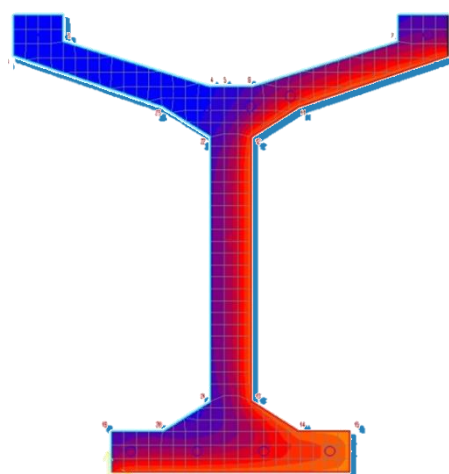




CDM DOLMEN srl
SOFTWARE STRUTTURALE E GEOTECNICO - RESISTENZA AL FUOCO

IS Fuoco



MANUALE UTENTE

Indice

TEORIA	3
UTILIZZO DEL PROGRAMMA	4
Panoramica sull'interfaccia utente	4
Barra delle icone	5
Pannello laterale	5
Definizione delle sezioni e delle armature	7
Sezioni	7
Modifica della sezione	9
Contorni	10
Armature	10
Gestione dei materiali	12
Materiali meccanici	12
Materiali termici	13
Esposizione	15
Controllo manuale delle zone di esposizione	16
Controllo avanzato dei tipi di esposizione	17
Visualizzazione e modifica delle curve temperatura-tempo	19
Generazione automatica della mesh	19
Disegno della mesh	21
Ottimizzazione della mesh	21
Modifica della mesh	22
Generazione delle mappe termiche	22
Modalità di visualizzazione	23
Interrogazione delle mappe termiche	24
Minicad	24

Verifiche meccaniche	25
Modalità di visualizzazione e lettura valori	26
Generazione della relazione di calcolo	27
Parametri	28
CONVENZIONI, SIMBOLI ED UNITÀ DI MISURA	30
Sollecitazioni	30
Tensioni e deformazioni	30
Esempio n°1 – Pilastro sottoposto ad incendio	32
Esempio n°2 – Profilo metallico verniciato sottoposto ad incendio	37
Esempio n°4 – Pannello di tamponamento in cls	45
Esempio n°5 – Profilo metallico con isolante	48

Teoria

L'analisi termica della sezione richiede l'integrazione su tutto il dominio e nel tempo dell'equazione di Fourier nella forma:

$$\text{div}(\lambda_c \cdot \text{grad}\theta) + w = c_c \cdot \rho_c \cdot \frac{\delta\theta}{\delta t}$$

con la condizione al contorno:

$$\text{div}(\lambda_c \cdot \text{grad}\theta) = h_{\text{net},d}$$

I flussi $h_{\text{net},d}$ che attraversano il contorno della sezione sono definiti dall'EC1 Parte 1-2:

$$h_{\text{net},d} = \gamma_{n,c} \cdot h_{\text{net},c} + \gamma_{n,r} \cdot h_{\text{net},r} \quad [\text{W}/\text{m}^2];$$

$$h_{\text{net},d} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4] \quad [\text{W}/\text{m}^2];$$

$$h_{\text{net},c} = \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_m) \quad [\text{W}/\text{m}^2];$$

essendo:

α_c coefficiente di scambio di calore per convezione [$\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$];

ε_m fattore di emissività della superficie dell'elemento [-];

ε_f fattore di emissività dell'incendio [-];

σ Stephan Boltzmann constant ($= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$)

θ_g temperatura dei gas del compartimento [$^{\circ}\text{C}$];

θ_m temperatura della superficie dell'elemento [$^{\circ}\text{C}$];

ϕ fattore di configurazione [-];

$\gamma_{n,c}$ fattore che considera i diversi tipi nazionali di prove [-];

$\gamma_{n,r}$ fattore che considera i diversi tipi nazionali di prove [-];

L'integrazione dell'equazione di Fourier avviene con il metodo degli elementi finiti discretizzando la sezione con elementi a tre e quattro nodi.

