

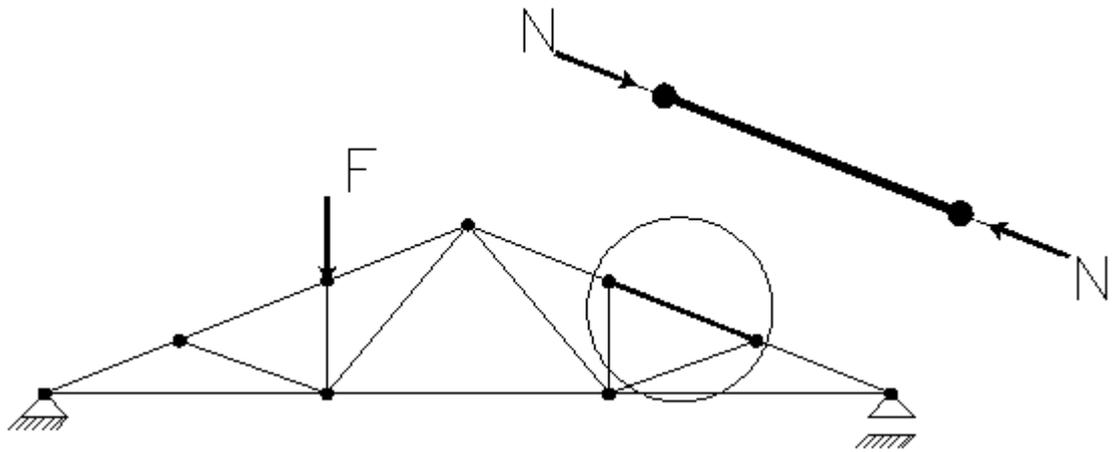
Truss 2D

Part I Concetti di base	1
Part II Ambiente di lavoro Truss2D	2
1 Menu e toolbar	2
Toolbar File	3
Toolbar Modifica	4
Toolbar Formato	5
Toolbar Visualizza	5
Toolbar Strumenti	6
Toolbar Dati	8
Toolbar Analisi	9
Toolbar Risultati	9
Toolbar Esporta	10
Toolbar preferenze	10
Toolbar Help	10
Toolbar strumenti CAD	11
Part III Input e Analisi del Modello	12
1 Dati generali	13
2 Nodi	13
3 Aste 2D	15
4 Carichi	17
5 Vincoli nodali	21
6 Combinazioni di carico	23
7 Strumenti vari	24
Inserimento nodo con mouse	24
Inserimento asta2D con mouse	25
Spostamento nodo	25
Distanza nodi	26
Generazione automatica travatura	26
8 Archivio legno	27
9 Archivio acciaio da carpenteria	28
10 Archivio materiali	29
11 Archivio sezioni	30
Part IV Output	33
1 Spostamenti	33
2 Sforzo normale	34
3 Verifiche strutturali	35
Part V Cenni teorici	38
1 Verifiche strutturali	38
2 Contatti	40
Part VI Geoapp	40
1 Sezione Geoapp	40

1 Concetti di base

Concetti di base

Truss2D è un software per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione in strutture che possono essere modellate come travi reticolari piane. Nella figura che segue è mostrato un esempio di struttura reticolare piana:



Schema di travatura reticolare piana

Come si osserva dalla figura, le considerazioni principali da fare sono le seguenti:

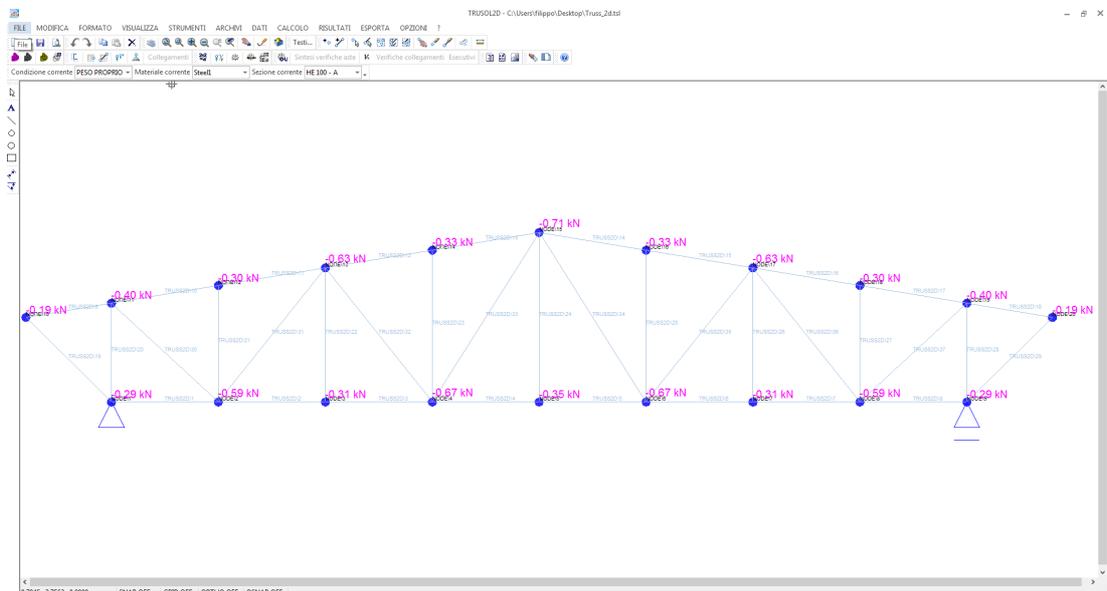
- La struttura può essere soggetta a carichi esterni esclusivamente concentrati
- Gli elementi strutturali ammettono la sola caratteristica di sollecitazione sforzo normale. Questo in conseguenza del fatto che i vincoli interni tra asta ed asta sono cerniere
- Sempre per il fatto che i vincoli interni sono cerniere, i carichi esterni non possono essere momenti concentrati

Inoltre Truss2D contiene uno strumento per la verifica a compressione delle aste, ai sensi delle NTC2018 (Nuove norme tecniche per le costruzioni).

2 Ambiente di lavoro Truss2D

Ambiente di lavoro Truss2D

Il software è utilizzabile mediante finestre di dialogo standard, tipiche per le applicazioni sviluppate in ambiente windows. Sono a disposizione dell'utente i classici strumenti di minimizzazione, massimizzazione e chiusura del software. L'intestazione della finestra principale del programma fornisce informazioni sull'archivio di lavoro corrente (versione software, nome dell'archivio, percorso dell'archivio ecc.):



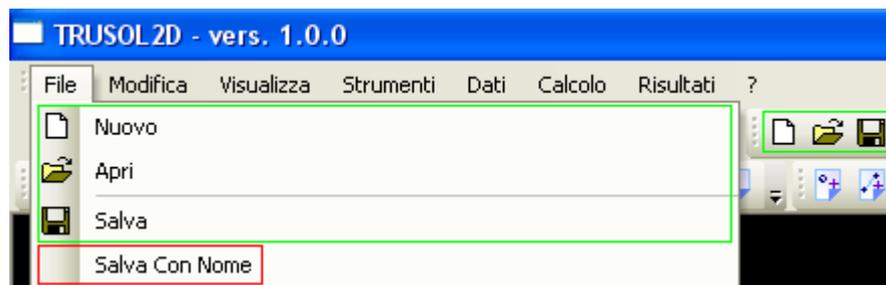
Caratteristiche tipiche di un applicazione windows

Gli strumenti che permettono di utilizzare in modo efficiente e semplice il software sono quelli tipici di un applicazione sviluppata in windows, come menu a tendina, toolbar (barra degli strumenti) ecc. Inoltre sono utilizzate una serie di finestre di dialogo per introdurre i parametri di input che di volta in volta si rendono necessari.

2.1 Menu e toolbar

Ambiente di lavoro Truss2D: Menu e toolbar

Eseguendo un click su uno dei pulsanti dei menu a tendina è possibile attivare il comando corrispondente. Il pulsante del menu deve essere selezionato con il pulsante sinistro del mouse. Come accade per le applicazioni sviluppate in ambiente windows, ogni comando (a meno di qualche eccezione) può essere attivato mediante la toolbar, la quale è costruita parallelamente ai menu a tendina.



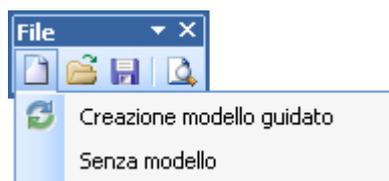
Associazione tipica tra menu e toolbar

Come si osserva nella precedente figura ai pulsanti "Nuovo", "Apri" e "Salva" sono associati i rispettivi pulsanti nella toolbar. Il pulsante "Salva Con Nome" del menu a tendina rappresenta l'eccezione di cui si è parlato in precedenza.

2.1.1 Toolbar File

Menu e toolbar: Toolbar File

Toolbar File contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "File"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:



Nuovo File - Apre un nuovo file, e se un file risulta essere già aperto propone all'utente di salvare le modifiche al file aperto. Due sono le modalità previste per l'apertura di un nuovo file:

-  Creazione di un nuovo modello generato a partire da modelli predefiniti di travature reticolari.

