidato di calcolo di una struttura con 3Muri</b> .....	<b>5</b>
La versione gratuita 3Muri demo r. 3 .....	5
Tempo per eseguire l'esempio .....	6
<b>Il programma 3Muri</b> .....	<b>7</b>
Terminologia .....	8
<b>Fase 1: la costruzione del modello</b> .....	<b>9</b>
Planimetrie .....	9
Introduzione Geometria .....	9
Definizione degli oggetti strutturali .....	13
Materiali .....	13
Elementi Strutturali .....	15
Inserimento Aperture .....	23
Inserimento Solai.....	26
Inserire più piani .....	33
Creare irregolarità in elevazione.....	34
Vista Assonometria .....	45
<b>Introduzione Parte 2</b> .....	<b>49</b>
<b>Costruire il modello</b> .....	<b>50</b>
Creazione della Mesh del modello.....	50
Controllo della Mesh.....	51
Carica la parete Selezionata .....	51
Carico Sismico.....	52
Calcolo della Struttura .....	53
<b>Cosa si nasconde nel calcolo</b> .....	<b>57</b>
Quando creiamo la mesh, il programma che cosa fa? .....	57
Il calcolo .....	59
Carico sismico .....	59
Calcolo statico non lineare .....	59
<b>Introduzione Parte 3</b> .....	<b>62</b>
<b>Costruire il modello</b> .....	<b>63</b>
Visualizzazione dei risultati.....	64
Risultati-Finestra multipla.....	65
3D della mesh .....	70
Immagini del modello .....	70
Creare la Relazione .....	72
<b>Interpretazione dei risultati</b> .....	<b>77</b>
Presentazione dei risultati .....	77
Dove intervenire.....	78
Come capisco quali elementi sono rotti? .....	78
Tabella del livello di danno .....	80

## Esempio guidato di calcolo di una struttura con 3Muri

Per valutare tutte le potenti funzionalità del programma 3Muri si riporta un esempio guidato con i passi necessari per l'analisi completa di una struttura in muratura in zona sismica.

Seguendo passo passo le istruzioni suggerite si otterrà il calcolo di una struttura completa evidenziando tutte le caratteristiche del programma.

Obiettivo è infatti la creazione del modello presentato nell'immagine seguente:



Il risultato è costituito dalla verifiche secondo O.P.C.M.-3431.

---

### La versione gratuita 3Muri demo r. 3

Per provare in pratica il programma 3Muri è possibile scaricare la versione gratuita 3Muri demo r. 3 che comprende tutte le caratteristiche del programma completo, con solo limitazioni sul numero di elementi gestiti (40 nodi) ma sufficiente per valutare completamente le sue funzionalità.

**Ciccando [gui](#)** è possibile scaricare la versione gratuita 3Muri demo r. 3 ed eseguire l'installazione.

Si consiglia di aggiornare la versione gratuita 3Muri demo r. 3 rispetto alle versioni precedenti.

Il programma richiede un personal computer con sistema operativo Windows® ed è garantito esente da virus.

Non sono richieste particolari configurazioni hardware.

Sul sito [www.stadata.com](http://www.stadata.com) è possibile inoltre scaricare il [manuale](#) completo del programma e consultare le FAQ (domande frequenti) per approfondire la conoscenza del programma 3Muri.

Il nostro servizio di assistenza è sempre disponibile a soddisfare ogni esigenza. Per questo telefonare al **n. verde 800 236 245**.

Con il servizio TeleDemo, grazie ad un tecnico specializzato in collegamento telefonico gratuito, è possibile eseguire l'esempio con un supporto.

---

## Tempo per eseguire l'esempio

Quanto tempo impiego per svolgere questa fase con la versione prova di 3Muri ?

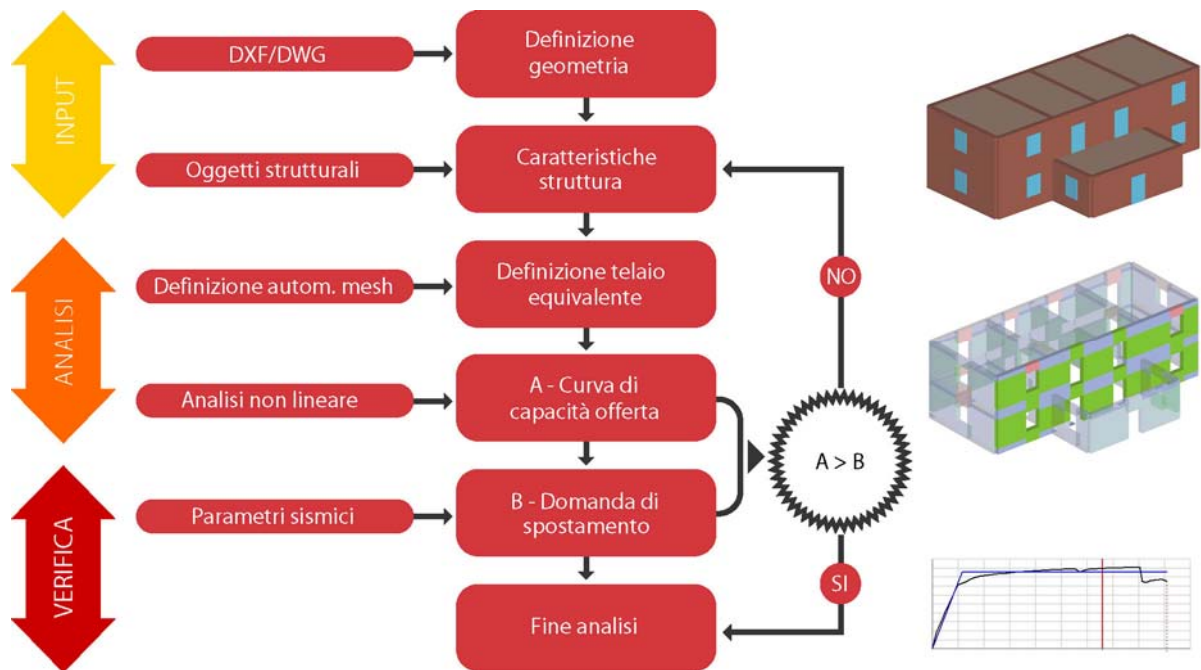
<i>Introduzione Geometria</i>	<i>4 min</i>
<i>Definizione degli oggetti strutturali</i>	<i>10 min</i>
<i>Inserire più piani</i>	<i>1 min</i>
<i>Creare irregolarità in elevazione</i>	<i>4 min</i>
<i>Vista Assonometria</i>	<i>1 min</i>
Totale tempo impiegato	<b>20 min</b>

## Il programma 3Muri

TreMuri è un programma ideato per eseguire l'analisi statica non lineare degli edifici in muratura secondo quanto indicato nell'ordinanza OPCM-3274/03 e 3431/05.

In alternativa è seguire le verifiche secondo le indicazioni del Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 o del Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.

Il processo da seguire nella verifica della struttura da esaminare si compone delle seguenti fasi:



La fase di Input prevede la costruzione del modello di calcolo, quindi il caricamento della geometria e delle caratteristiche degli elementi strutturali, dei materiali, dei carichi e dei vincoli.

La fase di Analisi prevede la costruzione della mesh secondo il metodo FME (Frame by Macro Elements), l'analisi push-over ed è svolta in automatico dal programma.

La fase di Verifica consente di valutare l'effettiva capacità di resistenza della struttura, con possibilità di interagire con i risultati.

Se il risultato non è soddisfacente, è possibile modificare il progetto, e per successive approssimazioni, ottenere il risultato desiderato.

Nel corso delle tre puntate saranno esaminate singolarmente le tre fasi principali.

Particolare cura sarà dedicata al capitolo di verifica, con uno sguardo rivolto alle procedure di interpretazione dei risultati e delle linee guida per eseguire correttamente le previsioni degli interventi.

---

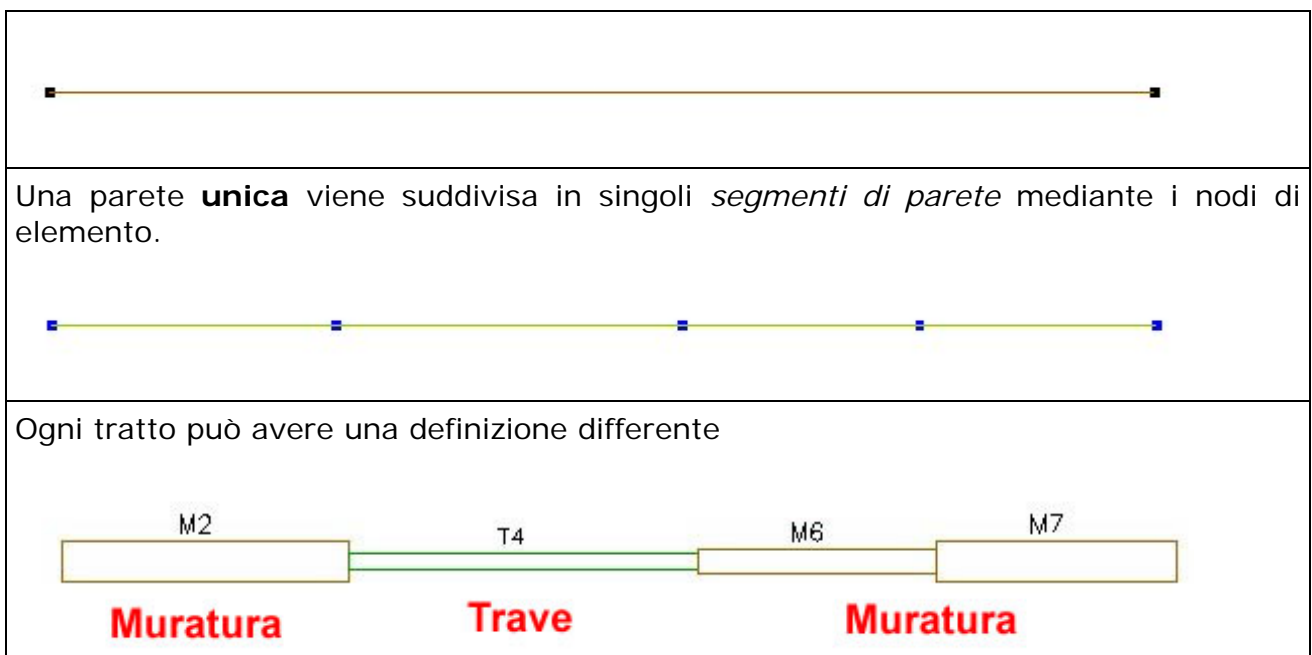
## Terminologia

**Parete:** Insieme di elementi murari disposti in contiguità e appartenenti al medesimo allineamento. Può comprendere tratti con caratteristiche e spessori differenti, accoppiati con diversi elementi strutturali (travi e pilastri in c.a., acciaio o legno).

**Nodo:** Punto in cui le pareti si intersecano.

**Nodo di elemento:** Nodo inseribile dall'utente, con lo scopo di separare una unica parete in singoli "segmenti di parete".

**Segmento di parete:** Tratto di parete definito da un unico elemento strutturale.



## Fase 1: la costruzione del modello

La prima fase consente di definire il modello di calcolo della struttura che contiene i dati necessari per la successiva fase di analisi.

Attraverso i comandi presenti nell'ambiente grafico è possibile introdurre tutti i valori delle seguenti entità.

- PLANIMETRIE
- OGGETTI STRUTTURALI CON DIMENSIONI E MATERIALI
- APERTURE
- SOLAI CON CARICHI RELATIVI

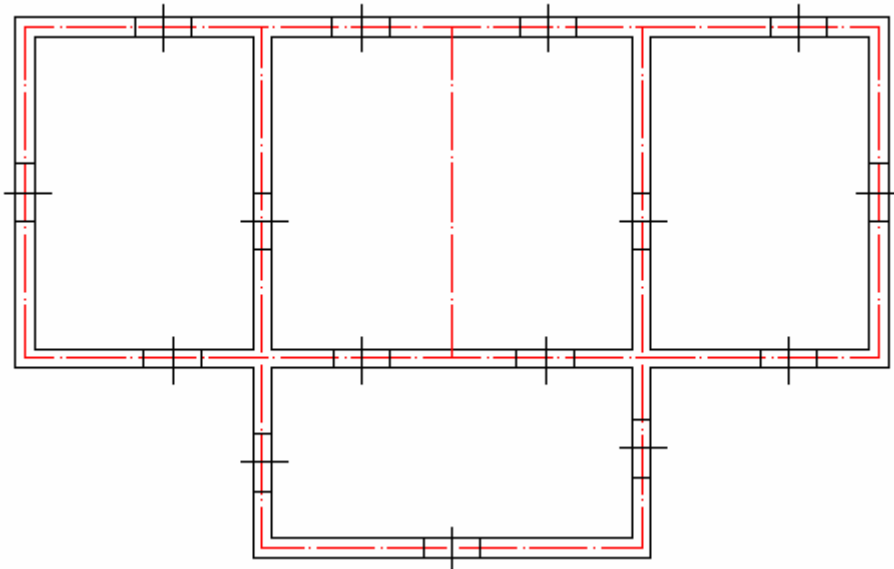
---

### Planimetrie

La costruzione delle planimetrie, introdotte attraverso la definizione delle pareti

Questa immagine mostra la pianta del rilievo architettonico dell'edificio che andremo a realizzare.

In rosso vengono evidenziati gli assi degli elementi strutturali.



Questa pianta è messa a disposizione in formato "dxf" al seguente link:

**Download :** [Architettonico](#).

Scaricare quindi il file e salvarlo.

---

### Introduzione Geometria

*L'importazione di un DXF prodotto da un programma CAD e l'inserimento delle pareti.*

#### INIZIO



#### NUOVO



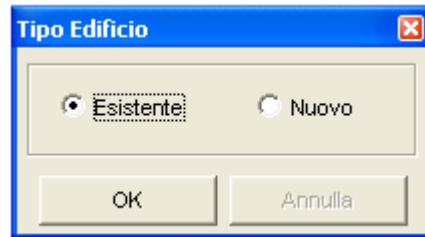
Avvia 3Muri facendo doppio clic sull'icona 3Muri nel menù Start → Programmi → STA DATA.

Crea un nuovo modello con l'icona **Nuovo**

Nella finestra di dialogo, inserire il **nome del progetto**

Scegliamo la tipologia di edificio "Esistente".



**DXF**

Importare il file dxf 

Selezionare il percorso del file.

Il file usato per questo esempio è scaricabile cliccando [qui](#)

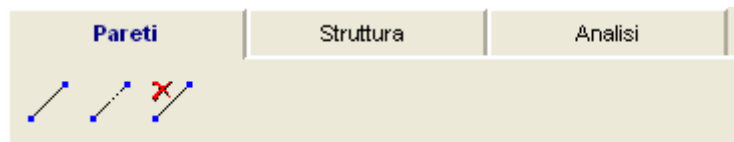
Viene richiesta la scala e l'angolo del disegno.

Nel caso in esame possiamo lasciare i parametri proposti poiché il disegno dxf è stato realizzato in "cm" che è la medesima unità di misura impiegata dal programma.

Selezioniamo un punto nell'area grafica (tasto sinistro del mouse) per inserire il dxf

Prepariamoci ad inserire le pareti.

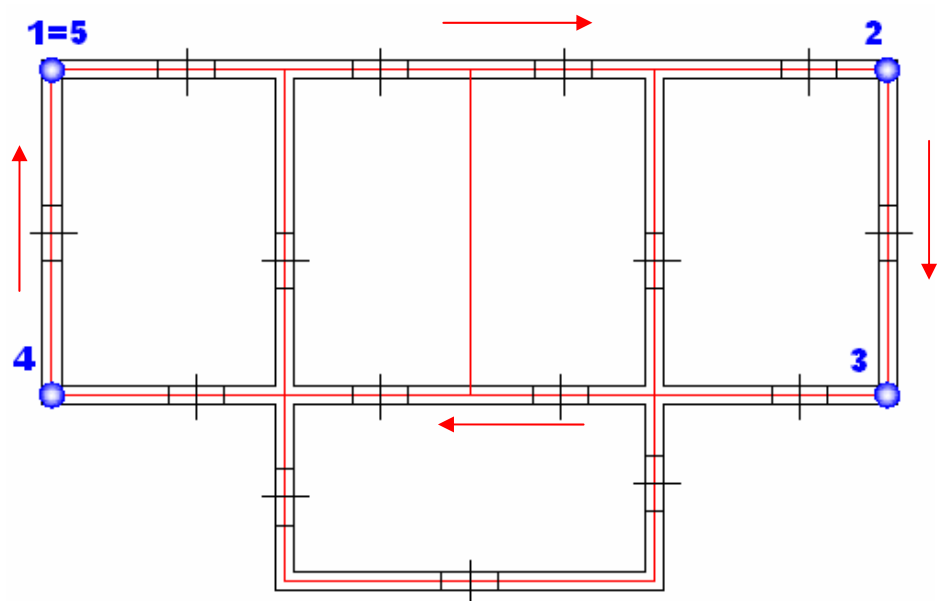
Controlliamo di avere attivo l'ambiente "Pareti".

**PARETE**

Attiviamo il comando "Inserimento parete" e procediamo a rilucidare la pianta sfruttando il dxf di sfondo e gli snap alla grafica sempre attivi.

Rilucidare la sequenza indicata nella figura da 1 a 5.

Premere il pulsante destro del mouse nell'area grafica per interrompere il comando.



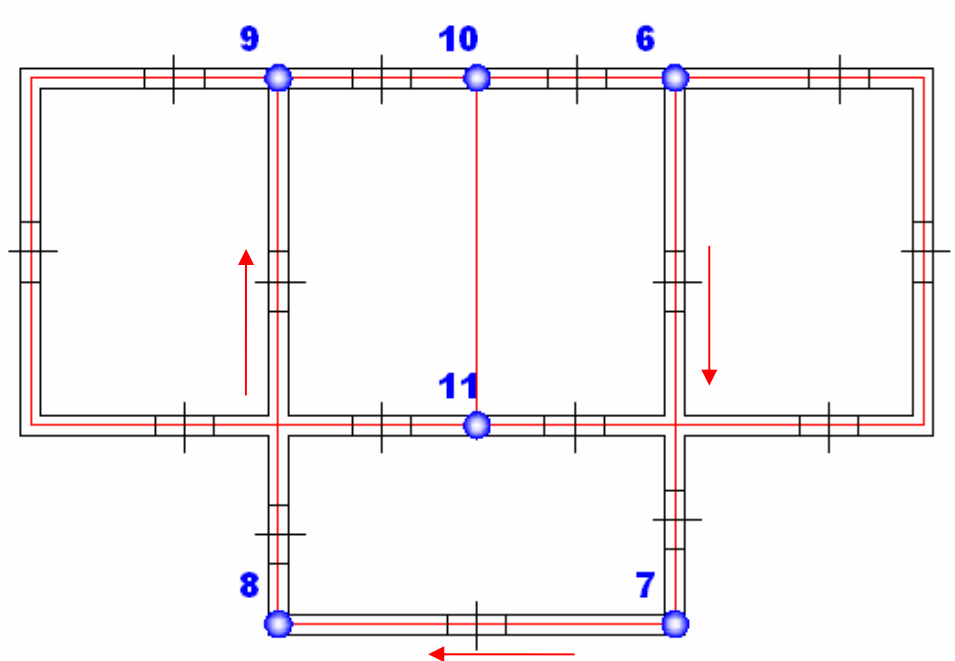
**PARETE**

Attiviamo nuovamente il comando "Inserimento parete" inserendo le pareti con la sequenza da 6 a 9.

Richiudere il comando (tasto destro).

Richiamarlo nuovamente per inserire l'ultima parete tra i punti 10 ed 11.

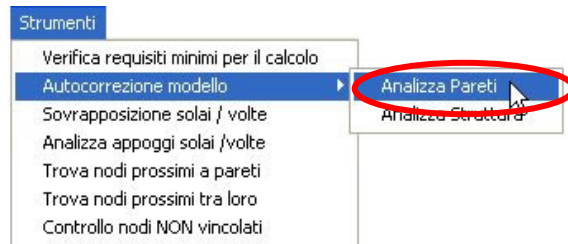
Chiudere il comando premendo il tasto destro.

**VISUALIZZAZIONE**

Attivando questo pulsante vengono mostrati i filtri di visualizzazione



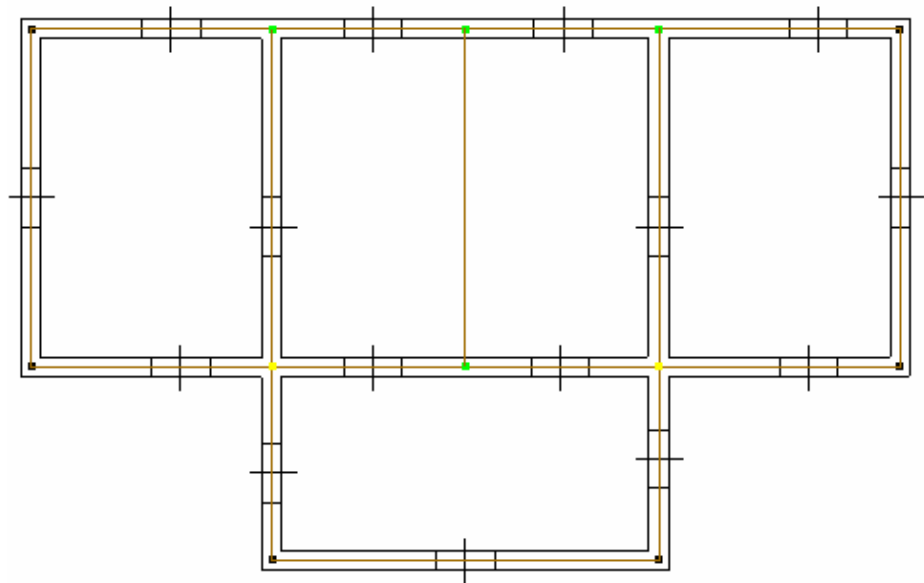
Disattiviamo la visualizzazione del DXF di sfondo

**STRUMENTI > AUTOCORREZIONE MODELLO > ANALIZZA PARETI**

Questa procedura rileva e corregge automaticamente svariate casistiche legate ad errori in fase di input.

**VISUALIZZAZIONE**

Riattivare il DXF di sfondo



## Definizione degli oggetti strutturali

*Si passa alla definizione degli oggetti strutturali (murature, setti, travi, pilastri) mediante i comandi riportati nell'ambiente struttura.*

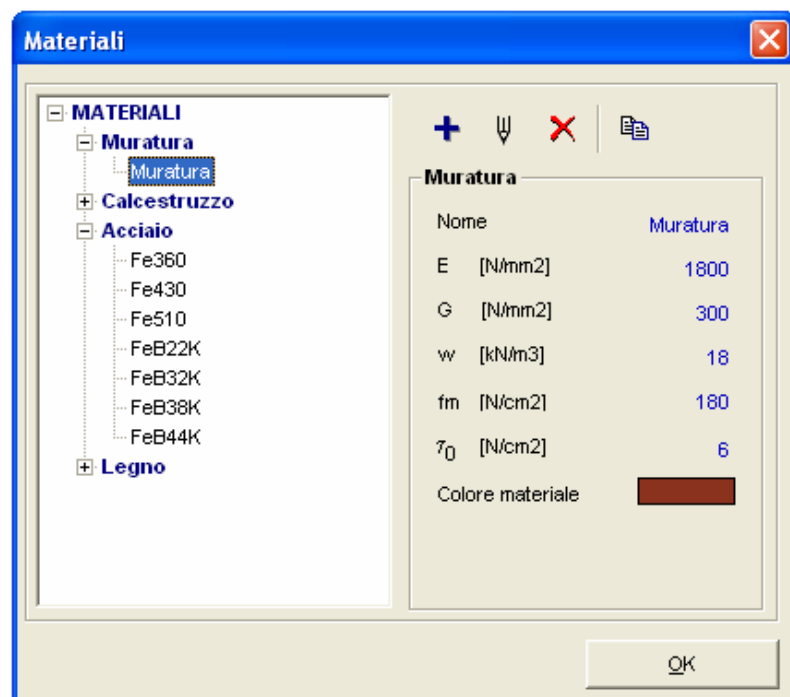
**AMBIENTE STRUTTURA** Attiviamo la cartella dell'ambiente struttura.



### Materiali



Premiamo il pulsante per visualizzare la finestra di definizione dei materiali.

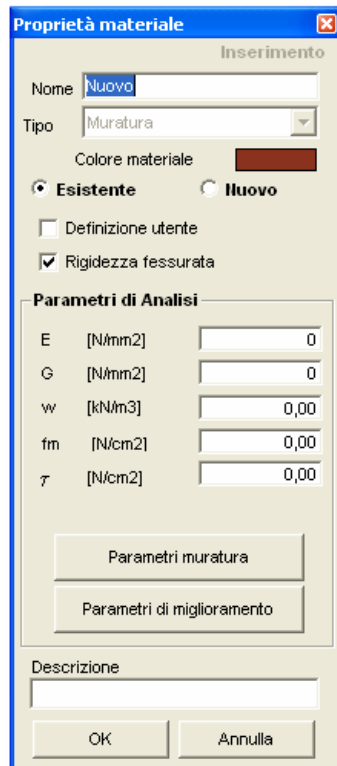


Questa finestra è dotata di una libreria base di materiali classificati per tipologia.

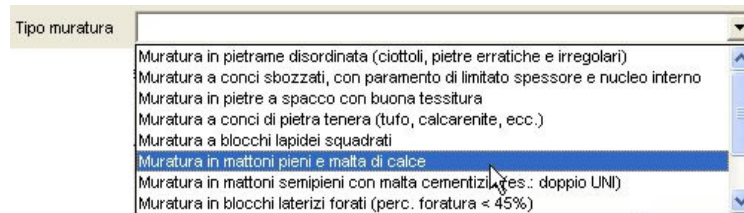
### NUOVO MATERIALE



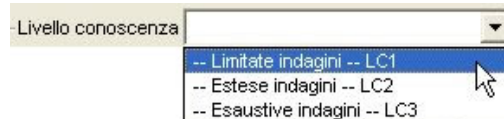
Premiamo il pulsante che permette di creare un nuovo materiale.



Nella finestra che compare scegliamo la tipologia di muratura: "Mattoni pieni e malta di calce".



Scegliamo il livello di conoscenza 1.



Dal completamento di questi dati vengono presentati i seguenti parametri.


E	[N/mm2]	1800
G	[N/mm2]	300
w	[kN/m3]	18,00
fm	[N/cm2]	133,33
τ	[N/cm2]	4,44

Definiamo il nome del tipo di muratura.

## Elementi Strutturali



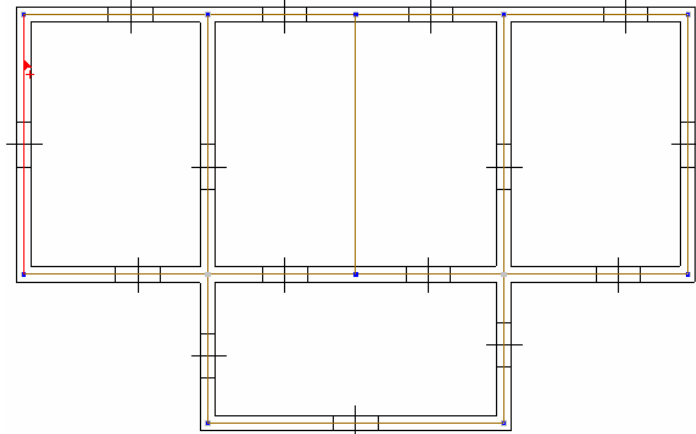
Attivando questo pulsante è possibile definire le caratteristiche degli elementi strutturali che possono essere assegnate a ciascuna parete.