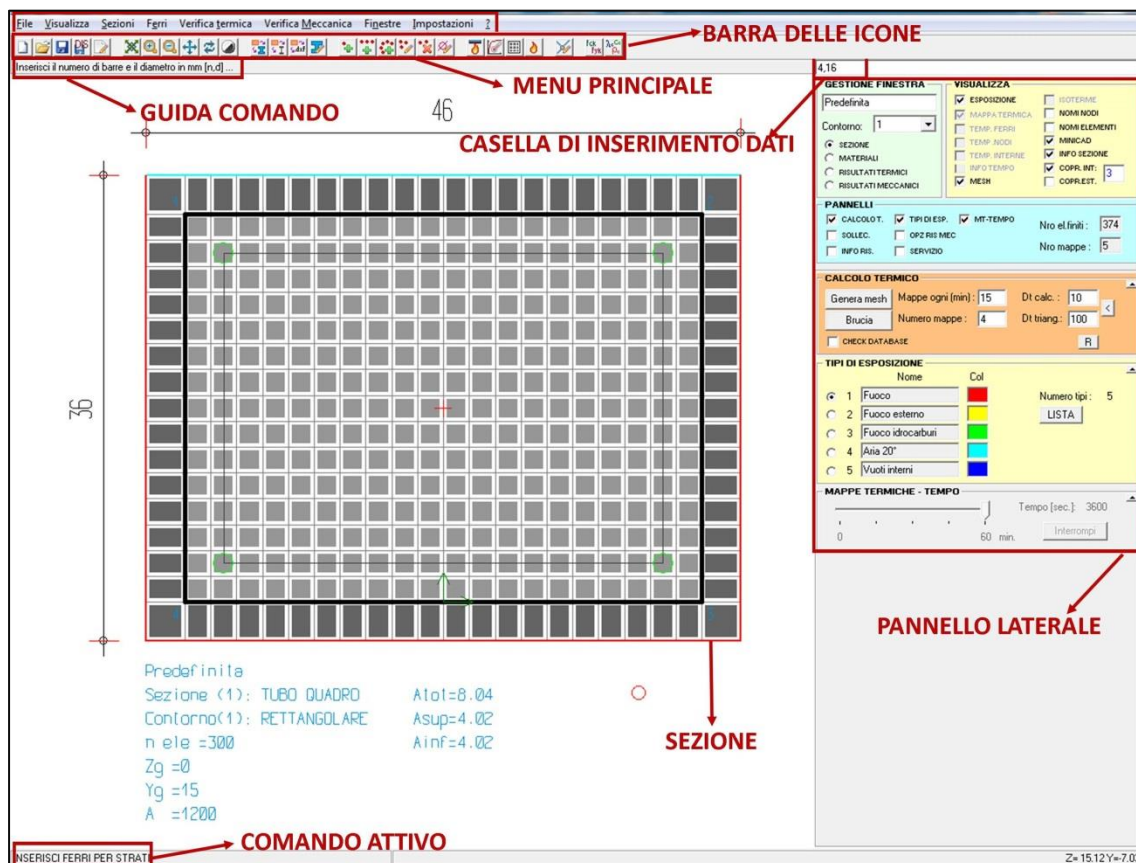
Le condizioni al contorno vengono imposte tramite i *tipi di esposizione*, che definiscono i parametri di scambio termico, e le *zone di esposizione*, che localizzano i flussi sul contorno della sezione (v. cap. 3.2).

Utilizzo del programma

Panoramica sull'interfaccia utente

IS Fuoco offre un'interfaccia semplice ed intuitiva basata su pochi elementi che si ritrovano in tutte le finestre di visualizzazione:

- **menu principale (o menu a tendina):** è l'elemento classico dell'ambiente Windows, e dà accesso all'insieme completo delle possibilità offerte dal programma;
- **barra delle icone:** tramite le icone è possibile richiamare alcune funzioni del menu principale;
- **pannello laterale:** permette di impostare gli elementi visualizzati nella finestra e di impostare tutti i dati più importanti per la definizione delle mappe termiche;
- **menu contestuale:** premendo il tasto destro del mouse si apre un menu che offre l'accesso diretto alle principali funzioni di visualizzazione e ad altre funzioni utili;
- **barra comando attivo:** indica il comando attivo (il comando può essere interrotto premendo ESC o tramite il menu contestuale);
- **barra di guida comando:** indica quali azioni è necessario svolgere per portare a termine il comando corrente ed eventualmente le modalità di inserimento dei dati nella casella di inserimento dati;
- **casella di inserimento dati:** permette di inserire i dati necessari al comando corrente;
- **caselle di testo colorate:** il colore dei caratteri rappresentati nelle caselle di testo corrisponde ad un preciso significato e dà accesso ad ulteriori informazioni. Il colore rosso acceso significa che il valore inserito non può essere accettato dal programma, il blu significa che è disponibile un servizio di conversione fra diverse unità di misura (tramite doppio click).