- Creazione di un nuovo modello senza strutture reticolari predefinite.



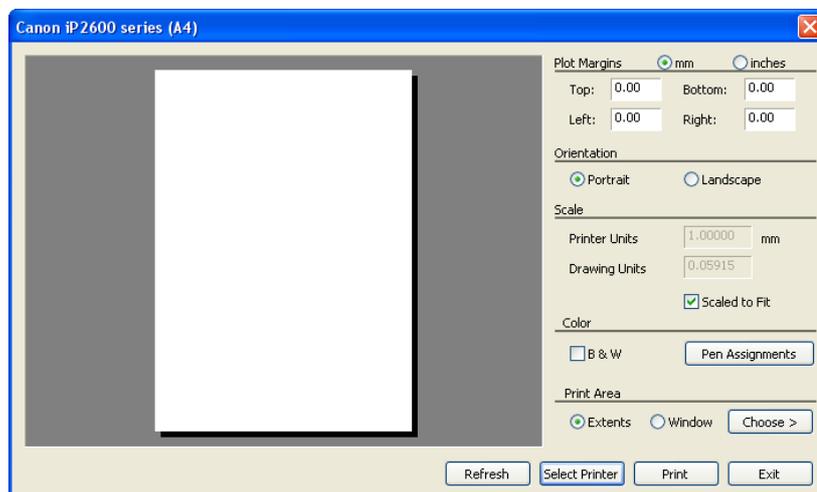
Apri File - Apre nuovo file esistente, e se un file risulta essere già aperto propone all' utente di salvare le modifiche al file aperto.



Salva File - Salva il file aperto. Se il file aperto è stato già salvato una volta allora il nome di salvataggio è già assegnato, altrimenti si apre la finestra di dialogo per il salvataggio dei file



Anteprima di stampa - Apre la finestra di dialogo per la gestione dell'anteprima di stampa:



Finestra di dialogo per la gestione dell' anteprima di stampa

2.1.2 Toolbar Modifica

Menu e toolbar: Toolbar Modifica

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Modifica"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:



Indietro - Associa al modello di dati le condizioni precedenti l' ultima modifica realizzata.



Avanti - Associa al modello di dati le condizioni successive l' ultima modifica realizzata.

-  Copia - E' un comando relativo alla finestra di disegno. Permette di copiare un oggetto grafico preventivamente selezionato.
-  Incolla.
-  Elimina - Permette di eliminare gli oggetti grafici preventivamente selezionati.

2.1.3 Toolbar Formato

Menu e toolbar: Toolbar Formato

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Formato"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

Gestione testi... - Apre la finestra di dialogo per gestire il formato dei testi relativamente al foglio del disegno.

2.1.4 Toolbar Visualizza

Menu e toolbar: Toolbar Visualizza

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Visualizza"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Gestione layer - Apre la finestra di dialogo per la gestione dei layer definiti nel modello
-  Zoom tutto - Esegue la scalatura grafica di tutti gli oggetti presenti sul foglio di disegno, in modo da poterli rendere tutti visualizzabili.

-  Zoom finestra - Esegue lo zoom degli oggetti grafici presenti sul foglio di disegno in base ad un box rettangolare preventivamente selezionato.
 -  Zoom(+) - Esegue uno zoom degli oggetti grafici presenti sul foglio di disegno, ingrandendoli attraverso un fattore di scalatura prefissato e non modificabile da parte dell'utente.
 -  Zoom(-) - Esegue uno zoom degli oggetti grafici presenti sul foglio di disegno, rimpicciolendoli attraverso un fattore di scalatura prefissato e non modificabile da parte dell'utente.
 -  Zoom dinamico - Esegue uno zoom per ingrandire, o rimpicciolire, gli oggetti grafici a seconda del movimento del mouse, in modo dinamico
 -  Zoom precedente - Esegue una scalatura degli oggetti grafici in modo da riportarli al punto di vista precedente l'ultimo zoom.
 -  Pan - Muove gli oggetti grafici presenti sul foglio di disegno. Lo spostamento è globale, nel senso che anche il sistema di riferimento rispetto al quale sono definiti gli oggetti grafici viene spostato.
 -  Ridisegna - Esegue un ridisegno di tutti gli oggetti grafici presenti, in modo da evitare eliminare effetti grafici.
 -  Navigatore 3D - Apre la finestra di dialogo per la visualizzazione del modello strutturale in ambiente 3D.
-

2.1.5 Toolbar Strumenti

Menu e toolbar: Toolbar Strumenti

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Strumenti"

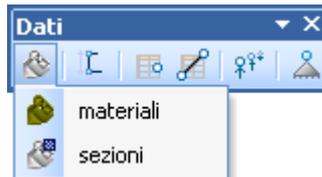
Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Inserimento nodo - Attiva il comando per l' inserimento di un nodo mediante il mouse.
-  Inserimento asta 2D - Attiva il comando per l' inserimento di un elemento 2D mediante il mouse.
-  Selezione nodo - Attiva il comando per la selezione di un nodo mediante il mouse.
-  Selezione asta 2D - Attiva il comando per la selezione di un elemento 2D mediante il mouse.
-  Selezione gruppo nodi - Attiva il comando per la selezione di un gruppo di nodi. Il comando prevede che i nodi selezionati siano quelli contenuti in un box preventivamente definito.
-  Selezione gruppo aste 2D - Attiva il comando per la selezione di un gruppo di elementi 2D. Il comando prevede che gli elementi selezionati siano quelli contenuti in un box preventivamente definito.
-  Selezione gruppo nodi e aste 2D - Attiva il comando per la selezione di un gruppo di elementi 2D e di nodi contemporaneamente. Il comando prevede che gli elementi ed i nodi selezionati siano quelli contenuti in un box preventivamente definito.
-  Muovi nodo - Attiva il comando per spostare un nodo direttamente con il mouse. Lo spostamento del nodo genera automaticamente l' aggiornamento del modello, spostando le aste connesse al nodo spostato.
-  Elimina nodi selezionati - Attiva il comando per eliminare i nodi del modello eventualmente selezionati.
-  Elimina aste 2D - Attiva il comando per eliminare le aste 2D del modello eventualmente selezionati.
-  Deseleziona oggetti - Attiva il comando per deselegionare eventuali elementi o nodi selezionati.
-  Misura distanza tra nodi - esegue la misurazione della distanza tra due nodi preventivamente selezionati.

2.1.6 Toolbar Dati

Menu e toolbar: Toolbar Dati

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Dati"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Archivi - Permette la gestione degli archivi presenti nel modello.
 -  Archivio materiali - Apre la finestra di dialogo per la gestione dell' archivio dei materiali.
 -  Archivio sezioni - Apre la finestra di dialogo per la gestione dell' archivio delle sezioni.
 -  Generazione automatica struttura - Apre la finestra di dialogo per la generazione del modello in base a schemi di travatura reticolare predefiniti (esempio travatura Fink, Neville, Warren ecc.)
 -  Nodi - Apre la finestra di dialogo per la gestione delle coordinate dei nodi
 -  Aste 2D - Apre la finestra di dialogo per la gestione delle aste 2D.
 -  Condizioni di carico - Apre la finestra di dialogo per la gestione delle condizione di carico.
 -  Vincoli nodali - Apre la finestra di dialogo la gestione dei vincoli nodali.
-

2.1.7 Toolbar Analisi

Menu e toolbar: Toolbar Analisi

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Analisi"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Controllo congruenza dati - Esegue un controllo sui dati inserire, al fine di individuare eventuali errori commessi nel procedimento di input.
-  Combinazioni di carico - Apre la finestra di dialogo la gestione delle combinazioni di carico.
-  Analisi lineare - Avvia l' analisi lineare del modello strutturale.

2.1.8 Toolbar Risultati

Menu e toolbar: Toolbar Risultati

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Risultati"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

- 
 Risultati Analisi lineare - Apre la finestra di dialogo per la visualizzazione dei risultati relativi all' analisi lineare. I due stati possibili sono Calcolo non eseguito correttamente (icona non attiva) o calcolo eseguito correttamente (icona attiva)
- 
 Risultati verifica lineare - Apre la finestra di dialogo per la visualizzazione della verifica degli elementi strutturali. I due stati possibili sono Calcolo non eseguito correttamente (icona non attiva) o calcolo eseguito correttamente (icona attiva)

2.1.9 Toolbar Esporta

Menu e toolbar: Toolbar Esporta

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Esporta"

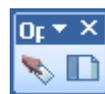
Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Esporta formato rtf - Permette di esportare dati e risultati relativi al modello in formato rtf.
 -  Esporta formato dxf - Permette di esportare dati e risultati relativi al modello in formato dxf.
 -  Esporta formato bmp - Permette di esportare dati e risultati relativi al modello in formato bmp.
-

2.1.10 Toolbar preferenze

Menu e toolbar: Toolbar preferenza

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Preferenze"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Preferenze - Apre la finestra di dialogo per la gestione delle preferenze varie legate al progetto.
 -  Lingua - Apre la finestra di dialogo per la scelta della lingua.
-

2.1.11 Toolbar Help

Menu e toolbar: Toolbar Help

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Help"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Help - Apre l' Help contestuale del software.