Premendo il pulsante cambia la forma del puntatore facendolo diventare puntatore di selezione  .

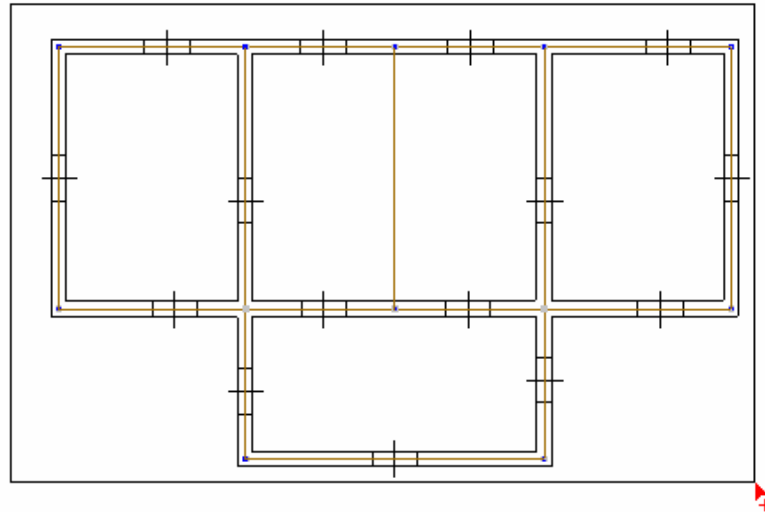
## SELEZIONE

La selezione può avvenire con due modalità differenti:

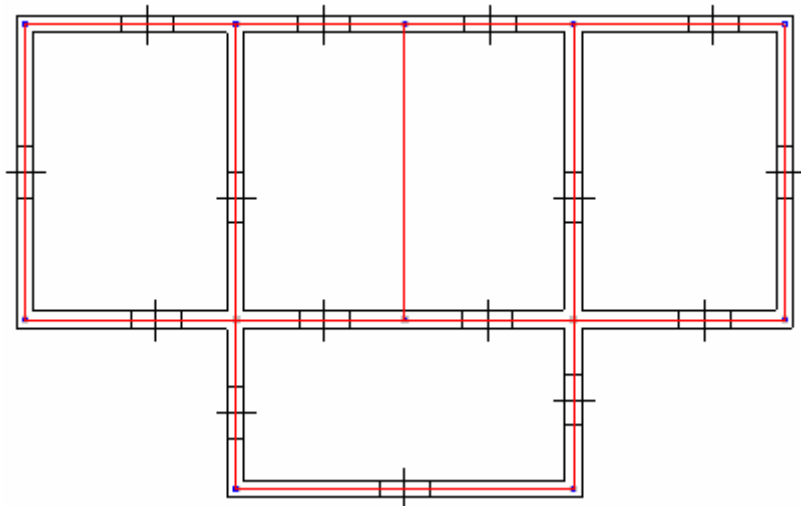
1. Selezionando in sequenza tutte le pareti una per una.



2. Selezionando tutte le pareti insieme attraverso l'individuazione di una finestra di selezione (trascinando il mouse)

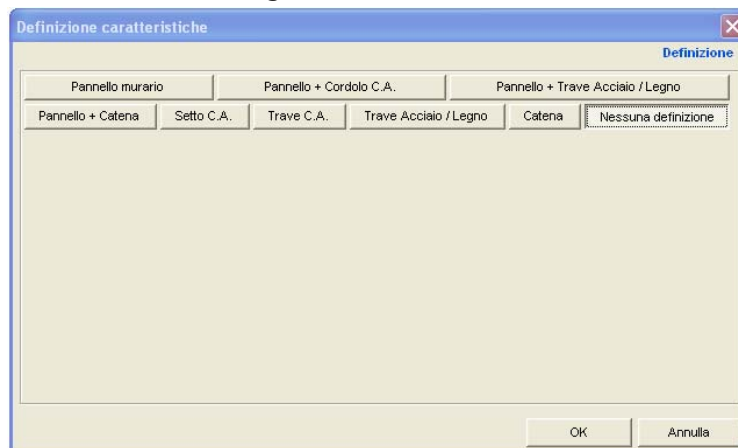


Si può scegliere la modalità di selezione preferita in modo da ottenere tutte le pareti evidenziate in rosso (vedere figura seguente)

**TASTO DESTRO MOUSE**

Premiamo il **tasto destro** del mouse per confermare la selezione.

Viene presentata la finestra di definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali.



La finestra permette di assegnare le caratteristiche alle pareti secondo la seguente classificazione:

Pannello murario (muratura)

Pannello+Cordolo (muratura+cordolo c.a.)

Pannello+Trave (muratura+cordolo Avviaio o Legno)

Pannello+Catene (muratura+catena)

Setti c.a.

Travi c.a. /Acciaio/Legno

Catena

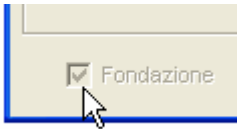
Quanto elencato sopra costituisce l'insieme degli oggetti strutturali disponibili in 3Muri.

Maggiori dettagli sono riportati manuale tecnico disponibile del programma.

Selezioniamo la voce "Pannello murario"



Inseriamo il valore dello spessore della muratura pari a 40 cm.

**FONDAZIONE**

Notiamo che, in basso a sinistra, appare selezionata in grigio la casella associata al vincolo di fondazione.

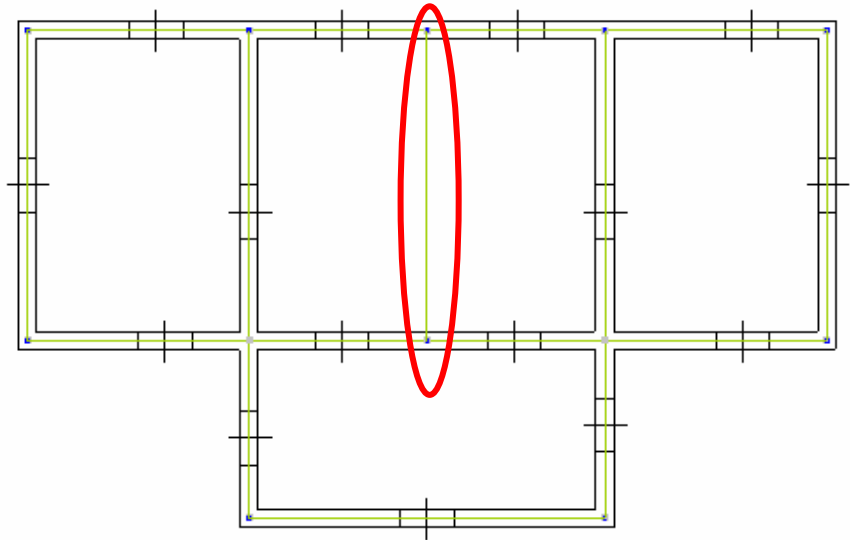
Stiamo inserendo il primo piano dell'edificio, sotto ad esso sono presenti le strutture di fondazione.

Confermiamo l'inserimento delle murature premendo il pulsante "OK" della finestra.



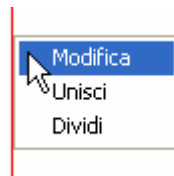
**MODIFICHE**

Modifichiamo una parete per sostituire la muratura appena inserita con una trave.

**TASTO DESTRO MOUSE**

Posizioniamo il puntatore sulla parete da modificare (sopra evidenziata) e premiamo il tasto destro del mouse.

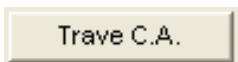
Appare così il menu contestuale.

**MODIFICA**

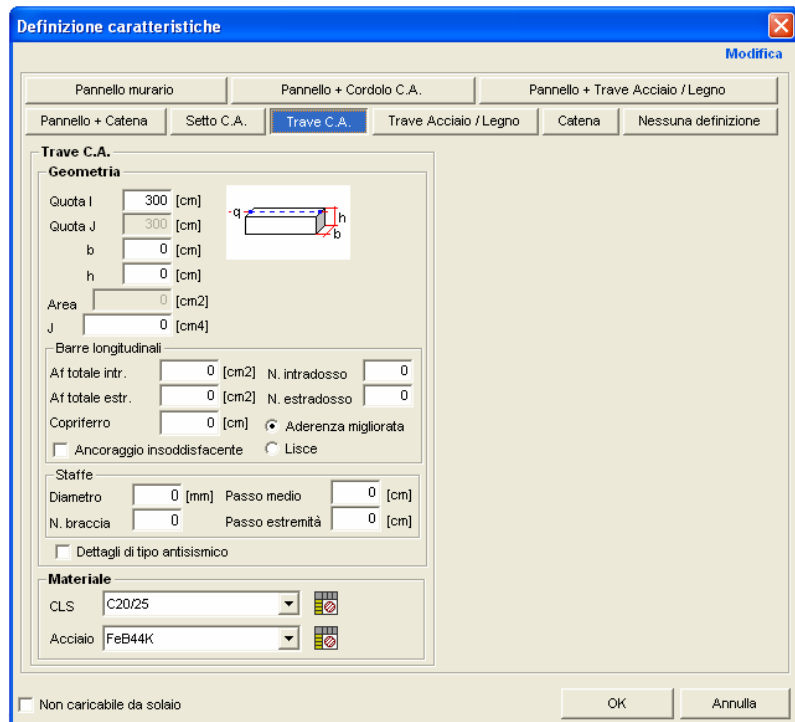
Richiamiamo il comando "Modifica"

Il programma ci ripropone la finestra per la definizione delle caratteristiche con le proprietà della muratura precedentemente definita.

Premiamo il pulsante Trave C.A.



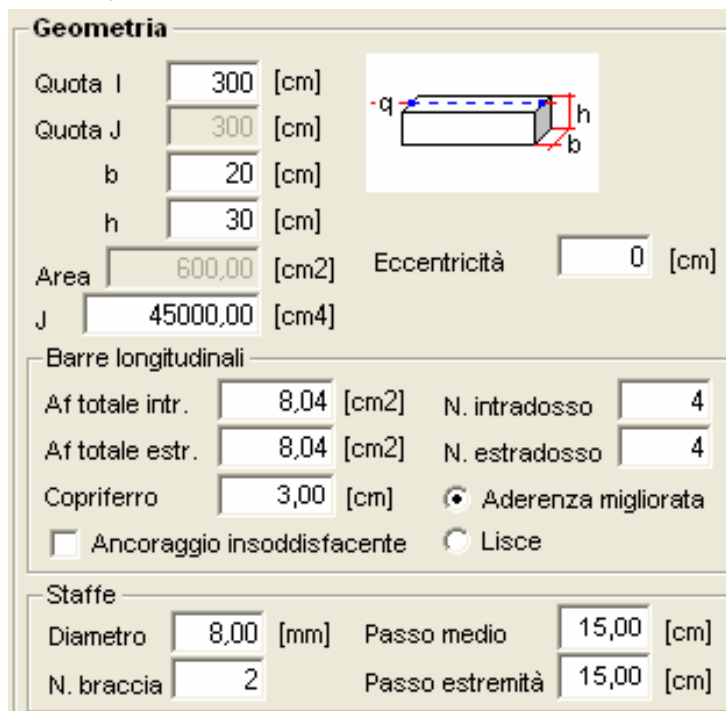
Appare quindi:



**COMPILAZIONE  
CARATTERISTICHE  
TRAVE**

Si devono inserire le caratteristiche geometriche e meccaniche.

Inseriamo i parametri della trave come indicato nell'immagine riportata sotto (lasciamo i materiali già definiti).



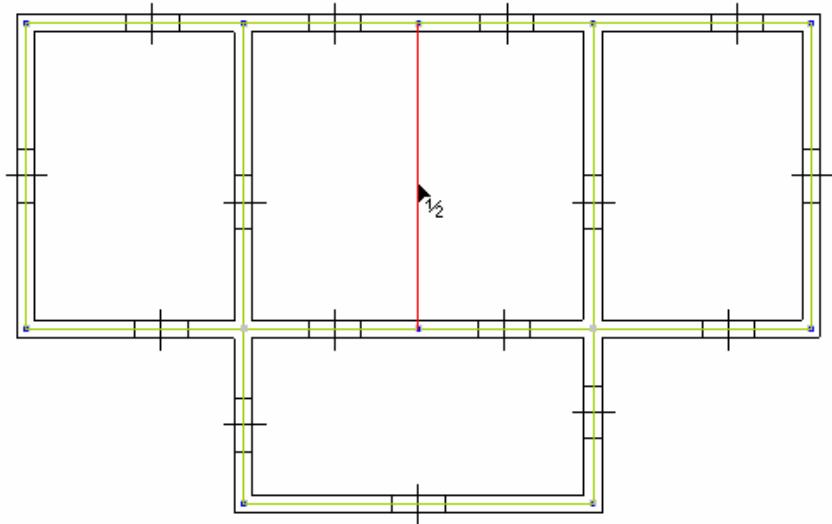
Confermiamo l'inserimento della trave premendo il pulsante "OK" presente nella finestra.

Se vogliamo inserire un pilastro è necessario inserire prima un nodo di elemento da usarsi come punto di inserimento per il pilastro.

**INSERIMENTO NODO**

Premiamo il pulsante per l'inserimento del nodo e spostiamoci nell'area grafica in corrispondenza del punto medio della trave.

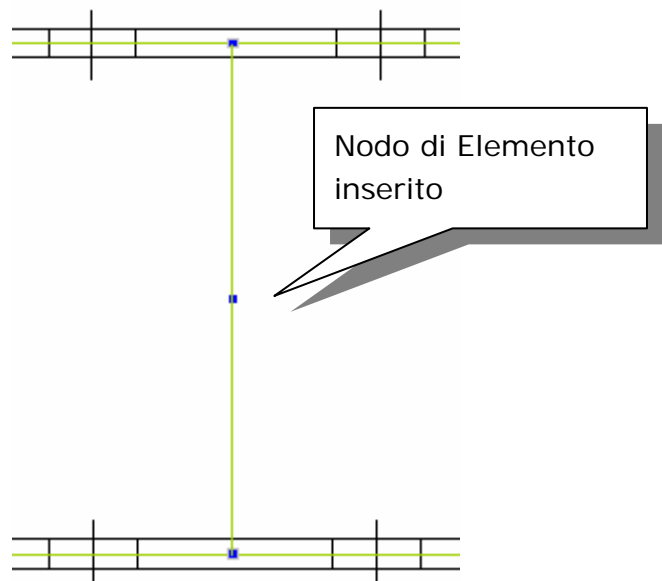
Il programma individua automaticamente il punto medio della trave mediante gli snap alla grafica che fanno assumere al puntatore la forma "  $\frac{1}{2}$  " .

**TASTO SINISTRO MOUSE**

Premendo il tasto sinistro del mouse viene inserito il nodo.

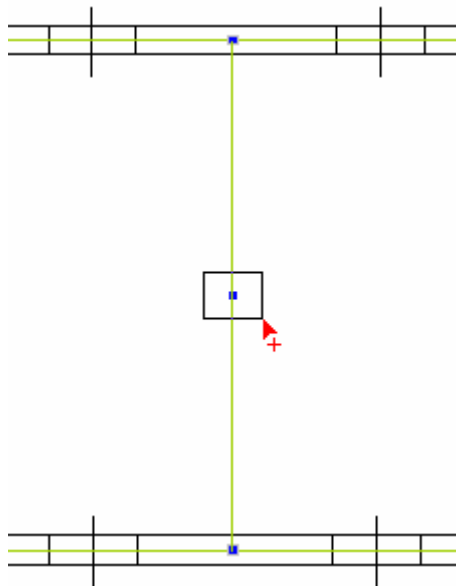
**TASTO DESTRO MOUSE**

Chiudiamo con la pressione del tasto destro del mouse il comando di inserimento del nodo.

**PILASTRO**

Premendo il pulsante di inserimento del pilastro viene richiesto di selezionare (  $\frac{+}{+}$  ) i nodi in cui si intendono inserire i pilastri.

Selezioniamo il nodo appena inserito.

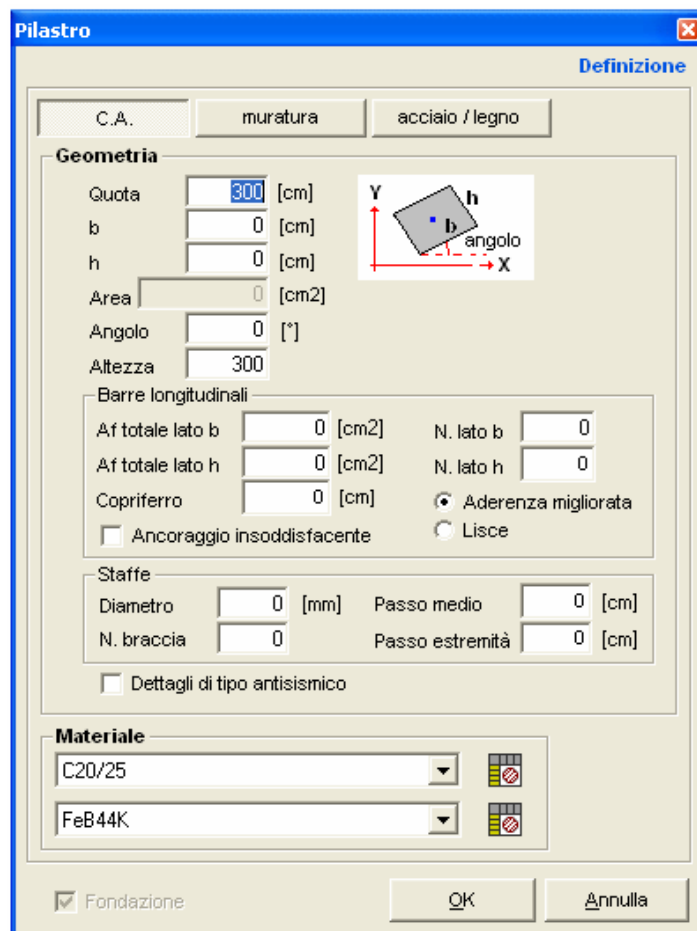


**TASTO DESTO MOUSE**



Chiudiamo con la pressione del tasto destro del mouse il comando di selezione dei nodi.

Si attiva così l'ambiente di definizione delle caratteristiche dei pilastri.



Nel caso in esame il pilastro viene realizzato in c.a.

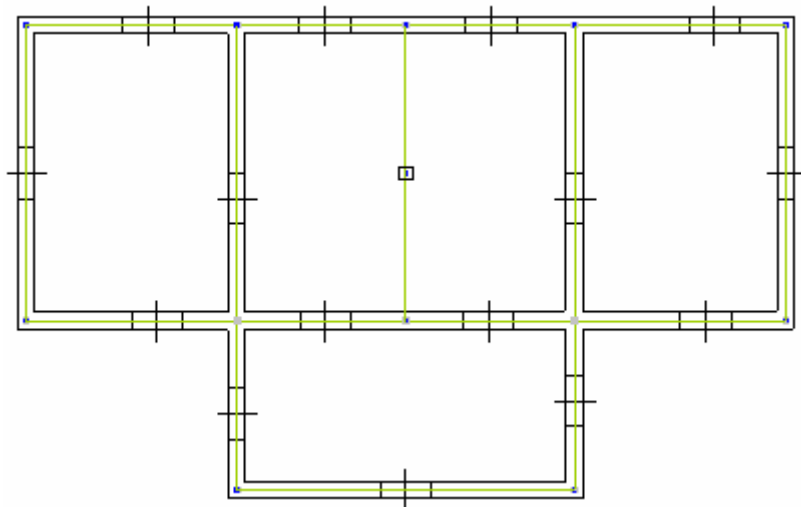
Procediamo ad aggiornare la finestra con i valori da definire per il pilastro (vedere finestra aggiornata qui nel

seguito).

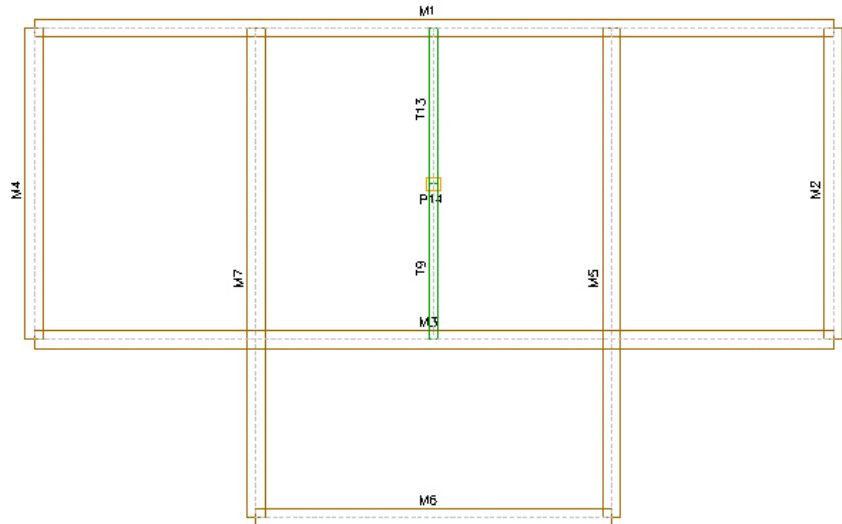
Quota	<input type="text" value="300"/>	[cm]	
b	<input type="text" value="30"/>	[cm]	
h	<input type="text" value="30"/>	[cm]	
Area	<input type="text" value="900,00"/>	[cm <sup>2</sup> ]	
Angolo	<input type="text" value="0"/>	[°]	
Altezza	<input type="text" value="300"/>		
Barre longitudinali			
Af totale lato b	<input type="text" value="5,09"/>	[cm <sup>2</sup> ]	N. lato b <input type="text" value="2"/>
Af totale lato h	<input type="text" value="5,09"/>	[cm <sup>2</sup> ]	N. lato h <input type="text" value="2"/>
Copriferro	<input type="text" value="3"/>	[cm]	<input checked="" type="radio"/> Aderenza migliorata <input type="radio"/> Lisce
<input type="checkbox"/> Ancoraggio insoddisfacente			
Staffe			
Diametro	<input type="text" value="8"/>	[mm]	Passo medio <input type="text" value="20"/>
N. braccia	<input type="text" value="2"/>		Passo estremità <input type="text" value="20,00"/>

Confermiamo l'inserimento del pilastro premendo il pulsante "OK" presente nella finestra.

A video compare lo schema come illustrato dalla figura seguente



**VISTA PIANTA LIVELLO**



In questa vista, presentata nell'ambiente struttura, compaiono i vari elementi strutturali inseriti nel modello.

Ciascun elemento ha una particolare codifica:

- M:** muratura
  - T:** trave
  - P :** pilastro
- Il numero che segue la lettera, indica l'identificativo dell'elemento strutturale esaminato.

**VISTA PIANTA LIVELLO**



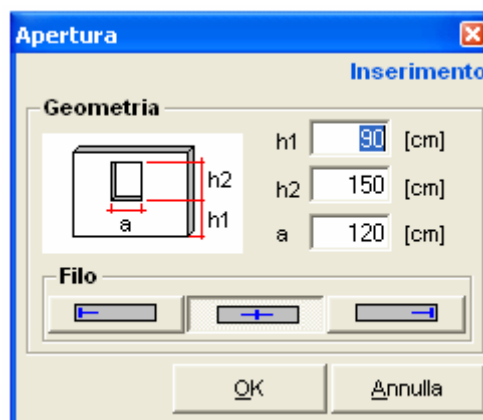
Premiamo nuovamente il pulsante "Vista Pianta del Livello" per ritornare alla vista standard.

**Inserimento Aperture**

**FORO**



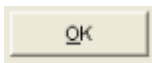
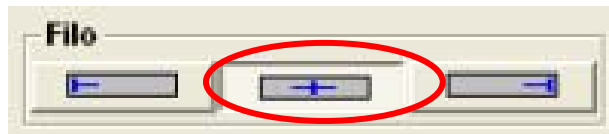
Mediante la presente finestra è possibile inserire delle aperture all'interno della muratura.



Il programma al suo primo utilizzo propone le seguenti dimensioni dell'apertura: h1=90; h2=150; a=120.

Conserviamo tali valori invariati.

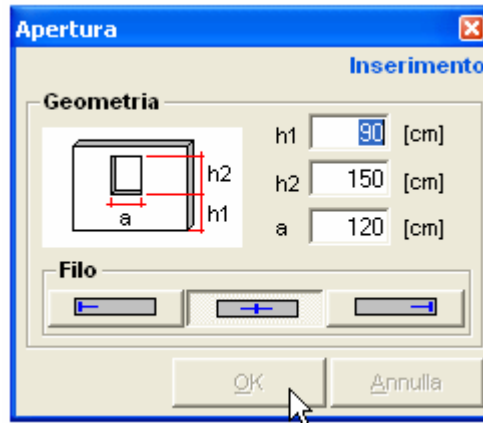
Definiamo il filo fisso per l'inserimento dell'apertura centrato.



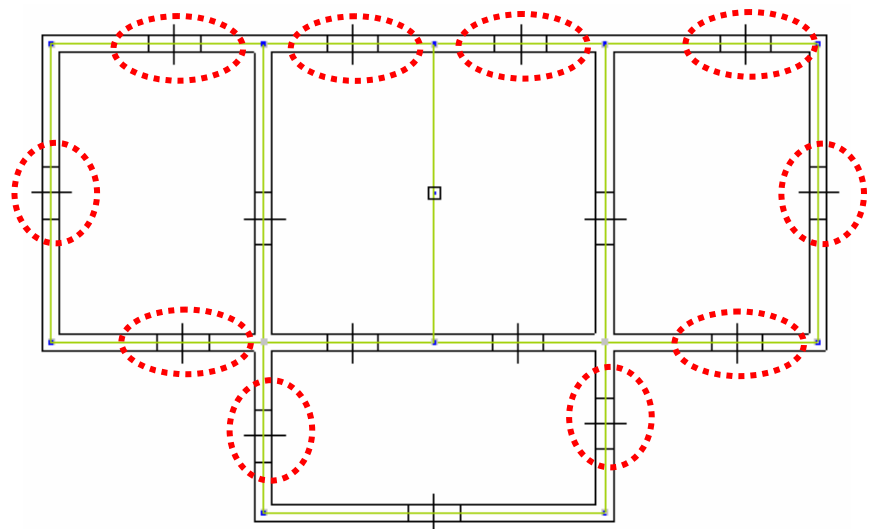
Confermiamo l'inserimento mediante il pulsante "OK"

Possiamo notare come la finestra di definizione dell'apertura resta visibile con i pulsanti "OK" ed "Annulla" in grigio.

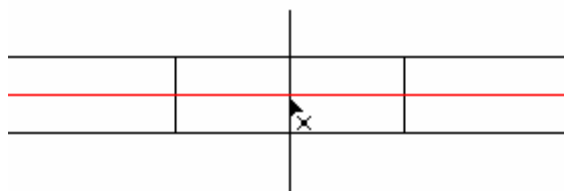
Si attivano automaticamente gli snap alla grafica, in attesa che l'utente proceda ad inserire le aperture in sequenza.



L'immagine seguente indica le posizioni in cui inserire le aperture.

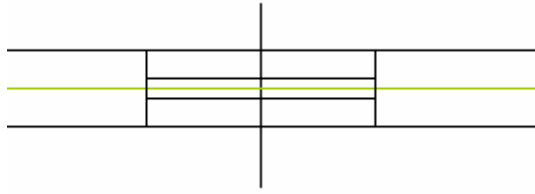


Ci posizioniamo in corrispondenza dell'asse della singola finestra in modo da individuare lo snap alla grafica.