Nell'immagine sono evidenziati i principali elementi dell'interfaccia utente di IS Fuoco.

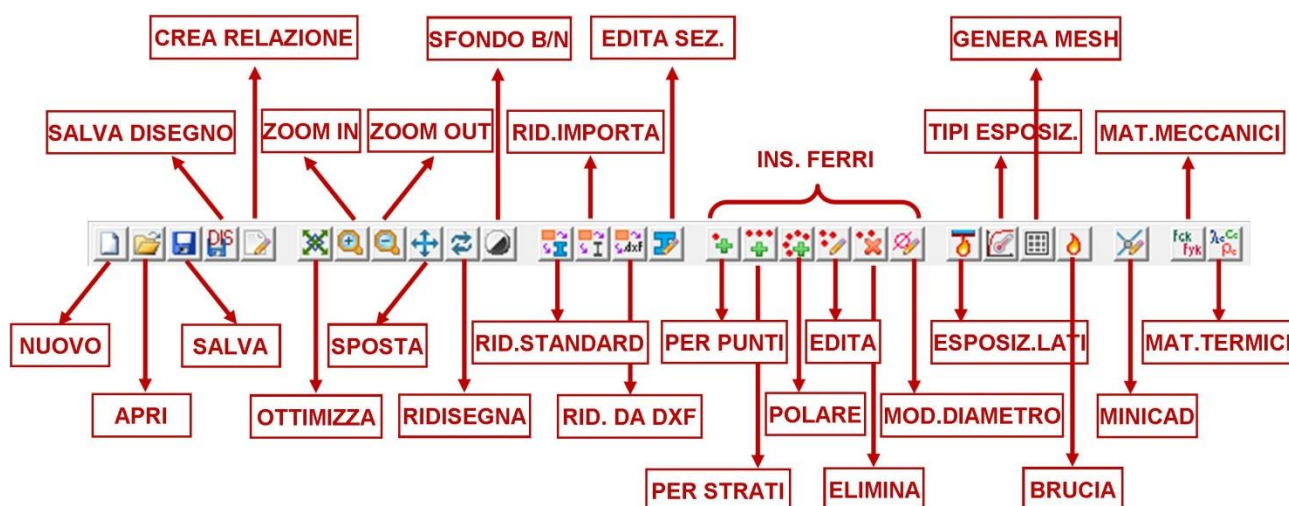
La visualizzazione del contenuto della finestra può essere modificata attraverso le funzioni presenti nel menu principale sotto la voce **Visualizza** o nel menu contestuale raggiungibile tramite click del tasto destro, che sono:

- **ottimizza**: rigenera e ridimensiona il contenuto della finestra facendo in modo che occupi tutto lo spazio disponibile;
- **zoom in**: permette di ingrandire un particolare e richiede di selezionare con il mouse l'area di schermo che interessa;
- **zoom out**: permette di rimpicciolire il contenuto della finestra selezionando l'area di schermo in cui sarà contenuta l'attuale visualizzazione;
- **sposta**: muove il contenuto della finestra selezionando con il mouse in successione un punto dello schermo e la posizione che andrà ad occupare;
- **ridisegna**: rigenera il disegno senza modificarla;
- **precedente**: ripristina la visualizzazione precedente all'ultimo cambiamento nella visualizzazione stessa.

Il collegamento al pannello di modifica di alcune caratteristiche (ad esempio l'altezza dei test dei vertici della sezione o delle temperature dei nodi, ...) può avvenire con il click del tasto destro ed il tasto "Maiusc" della tastiera. All'apertura della finestra delle proprietà si vedono scritte in colore rosso le voci di interesse.

Barra delle icone

La barra delle icone consente di accedere a quasi tutti i comandi (quelli più utilizzati) presenti nel menu principale.