2.1.12 Toolbar strumenti CAD

Menu e toolbar: Toolbar Strumenti CAD

La toolbar contiene i seguenti pulsanti:



Toolbar "Toolbar Strumenti CAD"

Le funzioni associate ai pulsanti sono:

-  Seleziona oggetto - Permette di selezionare un oggetto grafico appartenente al foglio del disegno.
-  Inserisci testo - Permette di inserire un testo sul foglio del disegno.
-  Inserisci linea - Permette di disegnare una linea sul foglio del disegno.
-  Inserisci polilinea - Permette di disegnare una polilinea sul foglio del disegno.
-  Inserisci cerchio - Permette di disegnare un cerchio sul foglio del disegno.
-  Inserisci rettangolo - Permette di disegnare un rettangolo sul foglio del disegno.
-  Inserisci quota lineare - Permette di inserire una quota lineare (in particolare allineata) sul foglio del disegno.

 Inserisci quota angolare - Permette di inserire una quota angolare sul foglio del disegno.

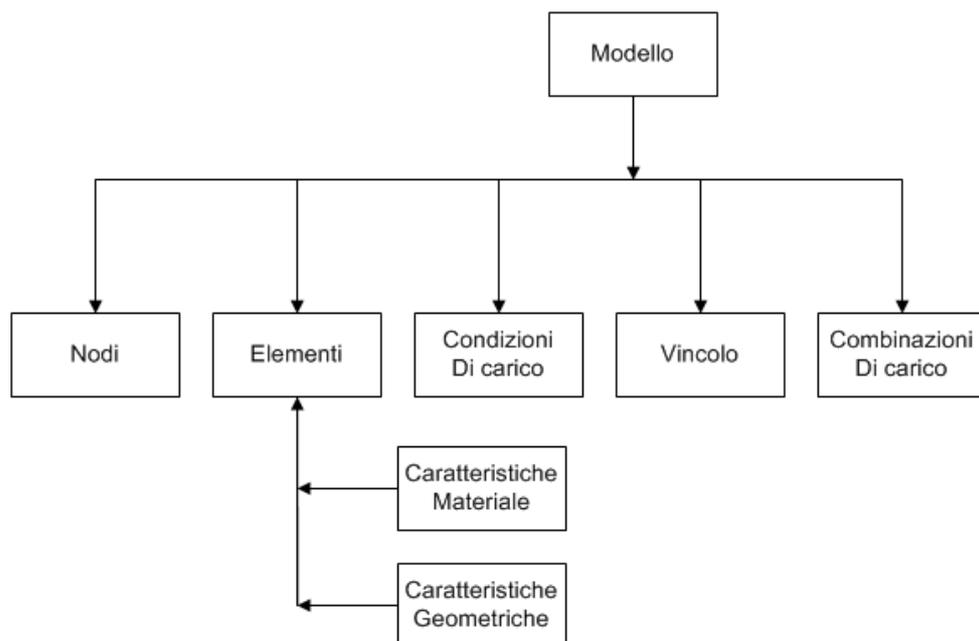
 Nota
L' inserimento degli oggetti grafici inseriti avviene per default sul layer "0"

 Nota
Gli oggetti inseriti mediante la presente toolbar sono gli unici che si possono manipolare mediante i pulsanti della toolbar Modifica

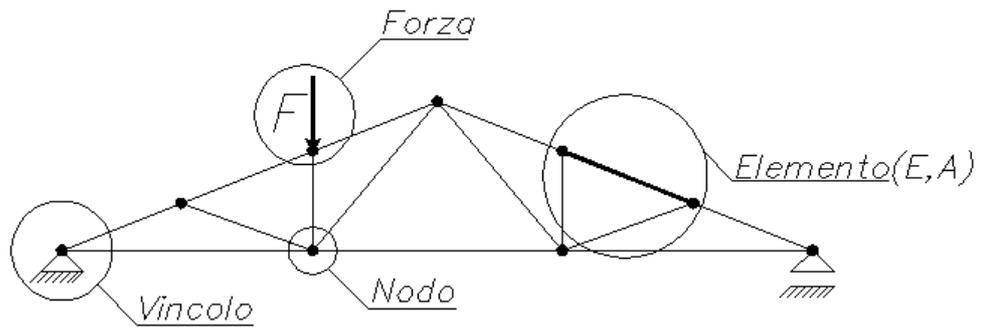
3 Input e Analisi del Modello

Input e Analisi del Modello: Input e Analisi del Modello

La struttura reticolare piana viene analizzata mediante una tecnica di discretizzazione del dominio. In particolare viene fatto uso del metodo degli elementi finiti. L' insieme dei dati di cui si deve disporre (e che quindi rappresentano i dati di input del modello) può essere ricavato facendo riferimento al seguente diagramma:



Schema logico della composizione del modello di calcolo



Schema grafico della composizione del modello di calcolo

Dal confronto tra i due schemi precedenti (logico e grafico) si individuano i dati oggetto di input del software:

- Nodi. Enti attraverso i quali è possibile individuare un asta
- Elementi. Aste oggetto di analisi delle sollecitazioni e di eventuale verifica strutturale
- Vincoli. Enti che permettono di vincolare un particolare nodo nei confronti dello spostamento in una particolare direzione
- Forze. Enti necessari per l'analisi delle sollecitazioni. Più forze possono costituire una condizione di carico. Più condizioni di carico possono costituire una combinazione di carico.
- E,A . Caratteristiche dell'elemento. E riguarda le proprietà del materiale (Modulo di Elasticità normale, anche noto come modulo di Young). A è l'area della sezione trasversale dell'elemento.

3.1 Dati generali

Input e Analisi del Modello: Dati generali

Dati generali

E' prevista la possibilità di inserire dati generali, quali ad esempio nome del progettista, dati relativi all'opera ecc.

3.2 Nodi

Input e Analisi del Modello: Nodi

Il nodo è l'ente elementare di un modello ad elementi finiti. In un modello di analisi piano, quale è quello utilizzato da Truss2D, un nodo è individuato da due coordinate x e y , rispettivamente orizzontale e

verticale, rispetto ad un sistema di riferimento globale. In Truss2D sono disponibili vari strumenti per inserire un nodo:

- **Inserimento da tabella**

E' necessario inserire, in una tabella, le coppie di coordinate che individuano ciascun nodo. La finestra di dialogo utilizzata per l' inserimento dei nodi da tabella è la seguente:

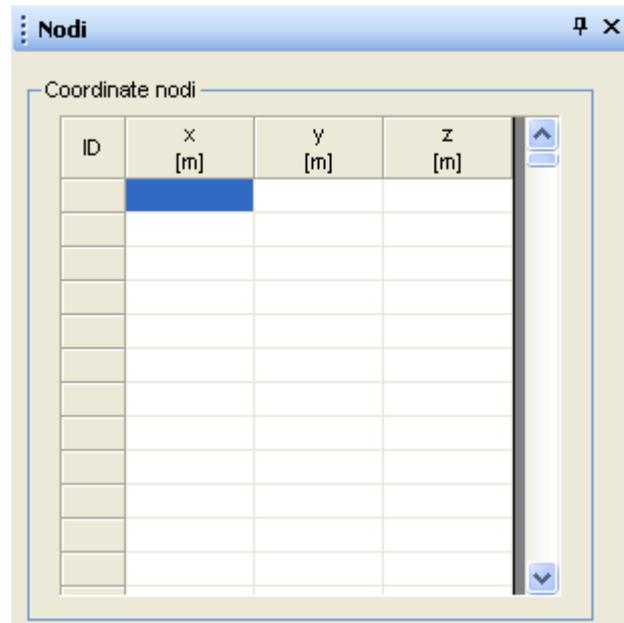


Tabella per l' inserimento dei nodi

Come si osserva le coordinate da inserire sarebbero tre (è inclusa la coordinata z inserita per motivi di estendibilità del software). In realtà il software analizza il modello facendo riferimento solo alle prime due coordinate. Nella prima colonna è riportato l' ID (Identificativo univoco) del generico nodo, il quale è utilizzato per la definizione dei singoli elementi finiti.

- **Inserimento con il mouse**

E' necessario eseguire un click sul pulsante "Inserisci Nodo" dal menu "Strumenti" o sull' analogo pulsante della toolbar "Strumenti":



Inserimento del nodo con il mouse

una volta eseguito il click sul pulsante eseguire un click, in corrispondenza del punto in cui si vuole inserire il nodo sul foglio del disegno. Riassumendo i passi da compiere per inserire un nodo con il mouse sono i seguenti:

- 1 Fare click sullo strumento "Inserisci nodo".
- 2 Fare click sul punto del foglio del disegno in cui si desidera inserire il nodo

Consigli e suggerimenti:

Sebbene inserire i nodi direttamente con il mouse sia più veloce e semplice, molto spesso si può perdere in precisione. E' consigliabile quindi, nei limiti delle possibilità, utilizzare un inserimento manuale (da tabella) delle coordinate dei nodi.