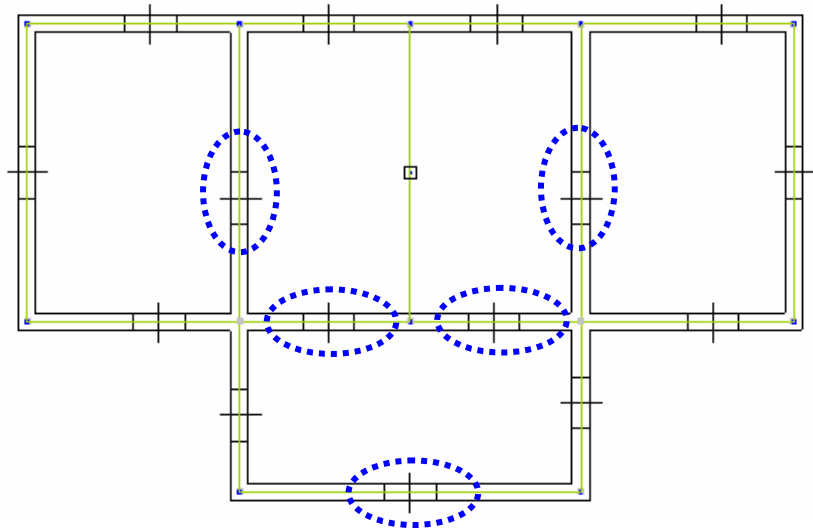
**TASTO SINISTRO**

Una volta inserita l'apertura appare visibile in grafica.

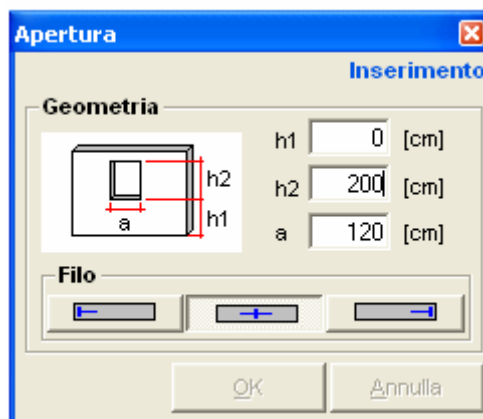
**MOUSE**

Inseriamo le aperture in corrispondenza di tutte quelle indicate sul dxf (cerchiate in rosso nella pianta precedente)

Tutte le aperture non inserite in precedenza, si assume siano delle porte.

**INSERIMENTO PORTA**

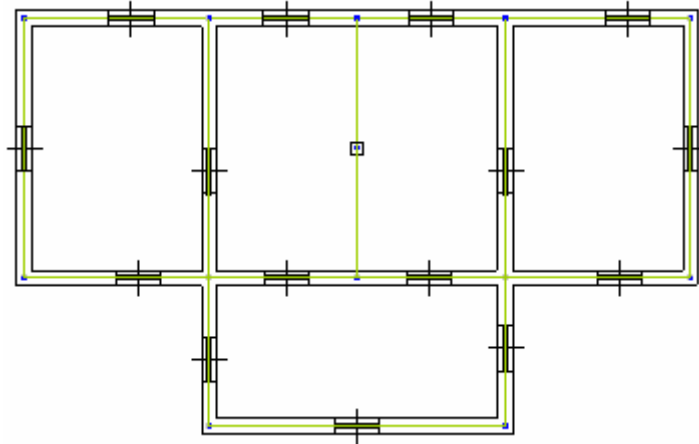
Andiamo ad editare le dimensioni nella finestra di definizione delle aperture come indicato dalla figura seguente.



Ritorniamo nello spazio grafico per inserire le porte in corrispondenza dei punti indicati nella pianta precedente.

La pianta visualizzata ci mostra il risultato seguente:



**TASTO DESTRO MOUSE**

Dopo aver inserito tutte le aperture premiamo il tasto destro del mouse per terminare il comando.

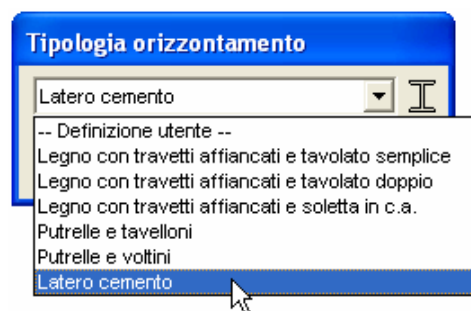
**N.B.**

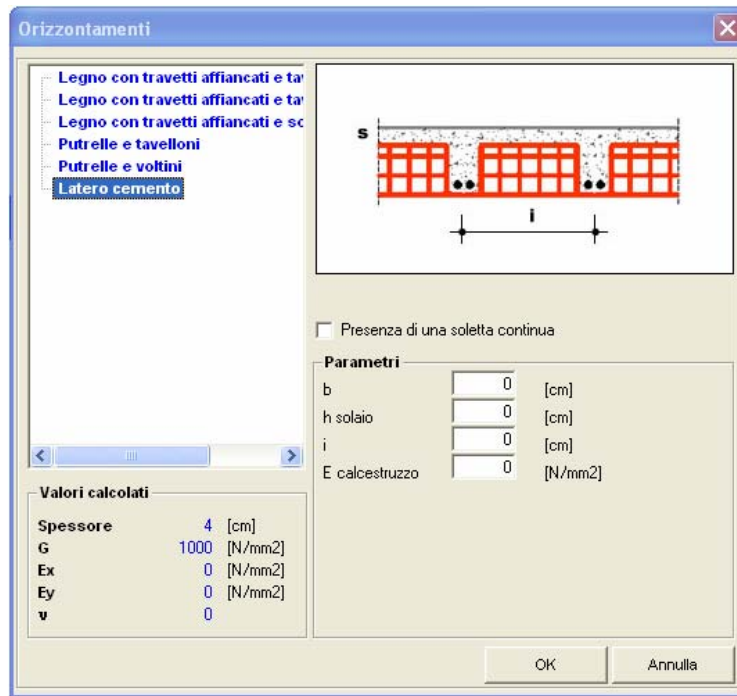
Se per errore è stata inserita un'apertura in posizione sbagliata, è possibile eliminarla selezionandola con il tasto destro del mouse.

**Inserimento Solai****SOLAIO**

Premendo il pulsante solaio contenuto nella barra "Struttura" viene visualizzata la finestra di definizione dei solai.

Selezioniamo tra le varie tipologie disponibili il "Latero Cemento".



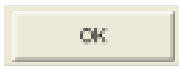


Presenza di una soletta continua


Attiviamo la casella "Presenza di una soletta continua"

Nell'area "parametri" inseriamo i valori seguenti:

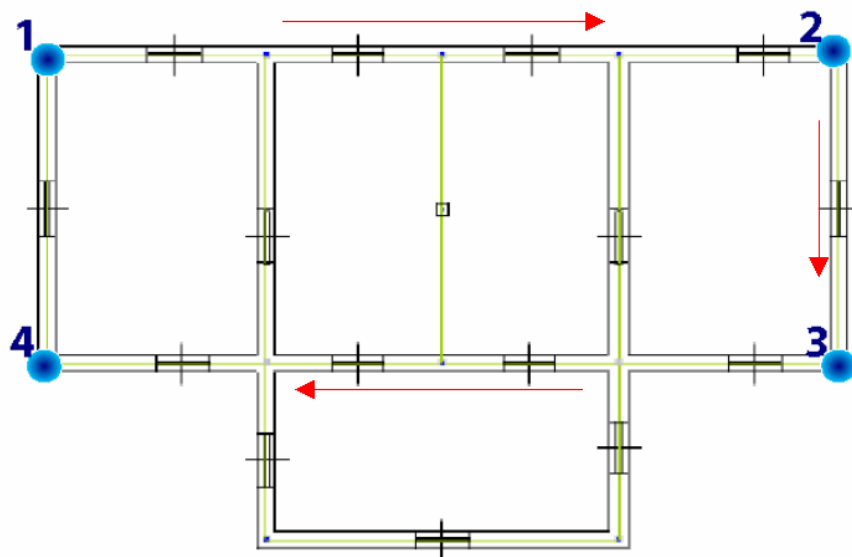
b	10	[cm]
h solaio	22	[cm]
s	4	[cm]
i	50	[cm]
E calcestruzzo	29000	[N/mm2]



Premiamo il pulsante "OK" per confermare l'inserimento

Il puntatore assume la forma di snap nodale (  ) ed attende la selezione della pianta da campire col solaio.

Cliccare sui nodi di spigolo secondo la sequenza 1⇒2⇒3⇒4

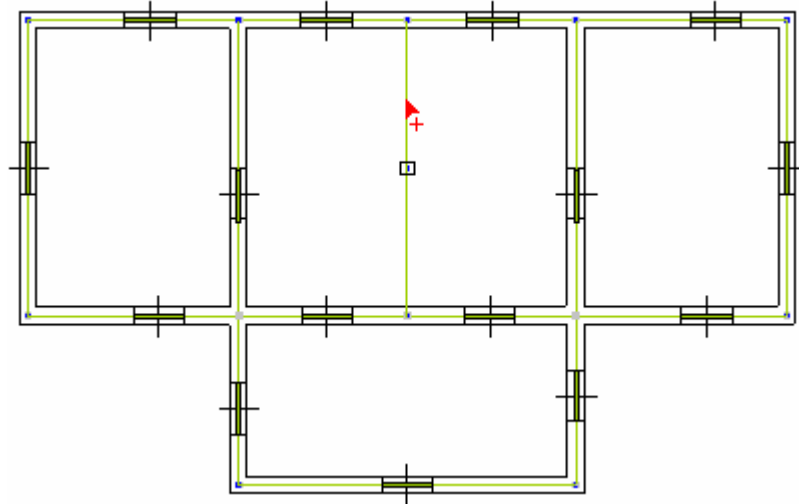


**TASTO DESTRO  
MOUSE**

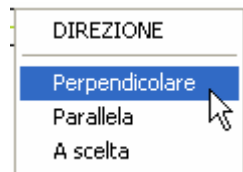
Dopo aver cliccato sul nodo "4" premere il tasto destro del mouse per interrompere la selezione.

Abbiamo così individuato il perimetro di interesse.

Il puntatore ha ora la forma del puntatore di selezione (+).  
Selezioniamo la trave come indica la figura seguente.



Selezionando la trave appare il seguente menu contestuale:



Selezioniamo la voce "Perpendicolare"

Appare il simbolo del solaio ordito perpendicolarmente alla trave selezionata.

All'inizio vengono richiesti i parametri di carico permanente ( $G_k$ ) e variabile ( $Q_k$ ).

Quota	<input type="text" value="300"/>	[cm]
$G_k$	<input type="text" value="500"/>	[daN/m <sup>2</sup> ]
$Q_k$	<input type="text" value="200"/>	[daN/m <sup>2</sup> ]

Nell'esempio in questione lasciamo quelli proposti dal programma:

$$G_k = 500 \text{ daN/m}^2; \quad Q_k = 200 \text{ daN/m}^2$$

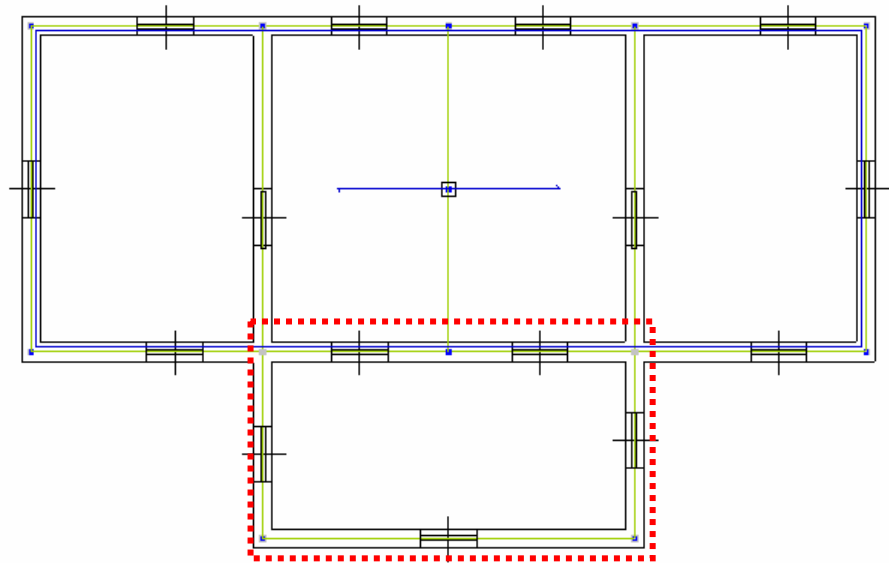
Nella sessione successiva vengono richiesti i moltiplicatori dei carichi secondo quanto richiesto dalla normativa presa in esame.

Nell'esempio in questione faremo riferimento a quanto prescritto dall'OPCM-3274.

Confermiamo i dati inseriti

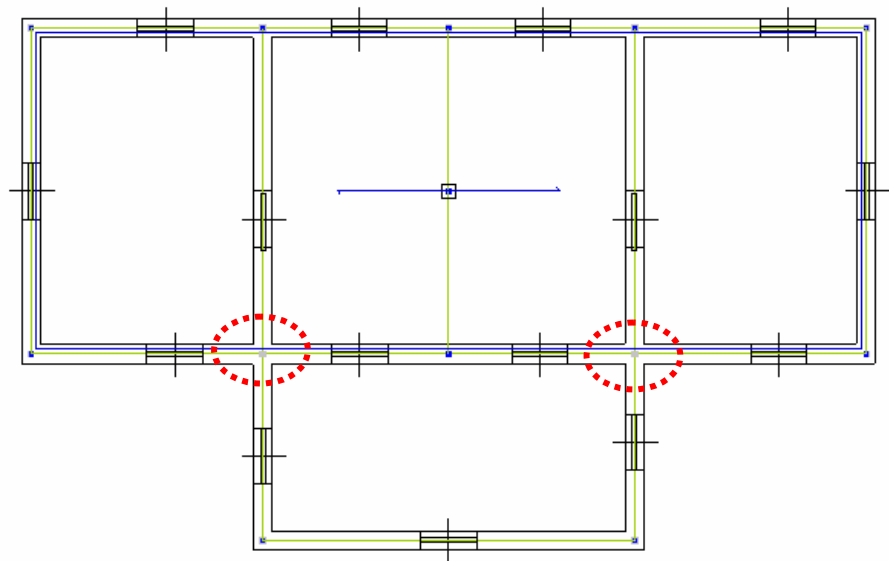


Dobbiamo ancora inserire il solaio su una parte della pianta.



Per inserire il solaio in questa area, come per quello precedente, è necessario definire i quattro vertici.

Due dei quattro nodi (vedere figura) sono di calcolo ma non esistono fisicamente in quanto non sono estremo di parete.

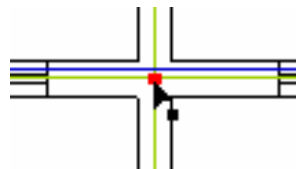


**NODO**

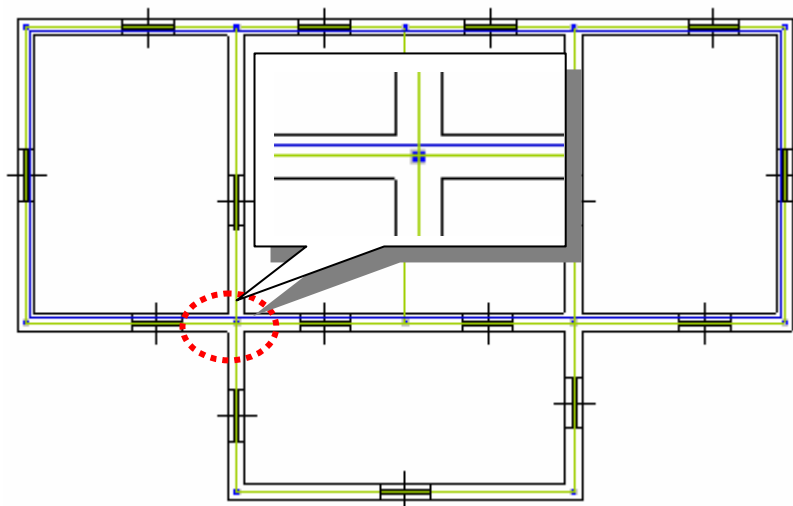


In questi due punti è necessario inserire due nodi di elemento per poter definire il solaio.

Premiamo il pulsante "Nodo di elemento" e selezioniamo i due punti in corrispondenza delle due intersezioni di parete.



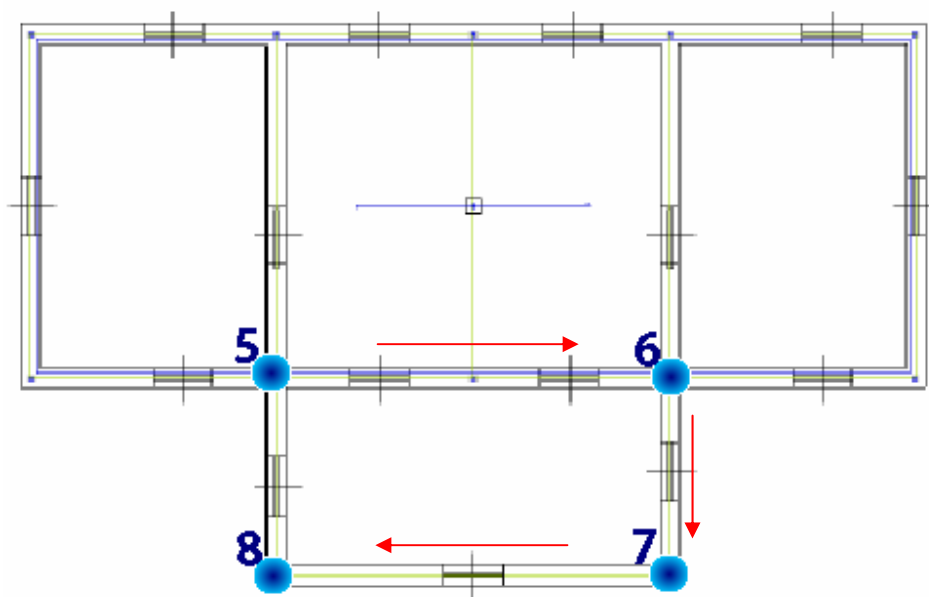
In seguito all'inserimento vediamo che anche in corrispondenza delle due intersezioni compaiono i nodi di colore blu come in ogni altro nodo.

**SOLAIO**

Richiamiamo il comando "Solaio" già usato in precedenza

Rilucidiamo il perimetro della pianta

Clicchiamo sui nodi di spigolo secondo la sequenza 5⇒6⇒7⇒8

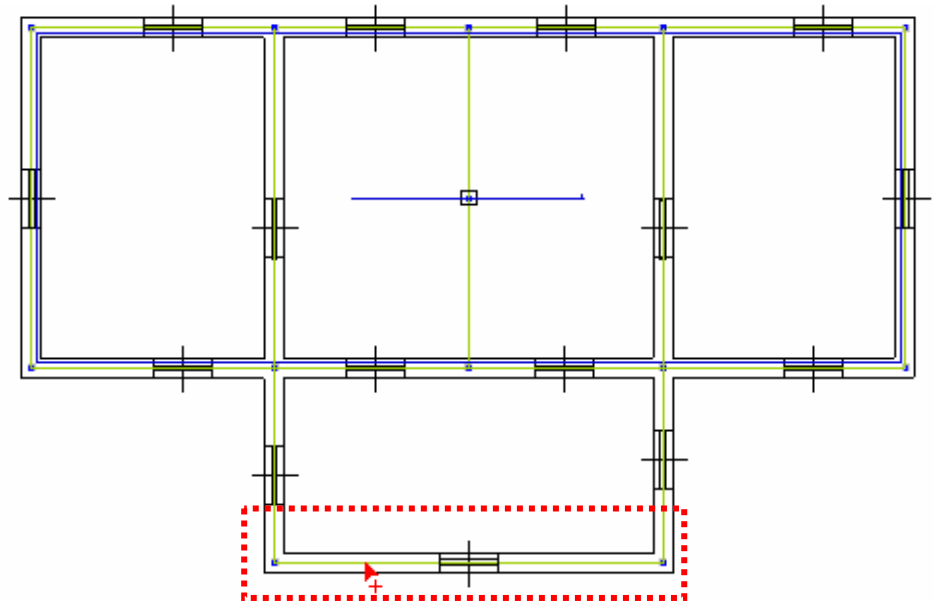
**TASTO DESTRO  
MOUSE**

Dopo aver cliccato sul nodo "8" premere il tasto destro del mouse per interrompere la selezione.

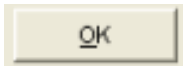
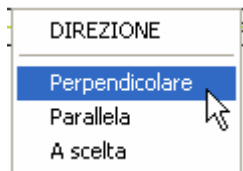
Abbiamo così individuato il perimetro di interesse.

Il puntatore ha ora la forma del puntatore di selezione(  ).

Selezioniamo la parete orizzontale in basso come indica la figura seguente.

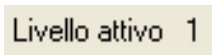
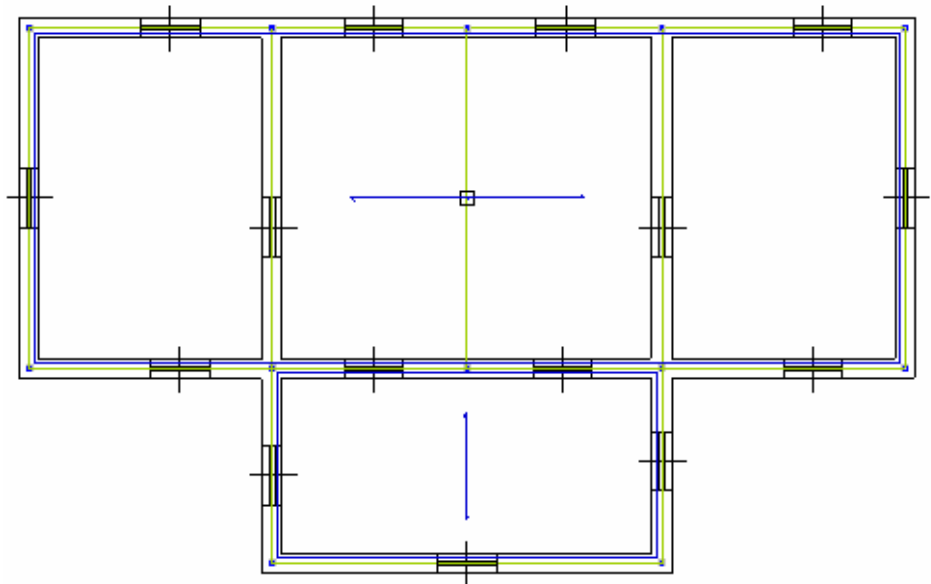


Dal menu contestuale che compare scegliere la voce perpendicolare.



Confermiamo la definizione del solaio premendo il pulsante "OK" dopo la visualizzazione delle caratteristiche del solaio.

A video compare il seguente risultato:



In alto a sinistra nell'area grafica vediamo l'indicatore di "livello attivo". Questo ci permette di capire che stiamo lavorando sul primo piano.

Passiamo ora a creare piani successivi al primo.

## Inserire più piani

Si procede creando piani successivi al primo.

**GESTIONE LIVELLI** Premendo il pulsante "Gestione Livelli" viene visualizzata la finestra seguente.



Livello	Visibile	Descrizione	Quota [cm]
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Livello 1	300

Duplica

Premiamo il pulsante "Duplica"

La finestra della gestione dei livelli viene aggiornata con la definizione del nuovo piano, coppia esatta del primo già inserito.

Livello	Visibile	Descrizione	Quota [cm]
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Livello 1	300
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Livello 2	600



Attiva livello

Nella gestione dei livelli, il simbolo "✓" indica il livello attivo (quello su cui stiamo lavorando).

	Livello	Visibile	Descrizione	Quota [cm]
	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Livello 1	300
▶	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Livello 2	600

Quando la riga che definisce il "Livello 2" è selezionata, premiamo il pulsante "Attiva livello".





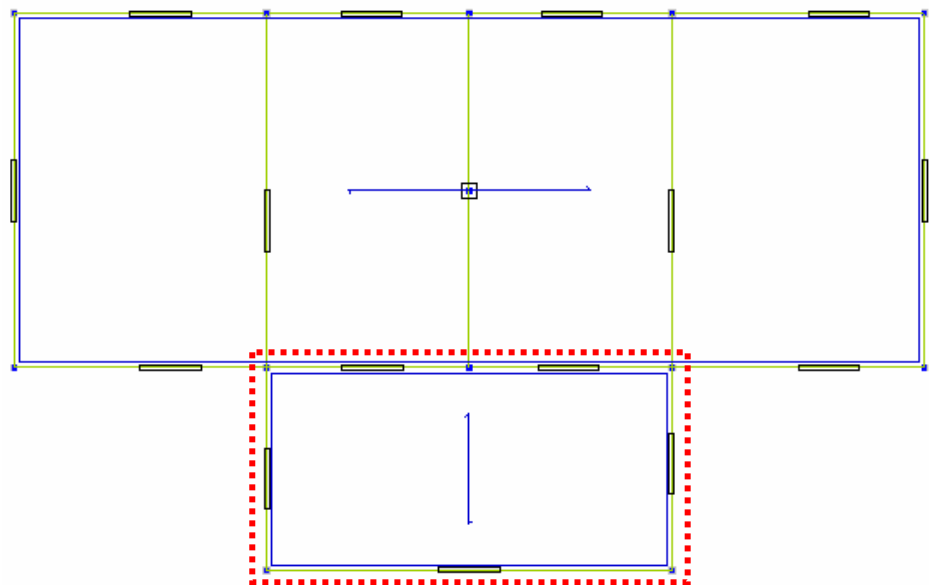
Nella gestione dei livelli il simbolo "✓" ci indica che il livello 2 è stato attivato e che siamo pronti a lavorarci.

Premiamo il pulsante "OK" nella finestra di gestione dei livelli per confermare l'inserimento.

L'indicatore in alto a sinistra indica che il livello attivo è il secondo.

## Creare irregolarità in elevazione

*Modificare la struttura in modo da ricreare delle irregolarità in elevazione.*



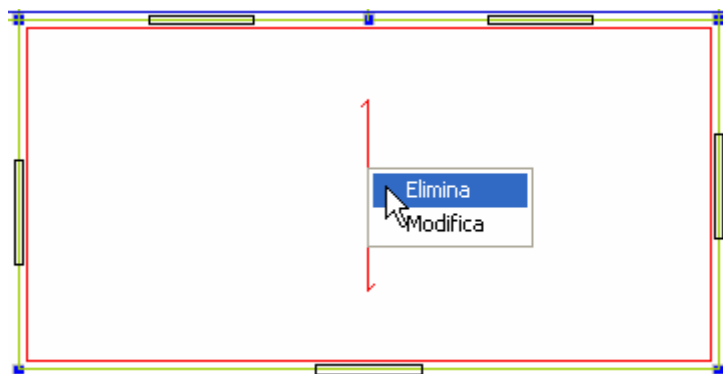
Decidiamo che questa parte dell'edificio è presente solamente al piano terreno ma non al piano superiore.

Procediamo ad eliminare al piano attivo il corpo strutturale selezionato.