Pannello laterale

L'introduzione dei dati avviene in maniera semplice ed intuitiva attraverso i diversi elementi dell'interfaccia secondo lo schema generale di IS Fuoco. In particolare all'interno del pannello laterale di distinguono tre sezioni principali:

- **riquadro "gestione finestra":** è il primo riquadro sempre visibile nella parte superiore del pannello laterale, permette di visualizzare la descrizione della sezione, di selezionare il contorno attivo e di gestire le varie modalità di visualizzazione a scelta tra:
 - **Sezione:** sulla schermata si vedrà la sezione, la tipologia, l'area e il numero di elementi eventualmente definiti
 - **Materiali:** attiva la rappresentazione colorata dei materiali che costituiscono la sezione
 - **Risultati termici:** consente di visualizzare il calcolo termico e i risultati dell'analisi
 - **Risultati meccanici:** avvia la parte di calcolo meccanico e ne mostra i risultati

- **riquadro "visualizza":** permette di scegliere cosa visualizzare sulla finestra principale (alcune voci potrebbero essere "grigiate" perché non disponibili per l'impostazione della finestra o in mancanza di calcoli o di armature); in particolare le voci sono:
 - **Esposizione:** attiva/disattiva la visualizzazione delle zone di esposizione
 - **Mappa termica:** attiva/disattiva la mappa termica colorata a seconda delle temperature calcolate
 - **Temp. Ferri:** attiva/disattiva la lettura della temperatura nei ferri (se presenti)
 - **Temp. Nodi:** attiva/disattiva la visualizzazione della temperatura nei nodi degli elementi finiti
 - **Temp. Interne:** attiva/disattiva la visualizzazione della temperatura negli elementi finiti
 - **Info tempo:** attiva/disattiva la presenza dell'indicazione dei minuti accanto alle temperature
 - **Mesh:** attiva/disattiva la visualizzazione della meshatura
 - **Isotherme:** attiva/disattiva il disegno delle isoterme (a 500° quella con il tratto più spesso)
 - **Nomi nodi:** attiva/disattiva la rappresentazione dei nomi dei nodi della mesh
 - **Nomi elementi:** attiva/disattiva la rappresentazione dei nomi degli elementi finiti
 - **Minicad:** attiva/disattiva la visualizzazione di quanto disegnato con il minicad (es. quote o linee che non sono ancora diventate contorni)
 - **Info sezione:** attiva/disattiva la rappresentazione dei dati riguardanti la sezione (aree, numero elementi finiti, ...), è disponibile solo se si è scelto "Sezione" in "Gestione finestra"
 - **Copr. Int:** attiva/disattiva il disegno del copriferro interno
 - **Copr. Est:** attiva/disattiva il disegno del copriferro esterno

- **riquadro "pannelli":** permette di selezionare i pannelli dinamici che sono visibili nei sottostanti riquadri del pannello laterale in modo da avere sempre immediatamente a disposizione gli strumenti più utili al lavoro che si sta svolgendo; le voci riportate sono:
 - **Calcolo T.:** attiva/disattiva il pannello di calcolo termico in cui è possibile avviare le principali funzioni per il calcolo termico. Il particolare è possibile generare la mesh, avviare il calcolo, stabilire il numero di mappe e la durata di queste e modificare gli step di calcolo e di triangolarizzazione (queste parti saranno approfondite nei paragrafi successivi).

 - **Tipi di esp.:** attiva/disattiva il pannello dei tipi di esposizione in cui sono elencate tutte le curve temperatura/tempo disponibili e in cui c'è il tasto per accedere alla lista delle stesse.

- **Mt - tempo:** attiva/disattiva il pannello delle mappe termiche in cui vi è la barra di scorrimento graduata che permette la selezione della mappa termica da visualizzare (a lato si vede il tempo corrispondente, espresso in secondi). Il tasto "Interrompi" consente di fermare il calcolo durante l'esecuzione.
- **Sollec.:** attiva/disattiva il pannello delle sollecitazioni in cui si vede il sestetto attivo, il numero di sollecitazioni presenti, si accede alla lista di queste, si può imporre la pressoflessione retta e si indica il punto di applicazione dello sforzo normale (queste parti saranno approfondite nei paragrafi successivi).
- **Opz Ris Mec:** attiva/disattiva il pannello delle opzioni dei risultati meccanici in cui si sceglie se visualizzare i risultati a caldo oppure a freddo, quali elementi avere sul disegno, che risultati vedere rappresentati e che moltiplicatori applicare.
- **Info ris.:** attiva/disattiva il pannello di visualizzazione dei risultati.
- **Servizio:** attiva/disattiva il pannello delle opzioni di servizio
- **Nro el. Finiti:** è riportato il numero degli elementi di finiti che sono stati generati per la sezione.
- **Nro mappe:** è indicato il numero di mappe termiche.

Di seguito vengono illustrate le procedure necessarie a creare una sezione e a generare le mappe termiche; nei riquadri grigi sono illustrati degli esempi pratici di applicazione considerando il caso di una sezione standard.