3.3 Aste 2D

Input e Analisi del Modello: Aste 2D

Un' asta 2D è l' elemento strutturale che costituisce l' elemento finito nel modello di calcolo. In Truss2D sono disponibili vari strumenti per inserire un asta 2D:

- **Inserimento da tabella**

E' necessario inserire, in una tabella, le coppie di nodi che individuano ciascun asta 2D. I nodi sono individuati, all' interno della tabella, dai relativi ID determinati preventivamente nel procedimento di inserimento dei nodi. E' inoltre necessario associare ad ogni asta 2D il materiale (attraverso la casella di testo a tendina "Materiale") e le caratteristiche geometriche della sezione (attraverso la casella di testo a tendina "Sezione").

The screenshot shows the 'Aste 2D' window with the following sections:

- Definizione estremi aste:** A table with columns 'ID', 'IDi (Nodo iniziale)', and 'IDj (Nodo finale)'. The first row is highlighted in blue.
- Catteristiche materiale:** Fields for 'Materiale' (dropdown), 'E' (0.00 [kN/mq]), 'nu' (0.00 [-]), and 'mu' (0.00 [kN/mc]).
- Catteristiche sezione:** Fields for 'Sezione' (dropdown) and 'Area' (0.00 [mq]).
- Catteristiche asta corrente:** Fields for 'ID' (-1 [-]) and 'Lunghezza asta' (0.00 [m]).

Tabella di inserimento degli elementi

Le celle modificabili della tabella sono delle caselle di testo a tendina, i cui elementi scorrono su tutti gli ID di tutti i nodi presenti.

- **Inserimento con il mouse**

E' necessario eseguire un click sul pulsante "Inserisci Asta 2D" dal menu "Strumenti" o sull' analogo pulsante della toolbar "Strumenti":



Inserimento dell' asta 2D con il mouse

una volta eseguito il click sul pulsante eseguire un click per selezionare i nodi estremi dell' asta da inserire. Riassumendo i passi da compiere per inserire un nodo con il mouse sono i seguenti:

- 1 Fare click sullo strumento "Inserisci Asta 2D".
- 2 Fare click sul primo estremo dell' asta
- 3 Fare click sul secondo estremo dell' asta

Consigli e suggerimenti:

In questo caso è molto più semplice, oltre che più veloce, inserire le aste mediante il mouse. Dal momento che le proprietà dell' asta inserita (sia per il materiale che per la sezione) vengono impostate a quella di default del modello, è consigliabile impostare, prima dell' inserimento delle aste, le proprietà di default del modello, in modo da dover modificare meno dati possibili nei passi successivi di input.

3.4 Carichi

Input e Analisi del Modello: Carichi

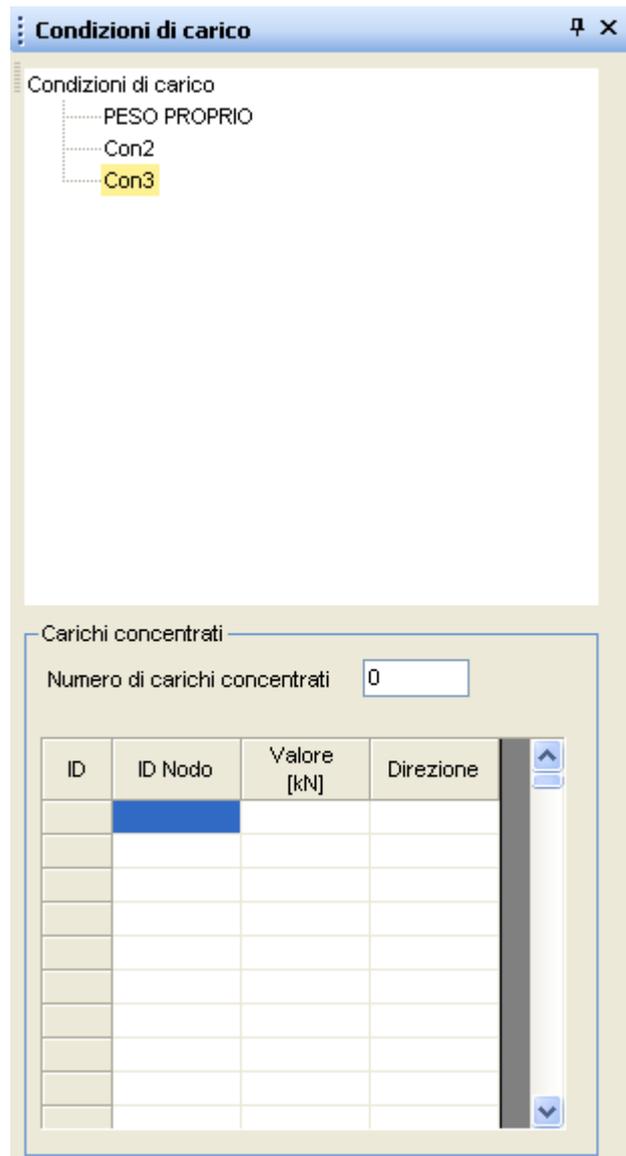
In Truss2D è possibile definire solo ed esclusivamente carichi di natura concentrata (fatta eccezione per i momenti concentrati). Vista la natura del problema (problema piano), le componenti di forza che si possono definire sono due, in direzione x ed in direzione y. Sono disponibili diversi strumenti per la definizione dei carichi concentrati:

• Inserimento da tabella

E' necessario definire i diversi parametri che caratterizzano un carico nodale. E' necessario definire:

- ID del nodo su cui agisce il carico nodale
- Intensità del carico nodale
- Direzione del carico nodale (il verso è determinato dal segno dell' intensità di carico)

Tutti i dati di cui alla lista precedente devono essere riferiti ad una particolare condizione di carico, preventivamente selezionata.



Finestra di dialogo per l'inserimento dei carichi esterni

Nella prima colonna della tabella che compare nella figura precedente, è presente una casella di testo a tendina, la quale guida l'utente nella scelta del nodo su cui applicare il carico concentrato (evitando di inserire per errore ID che puntano a nodi non definiti, e quindi non esistenti). Il parametro direzione può assumere valore x o valore y. Quindi in definitiva, l'inserimento dei carichi mediante tabella richiede che siano eseguiti i seguenti passi:

- 1 Fare click sulla condizione di carico a cui associare la forza concentrata (dall'albero superiore)
- 2 Selezionare, clicando sulla prima colonna della tabella, l'ID del nodo a cui associare il carico
- 3 Inserire l'intensità del carico da aggiungere mediante la seconda colonna della tabella

- 4 Inserire la direzione del carico da aggiungere, mediante la terza colonna della tabella

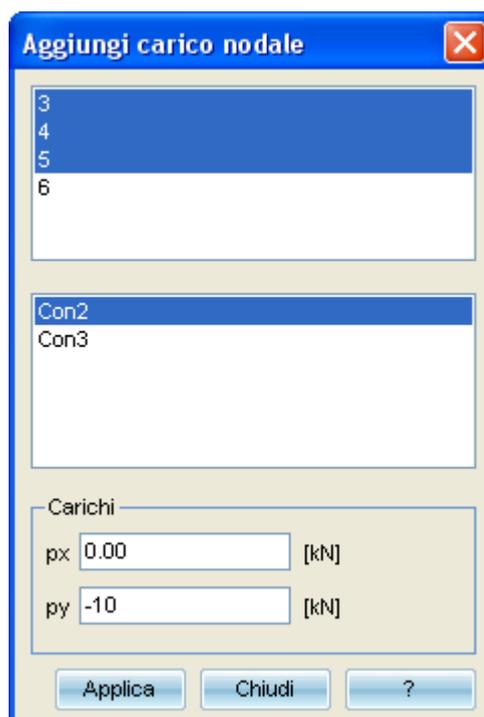
- **Inserimento con il mouse**

E' necessario selezionare preventivamente i nodi a cui associare il carico nodale. Per fare ciò si deve fare click sul pulsante "Selezione Nodo" dalla toolbar "Strumenti", o in modo equivalente fare click sul pulsante "Selezione gruppo nodi" sempre dalla toolbar "Strumenti". Una volta selezionati i nodi da caricare, fare click con il tasto destro del mouse, e selezionare il pulsante "Aggiungi carichi":



Inserimento dei carichi con il mouse

A questo punto si aprirà la finestra di dialogo per l' inserimento dei carichi nodali:



Finestra di dialogo per l' inserimento dei carichi con il mouse

Nella finestra di dialogo vengono caricati i nodi da assoggettare al carico, nella lista in alto, e le condizioni di carico coinvolte nell' introduzione dei carichi concentrati in basso. E' possibile caricare solo alcuni nodi tra quelli selezionati, così come è possibile associare il carico solo ad alcune condizioni di carico. In entrambi i casi è richiesta la preventiva selezione dalle liste. Sintetizzando per inserire un carico nodale mediante il mouse è necessario eseguire i seguenti passi:

1. Selezionare i nodi cui si vuole associare un carico nodale.
2. Fare click sul tasto destro del mouse, e fare click sul pulsante "Nodi" e poi "Aggiungi carichi" del menu a tendina
3. Selezionare, dalle liste che si presentano sulla finestra di dialogo aperta, i nodi da caricare e le condizioni di carico alle quali associare il carico.
4. Inserire il valore numerico dei carichi e fare click sul pulsante "Applica" in basso a sinistra della finestra di dialogo. Attenzione, la mancanza del click sul pulsante "Applica" non registra i dati.