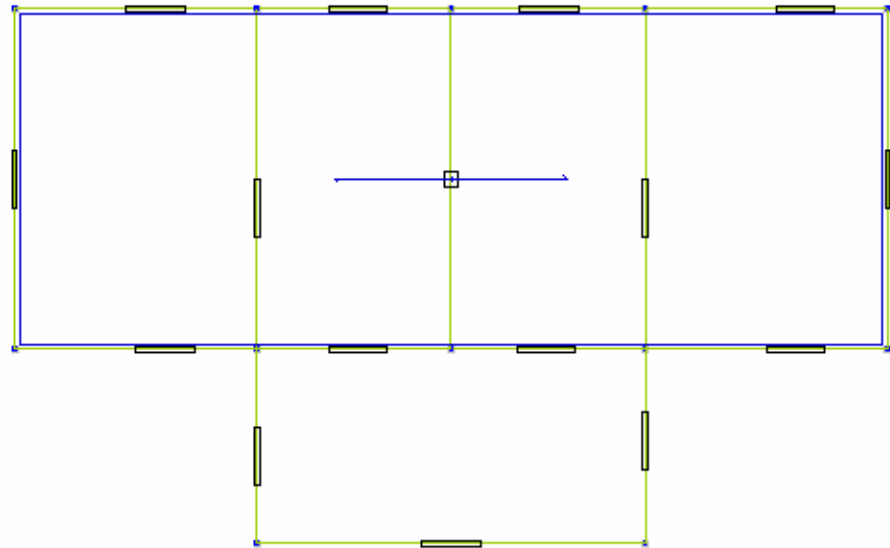
### ELIMINA SOLAIO TASTO DESTRO MOUSE



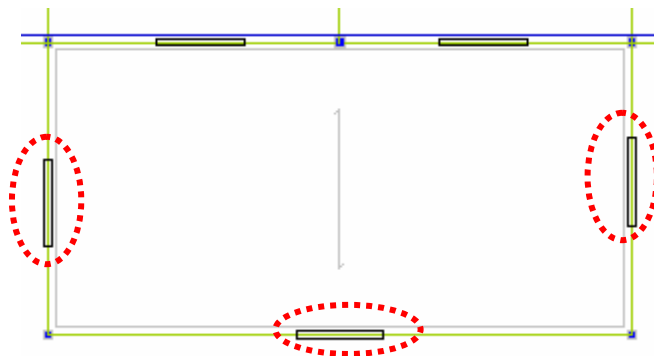
Posizioniamoci in corrispondenza del simbolo del solaio e selezioniamolo con il tasto destro del mouse.



In seguito alla visualizzazione del menu contestuale selezioniamo la voce "Elimina".



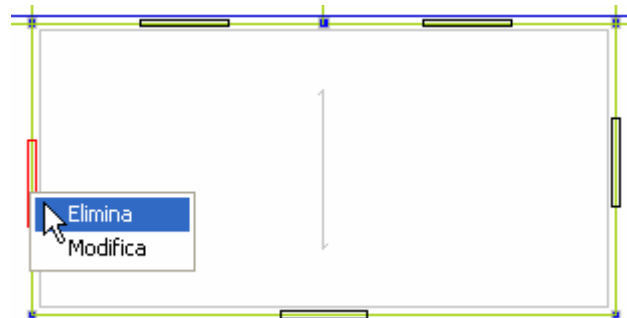
**ELIMINA APERURA**



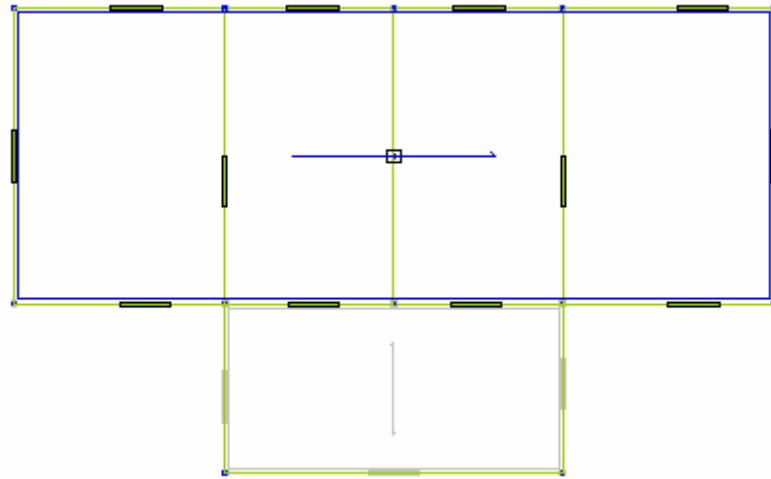
Eliminiamo le aperture evidenziate nella figura

**TASTO DESTRO  
MOUSE**

Selezioniamo l'apertura col tasto destro del mouse (appare evidenziata in rosso) e selezioniamo la voce "Elimina".

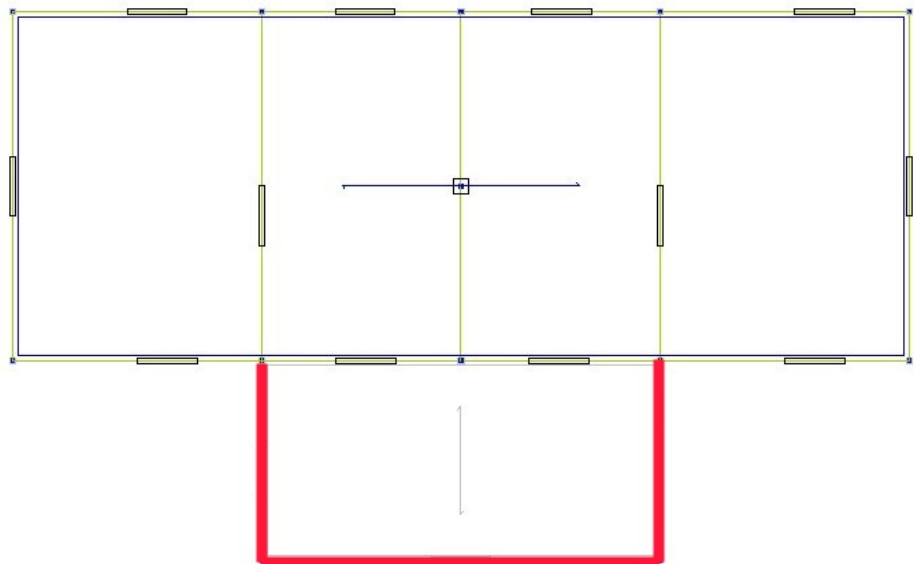


Ripetiamo l'operazione per le ulteriori due aperture da eliminare.



## ELIMINA MURATURE

Dobbiamo eliminare la definizione "Pannello murario" assegnata al Livello2 in corrispondenza dei segmenti di parete evidenziati in rosso nella figura seguente.

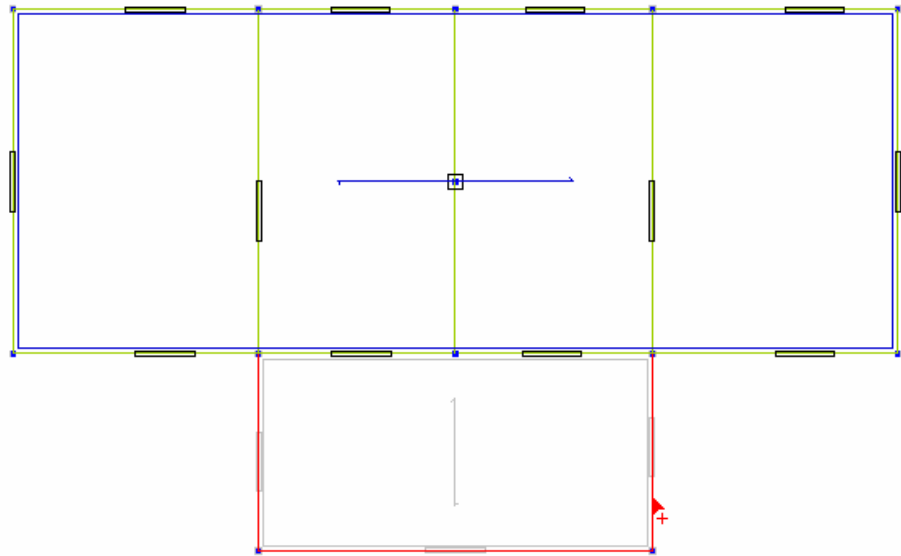


## DEFINIZIONE CARATTERISTICHE



Premiamo il pulsante "Definizione caratteristiche", viene mostrato il puntatore di selezione "+".

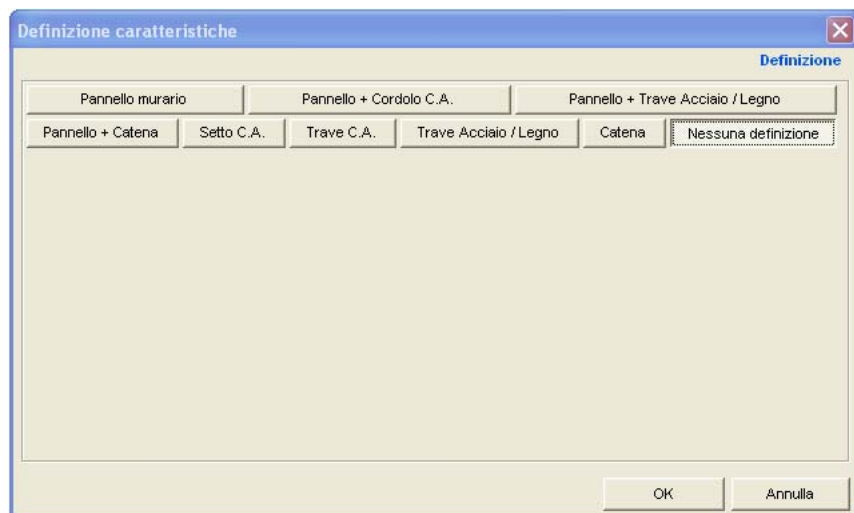
Selezioniamo in sequenza i tre segmenti di parete sopra evidenziati.



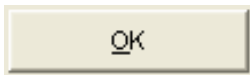
**TASTO DESTRO  
MOUSE**



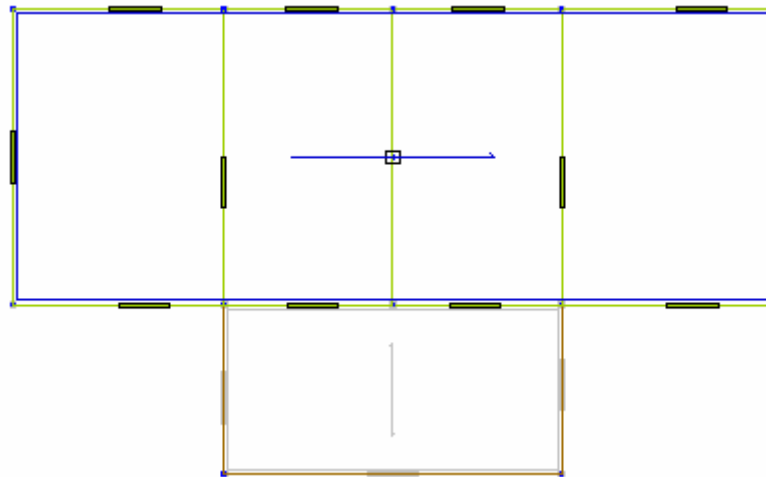
Premendo il tasto destro del mouse viene confermata la selezione e mostrata la seguente finestra.



Notiamo che è attivo il pulsante "Nessuna definizione"



Confermiamo con "OK" per eliminare la definizione degli elementi strutturali selezionati.

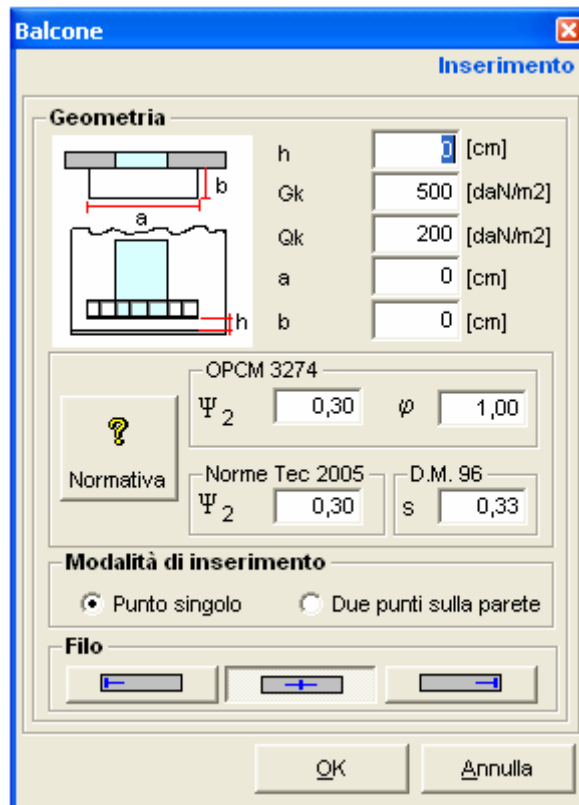


**BALCONE**

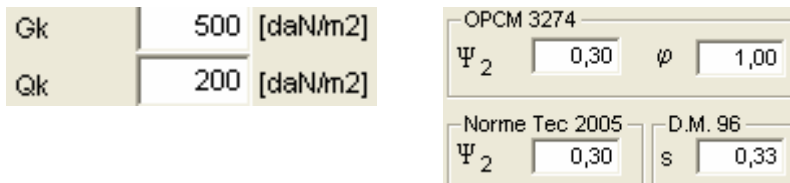


Premiamo il pulsante "Balcone" .

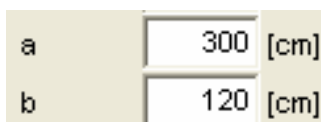
Viene visualizzata la finestra di definizione dei balconi.

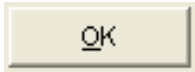


Manteniamo i carichi e i coefficienti moltiplicativi inalterati



Inseriamo le dimensioni del balcone:

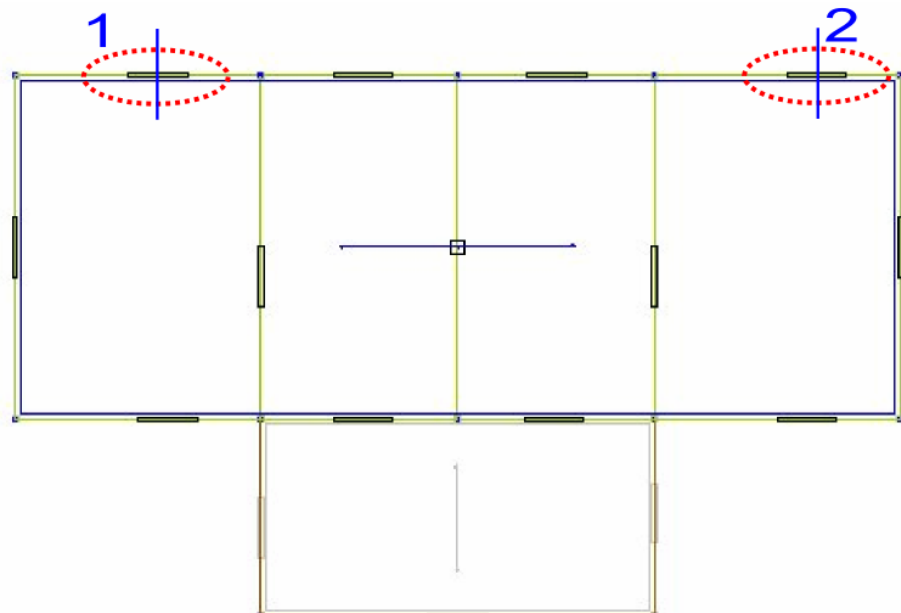




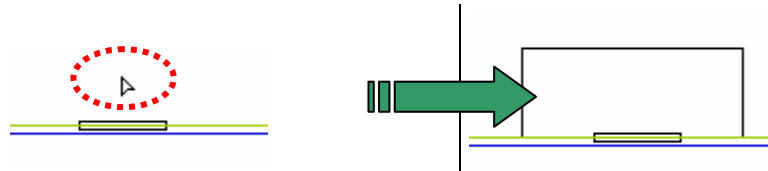
Premiamo il pulsante "OK".

La finestra dei balconi resta aperta con il pulsante "OK" in grigio in attesa che inseriamo i balconi.

Clicchiamo sulla parete in corrispondenza dell'asse dell'apertura (1) evidenziata nella figura seguente.



Dopo aver cliccato sull'apertura si deve cliccare a lato della parete dove desideriamo posizionare il balcone (esternamente alla struttura).

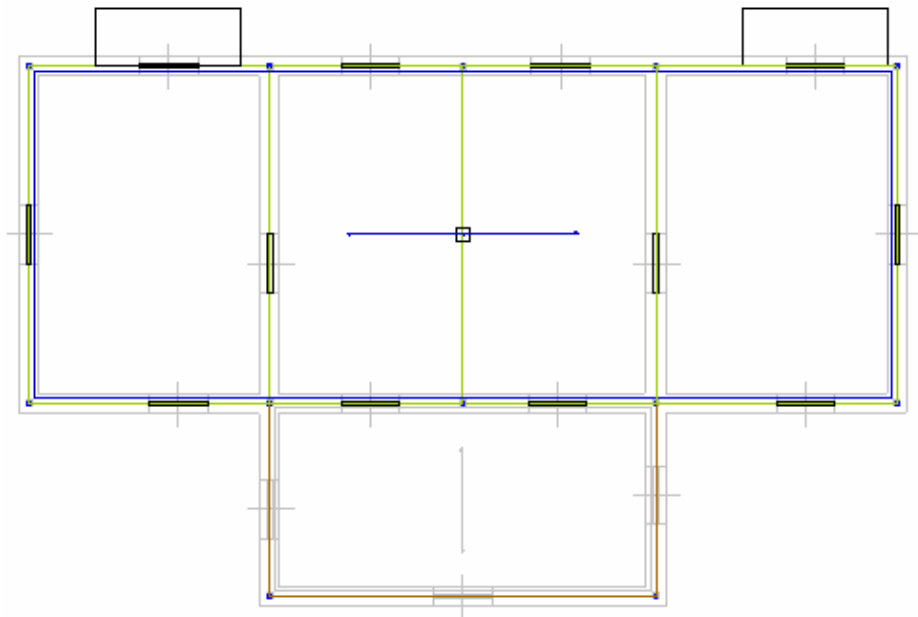


Ripetiamo la medesima procedura per l'apertura (2)  
 Interrompiamo l'inserimento

**TASTO DESTRO  
 MOUSE**



A video compare il seguente risultato:

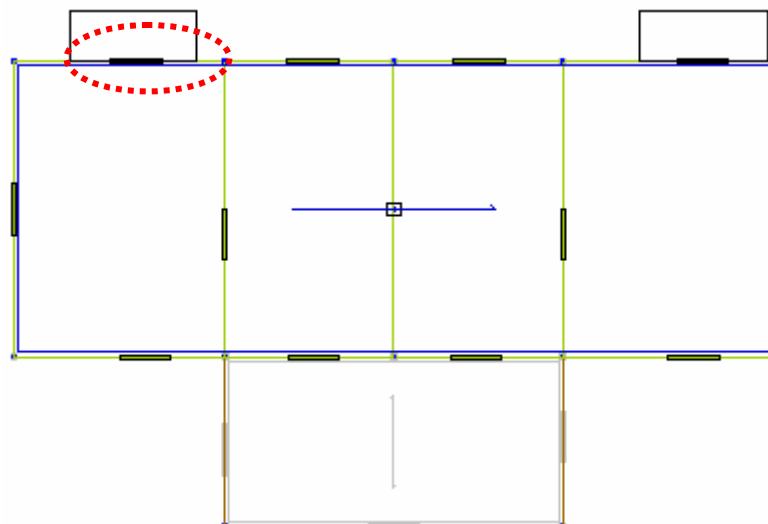


Le aperture in corrispondenza dei balconi sono delle finestre, modifichiamole per farle diventare porte.

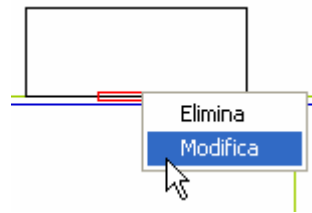
**TASTO DESTRO  
 MOUSE**



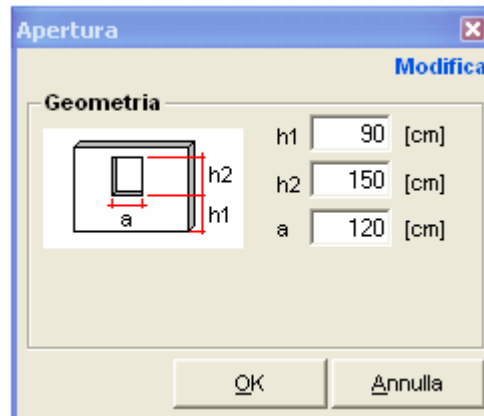
Posizioniamo il mouse sull'apertura evidenziata nella figura seguente e clicchiamo con il tasto destro del mouse.



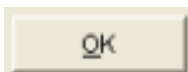
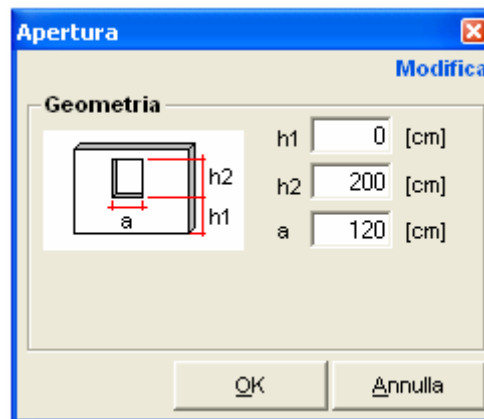
Dal menu contestuale scegliamo "Modifica"



Viene presentata la seguente finestra



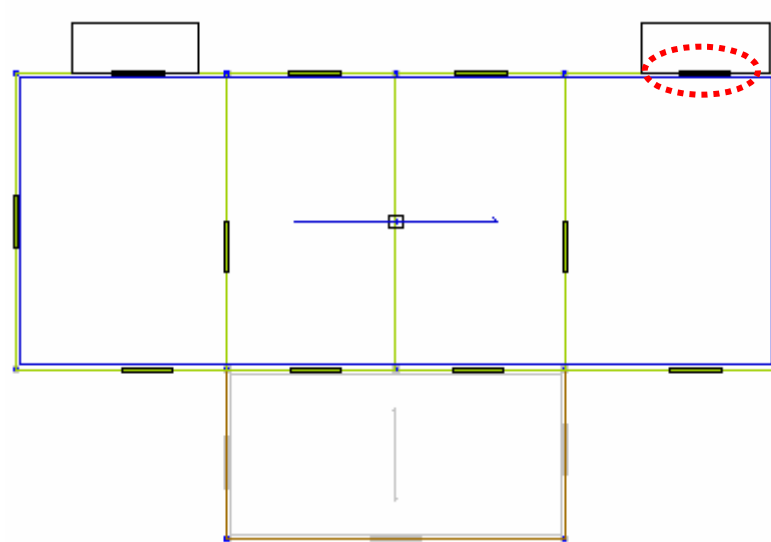
Correggiamo h1 e h2 in modo da realizzare una porta



Premiamo il pulsante "OK"

Ripetiamo la procedura appena descritta anche per l'altra apertura.



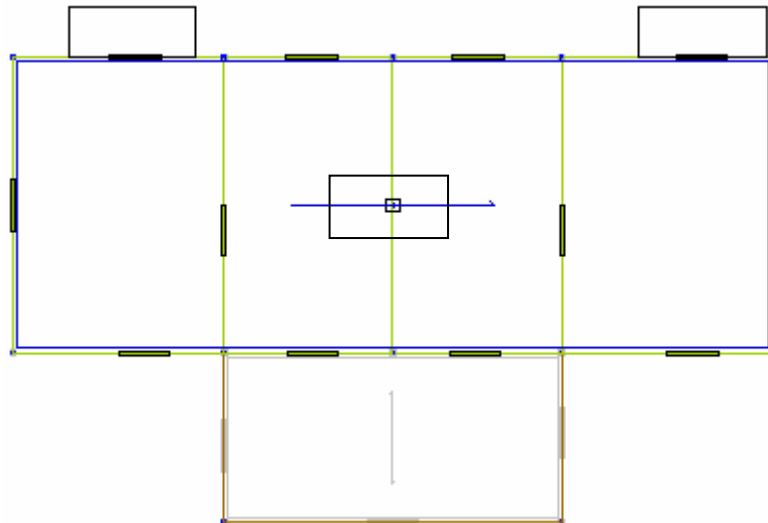


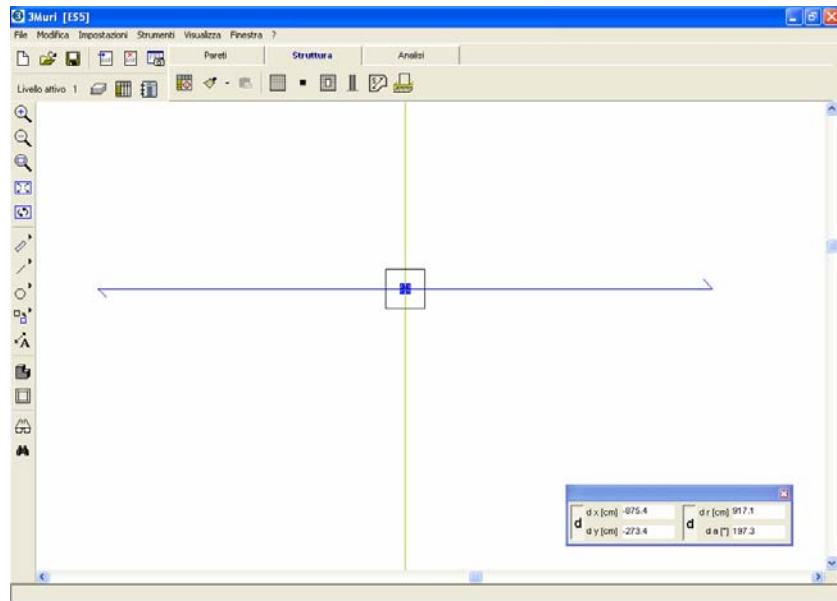
**ZOOM FINESTRA**



Ingrandiamo nell'intorno del pilastro centrale per vederlo meglio.

Con il comando "Zoom finestra" tracciamo una finestra attorno al pilastro.



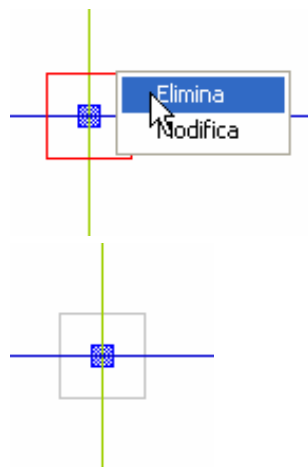


**TASTO DESTRO MOUSE**



**ELIMINIAMO IL PILASTRO**

Selezioniamo il Bordo del pilastro con il tasto destro del mouse e selezioniamo "Elimina" dal menu contestuale che viene visualizzato.



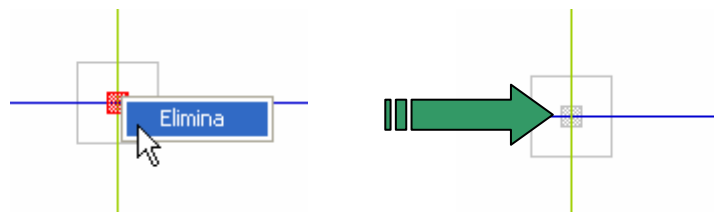
**N.B.:** Selezionare il bordo del pilastro e non il nodo centrale.

Notiamo che il pilastro è stato eliminato. Si vede in grigio il pilastro ancora presente al piano inferiore.

Il nodo centrale al quale era assegnato il pilastro è ancora presente.