Definizione delle sezioni e delle armature

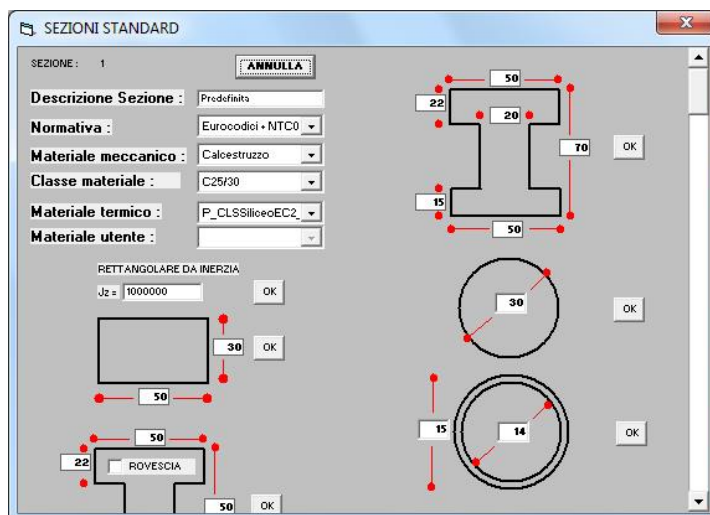
Per modificare le caratteristiche geometriche e meccaniche di una sezione, per aggiungere nuovi contorni è necessario attivare la voce "Sezioni" in "Gestione finestra" nel pannello laterale.

La gestione delle modifiche da effettuare sulla sezione e sui contorni avviene attraverso le voci del menu principale **Sezioni e Ferri**.

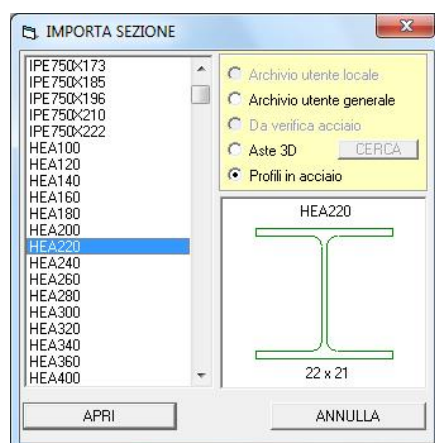
Sezioni

Per modificare la sezione, presente di default all'avvio di IS Fuoco, sono disponibili varie possibilità:

- **Sezioni → Ridefinisci → Standard:** apre un pannello in cui sono presenti alcune forme standard (rettangolare, circolare, a I, a T, a C, a Z, a O, ...) Per ognuna di queste è sufficiente modificare le quote e in automatico verrà caricata sulla finestra principale la forma con le dimensioni corrette.



- Sezioni → Ridefinisci → Importa: apre un pannello da cui è possibile importare una sezione dall'Archivio utente generale, dalle Aste 3D o dall'ampio catalogo di Profili in acciaio (sono presenti tutti quelli maggiormente utilizzati).



- Sezioni → Ridefinisci → Da DXF: consente di importare una sezione disegnata con un CAD esterno che sia già stata salvata in formato DXF. Tale sezione deve essere formata da segmenti tutti collegati tra di loro in modo da formare contorni perfettamente chiusi. L'armatura può essere schematizzata con cerchietti o con croci (il punto di incrocio sarà il baricentro del ferro).

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Sezioni → Ridefinisci > Standard**, si aprirà il pannello **SEZIONI STANDARD**. Nella parte superiore sinistra del pannello selezionare il materiale per la nuova sezione. Assegnare le dimensioni desiderate alla tipologia scelta e premere il relativo bottone **OK**.

Verrà introdotta una nuova sezione con le caratteristiche selezionate.

Modifica della sezione

Per modificare la sezione sono disponibili diverse funzioni nel menu Sezioni, tra cui:

Modifica → Base: consente di variare la dimensione della base (operazione che si può compiere anche con il doppio clic del tasto sinistro del mouse sulla quota della base).

Modifica → Altezza: consente di variare la dimensione dell'altezza (operazione che si può compiere anche con il doppio clic del tasto sinistro del mouse sulla quota dell'altezza).

Modifica → Trasla vertici: consente di traslare uno o più vertici indicando lo spostamento in direzione x e in direzione y.