Consigli e suggerimenti:

1. In tutte e due le situazioni, sia nell' inserimento da tabella che nell' inserimento con il mouse, fare uno studio preventivo sulle probabili condizioni di carico che dovranno essere definite nel modello. Questo per

evitare di modificare più volte i dati del modello, e per far sì che la costruzione del modello sia efficiente e veloce.

2. Nel caso in cui l' introduzione del carico nodale riguardi un numero di nodi non indifferente è consigliabile eseguire la selezione mediante lo strumento per la selezione di un gruppo di nodi.

3.5 Vincoli nodali

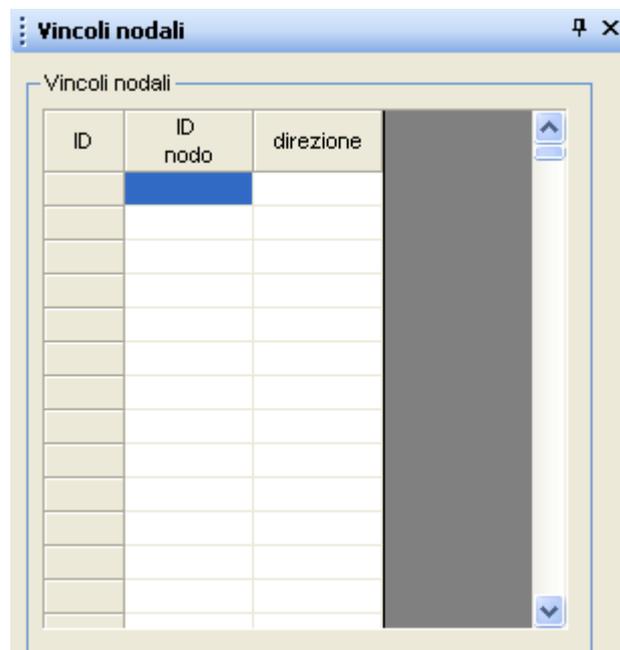
Input e Analisi del Modello: Vincoli nodali

In Truss2D è possibile definire solo ed esclusivamente vincoli traslazionali ad ogni nodo. Inoltre la natura piana del problema impone che si possano definire due tipi di vincoli uno in direzione orizzontale (x) ed uno in direzione verticale (y). Gli strumenti presenti per la definizione di un vincolo nodale sono vari:

- **Inserimento da tabella**

E' necessario definire i diversi parametri che caratterizzano un vincolo nodale. E' necessario definire:

- ID del nodo su cui agisce il vincolo nodale.
- Direzione da vincolare.



Finestra di dialogo per l' inserimento dei vincoli nodali

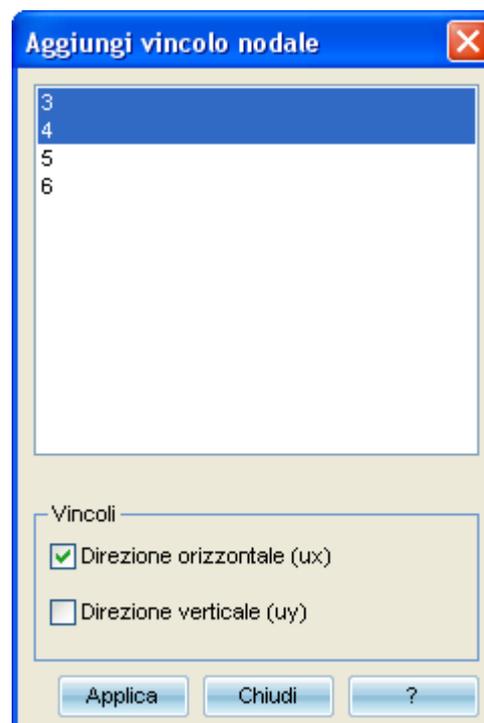
Nella prima colonna della tabella che compare nella figura precedente, è presente una casella di testo a tendina, la quale guida l' utente nella

scelta del nodo su cui applicare il vincolo nodale (evitando di inserire per errore ID che puntano a nodi non definiti, e quindi non esistenti). Il parametro direzione può assumere valore x (direzione orizzontale) o valore y (direzione verticale). Quindi in definitiva, l' inserimento dei carichi mediante tabella richiede che siano eseguiti i seguenti passi:

- 1 Selezionare, cliccando sulla prima colonna della tabella, l' ID del nodo a cui associare il carico
- 2 Inserire la direzione del carico da aggiungere, mediante la seconda colonna della tabella

- **Inserimento con il mouse**

E' necessario selezionare preventivamente i nodi a cui associare il vincolo nodale. Per fare ciò si deve fare click sul pulsante "Selezione Nodo" dal menu "Strumenti", o in modo equivalente fare click sul pulsante "Selezione gruppo nodi" sempre dalla toolbar "Strumenti". Una volta selezionati i nodi da caricare, fare click con il tasto destro del mouse, e selezionare il pulsante "Nodi" e poi "Aggiungi vincoli nodali". A questo punto si aprirà la finestra di dialogo per l' inserimento dei vincoli nodali:



Finestra di dialogo per l' inserimento dei carichi con il mouse

Nella finestra di dialogo vengono caricati i nodi da assoggettare al vincolo, nella lista in alto. E' possibile caricare solo alcuni nodi tra quelli selezionati. E' richiesta la preventiva selezione dalla lista che compare alla sinistra della finestra di dialogo.

 **Consigli e suggerimenti:**

Nel caso in cui l' introduzione del vincolo nodale riguardi un numero di nodi non indifferente è consigliabile eseguire la selezione mediante lo strumento per la selezione di un gruppo di nodi.

3.6 Combinazioni di carico

Input e Analisi del Modello: Combinazioni di carico

In Truss2D è possibile combinare linearmente gli effetti delle singoli condizioni di carico, al fine di definire le combinazioni di carico. La definizione di una combinazione di carico può essere fatta mediante la seguente finestra di dialogo:

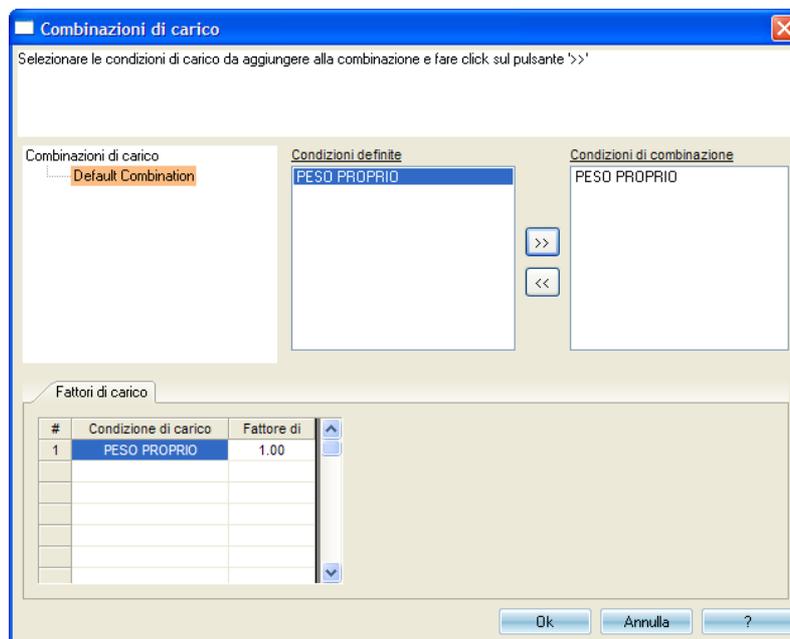


Tabella per l' inserimento delle combinazioni di carico

Una combinazione di carico è compiutamente definita dai seguenti elementi:

- 1 Insieme di condizioni di carico appartenenti alla combinazione
(definibili nella parte sinistra della finestra di dialogo)
- 2 Insieme dei fattori di carico per mezzo dei quali le condizioni
di cui al punto precedente vengono amplificate (o
eventualmente ridotti).

Per la definizione di una combinazione di carico è necessario eseguire le operazioni:

- 1 Fare click con il tasto destro del mouse sul controllo ad albero combinazioni, e fare click sul pulsante "Aggiungi".
- 2 Inserire il nome della combinazione di carico nella finestra di dialogo aperta al punto precedente.
- 3 Selezionare dalla lista delle condizioni in sinistra ("Condizioni definite") le condizioni di carico da aggiungere alla combinazione definita
- 4 Fare click sul pulsante con la doppia freccia a destra ">>" per aggiungere le condizioni di carico alla combinazione definita.
- 5 Modificare i fattori di carico presenti nella seconda colonna della tabella a seconda delle esigenze.