**ELIMINAZIONE NODO**

Selezioniamo il nodo con il tasto destro del mouse e selezioniamo "Elimina"



**ZOOM ESTENSIONI**



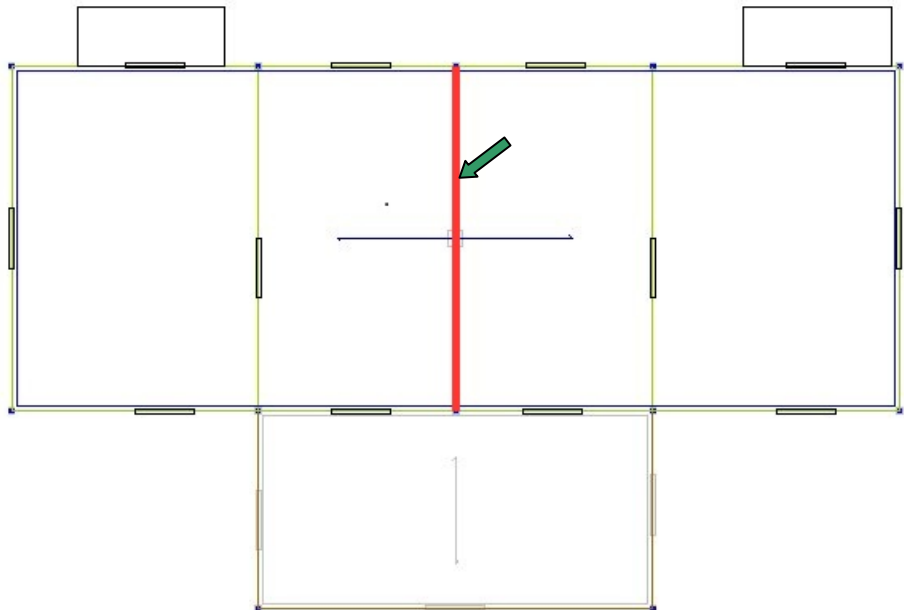
Premendo questo pulsante si visualizza interamente la pianta del modello.

**SOSTITUZIONE DELLA TRAVE CON UNA MURATURA**

**TASTO DESTRO  
MOUSE**

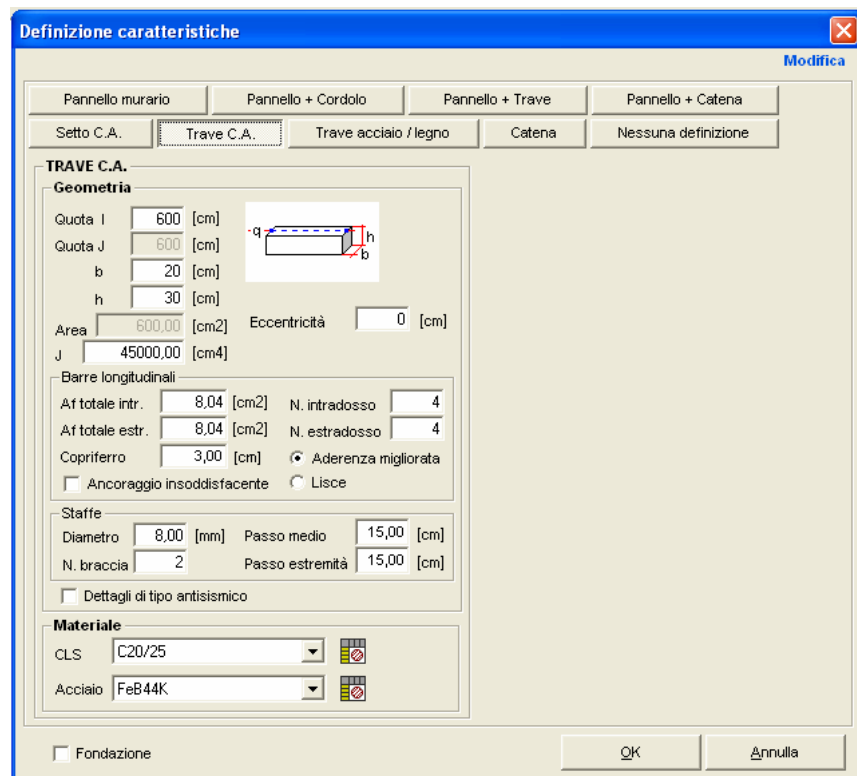


Selezioniamo con il tasto destro del mouse la parete evidenziata nella figura seguente.

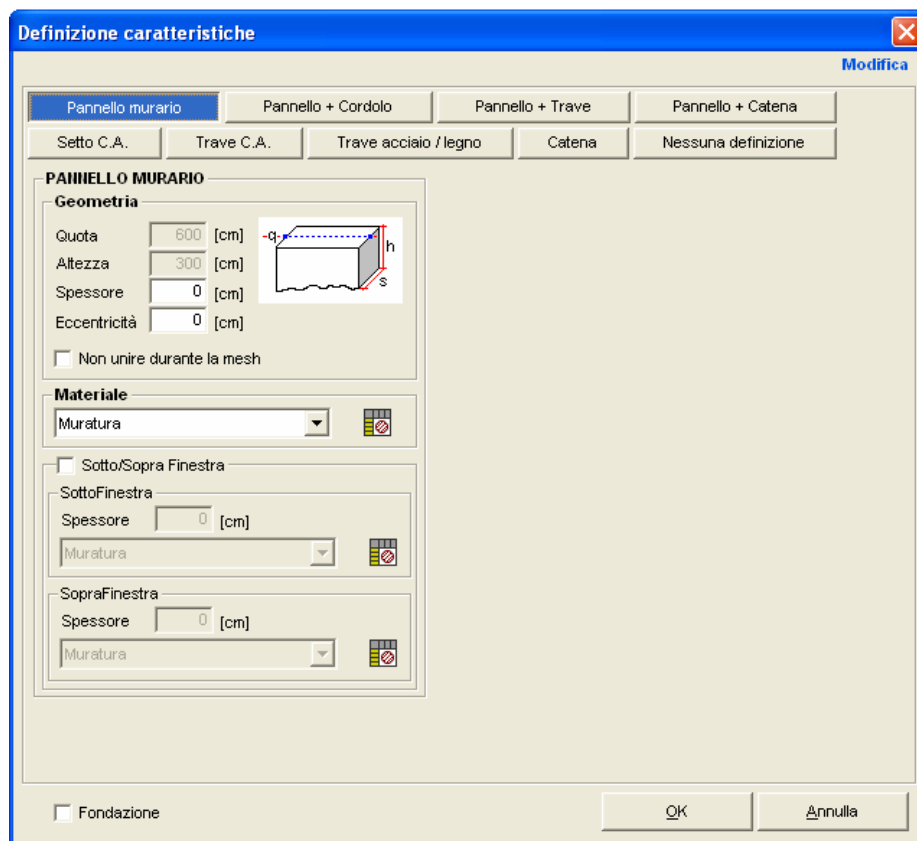


Nel menu contestuale che compare scegliamo la voce "Modifica".

Viene visualizzata la finestra seguente:

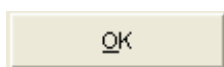


Premiamo il pulsante "Pannello murario"



Associamo allo spessore il valore di 40 cm

Inserito il valore dello spessore confermare con il tasto "OK"



## Vista Assonometria

*Utilizzare la vista 3D come strumento di consultazione del modello creato.*

*I filtri di visualizzazione possono aiutare l'utente nella fase di interpretazione.*

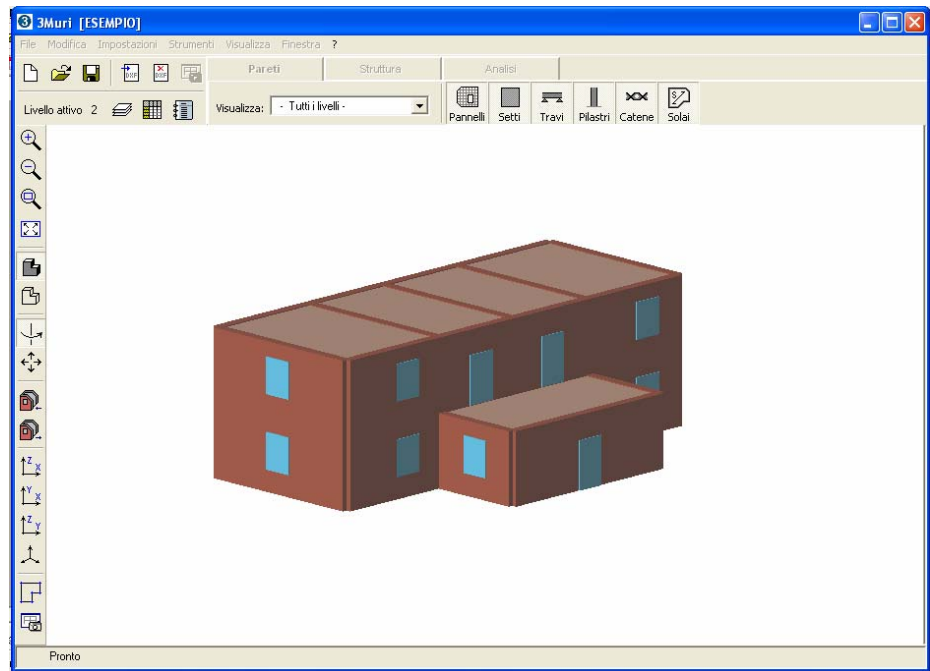
### VISTA 3D



Per controllare rapidamente il modello inserito è necessario vedere l'edificio che abbiamo realizzato in assonometria.

Nella barra verticale di sinistra selezioniamo il pulsante "Vista 3D".

A video compare una nuova finestra come quella illustrata nel seguito.

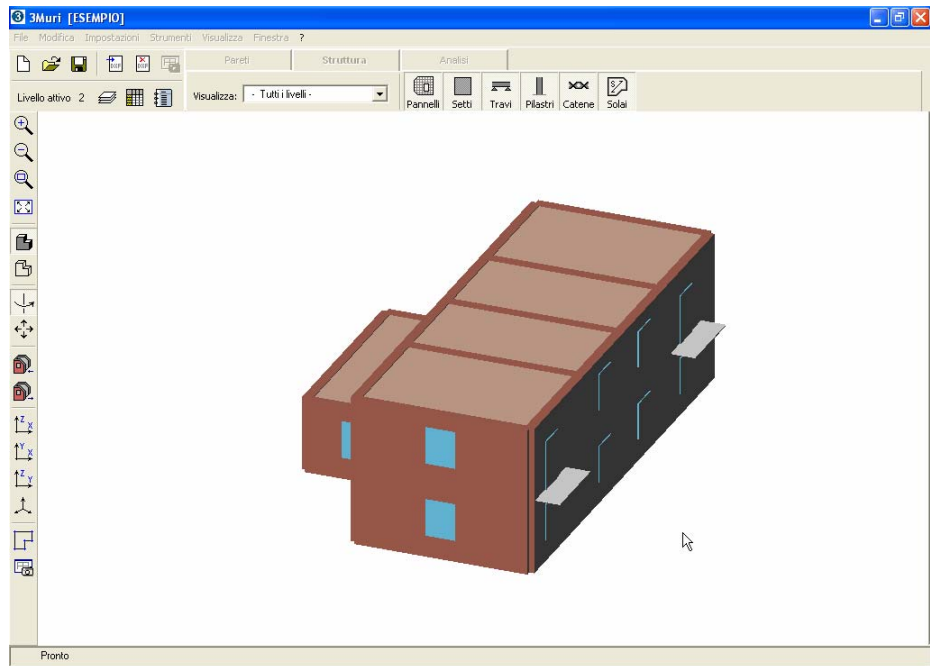


**TASTO DESTRO  
MOUSE**



Posizionando il puntatore nell'area grafica della finestra in questione, premiamo il tasto destro del mouse.

Tenendo premuto il tasto muoviamo il mouse, possiamo così ruotare il modello per visualizzarlo da punti di vista differenti.



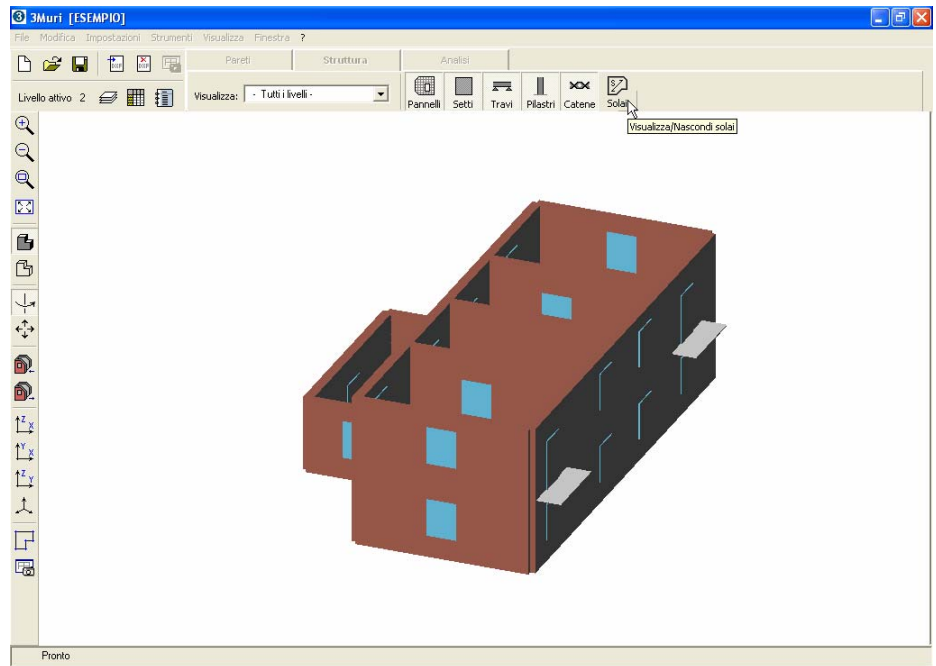
I filtri presenti nella parte alta della finestra ci permettono di nascondere alcuni degli elementi strutturali visualizzati.



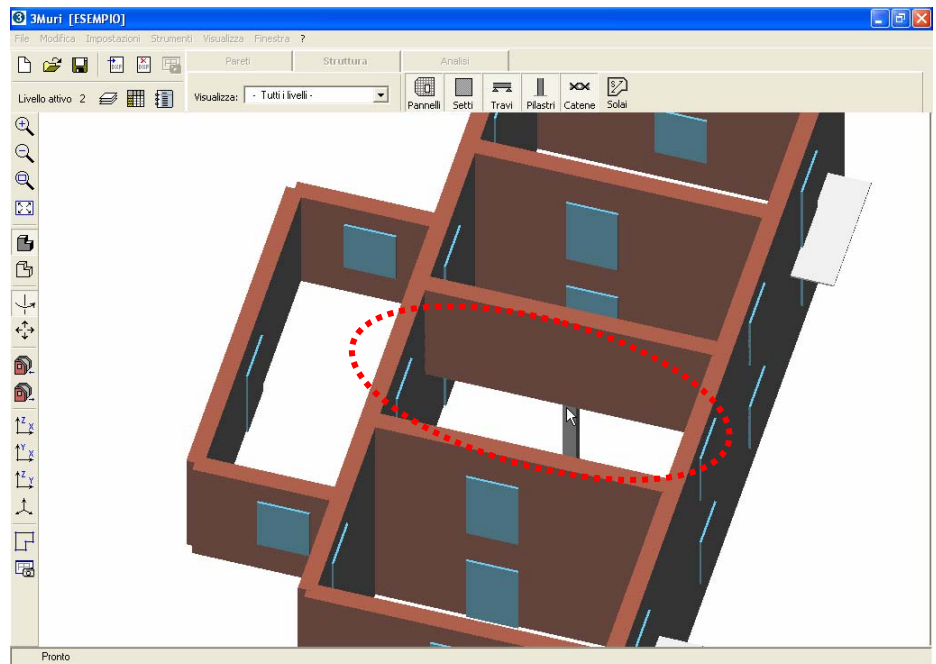
**FILTRO SOLAIO**



Premiamo il pulsante solaio per vedere internamente all'edificio senza i solai.



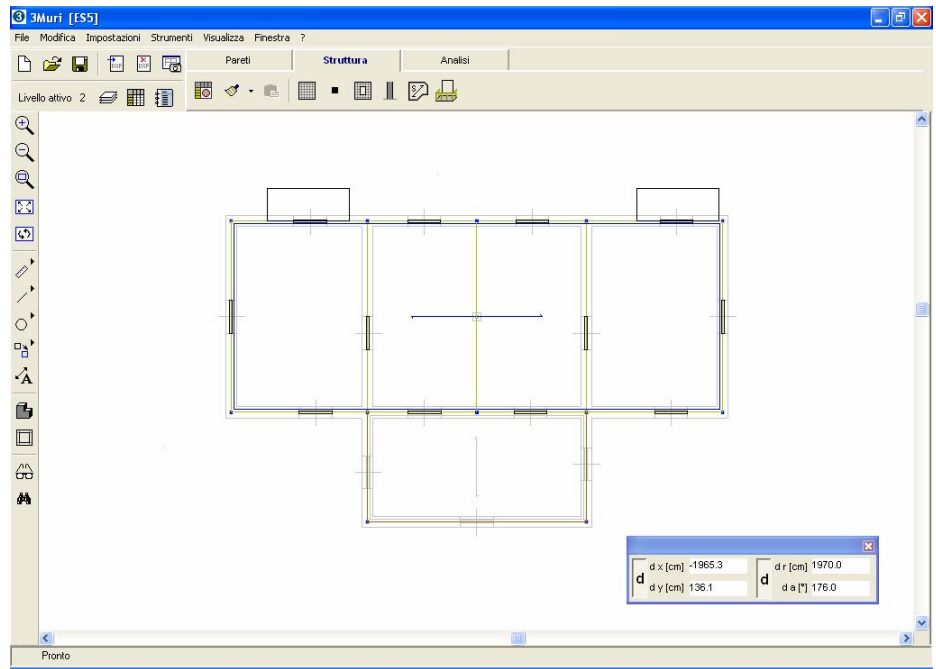
Ruotando in modo opportuno il modello possiamo notare il sistema pilastro+trave al piano terra che sostiene la muratura portante ai piani superiori.



**TORNA AMBIENTE DI PROGETTO**



Il pulsante "Torna all'ambiente di progetto", visibile nella barra verticale di sinistra, permette di uscire dal 3D. Premiamolo.

**SALVA**

Premiamo il pulsante "Salva" in alto a sinistra nella barra dei comandi.

## Introduzione Parte 2

In questa seconda parte prenderemo in esame il passaggio successivo alla creazione del modello che consiste nella realizzazione della mesh e nel calcolo della struttura; lasciando alla terza ed ultima puntata, il compito di descrivere la fase di interpretazione dei risultati.

Siamo fermamente convinti che per garantire un buon utilizzo di qualsiasi programma strutturale, l'utente debba comprendere le fasi di calcolo che il programma gestisce con procedure automatizzate. Quando parliamo di "*comprensione delle fasi di calcolo*", non ci aspettiamo che l'utente studi testi di carattere accademico; proprio per questo, in coda alla parte pratica compare una breve presentazione dei contenuti teorici basilari, nati con lo scopo di illustrare a grandi linee a cosa servono la sequenza di passi illustrata nel seguito.

In soli 5 minuti potremo fare insieme l'esercizio qui proposto.

Se durante lo svolgimento riscontrerete dei problemi, dubbi o perplessità, vi invitiamo a contattare direttamente il servizio di *Formazione/Assistenza Tecnica* presso i nostri uffici **011-66 99 345** od inviando una mail all'indirizzo [3muri@stadata.com](mailto:3muri@stadata.com).

Ai medesimi numeri è possibile prenotare il servizio TeleDemo, grazie ad un tecnico specializzato in collegamento telefonico gratuito, è possibile eseguire l'esempio con un supporto.



## Costruire il modello

### INIZIO

3

### APRI

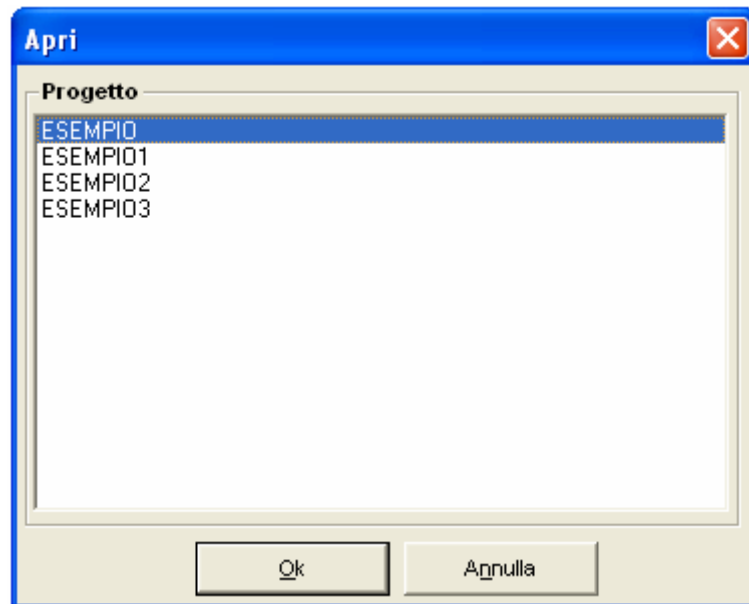


#### Inizio

Avviamo 3Muri facendo doppio click sull'icona 3Muri nel menù Start → Programmi → S.T.A.DATA.

Apriamo il modello mediante il pulsante apri.

Nella finestra di dialogo, selezionare il nome del progetto

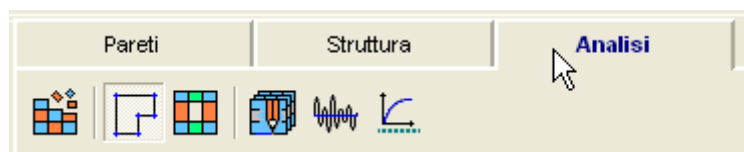


Ritroviamo così sullo schermo la pianta del modello "Esempio"

Con la quale avevamo lavorato la lezione precedente.

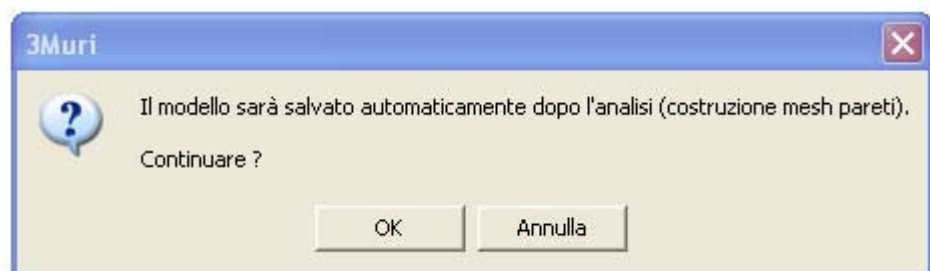
Selezionare l'ambiente analisi

### "Analisi"



## Creazione della Mesh del modello

All'ingresso nell'ambiente analisi viene presentata la seguente finestra

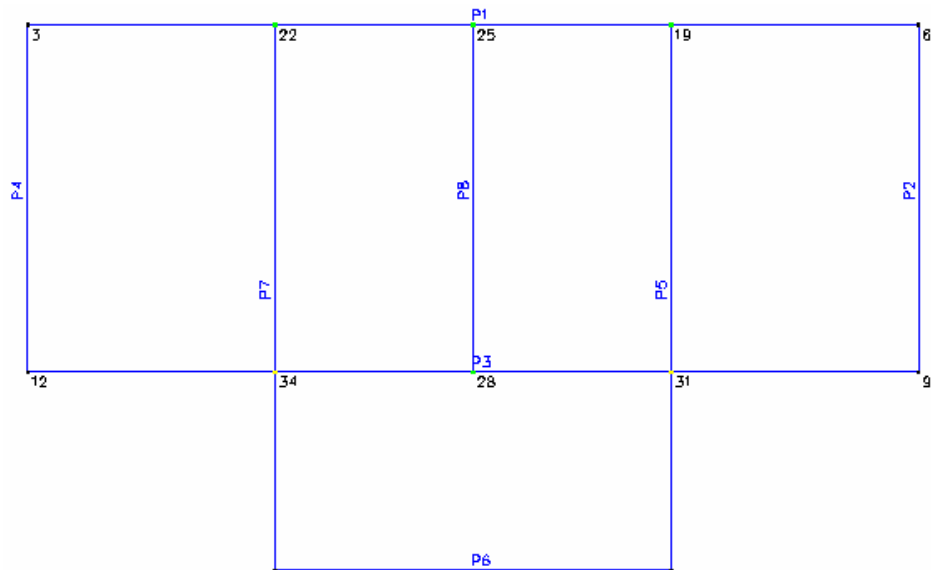


Per procedere alla generazione premere il pulsante "OK"

Dopo aver confermato, inizia la generazione automatica della mesh.



Al termine della generazione della mesh viene presentata la seguente immagine.



## Controllo della Mesh

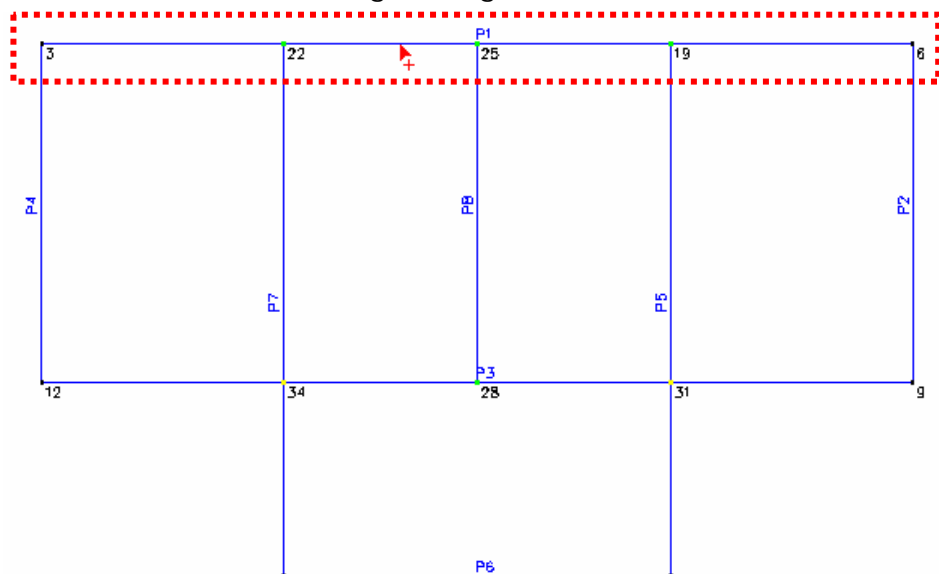
### Carica la parete Selezionata



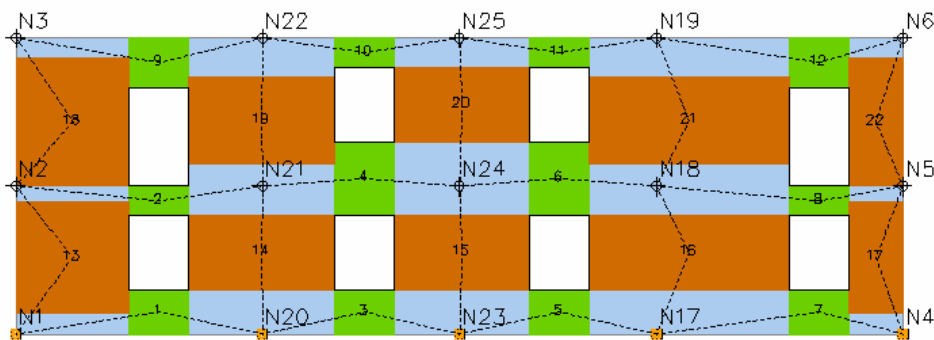
Premiamo il pulsante "carica la parete selezionata"

Viene mostrato il puntatore di selezione .

Selezioniamo con il puntatore la parete P1 orizzontale in alto come evidenziato dalla figura seguente.



Viene mostrata la seguente immagine:



Parete 1

Questa immagine mostra il telaio equivalente della parete selezionata.

Se desideriamo vedere la mesh di tutte le pareti, è sufficiente premere sui pulsanti con le frecce per scorrere le pareti in sequenza.



Premendo nuovamente il pulsante "pianta pareti" ritorniamo alla vista precedente.