La voce **Edita** consente di aprire una finestra in cui si imposta la sezione e i contorni eventualmente presenti (il cui inserimento verrà descritto nel prossimo capitolo).

Le voci riguardano:

Dati sezione

- la Normativa, il cui default è Eurocodici e NTC 2018;
- la descrizione della sezione;
- il tipo di sezione, che potrà essere “generico” se non viene riconosciuta una forma standard;
- un tasto che consente di riconoscere il tipo di sezione e contorni

Dati contorno:

- selezione del contorno, una casella di scelta consente di selezionare il contorno di cui vedere le caratteristiche;
- il tipo di contorno che sarà indicato se di forma standard o se è un profilo in acciaio;
- il numero di vertici che compongono il contorno;
- la casella accanto a “Frecce” attiva la possibilità di passare da una casella all'altra della tabella dei vertici con le frecce della tastiera;
- le coordinate Z e Y del contorno e l'eventuale raggio di curvatura del lato (R);
- il materiale meccanico: scelta tra alcuni materiali strutturali come il calcestruzzo e l'acciaio, le cui caratteristiche meccaniche sono presenti di default in IS Fuoco. In alternativa si potrà indicare che si tratta di un materiale non strutturale o selezionare la voce “Utente”, per materiali le cui proprietà meccaniche sono definibili dall'utente;
- la classe del materiale: si sceglie la classe del materiale, se nella precedente casella di scelta è stato selezionato un materiale strutturale, altrimenti la scelta sarà tra “Nessuno”, “Isolante” e “Aria” se si è scelto materiale meccanico “Non strutturale”;
- il materiale termico: di default sono presenti le caratteristiche termiche del calcestruzzo, dell'acciaio e del laterizio, in alternativa si potrà scegliere un materiale termico “Utente”;
- il materiale termico utente: se nella precedente casella è stato scelto “Utente” si seleziona il nome del materiale inserito.

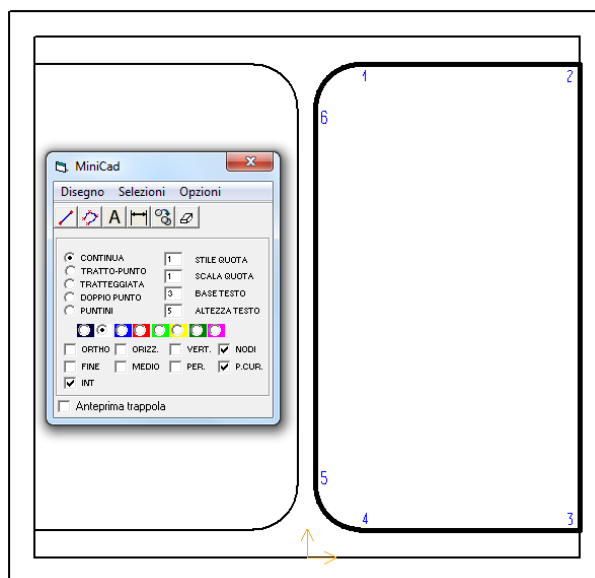
La voce **Trasla** del menu Sezioni consente di spostare la sezione indicandone la traslazione in direzione z e y oppure indicandone il punto finale con il click del mouse.

È poi possibile indicare l'origine della sezione, ossia il punto zero degli assi, tramite la funzione **Imposta origine** e cliccando poi il punto corrispondente o indicandone le coordinate z e y.

Contorni

Per aggiungere nuovi contorni, sono disponibili diverse opzioni:

- Sezioni → Contorni → Aggiungi da disegno: consente di aggiungere un nuovo contorno da un disegno effettuato con il MiniCad (il CAD interno di IS Fuoco).
- Sezioni → Contorni → Aggiungi standard: consente di aggiungere un nuovo contorno avente forma standard (rettangolare, circolare, a I, a T, a C, a Z, a O, ...) Per ognuna di queste è sufficiente modificare le quote e in automatico verrà caricata sulla finestra principale la forma con le dimensioni corrette.
- Sezioni → Contorni → Aggiungi importa: consente di aggiungere un nuovo contorno importandolo dall'Archivio utente generale, dalle Aste 3D o dall'ampio catalogo di Profili in acciaio (sono presenti tutti quelli maggiormente utilizzati).
- Sezioni → Contorni → Aggiungi da copr. esterno: consente di aggiungere un nuovo contorno dal copriferro esterno (questo semplifica nel caso di isolante protettivo esterno).