 Nota

Per eliminare una combinazione di carico selezionare dal controllo ad albero la combinazione di carico, fare click con il tasto destro del mouse, e scegliere "Elimina" dal menu a tendina.

 Nota

Per eliminare una o più condizioni di carico da una combinazione di carico, selezionare dalla lista inferiore le condizioni da eliminare, e fare click sul pulsante con la doppia freccia a sinistra "<<".

 **Consigli e suggerimenti:**

E' consigliabile definire preventivamente le combinazioni di carico da associare al modello.

3.7 Strumenti vari

3.7.1 Inserimento nodo con mouse

Strumenti vari: Inserimento nodo con mouse

In Truss2D è possibile inserire i nodi direttamente con il mouse:

- 1 Fare click sul pulsante "Inserisci nodo" dal menu "Strumenti" o dalla relativa toolbar.
- 2 Eseguire un click sul punto del foglio di disegno in cui si vuole inserire il nodo.

 Nota

Per l' inserimento dei nodi è predisposta una griglia di input che guida l' utente alla esatta posizione del nodo. Per sfruttare le potenzialità della griglia è necessario fare click sul pulsante "Intercetta nodo griglia" dal menu "Strumenti" o dalla relativa toolbar (il pulsante deve risultare attivo). L' intercettazione di un punto della griglia è noto all' utente in quanto il cursore del mouse cambia forma.

-  **Consigli e suggerimenti:**

E' consigliabile, al fine di semplificare e velocizzare l' inserimento del modello geometrico della struttura, definire all' inizio la griglia di input in modo da poter inserire i nodi direttamente con il mouse.

3.7.2 Inserimento asta2D con mouse

Strumenti vari: Inserimento asta 2D con mouse

In Truss2D è possibile inserire un asta 2D direttamente con il mouse:

- 1 Fare click sul pulsante "Inserisci asta 2D" dal menu
. "Strumenti" o dalla relativa toolbar.
- 2 Eseguire un click sul primo nodo nell' asta.
.
- 3 Eseguire un click sul secondo nodo nell' asta.
.



Nota

L' individuazione dei nodi intercettati è riscontrabile mediante il cambiamento di forma del cursore del mouse.

-  **Consigli e suggerimenti:**

E' consigliabile, al fine di semplificare e velocizzare l' inserimento delle aste, definire in modo opportuno la tolleranza per la ricerca dei nodi cui associare un asta 2D.

3.7.3 Spostamento nodo

Strumenti vari: Muovi nodo

In Truss2D è possibile muovere i nodi inseriti direttamente con il mouse, senza modificare il valore delle coordinate dalla tabella:

- 1 Fare click sul pulsante "Muovi nodo" dal menu "Strumenti" o
. dalla relativa toolbar.

- 2 Intercettare il nodo da muovere e fare click per iniziare la
. procedura di spostamento.
- 3 Fare click sul punto che rappresenta la nuova posizione del
. nodo spostato.

**Nota**

L' intercettazione del nodo da spostare è riscontrabile dall' utente per il fatto che il cursore del mouse cambia forma.

3.7.4 Distanza nodi

Strumenti vari: Distanza nodi

In Truss2D è possibile misurare la distanza tra due nodi, ed ottenere alcune informazioni geometriche dei nodi:

- 1 Fare click sul pulsante "Distanza nodi" dal menu "Strumenti"
. o dalla relativa toolbar.
- 2 Intercettare il primo nodo rispetto al quale misurare la
. distanza di un eventuale nodo successivo.
- 3 Intercettare il secondo nodo.
. .



Misura della distanza tra due nodi

**Nota**

L' intercettazione del generico nodo è riscontrabile dall' utente per il fatto che il cursore del mouse cambia forma.

-  **Consigli e suggerimenti:**

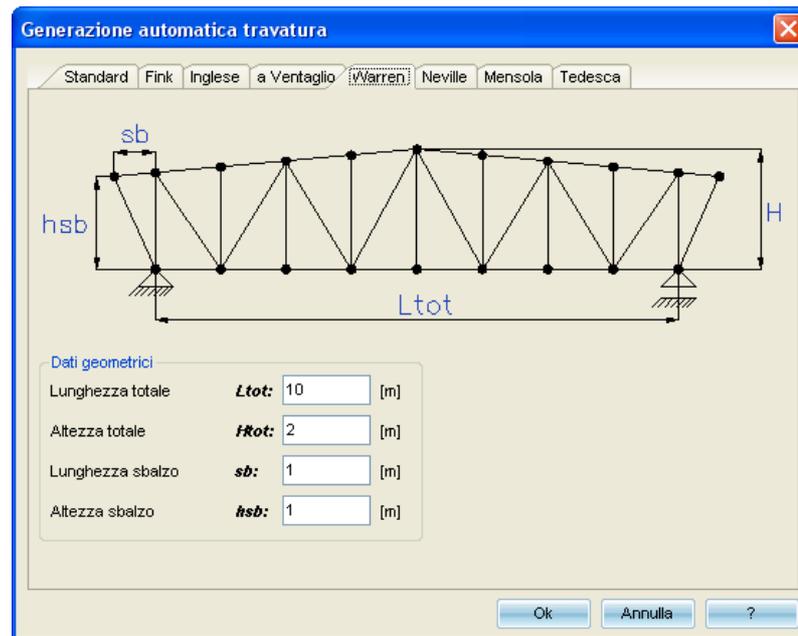
E' consigliabile utilizzare questo strumento per una rapida verifica dei dati geometrici di input inseriti.

3.7.5 Generazione automatica travatura

Strumenti vari: Generazione automatica travatura

In Truss2D è possibile utilizzare geometrie strutturali predefinite parametricamente:

- 1 Fare click sul pulsante "generazione automatica struttura" dal menu "Dati" o dalla relativa toolbar.
- 2 Selezionare il tipo predefinito dalle etichette superiori della finestra di dialogo.
- 3 Inserire il valore dei parametri e fare click su "Ok"



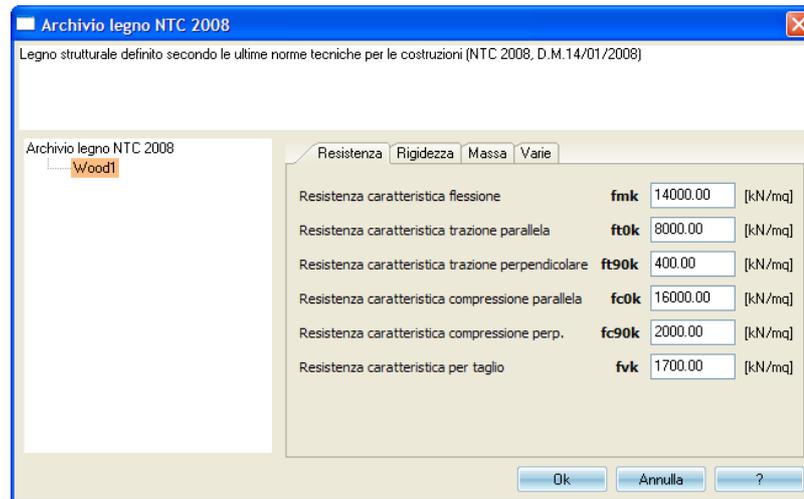
Generazione automatica della struttura

- 💡 Consigli e suggerimenti:
E' consigliabile, nei limiti del possibile, utilizzare questo strumento per la definizione della geometria della struttura.

3.8 Archivio legno

Input e Analisi del Modello: Archivio legno

In questo insieme di dati è possibile definire le caratteristiche da associare ad un materiale per quanto riguarda le verifiche delle strutture in legno. La finestra di dialogo per l' inserimento delle caratteristiche strutturali del legno è la seguente:



Caratteristiche del legno

I dati da inserire per definire compiutamente le caratteristiche del legno sono i seguenti:

- 1 fmk, Resistenza caratteristica per flessione.
- 2 ft0k, Resistenza caratteristica per trazione parallela alla
fibratura.
- 3 ft90k, Resistenza caratteristica per trazione perpendicolare
alla fibratura.
- 4 fc0k, Resistenza caratteristica per compressione parallela alla
fibratura.
- 5 fc90k, Resistenza caratteristica per compressione perpendicolare
alla fibratura.
- 6 fvk, Resistenza caratteristica per taglio.
- 7 E0m, Modulo elastico parallelo medio.
- 8 E005, Modulo elastico parallelo caratteristico.
- 9 E90,05, Modulo elastico perpendicolare caratteristico.
- 10 Gm, Modulo elastico tangenziale medio
- 11 rhok, Massa volumica caratteristica.
- 12 rhom, Massa volumica media.
- 13 Tipo legno (questo dato è necessario per determinare
correttamente il fattore parziale di sicurezza sul materiale
Gamma M).