## Carico Sismico

### CARICO



Premendo il pulsante carico, viene mostrata la seguente finestra.

In questa maschera vengono richiesti i parametri della zona sismica e tipologia del suolo per definire lo spettro.

La normativa adottata per le presenti verifiche è l'OPCM 3274.

Completiamo i soli parametri relativi a tale norma lasciando gli altri invariati.

Impostiamo quanto segue:

Zona=2

Classe suolo=C

Coefficiente di importanza=1

O.P.C.M. 3274

Zona  
2 ag 2,453 [m/s<sup>2</sup>]

Classe suolo  
C S 1,25  
T<sub>B</sub> 0,15  
T<sub>C</sub> 0,5  
T<sub>D</sub> 2

Coefficiente di importanza (I) 1

L'inserimento della zona completa automaticamente il campo corrispondente all'accelerazione( $a_g$ ). La classe del suolo permette il completamento automatico dei parametri dello spettro ( $S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ).

Impostati i parametri come indicato qui sopra, confermiamo l'inserimento premendo il pulsante "OK".

Il programma presenta all'utente la seguente richiesta:

3Muri

ATTENZIONE : Questa operazione annullerà le verifiche del calcolo precedenti.  
Continuare ?

OK Annulla

Confermiamo l'operazione premendo il tasto "OK" nella suddetta finestra.

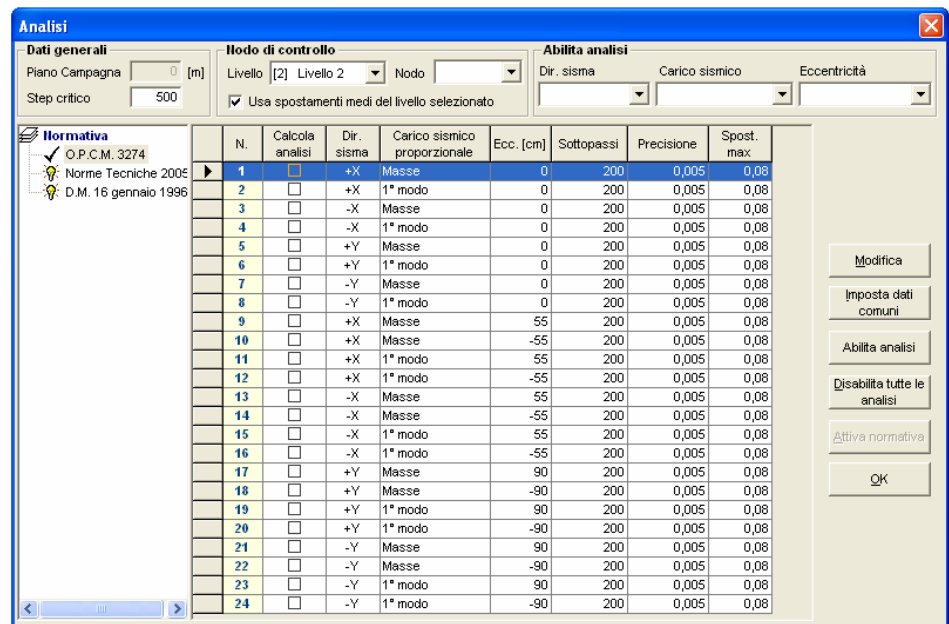
---

## Calcolo della Struttura

### AZIONE SISMICA



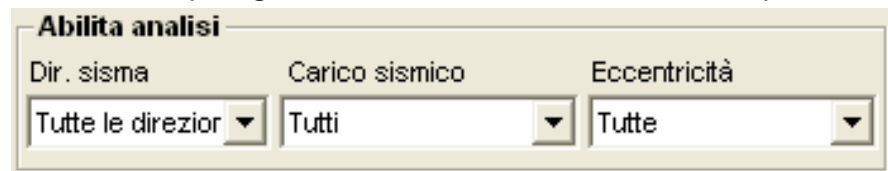
Premiamo il pulsante "Azione sismica" per visualizzare la finestra seguente in cui compaiono i parametri da definire per eseguire il calcolo.



Vediamo nell'area centrale una tabella che presenta le 24 analisi pushover possibili, ottenibili combinando distribuzioni di carico differenti con le direzioni di azioni del sisma e con eventuali eccentricità.

Nel caso in esame decidiamo di eseguire tutte le analisi possibili.

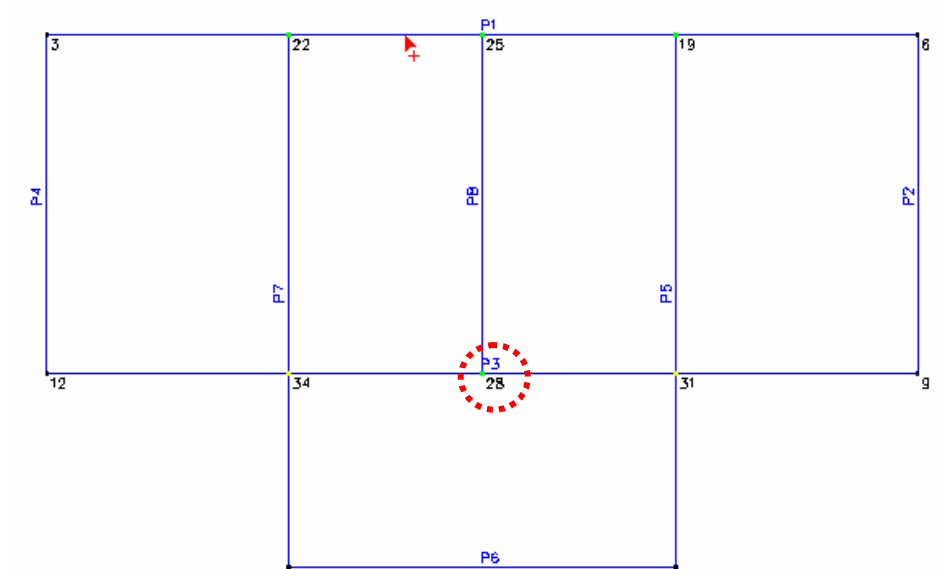
Nell'area "Abilita analisi" selezioniamo tutte le direzioni, entrambe le tipologie di carico e tutte le eccentricità possibili.



Prendiamo un nodo di controllo al "Livello 2" come proposto dal programma.

Possiamo spostare la finestra di calcolo presentata a video per andare a leggere il numero del nodo di controllo.

Nel caso in esame la scelta ricade sul nodo evidenziato nella figura seguente.

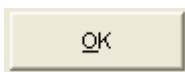


Leggiamo il numero del nodo. (nel mio caso il nodo è il numero 28). Letto l'identificativo del nodo, inseriamolo nell'apposito spazio scegliendolo dal menu dei nodo disponibili.

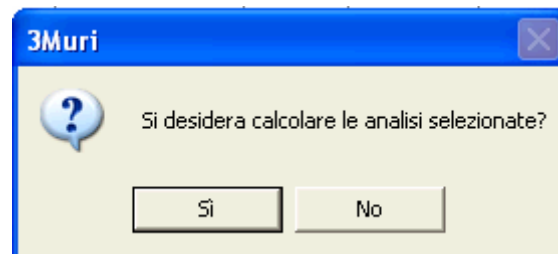
**Nodo di controllo**

Livello [2] Livello 2 ▾ Nodo 28 ▾

Usa spostamenti medi del livello selezionato



Definiti questi parametri, premiamo il tasto "OK" per procedere al calcolo.

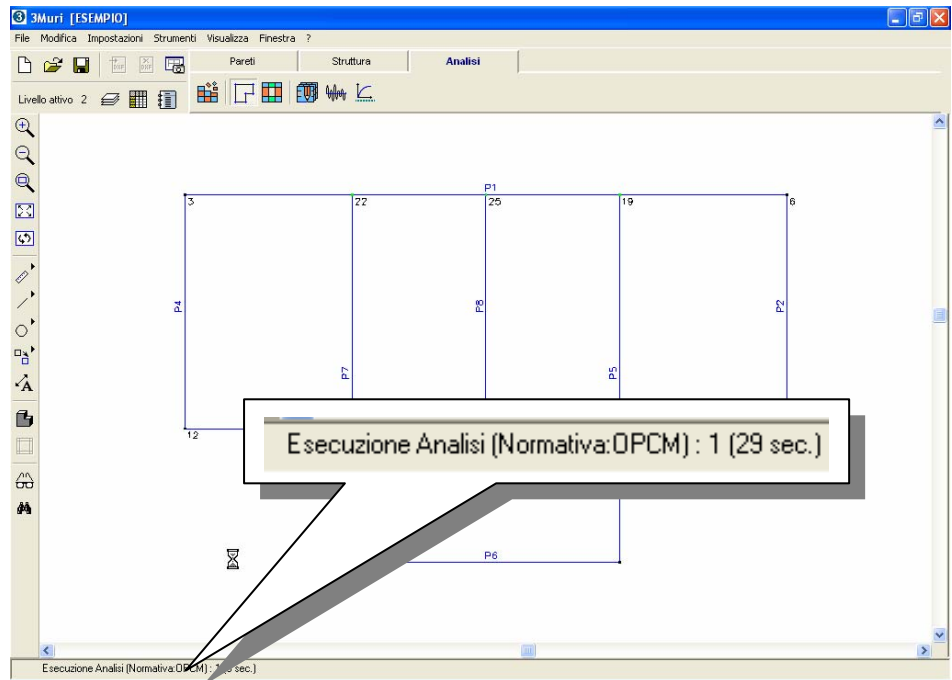


Premiamo "Si".

Il programma inizia così il calcolo.

Questa fase può durare diversi minuti (il tempo di calcolo dipende dalla velocità del computer usato).

In basso a sinistra nella barra del programma compare l'indicazione dello stato di avanzamento del programma rappresentato mediante l'indicatore dell'analisi di cui si sta eseguendo il calcolo e il tempo di calcolo.



E' necessario attendere che il programma esegua tutte le 24 analisi fino a quando scompare la scritta di "Esecuzione Analisi"  
Se alcune delle analisi eseguite non risultassero verificate, il programma lo segnalerebbe con una apposita finestra permettendo all'utente, qualora lo ritenga opportuno, di interrompere il calcolo.

## Cosa si nasconde nel calcolo

L'obiettivo che ci si prefigge con il programma 3muri, è quello di seguire il più rigidamente possibile le normative vigenti unite a quanto il settore di ricerca di più aggiornato è in grado di offrire. Lo sviluppo di algoritmi di calcolo sempre più evoluti e conformi alle necessità dell'utente, non devono impedire al progettista di avere sempre chiaro quali calcoli il programma esegue.

In questo capitolo, cercheremo di capire cosa si "nasconde" all'interno delle varie fasi che porteranno alla presentazione del risultato.

### Quando creiamo la mesh, il programma che cosa fa?

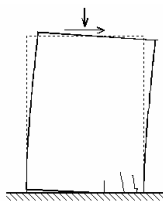


L'osservazione dei danni provocati dal terremoto è la fonte principale per conoscere e valutarne gli effetti sulle strutture.

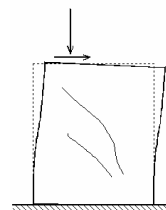
La complessità del problema non consente a priori analisi teoriche rigorose ed il punto di partenza è l'analisi di come le strutture rispondono alle sollecitazioni sismiche.

Nelle figure seguenti si evidenziano gli effetti del sisma su due strutture:

#### Rotture per Pressoflessione



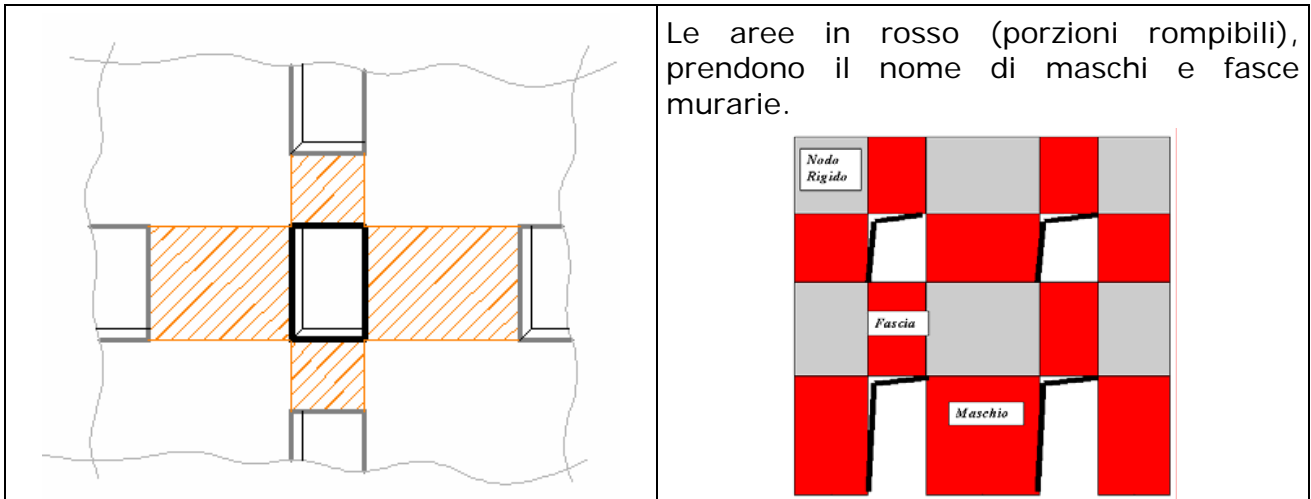
#### Rotture per Taglio



In entrambi i casi possiamo notare che la rottura della muratura, che sia essa per taglio o per presso flessione, si localizza sempre tra due aperture.

Il danno interessa *esclusivamente* le aree ai lati delle aperture campite in arancione nella figura seguente.





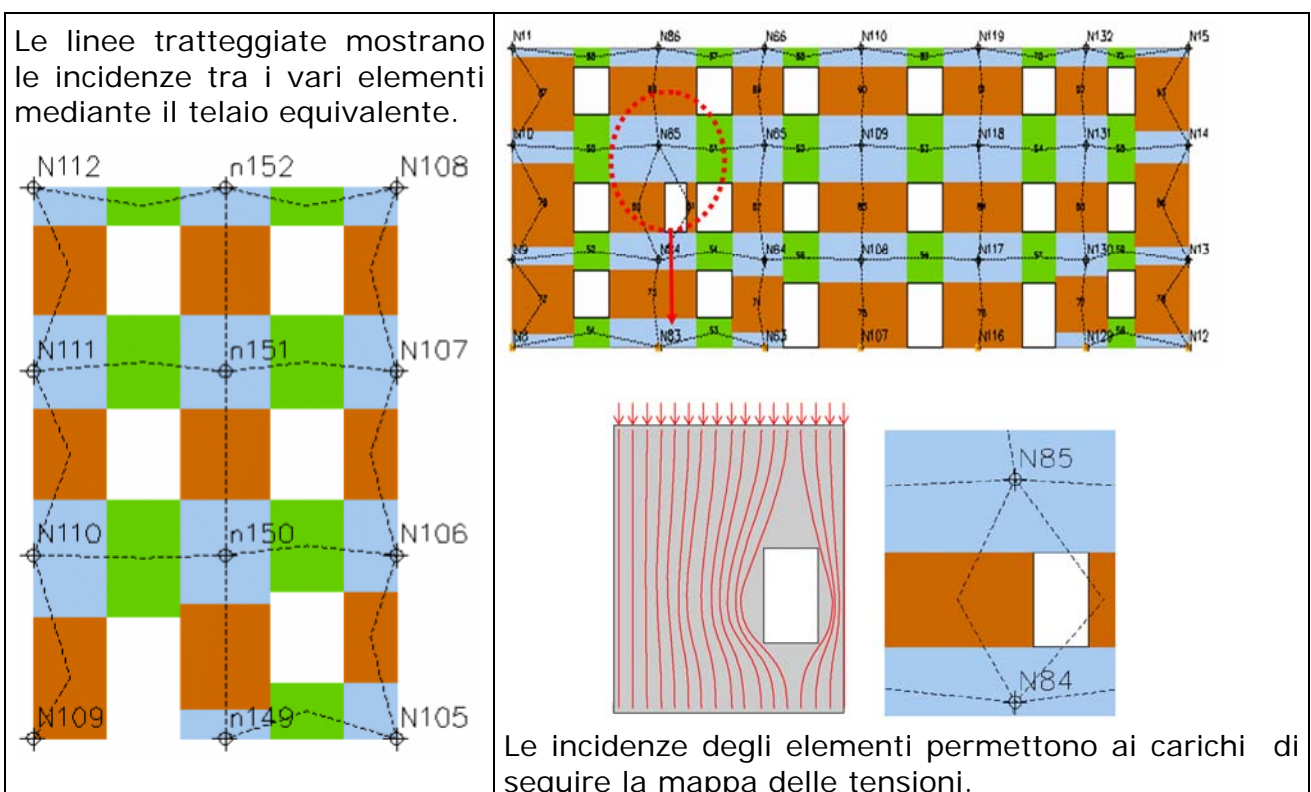
Il programma di calcolo, durante la creazione della mesh, assegna a queste aree la definizione di un "Macroelemento muratura".

Il *Macroelemento* è un particolare elemento finito a due nodi e viene introdotto con le medesime dimensioni delle fasce e dei maschi murari. La peculiarità di tale elemento è quella di contenere al suo interno i legami costitutivi per taglio e per presso flessione; le dimensioni di tale elemento sono pari a quelle delle aree che possono essere interessate dalla rottura.

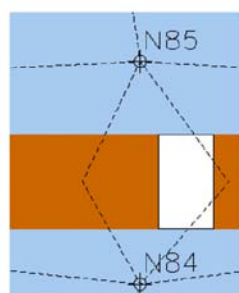
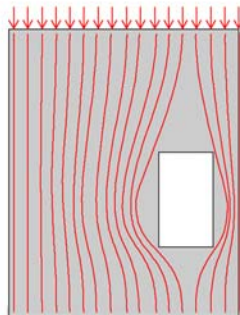
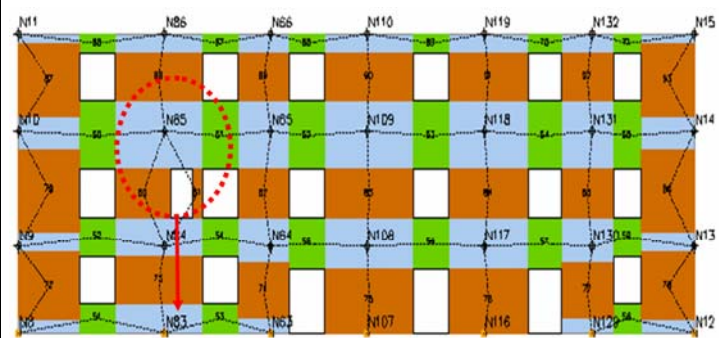
Le aree grigie della figura precedente, sono porzioni di muratura che l'esperienza mostra non essere interessate dal danneggiamento. Tali aree ospiteranno i nodi per la costruzione del telaio.

Il "telaio equivalente" viene creato con lo scopo di collegare tra di loro i macroelementi (maschi/fasce) in base al flusso di scarico delle tensioni.

In base a tale principio, 3Muri è in grado di costruire comunque un telaio in grado di cogliere gli aspetti ingegneristici del problema.



Le linee tratteggiate mostrano le incidenze tra i vari elementi mediante il telaio equivalente.



Le incidenze degli elementi permettono ai carichi di seguire la mappa delle tensioni.

Una corretta modellazione richiede una analisi spaziale che prenda in esame il comportamento complessivo della struttura; i nodi (punti numerati nelle aree azzurre della mesh) possono essere comuni a più pareti e rappresentare lo strumento mediante il quale si trasferiscono le forze sismiche da un elemento all'altro.

## Il calcolo

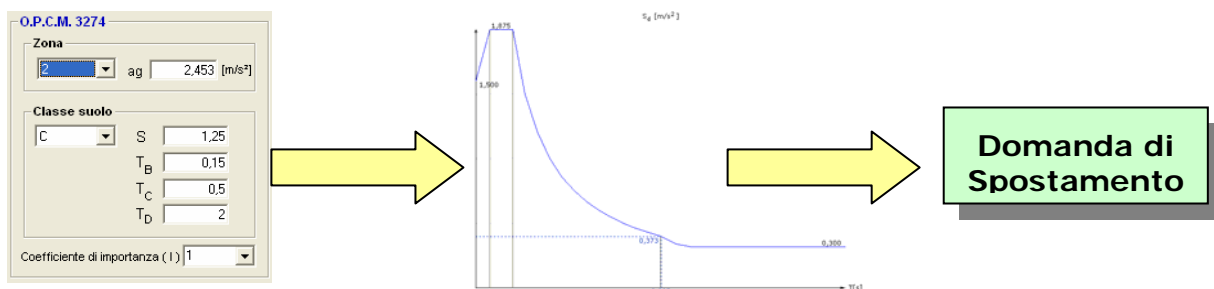


La fase di calcolo è suddivisa in due sottofasi:

1. Assegnazione del carico sismico attraverso l'inserimento della zona sismica, classe del suolo e della sensibilità sismica (parametri per il tracciamento dello spettro).
2. Calcolo pushover per l'individuazione della curva di capacità.

## Carico sismico

Mediante i parametri sismici, il programma traccia lo spettro sismico e lo utilizza per calcolare la domanda di spostamento che la struttura deve garantire.





## Calcolo statico non lineare

Il programma 3muri esegue analisi statiche non lineari secondo quanto prescritto dalle vigenti normative.

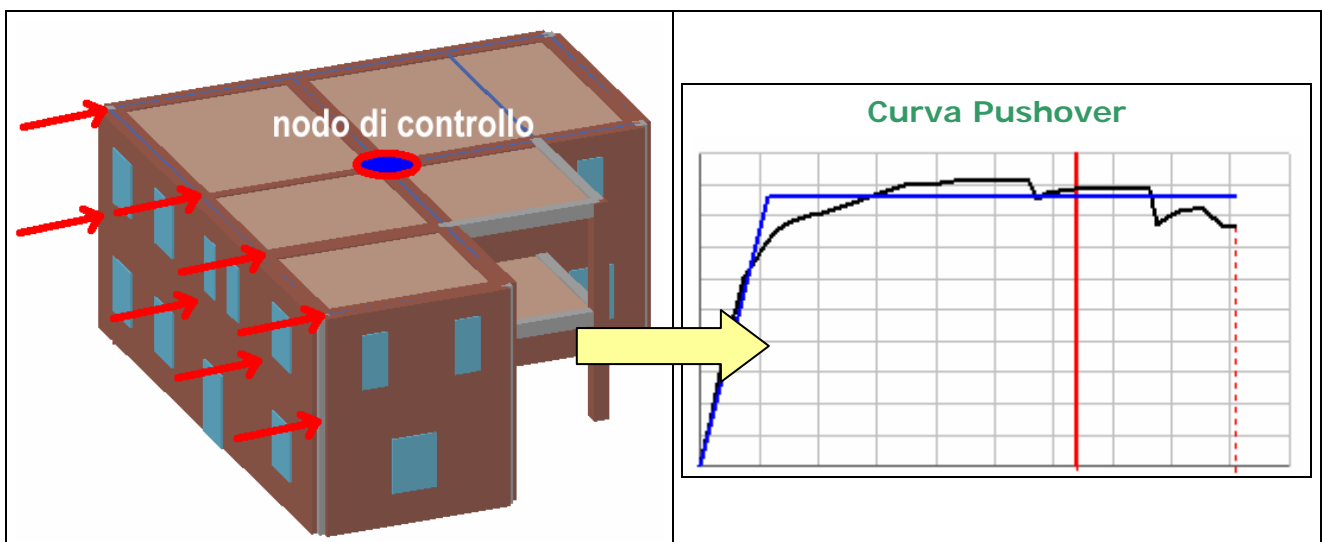
### *In che cosa consiste l'analisi statica non lineare?*

Descriviamo il calcolo partendo dall'espressione "Analisi statica non lineare".

<p><b>Statica</b></p>  <p><b>Carico applicato staticamente</b></p>	<p><b>Non Lineare</b></p>  <p><b>Legge costitutiva non lineare</b></p>
<p>L'analisi, si dice statica perché ha origine da una distribuzione di forze applicate staticamente sulla struttura. Tali forze, applicate orizzontalmente, hanno lo scopo di simulare l'azione del sisma.</p> <p>Le forze sono distinguibili tra loro per:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direzione</li> <li>• Verso</li> <li>• Distribuzione di carico</li> </ul>	<p>La non linearità risiede nel legame costitutivo del materiale. La muratura e gli elementi che con essa collaborano alla resistenza dell'edificio hanno la possibilità di danneggiarsi e rompersi.</p> <p>Gli elementi rotti non possono resistere alle azioni sismiche, lasceranno che il sisma sia supportato interamente dagli elementi non ancora rotti.</p>

Lo scopo dell'analisi è quello di individuare l'entità dello spostamento di un punto (nodo di controllo) in seguito al progressivo aumento del carico sismico.

Il programma traccia un diagramma che mette in confronto la risultante delle forze sismiche con lo spostamento del nodo di controllo; tale diagramma prende il nome di "curva di capacità portante" o "curva pushover".



**Come individuo l'offerta di spostamento della struttura?**

Lo scopo dell'analisi è quello di fare aumentare lo spostamento fino a quando il danneggiamento degli elementi strutturali genera una diminuzione della resistenza del 20% dal suo valore massimo. Dopo aver interrotto l'analisi secondo le indicazioni sopra citate, viene individuato lo "spostamento limite" offerto dalla struttura.

L'offerta di spostamento verrà confrontata con la domanda di spostamento sismico; tale confronto sarà descritto nella successiva puntata del presente corso.

Quando eseguiamo il calcolo, il programma presenta una lista di analisi possibili che nascono dalla necessità di prendere in esame direzioni, versi e distribuzioni di carico sismico differenti per individuare la condizione più gravosa.

N.	Calcola analisi	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]
1	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	0
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	0
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	0
4	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	0
5	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	0
6	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0
7	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	0
8	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0
9	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	60
10	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	-60
11	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	60
12	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	-60
13	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	60
14	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	60
15	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	60
16	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	-60
17	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	50
18	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	-50
19	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	50
20	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	-50
21	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	50
22	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	-50
23	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	50
24	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	-50

**Distribuzioni di carico distinte, proporzionale alle masse o al primo modo di vibrare della struttura.**

**Direzione del sisma (X; Y).**

**Verso del sisma**

**Prendere in esame l'eventuale presenza delle eccentricità accidentali tra il centro di massa ed il centro di rigidità. L'entità delle eccentricità viene calcolata automaticamente dal programma.**

## Introduzione Parte 3

In questa terza puntata, prenderemo in esame la presentazione dei risultati e le modalità di interpretazione.

Lo scopo primario di tale corso è quello di condurre il progettista, in pochi brevi passi a comprendere i risultati, in modo da poter utilizzare gli strumenti messi a disposizione dal programma per individuare i punti critici della struttura e fornire le indicazioni necessarie per gli interventi.

In soli 10 minuti potremo fare insieme l'esercizio qui proposto.

Se durante lo svolgimento riscontrerete dei problemi, dubbi o perplessità, vi invitiamo a contattare direttamente il servizio di *Formazione/Assistenza Tecnica* (Ing. Luca Borgesa) presso i nostri uffici **011-66 99 345** od inviando una mail all'indirizzo [3muri@stadata.com](mailto:3muri@stadata.com).

Ai medesimi numeri è possibile prenotare il servizio TeleDemo, grazie ad un tecnico specializzato in collegamento telefonico gratuito, è possibile eseguire l'esempio con un supporto.