Una volta inserito un nuovo contorno questo potrà essere eliminato (dopo essere stato attivato e se non è l'unico contorno presente) tramite il comando Sezioni → Contorni → Elimina attivo oppure traslato tramite le voci Sezioni → Contorni → Trasla attivo che consente uno spostamento per due punti, in direzione verticale e in direzione orizzontale.

Armature

Per modificare o introdurre nuove barre di armatura (lenta o da precompressione) occorre utilizzare le voci del menu principale **FERRI** o le corrispondenti icone Ferri; tali ferri potranno essere normali o per precompressione.

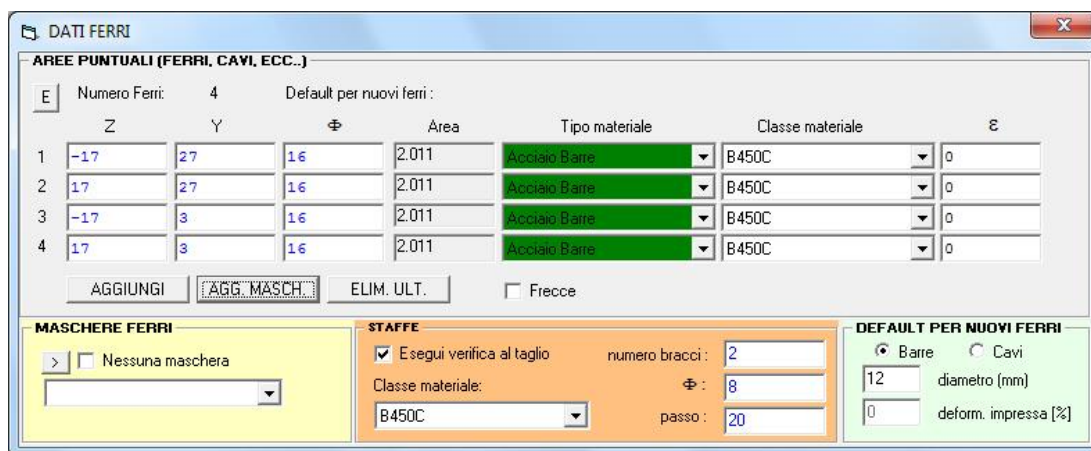
L'inserimento delle barre può avvenire secondo varie modalità:

- Inserisci per punti: il programma chiede di introdurre il diametro del ferro da aggiungere e le coordinate del baricentro di questo, indicando la z e la y o cliccando il punto corrispondente (in automatico si attivano la visualizzazione del copriferro e le trappole).
- Inserisci per Strati: utile in caso di distribuzione uniforme, il software chiede il numero di barre e il diametro, dopodiché occorre spostare il mouse sulla linea del copriferro, cliccare il primo

punto a sinistra e poi il secondo punto a destra, in automatico IS Fuoco metterà i ferri indicati equidistanziati tra loro.

- **Inserisci Polari:** utile in caso di sezione circolare, distribuisce l'armatura in modo radiale; il programma chiede il diametro, il numero dei ferri, le coordinate z e y del centro, il raggio, l'angolo iniziale e l'angolo finale (questi valori andranno separati da una virgola). In automatico si avranno tutte le barre su una circonferenza, equidistanti tra loro.
- **Inserisci da maschera:** può aiutare soprattutto nel caso in cui si debbano inserire numerosi ferri con un schema particolare su varie immagini, si crea una maschera di ferri e poi la si applica alla sezione.
- **Inserisci da File:** si importano i ferri da un altro file generato da IS Fuoco (.fco).
- **Inserisci da crocette:** consente di trasformare in ferri dei disegni di crocette fatti o importati dall'utente.

I dati relativi alle armature possono essere modificati dall'apposita finestra "Dati ferri", apribile tramite le voci di menu **Ferri** → **Edita**. All'interno di "Dati ferri" si hanno le coordinate z e y del baricentro del ferro, il diametro, il tipo di materiale (a scelta tra acciaio barre, acciaio precompresso,...), la classe del materiale (ad esempio B450C se si è selezionato acciaio barre) e la deformazione impressa (in caso di cavi da precompressione). Quest'ultimo valore deve essere espresso in percentuale e deve avere segno negativo.