3.9 Archivio acciaio da carpenteria

[Input e Analisi del Modello: Archivio acciaio](#)

In questo insieme di dati è possibile definire le caratteristiche da associare ad un materiale per quanto riguarda le verifiche delle strutture in acciaio. La finestra di dialogo per l' inserimento delle caratteristiche strutturali dell' acciaio è la seguente:



Caratteristiche del legno

I dati da inserire per definire compiutamente le caratteristiche del legno sono i seguenti:

- 1 fyk, Resistenza caratteristica di snervamento.
- 2 ftk, Resistenza caratteristica di rottura.
- 3 E, Modulo di elasticità normale.
- 4 G, Modulo di elasticità tangenziale.
- 5 rho, Massa volumica.
- 6 alfa, Coefficiente di dilatazione termica lineare.

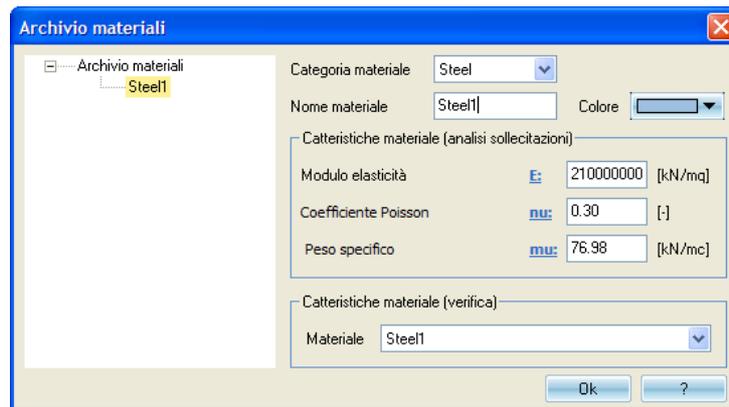
3.10 Archivio materiali

Input e Analisi del Modello: Archivio materiali

In Truss2D la corretta definizione dei materiali ha influenza su due aspetti:

- 1 Analisi strutturale
- 2 Verifiche strutturali di compressione, Trazione ed Instabilità.

La finestra di dialogo per mezzo della quale vengono definiti i vari materiali è la seguente:



Archivio dei materiali

I dati necessari sono:

- 1 E, Modulo di elasticità normale del materiale costituente l'asta (dato necessario per l'analisi della struttura).
- 2 nu, Coefficiente di Poisson del materiale (dato necessario per l'analisi della struttura).
- 3 mu, Peso specifico del materiale (dato necessario per l'analisi della struttura).
- 4 Categoria materiale, a scelta tra legno ed acciaio (dato necessario per la verifica della struttura).
- 5 Caratteristiche materiale (Verifica), in funzione della categoria del materiale scelta, deve essere definito il materiale da utilizzare per la verifica strutturale.



Nota

Per prelevare le caratteristiche E, nu, mu dall'archivio di categoria fare click sul corrispondente simbolo in blue sottolineato.

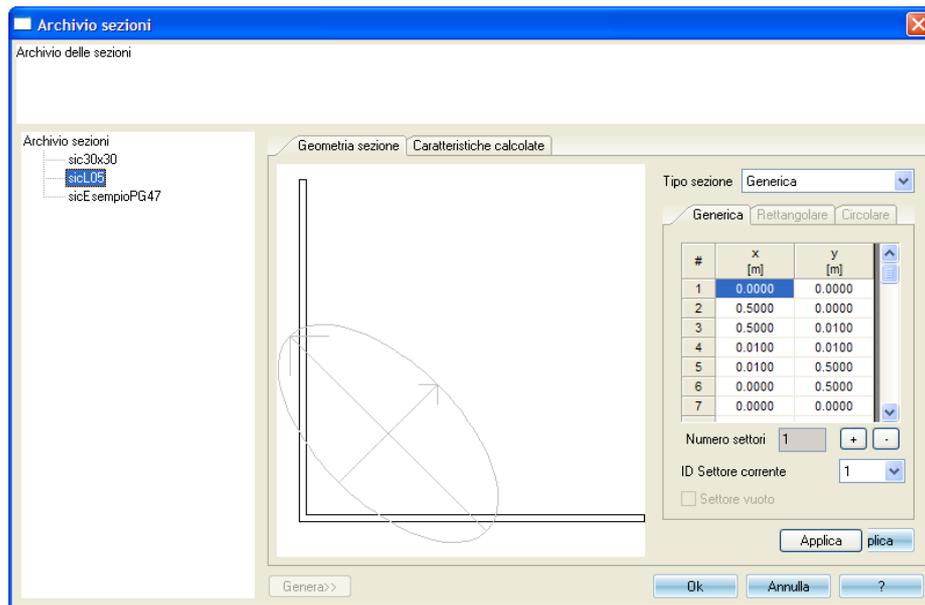
Consigli e suggerimenti:

E' consigliabile fare uno studio preventivo dei materiali da utilizzare, e definire l'archivio dei materiali nella fase iniziale della modellazione della struttura (Prima della modellazione geometrica).

3.11 Archivio sezioni

Input e Analisi del Modello: Archivio sezioni

In Truss2D le caratteristiche geometriche della sezione trasversale sono inserite e personalizzate dall'utente. E' predisposto un archivio delle sezioni per mezzo del quale gestire le sezioni trasversali utilizzabili:



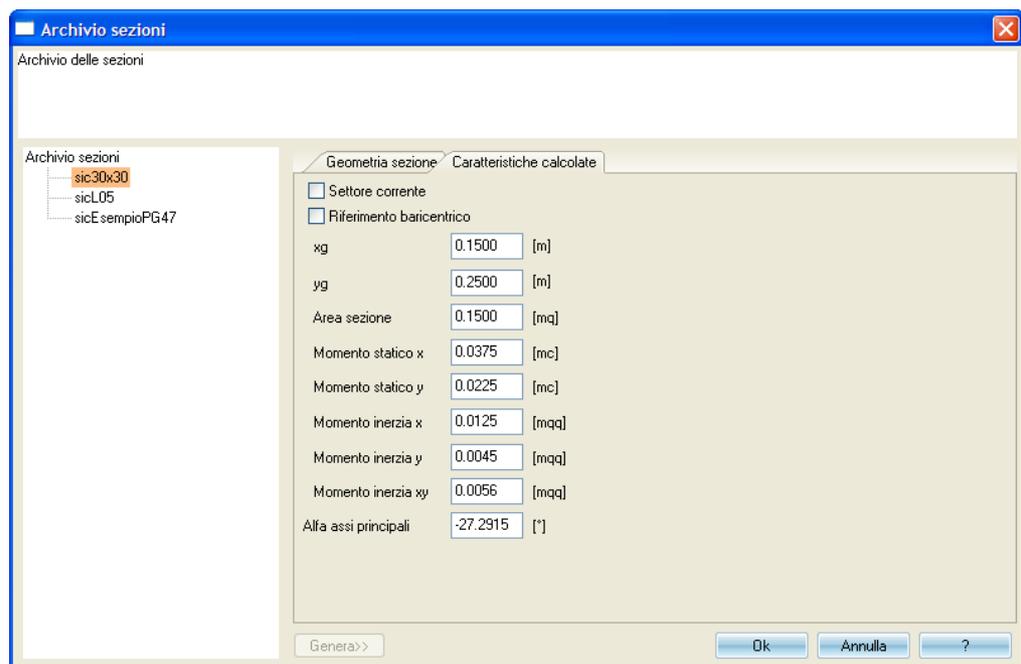
Archivio delle sezioni

Come si osserva dalla figura precedente, è possibile definire forme di sezioni generiche, composte anche da più settori di sezione (come sezioni a doppio L). Le modalità di inserimento dell' input della sezione varia a seconda della tipologia della sezione che si vuole inserire:

- Sezione generica:
In questo caso l' inserimento avviene tramite la definizione dei vertici della sezione. I vertici devono essere inseriti in senso antiorario.
- Sezione rettangolare:
In questo caso è richiesto l' inserimento della base e dell' altezza della sezione.
- Sezione circolare:
In questo caso è richiesto l' inserimento del diametro della sezione.

n.b. Le dimensioni devono essere inserite in m.

facendo click sul pulsante di tabella "Caratteristiche calcolate" si possono osservare le caratteristiche geometriche della sezione (quali coordinate baricentriche, momenti statici, momenti di inerzia ecc.):



Caratteristiche geometriche della sezione

I dati necessari per definire una sezione trasversale sono i seguenti:

- 1 Numero di settori della sezione da definire (ad esempio nel caso di sezione a doppio L il numero di settori è due)
- 2 Per ogni settore che si desidera definire, le coordinate dei vertici del settore.



Nota

I vertici di ogni settore devono essere definiti in modo che gli stessi descrivano una polilinea chiusa, e quindi l'ultimo vertice deve coincidere con il primo.

Dall'archivio delle sezioni si possono valutare le seguenti caratteristiche della sezione :

- 1 Coordinate baricentriche (riferite al settore corrente selezionato o all'intera sezione)
- 2 Area della sezione (riferita al settore corrente selezionato o all'intera sezione)
- 3 Momenti del primo ordine (riferiti al settore corrente selezionato o all'intera sezione)
- 4 Momenti del secondo ordine (riferiti al settore corrente selezionato o all'intera sezione)
- 5 Inclinazione dei due assi principali di inerzia (riferiti al settore corrente selezionato o all'intera sezione)

💡 Consigli e suggerimenti:

E' consigliabile fare uno studio preventivo delle sezioni da utilizzare, e definire l' archivio delle sezioni nella fase iniziale della modellazione della struttura.