## Costruire il modello

### INIZIO

3

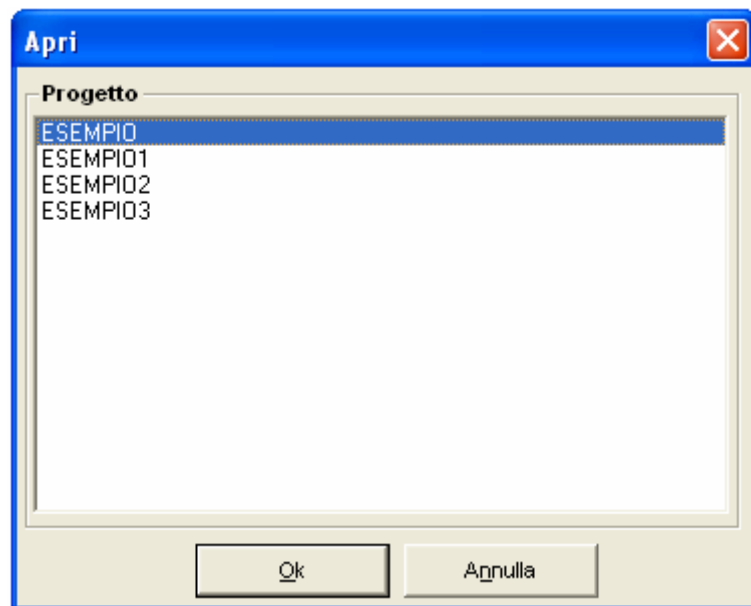
### APRI



Avviamo 3Muri facendo doppio click sull'icona 3Muri nel menù Start → Programmi → S.T.A.DATA.

Apriamo il modello mediante il pulsante apri.

Nella finestra di dialogo, selezionare il nome del progetto

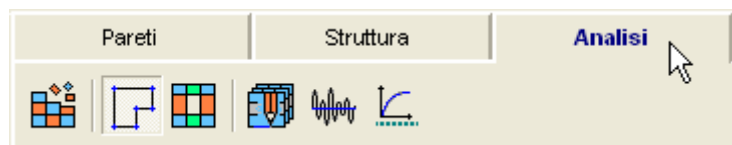


*Ritroviamo così sullo schermo la pianta del modello "Esempio"*

con la quale avevamo lavorato la lezione precedente.

*Selezioniamo l'ambiente analisi*

### "Analisi"



## Visualizzazione dei risultati

### Visualizza Risultati



Premiamo il pulsante “Visualizza Risultati” per entrare all’interno dell’ambiente di interpretazione dei risultati.

La finestra che viene visualizzata è la seguente.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q* SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0	1,697	2,107	2,698	0,359	1,342	1,112	2,1
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	1,932	2,319	3,072	0,483	1,597	0,976	2,1
3	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	0	1,831	2,025	3,736	0,503	0,917	0,803	1,4
4	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	0	2,074	2,101	4,422	0,628	1,404	0,678	1,4
5	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	0	1,478	2,003	2,638	0,285	1,443	1,137	2,4
6	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0	1,673	2,484	2,993	0,389	1,521	1,002	2,3
7	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	0	1,583	2,363	2,618	0,315	0,484	1,146	1,1
8	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0	1,794	3,083	3,078	0,439	0,562	0,974	1,1
9	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	-55	1,710	2,102	2,713	0,366	1,383	1,106	2,1
10	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	-55	1,676	2,152	2,707	0,354	1,630	1,108	2,4
11	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	-55	1,943	2,278	3,098	0,489	1,680	0,968	2,2
12	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	-55	1,900	2,361	3,085	0,471	1,596	0,979	2,1
13	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	-55	1,844	2,008	3,717	0,506	1,013	0,807	1,4
14	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	-55	1,834	2,076	3,704	0,501	1,057	0,810	1,4
15	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	-55	2,072	2,105	4,328	0,623	1,429	0,693	1,4
16	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	-55	2,070	2,114	4,364	0,625	1,542	0,684	1,4
17	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	90	1,494	1,763	2,670	0,294	1,203	1,123	2,1
18	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	-90	1,484	1,724	2,649	0,288	1,203	1,120	2,1
19	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	90	1,695	2,202	3,037	0,401	1,280	0,988	2,4
20	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	-90	1,680	2,245	3,015	0,394	1,321	0,995	2,4
21	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	90	1,617	2,363	2,705	0,337	0,524	1,109	1,2
22	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	-90	1,581	1,843	2,573	0,308	0,584	1,123	1,2
23	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	90	1,818	2,363	3,072	0,447	0,482	0,977	1,4



Nella parte sinistra di questa finestra vengono presentate le analisi possibili.

L’utente può decidere in qualsiasi momento quale normativa adottare per eseguire le verifiche e conservare eventualmente i risultati di tutte le analisi al fine di confrontarle eventualmente tra di loro.

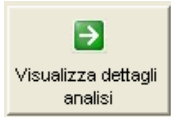
La tabella visualizzata riporta una riga per ciascuna analisi selezionata nella fase di calcolo; nel caso in esame si esaminano tutte e 24 le analisi previste.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q* SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0	1,697	2,107	2,698	0,359	1,342	1,112	2,1
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	1,932	2,319	3,072	0,483	1,597	0,976	2,1
3	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	0	1,831	2,025	3,736	0,503	0,917	0,803	1,4
4	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	0	2,074	2,101	4,422	0,628	1,404	0,678	1,4

Le celle evidenziate in verde indicano il superamento delle verifiche, di contro quelle rosse indicano il mancato superamento.

Per capire bene cosa questi parametri rappresentino entriamo nell’ambiente dedicato alla presentazione dei dettagli delle analisi.

Selezioniamo la riga associata ad una analisi, ad esempio l’analisi 3.

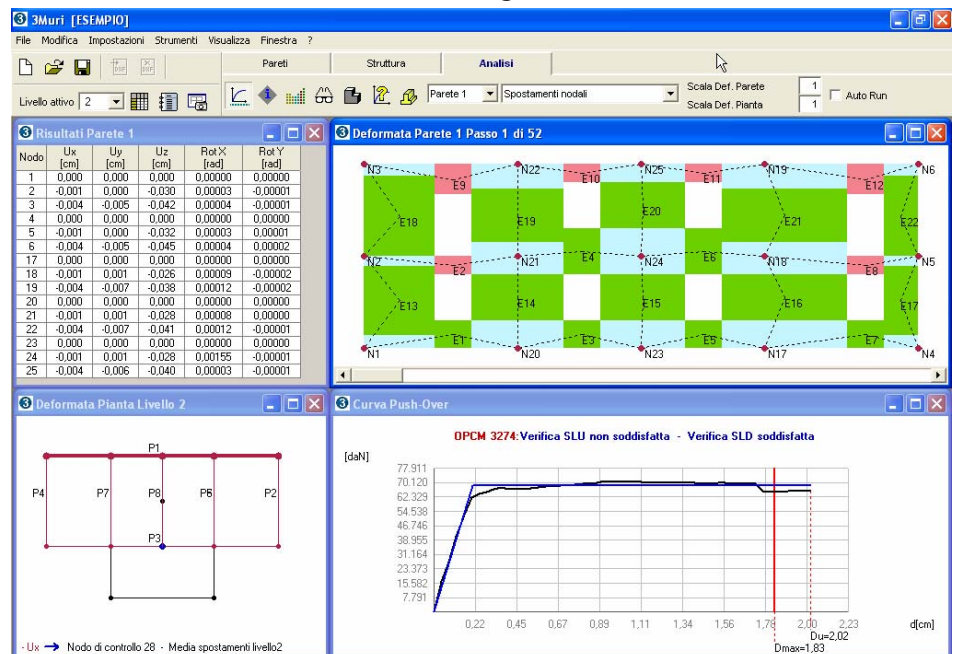


La selezione avviene cliccando in corrispondenza della riga di interesse. Quando l'analisi è selezionata compare un triangolino alla sinistra del numero identificativo dell'analisi selezionata.

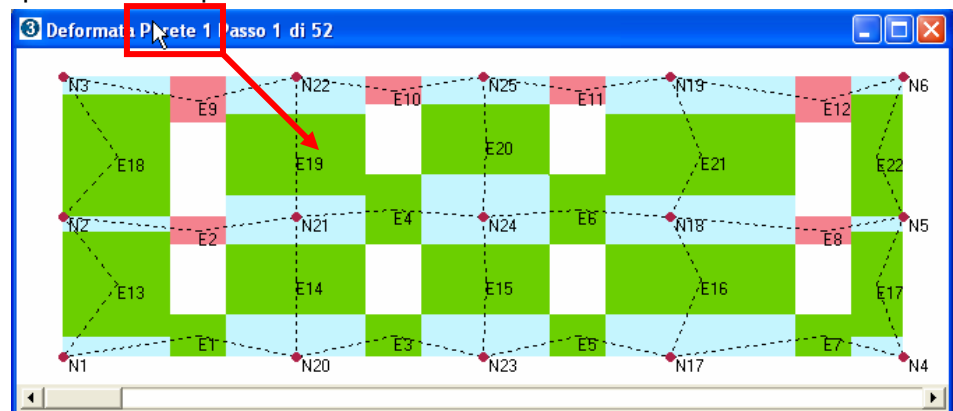
Selezionata questa analisi premiamo il pulsante "Visualizza dettagli analisi".

### Risultati-Finestra multipla

La schermata visualizzata è la seguente.



Viene mostrato il prospetto della mesh di parete, nel caso in questione la parete 1.

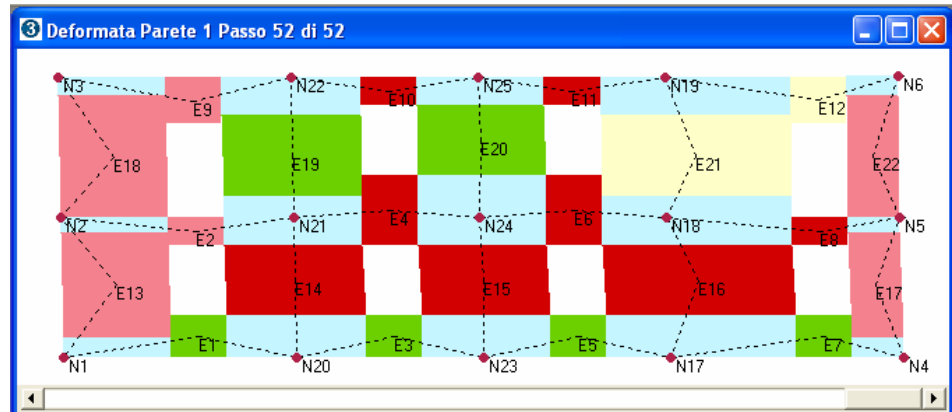






Per visualizzare le altre pareti possiamo selezionare quella di interesse dal menu a discesa contenuto nella barra analisi.

Attiviamo la casella "Auto Run", la finestra del prospetto di parete mostra un filmato della progressiva deformazione della struttura.



Gli elementi murari cambiano colore in funzione del livello di degrado assunto da ciascun elemento.

#### Legenda colori



Premiamo il pulsante "Legenda colori" viene mostrata la finestra che riporta la legenda dei colori utilizzata per i vari elementi strutturali.



I differenti colori presentati nella legenda indicano lo "stato" in cui ciascun elemento si trova: integro, plastico, rotto.

In base ai colori si evidenziano anche le cause di danneggiamento strutturale (taglio, pressoflessione).

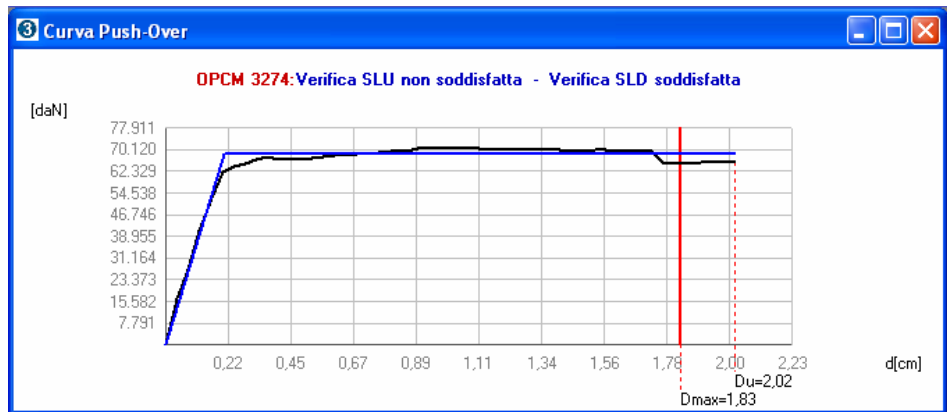


Chiudiamo la "Legenda" premendo la croce in alto a destra alla legenda stessa.

E' possibile interrogare gli stati di degrado di ciascun elemento strutturale per ciascuna parete come indicato in precedenza.

Aver indicazione degli elementi che si rompono, permette al progettista di effettuare le previsioni di intervento necessarie.

La finestra seguente, ci mostra in nero l'andamento della curva pushover, in blu quello della bilineare equivalente.



La linea rossa verticale individua lo spostamento massimo richiesto dalla normativa.

Sopra la curva vengono indicate in sintesi le condizioni di verifica.

**OPCM 3274: Verifica SLU non soddisfatta - Verifica SLD soddisfatta**

**Dettaglio verifiche**



Maggiori dettagli sulla verifica sono riportate in una finestra informativa.

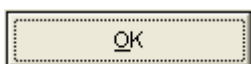
Premiamo il pulsante “Dettagli Verifiche”.

Viene mostrata la seguente finestra.

Verifiche	
<b>OPCM 3274 - Verifica SLU</b>	
Dmax	1,831 [cm] <= Du 2,025 [cm]
q *	3,74 > 3
<b>La verifica NON risulta correttamente soddisfatta</b>	
<b>OPCM 3274 - Verifica SLD</b>	
Dmax	0,503 [cm] <= Dd 0,917 [cm]
<b>La verifica risulta correttamente soddisfatta</b>	
Valore limite per raggiungimento Valore di Picco	
<b>OPCM 3362</b>	
PGADS	1,970 [m/s <sup>2</sup> ]     α <sub>u</sub> 0,803
PGADL	1,441 [m/s <sup>2</sup> ]     α <sub>e</sub> 1,468
<b>Parametri di Analisi</b>	
T*	0,177 S     Duttilità disponibile 9,67
m*	258.024,83 [Kg]
w	451.571,40 [Kg]

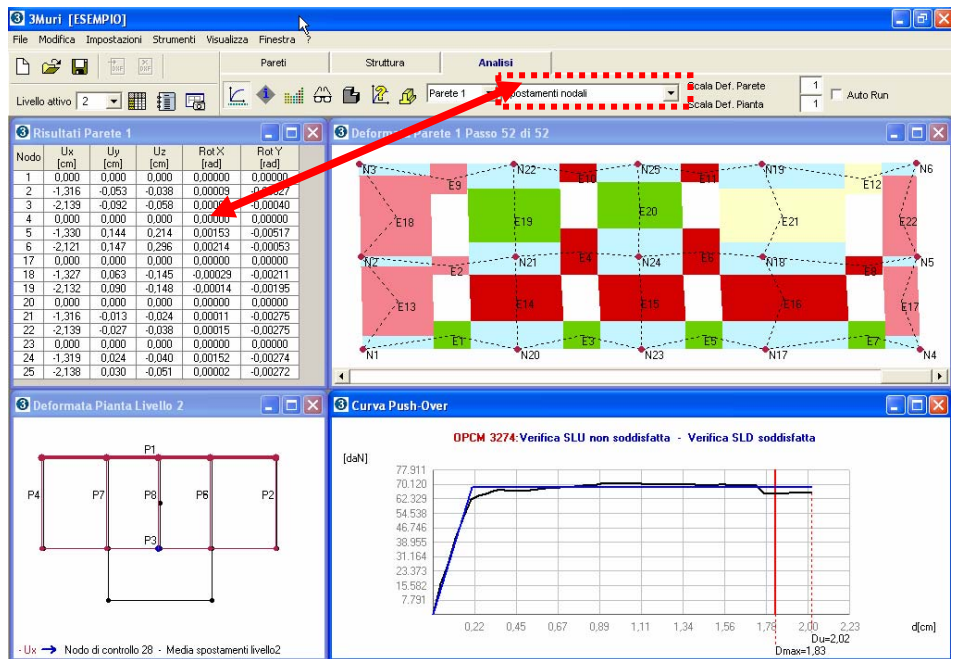
Analisi	
Normativa	OPCM 3274
Carico sismico	Masse
Direzione sisma	- Ux
Nodo controllo	28
Media nodi di livello	2
Eccentricità	0
Versione	1.7.10 - Cod. 2

Modello	
Nome	ESEMPI
Pareti	8
Livelli	2
Nodi 3D	36
Nodi 2D	1
Materiali	4
Elementi	78
Travi	2
Pilastrini	1
Vincoli	13
Setti travi	0
Setti pareti	0

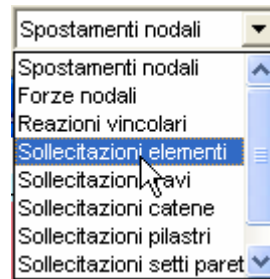
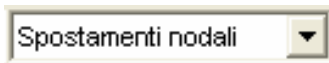


Chiudiamo la finestra premendo “Ok”

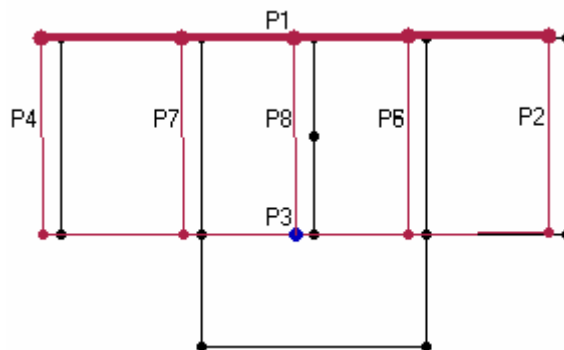
La tabella in alto a sinistra contiene alcuni dati informativi della parete visualizzata.



Ciò che viene visualizzato in questa tabella è selezionabile tra le varie voci presentate nel menu a discesa corrispondente.



La finestra in basso a sinistra mostra la deformata della pianta a causa del sisma.



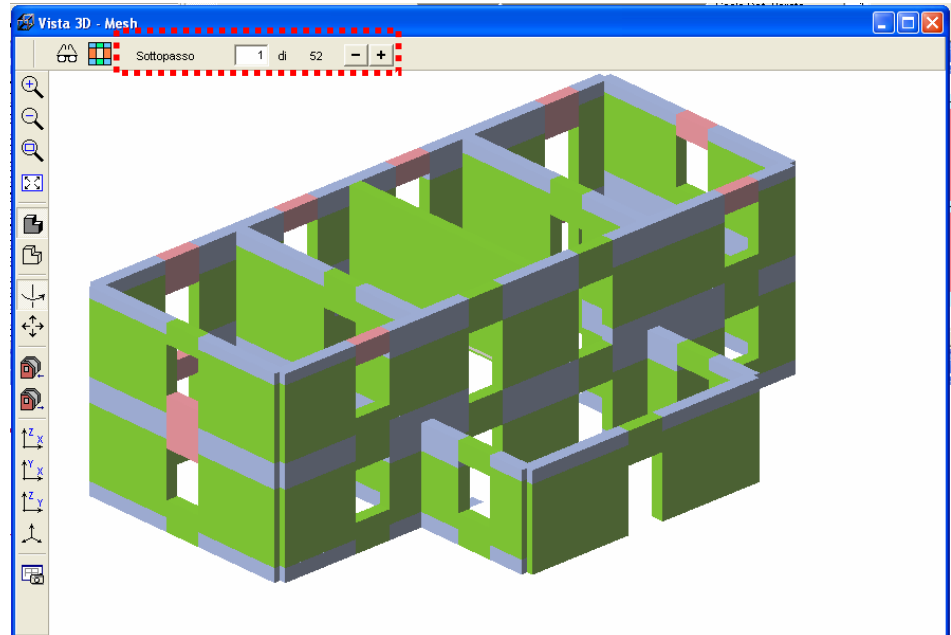
Se riteniamo la deformata in pianta poco visibile possiamo agire sul fattore di amplificazione della deformazione.

## 3D della mesh



Premiamo il pulsante "Visualizza il 3D della mesh".

Viene mostrata la seguente finestra.



---

## Immagini del modello

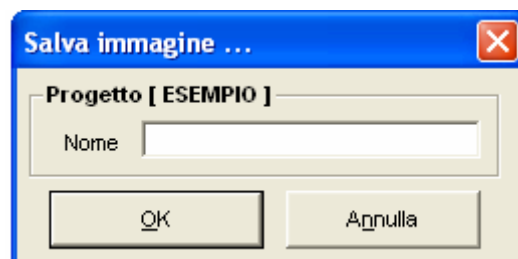
### Salva immagine



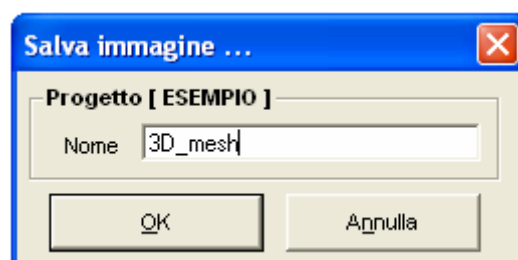
Decidiamo di inserire questa immagine nella relazione.

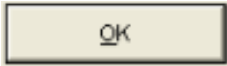
Premiamo il pulsante "Salva immagine" presente nella finestra del 3D.

Viene presentata la finestra che permette il salvataggio dell'immagine.



Inseriamo nello spazio apposito il nome dell'immagine





Premiamo il pulsante "OK"

La rotazione del modello è gestita automaticamente trascinando il mouse con il tasto destro del mouse premuto.



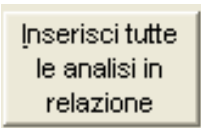
Chiudiamo la finestra del 3D premendo la croce in alto a destra della finestra Vista 3D.

**VISUALIZZA  
RISULTATI**



Premendo nuovamente il pulsante "Visualizza Risultati" l'attuale finestra viene chiusa e viene ripresentata la tabella sintetica dei risultati.

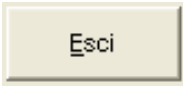
N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q <sup>2</sup> SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa
1	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	0	1,697	2,107	2,698	0,359	1,342	1,112	2,1
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	1,832	2,319	3,072	0,483	1,597	0,976	2,1
3	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	0	1,831	2,025	3,736	0,503	0,917	0,803	1,4
4	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	0	2,074	2,101	4,422	0,628	1,404	0,678	1,6
5	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	0	1,478	2,003	2,638	0,285	1,443	1,137	2,4
6	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0	1,673	2,484	2,993	0,389	1,521	1,002	2,3
7	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	0	1,583	2,363	2,618	0,315	0,484	1,146	1,1
8	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0	1,794	3,083	3,079	0,439	0,562	0,974	1,1
9	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	55	1,710	2,102	2,713	0,366	1,383	1,106	2,1
10	<input type="checkbox"/>	+X	Masse	-55	1,676	2,152	2,707	0,354	1,630	1,108	2,4
11	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	55	1,943	2,276	3,098	0,489	1,680	0,968	2,2
12	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	-55	1,900	2,361	3,065	0,471	1,596	0,979	2,1
13	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	55	1,844	2,008	3,717	0,506	1,013	0,807	1,5
14	<input type="checkbox"/>	-X	Masse	-55	1,834	2,076	3,704	0,501	1,057	0,810	1,6
15	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	55	2,072	2,105	4,328	0,623	1,429	0,693	1,6
16	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	-55	2,070	2,114	4,384	0,625	1,542	0,684	1,6
17	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	90	1,494	1,763	2,670	0,294	1,203	1,123	2,1
18	<input type="checkbox"/>	+Y	Masse	-90	1,484	1,724	2,649	0,288	1,203	1,120	2,1
19	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	90	1,695	2,202	3,037	0,401	1,280	0,988	2,0
20	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	-90	1,680	2,245	3,015	0,394	1,321	0,995	2,0
21	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	90	1,617	2,363	2,705	0,337	0,524	1,109	1,2
22	<input type="checkbox"/>	-Y	Masse	-90	1,581	1,843	2,573	0,308	0,564	1,123	1,2
23	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	90	1,819	2,363	3,072	0,447	0,482	0,977	1,0



Premiamo il pulsante "Inserisci tutte le analisi in relazione".

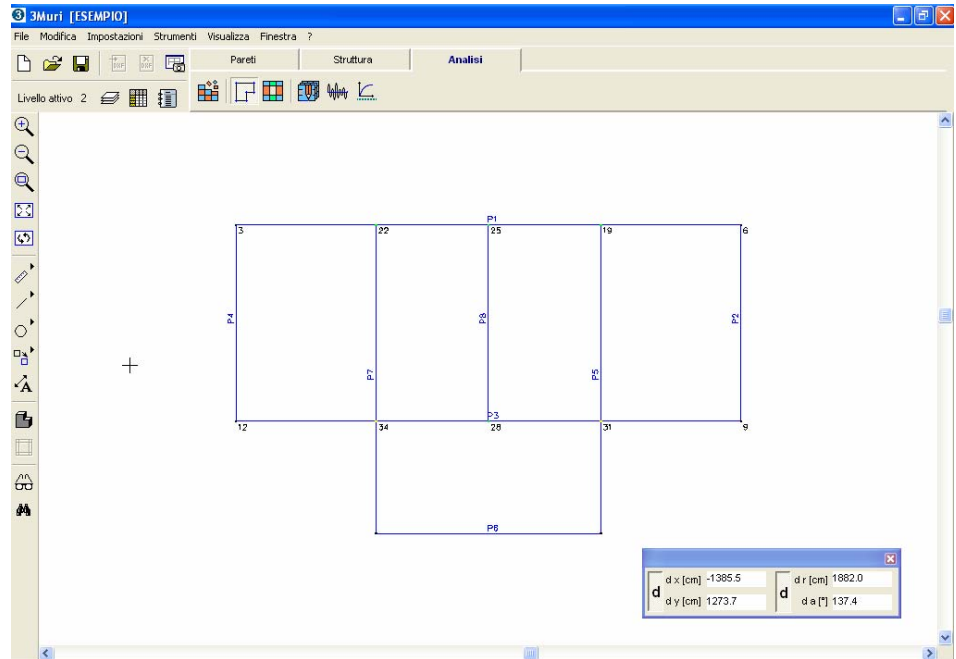
Viene così attivata l'opzione di inserimento in relazione per ciascuna analisi.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q <sup>2</sup> SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0	1,697	2,107	2,698	0,359	1,342	1,112	2,1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	1,832	2,319	3,072	0,483	1,597	0,976	2,1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	0	1,831	2,025	3,736	0,503	0,917	0,803	1,4
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	0	2,074	2,101	4,422	0,628	1,404	0,678	1,6
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	0	1,478	2,003	2,638	0,285	1,443	1,137	2,4
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0	1,673	2,484	2,993	0,389	1,521	1,002	2,3
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	0	1,583	2,363	2,618	0,315	0,484	1,146	1,1
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0	1,794	3,083	3,079	0,439	0,562	0,974	1,1
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	55	1,710	2,102	2,713	0,366	1,383	1,106	2,1
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	-55	1,676	2,152	2,707	0,354	1,630	1,108	2,4
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	55	1,943	2,276	3,098	0,489	1,680	0,968	2,2
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	-55	1,900	2,361	3,065	0,471	1,596	0,979	2,1
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	55	1,844	2,008	3,717	0,506	1,013	0,807	1,5
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	-55	1,834	2,076	3,704	0,501	1,057	0,810	1,6
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	55	2,072	2,105	4,328	0,623	1,429	0,693	1,6
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	-55	2,070	2,114	4,384	0,625	1,542	0,684	1,6
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	90	1,494	1,763	2,670	0,294	1,203	1,123	2,1
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	-90	1,484	1,724	2,649	0,288	1,203	1,120	2,1
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	90	1,695	2,202	3,037	0,401	1,280	0,988	2,0
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	-90	1,680	2,245	3,015	0,394	1,321	0,995	2,0
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	90	1,617	2,363	2,705	0,337	0,524	1,109	1,2
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	-90	1,581	1,843	2,573	0,308	0,564	1,123	1,2
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	1° modo	90	1,819	2,363	3,072	0,447	0,482	0,977	1,0



Premiamo il pulsante "Esci".