4 Output

Output: Output

Truss2D permette di ottenere i seguenti risultati:

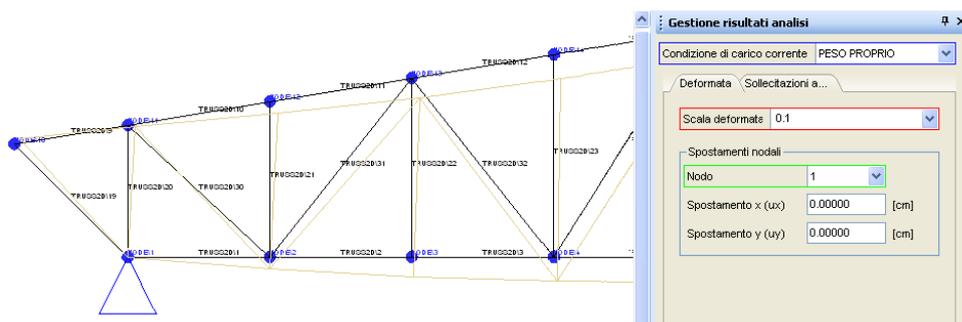
- 1 Spostamento in direzione orizzontale e verticale di ogni nodo
- 2 Sforzo normale per ogni asta

I risultati di cui al punto precedente possono essere visualizzati sia in termini grafici che numerici.

4.1 Spostamenti

Output: Spostamenti

E' possibile visualizzare la deformata della struttura:



Deformata elastica della travatura reticolare

La deformata disegnata (di colore giallo nella figura precedente) è graficamente amplificata mediante un fattore definito dall' utente nella casella di testo a tendina "Scala deformata" (riquadrate in rosso nella figura precedente). Facendo click sulla casella di testo a tendina "Nodo" (riquadrate in verde) si può selezionare il nodo di cui si vogliono conoscere i valori numerici degli spostamenti (visualizzati nelle caselle di testo "Spostamento x (ux)" e "Spostamento y (uy)"). Facendo click sulla casella di testo a tendina "Condizione di carico corrente" (riquadrate

in blue) si può selezionare la condizione di carico per la quale si vogliono conoscere gli spostamenti.



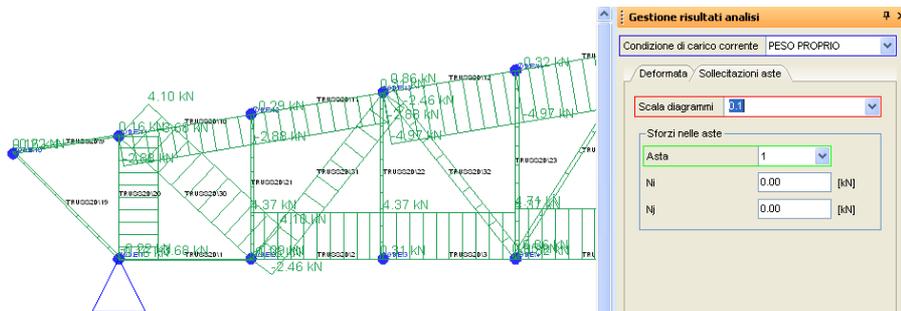
Nota

Per accedere alla visualizzazione degli spostamenti fare click sul pulsante "Risultati Analisi Lineare" dal menu "Risultati" o dalla relativa toolbar.

4.2 Sforzo normale

Output: Sforzo normale

E' possibile visualizzare il diagramma dello sforzo normale della struttura:



Deformata elastica della travatura reticolare

Il diagramma di sforzo normale disegnato (di colore verde nella figura precedente) è graficamente amplificato mediante un fattore definito dall'utente nella casella di testo a tendina "Scala diagrammi" (riquadrate in rosso nella figura precedente). Facendo click sulla casella di testo a tendina "Asta" (riquadrate in verde) si può selezionare il nodo di cui si vogliono conoscere i valori numerici degli sforzi nelle aste (visualizzati nelle caselle di testo "Ni" e "Nj"). Facendo click sulla casella di testo a tendina "Condizione di carico corrente" (riquadrate in blue) si può selezionare la condizione di carico per la quale si vogliono conoscere gli sforzi normali.



Nota

Per accedere alla visualizzazione degli spostamenti fare click sul pulsante "Risultati Analisi Lineare" dal menu "Risultati" o dalla relativa toolbar.

4.3 Verifiche strutturali

Output: Verifiche strutturali

Truss2D esegue le seguenti verifiche strutturali:

- 1 Verifiche a compressione delle aste.
.
- 2 Verifiche a trazione delle aste.
.
- 3 verifiche ad instabilità delle aste.
.

Le verifiche strutturali sono eseguite con riferimento alle NTC 2008 (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008) e con riferimento alla possibilità che l'asta sia di acciaio o di legno.

I risultati delle verifiche si possono visualizzare sulla seguente finestra di dialogo:

Verifiche - Lineare 🔍 ✕

Combinazione di carico corrente Default Combination ▼

Asta 1 ▼

Aste Acciaio Aste Legno

Verifiche

Compressione

Ncd	0.16	[kN]
Ncrd	436.43	[kN]
FSc	2796.92	[-]

Trazione

Ntd	--	[kN]
Ntrd	--	[kN]
FSt	--	[-]

Instabilità

Ncd	0.16	[kN]
Nird	0.41	[kN]
FSi	2.66	[-]

The screenshot shows a software window titled "Verifiche - Lineare". At the top, there is a dropdown menu for "Combinazione di carico corrente" set to "Default Combination", which is highlighted with a red border. Below it is a dropdown for "Asta" set to "1". There are two tabs: "Aste Acciaio" (selected) and "Aste Legno". The main area is divided into three sections: "Verifiche", "Compressione", "Trazione", and "Instabilità". Each section contains input fields for "Ncd" and "FSc" or "FSi".

Verifica	Ncd	FSc / FSi
Compressione	0.16 [kN]	2399.40 [-]
Trazione	-- [kN]	-- [-]
Instabilità	0.16 [kN]	0.00 [-]

Risultati delle verifiche strutturali

I risultati delle verifiche sono forniti in termini di fattori di sicurezza nei confronti del collasso per compressione, per trazione e per instabilità. Inoltre nei pannelli inferiori sono forniti gli sforzi caratteristici di verifica secondo le NTC 2008. Facendo click sulla casella di testo a tendina "Combinazione di carico corrente" (riquadrata in rosso) si visualizzano le verifiche strutturali relative alla combinazione di carico selezionata.

 Nota

Per accedere alla visualizzazione delle verifiche strutturali fare click sul pulsante "verifiche - Lineare" dal menu "Risultati" o dalla relativa toolbar.

5 Cenni teorici

Cenni teorici

Truss2D è un software che implementa le verifiche delle aste ai sensi delle NTC 2018.

5.1 Verifiche strutturali

Cenni teorici: Verifiche strutturali

Nel presente software sono implementate le seguenti verifiche strutturali (sia per il materiale acciaio che per il materiale legno):

- **Verifica a compressione:**

Acciaio:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\frac{N_{ED}}{N_{C,RD}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo a compressione $N_{C,RD}$ è valutata con la seguente formula:

$$N_{C,RD} = \frac{A \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Legno:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo per compressione parallela alla fibratura ed $f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

- **Verifica a trazione:**

Acciaio:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\frac{N_{ED}}{N_{t,RD}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo a trazione $N_{t,RD}$ è valutata come il minore dei valori seguenti:

$$N_{t,RD} = \frac{A \cdot f_{yk}}{1.05}$$

$$N_{t,RD} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{1.25}$$

Legno:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo per trazione parallela alla fibratura ed $f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

- **Verifica a instabilità:**

Acciaio:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\frac{N_{ED}}{N_{b,RD}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo a instabilità $N_{b,RD}$ è valutata come il minore dei valori seguenti:

$$N_{b,RD} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Il coefficiente χ dipende dal tipo di sezione:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$

dove il coefficiente F è funzione della snellezza adimensionale λ segnato.

Legno:

La relazione da verificare è la seguente:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di calcolo per compressione parallela alla fibratura ed $f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo. $k_{crit,c}$ è un coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna, valutato per il piano in cui assume il valore minimo.

5.2 Contatti

Web: www.geostru.eu

6 Geoapp

Geoapp: la più grande suite del web per calcoli online

Gli applicativi presenti in Geostru Geoapp sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali.

Geoapp comprende oltre 40 applicazioni per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono gratuite, altre necessitano di una sottoscrizione (subscription) mensile o annuale.

Perchè si consiglia la subscription?

Perchè una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

6.1 Sezione Geoapp

Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per Truss2D. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

- GeoStru maps
- SRTM
- Carico limite e cedimenti
- Tensioni litostatiche