Viene presentata a video la seguente schermata.



## Creare la Relazione

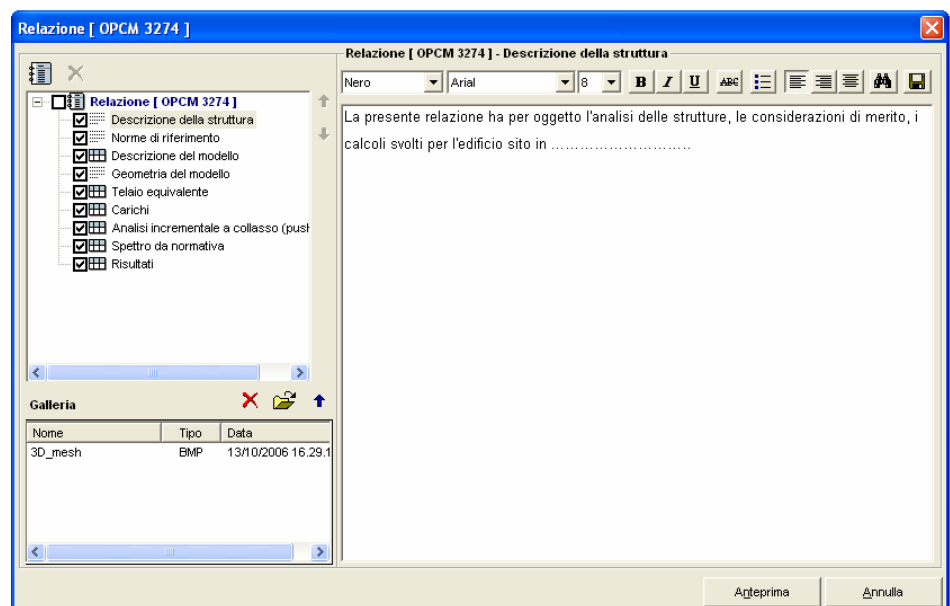
### RELAZIONE



Nella barra orizzontale in alto premiamo il pulsante "Relazione".



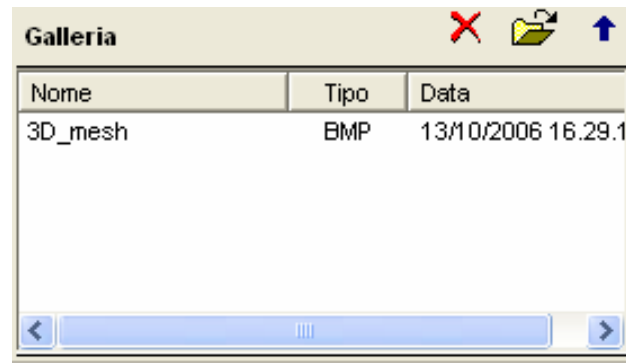
A video vediamo una finestra che permette di definire in modo automatico la relazione di calcolo.



Per visualizzare ciascuna delle voci riportate nell'albero di sinistra e sufficiente selezionarle.

Qualora si tratti di un testo, questo è editabile e modificabile dall'utente.

In basso a sinistra vediamo la Galleria immagini.

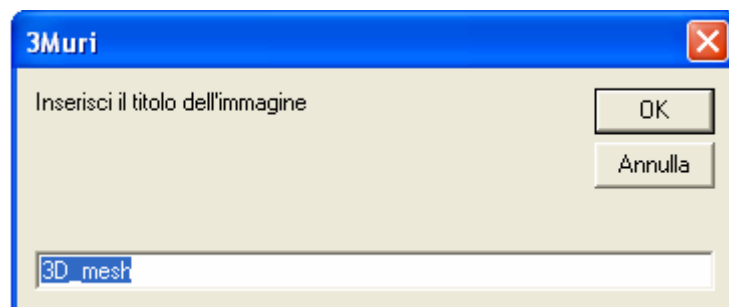


Selezioniamo la voce "3D\_mesh" dalla lista.

## INSERIMENTO IMMAGINE



Premendo questo pulsante viene richiesto il titolo da usare per l'immagine.

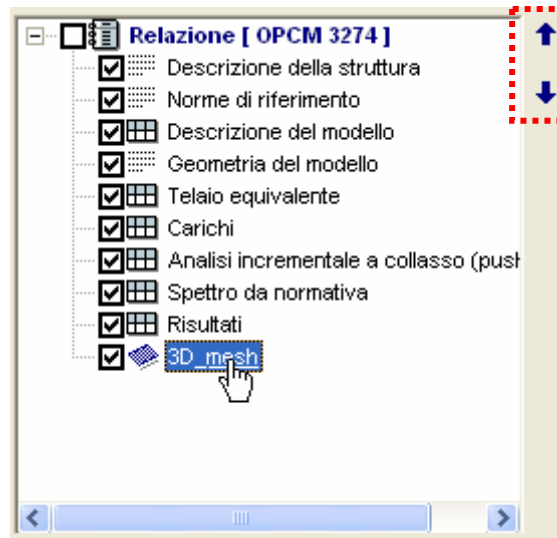


Premiamo "OK"

L'immagine inserita compare in relazione come ultima voce nell'albero di definizione degli argomenti.

Selezioniamo la voce dall'albero.

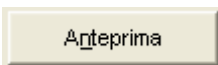
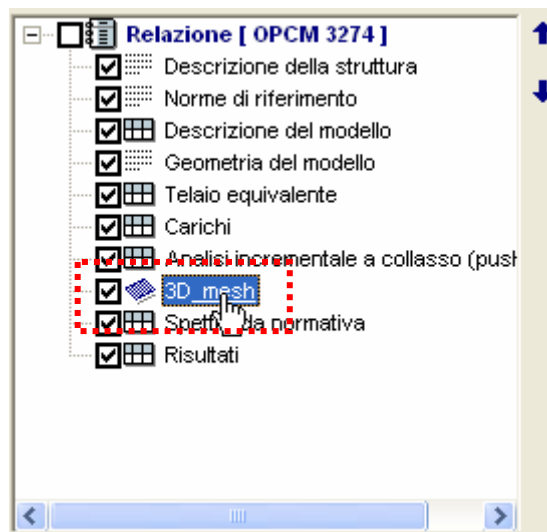




Premiamo sulle frecce laterali a questa finestra per spostare in alto la voce di interesse e decidere dove andare a posizionarla.

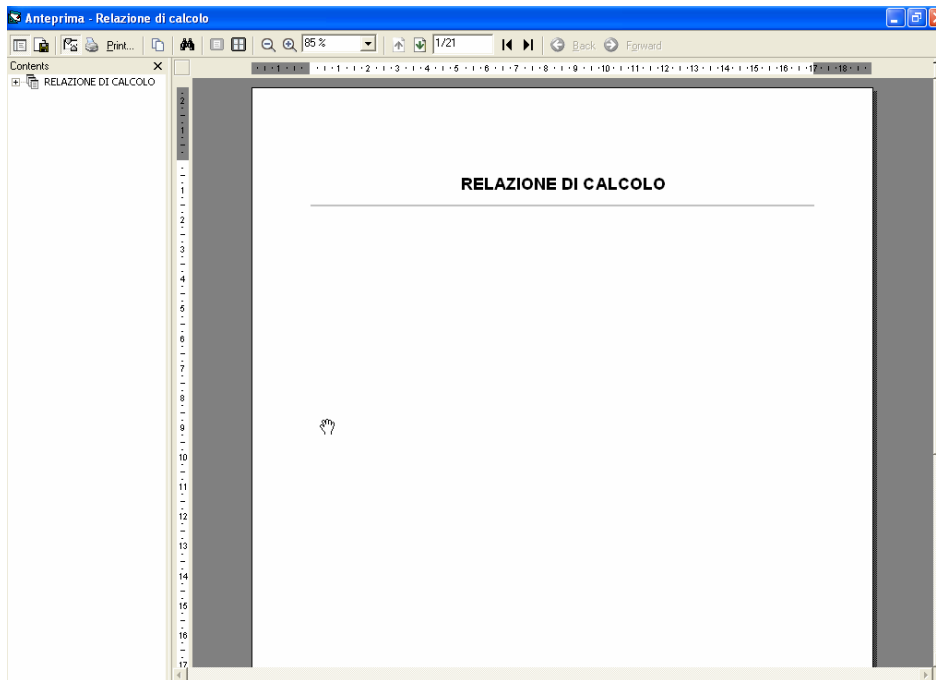


Premendo due volte questa freccia il risultato è il seguente.



Premiamo il pulsante "Anteprima".

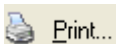
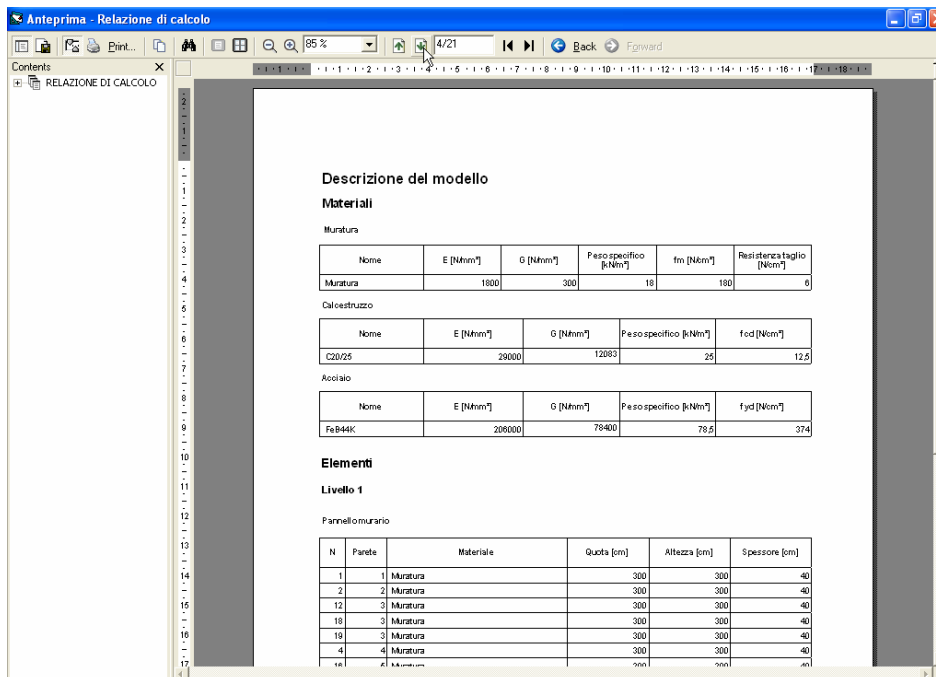
Dopo alcuni istanti si apre l'anteprima.



**PAGINA SEGUENTE**



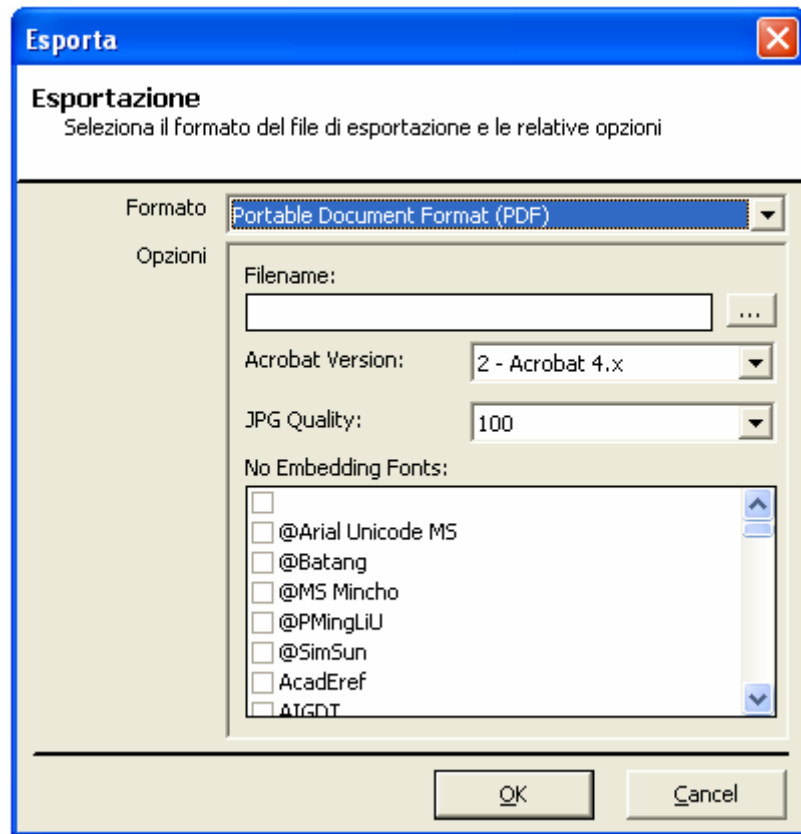
Premendo il pulsante pagina seguente più volte è possibile navigare all'interno dell'ambiente relazione.



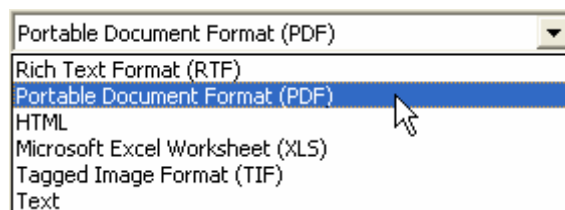
**ESPORTA**



Questo pulsante permette la stampa della relazione  
Questo comando gestisce l'esportazione su file della relazione.



Sono disponibili differenti formati di esportazione (\*.pdf, \*.rtf, ecc...) .



## Interpretazione dei risultati

Dopo la creazione del modello e l'esecuzione del calcolo, il primo problema che il progettista si pone è quello di pianificare gli eventuali interventi tali da garantire l'adeguamento sismico.

Dopo aver eseguito un primo calcolo sulla struttura, può succedere che alcune delle analisi non risultino soddisfatte.

A questo punto ci poniamo tutti le medesime domande:

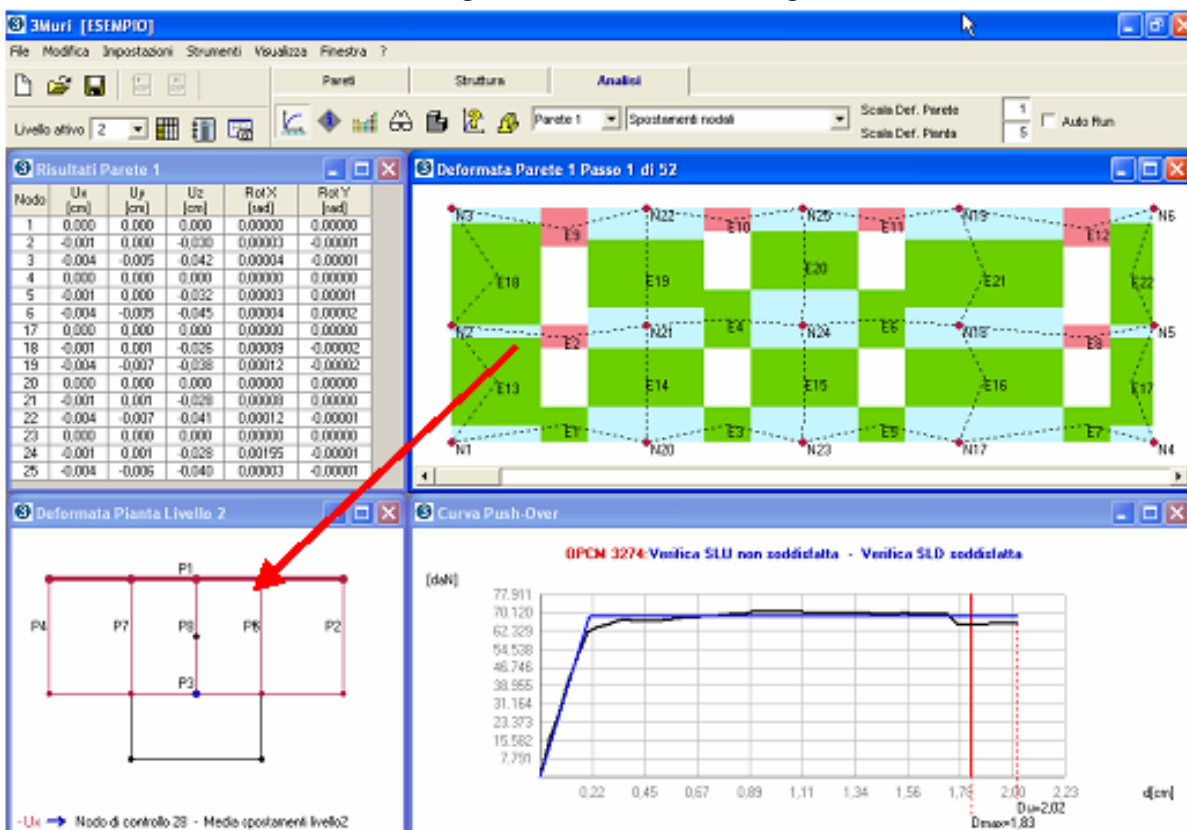
- Quali interventi devo fare per adeguare la struttura?
- Come trovo l'anello debole?
- Come capisco se gli interventi pensati sono consoni?

Il programma 3muri mette a disposizione degli utenti alcuni strumenti che permettono di "monitorare" lo stato di salute dell'edificio.

Lo scopo di questo capitolo è quello di mostrare svariati strumenti che possono aiutare il progettista a scegliere gli interventi più consoni.

## Presentazione dei risultati

La finestra che contiene i dettagli delle analisi è la seguente:



Il prospetto della parete (in alto a destra) fornisce informazioni dettagliate sulle caratteristiche geometriche e sulla mesh, per capire dove tale parete è situata basta guardare la pianta e cercare la parete disegnata con il tratto di maggiore spessore.

E' importante notare che cambiando la parete mostrata nel prospetto la curva pushover non cambia; la curva di capacità è dell'edificio e non della singola parete.

L'utente ha la possibilità di vedere come progredisce il danneggiamento della struttura al crescere del carico.

Premendo "AutoRun" vengono mostrati i livelli di danno della parete mostrata per quote di carico intermedio.




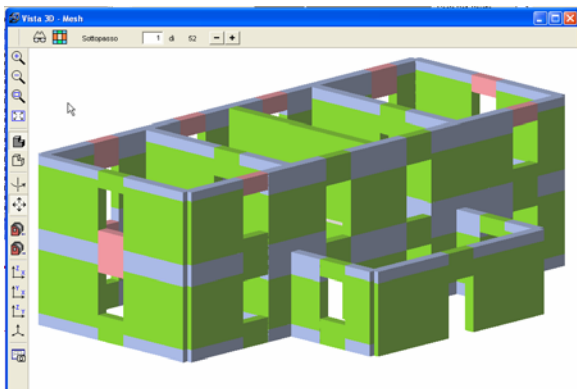
## Dove intervenire

Il principale problema del progettista è quello di individuare le aree in cui intervenire in modo da localizzare il danno.

Spesso la cosa migliore da fare è quella di controllare l'ultimo passo dell'analisi (corrispondente al valore dello spostamento limite); tale passo è quello in cui si verifica il decadimento del 20% che interrompe l'analisi, migliorando le caratteristiche degli elementi rotti si può tentare di posticipare la rottura in modo da aumentare lo spostamento limite.

## Come capisco quali elementi sono rotti?

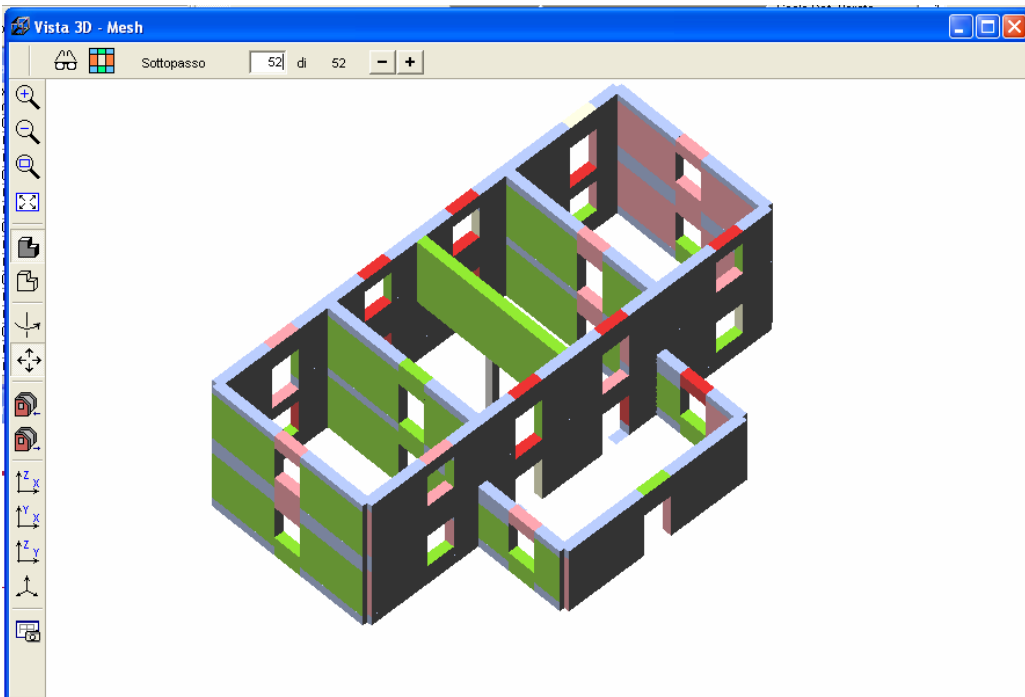
Dall'ambiente dei risultati si può vedere il 3D della mesh mediante l'apposito pulsante .




Definiamo come sottopasso corrente l'ultimo.



Nella vista assonometrica vengono mostrati gli elementi con i colori corrispondenti al livello di degrado.

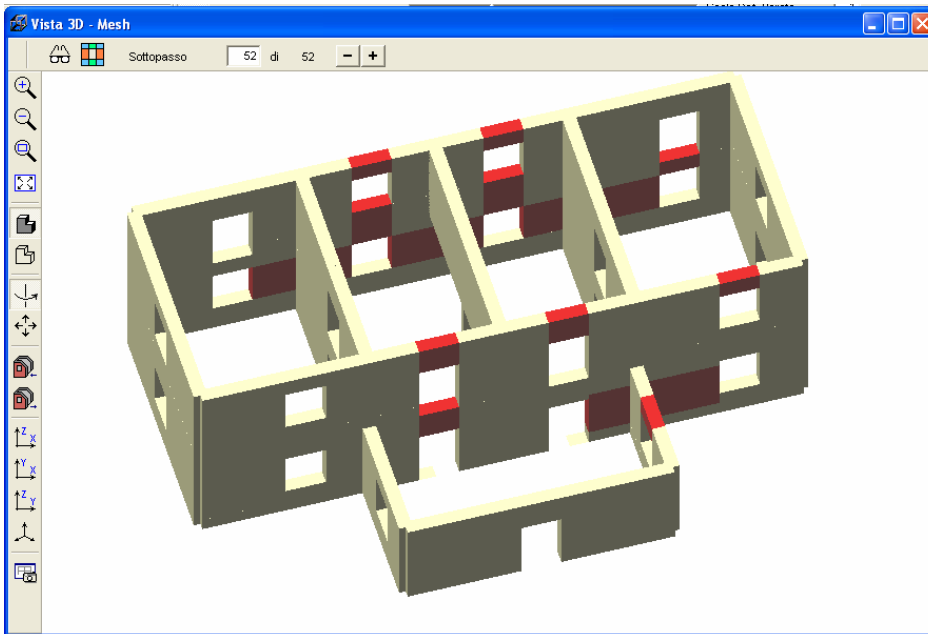


Per vedere con maggiore chiarezza gli elementi rotti, è sufficiente attivare i filtri  ed impostare la visualizzazione che permette di mostrare "in colore" i soli elementi rotti.

<p><b>Filtri</b></p> <p>Livelli</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Tutti</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2</p> <p>Pareti</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Tutte</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 3</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 5</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 6</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 7</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 8</p> <p>Stato</p> <p><input checked="" type="radio"/> Tutti</p> <p><input type="radio"/> Rotto</p> <p><input type="radio"/> Plastico</p> <p><input type="radio"/> Integro</p> <p>Stati complementari</p> <p>Elementi</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Maschi/Fasce</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nodi rigidi</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Travi/Catene</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Pilastrini</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Setti</p> <p><input type="checkbox"/> Orizzontamenti</p> <p><input type="checkbox"/> Visualizza livelli/pareti NON selezionate come trasparenti</p> <p>OK    Annulla</p>	<p>Stato</p> <p><input type="radio"/> Tutti</p> <p><input checked="" type="radio"/> Rotto</p> <p><input type="radio"/> Plastico</p> <p><input type="radio"/> Integro</p> <p>Stati complementari</p>
--	---

Attiviamo la visualizzazione dei colori per i soli elementi rotti.

Il risultato che si presenta a video è il seguente.



In base a questa mappa, l'utente può individuare tra tutti gli elementi danneggiati quelli più idonei su cui intervenire.

Dopo aver apportato le dovute modifiche al modello in seguito agli interventi, si può lanciare nuovamente il calcolo per valutare l'efficacia del miglioramento.

## Tabella del livello di danno



Molto spesso, nella pratica progettuale, i modelli sono talmente grandi che anche una analisi visiva è poco utile e di interpretazione non semplice.

Si rende quindi utile un'altra modalità di interrogazione dei risultati.

Dalla barra dei comandi nell' ambiente dei risultati troviamo il pulsante "interroga risultati".



Con tale comando viene mostrata la seguente finestra.

**3 Interroga risultati**

Stato di danneggiamento    Controllo di spostamento    Sottopasso 52 di 52    -    +

Elementi rotti passo corrente

dal primo passo     rispetto al passo precedente

	Parete	Muratura [%]	Setti [%]	Muratura + Setti	Pilastrini [%]	Travi [%]
▶	1	33,62	0,00	33,62	0,00	0,00
	3	17,69	0,00	17,69	0,00	0,00
	5	1,89	0,00	1,89	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Carica parete

Elementi per parete 1

Muratura 0  
Setti 0  
Pilastrini 0  
Travi 0

Nella tabella vengono riportate lungo le righe le pareti con la percentuale di elementi rotti; le pareti (le righe) vengono ordinate da quella con la più alta percentuale di elementi rotti alla più bassa.

Mediante tale procedura, si può rapidamente individuare la parete con il maggior numero di punti critici.

	Parete	Muratura [%]	Setti [%]	Muratura + Setti	Pilastrini [%]	Travi [%]
▶	1	33,62	0,00	33,62	0,00	0,00
	3	17,69	0,00	17,69	0,00	0,00
	5	1,89	0,00	1,89	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Utilizzando l'apposito pulsante si può caricare la visualizzazione della parete in esame.

Carica parete

Per restringere maggiormente il campo di intervento, si potrebbe pensare di ricercare i soli elementi che si sono rotti in quest' ultimo passo e non tutti quanti gli elementi che si sono rotti. Questo è possibile attivando la corrispondente opzione di visualizzazione.

Elementi rotti passo corrente

dal primo passo     rispetto al passo precedente

Attivando questa modalità di interrogazione, i valori nella tabella si adattano automaticamente.

	Parete	Muratura [%]	Setti [%]	Muratura + Setti	Pilastrini [%]	Travi [%]
▶	1	14,11	0,00	14,11	0,00	0,00
	3	10,87	0,00	10,87	0,00	0,00
	5	1,89	0,00	1,89	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00