	Numero Ferri	Z	Y	Φ	Area	Tipo materiale	Classe materiale	ε
1	4	-17	27	16	2.011	Acciaio Barre	B450C	0
2	4	17	27	16	2.011	Acciaio Barre	B450C	0
3	4	-17	3	16	2.011	Acciaio Barre	B450C	0
4	4	17	3	16	2.011	Acciaio Barre	B450C	0

In questa finestra si attiva anche l'esecuzione della verifica a taglio nella sezione "Staffe" tramite la voce "Esegui verifica al taglio"; in questa sezione occorre indicare la classe del materiale, il numero di bracci, il diametro ed il passo delle staffe. Se uno di questi tre ultimi valori è posto a zero il programma utilizzerà la formula di verifica per elementi privi di armatura a taglio.

Le altre funzioni relative alle armature sono:

- **Elimina:** cancella i ferri selezionando la singola barra o più barre tramite finestra di selezione;
- **Elimina sovrapposti:** una procedura automatica cancella i ferri sovrapposti;
- **Modifica diametro:** il programma chiede il nuovo diametro e di selezionare le armature a cui associarlo;
- **Sposta:** consente di muovere i ferri indicandone lo spostamento in direzione z e y;
- **Dati ferro:** permette di vedere il diametro e le coordinate z e y del ferro selezionato;

- **Reset** : elimina tutte le armature inserite.

Gestione dei materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali (i.e. curva tensione-deformazione) e le proprietà termiche (es. conduzione, calore specifico e densità relativa) sono gestite in maniera completamente indipendente in modo da dare all'utente la massima libertà di combinare le caratteristiche desiderate. Pertanto nelle diverse sezioni del programma si trova la possibilità di scegliere separatamente i materiali meccanici e termici.

Materiali meccanici

I materiali meccanici disponibili sono visualizzabili e personalizzabili attraverso un unico pannello disponibile selezionando dal menu principale Impostazioni > Materiali > Meccanici.

Materiali Meccanici

Caratteristiche Meccaniche | Analisi "a caldo"

Nome:

fck:

Gamma c:

Alfa cc:

Alfa ct:

Eurocodici + NTC18 ☒ Norma predefinita

Calcestruzzo ☒ Classe predefinita

C25/30 ☒ Classe predefinita

Visualizza diagramma

OK

Salva i parametri come predefiniti per il lavoro corrente ☐

Salva i parametri come predefiniti in Custom ☐

Annulla

La seguente tabella riassume le caratteristiche meccaniche.

f_{ck} [N/mm ²]	25
ϵ_{c2} [%]	0.2
ϵ_{cu2} [%]	0.35
n	2

La seguente tabella riassume le proprietà meccaniche per la verifica "a freddo".

γ_c	1.5
α_{cc}	0.85

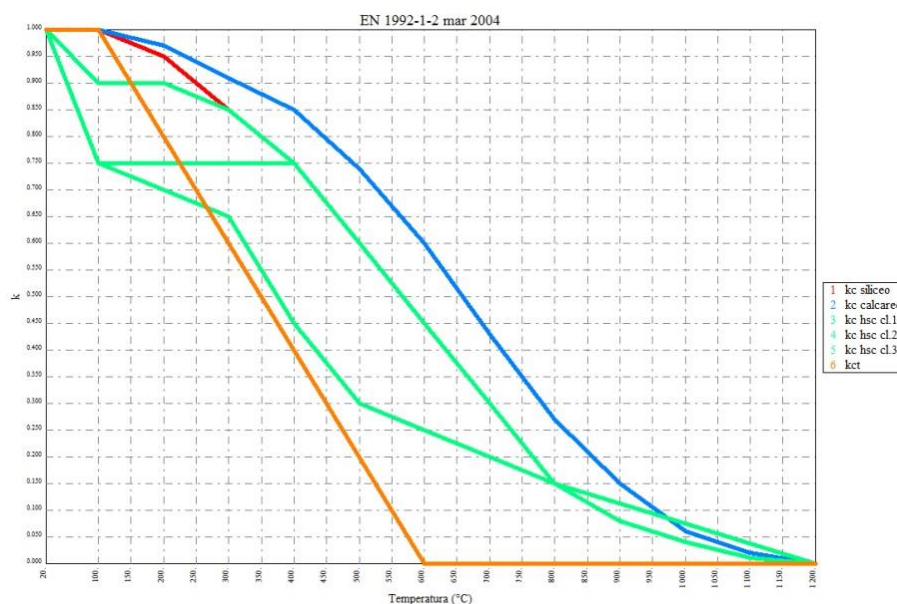
Nel pannello materiali sono disponibili cinque categorie di materiali:

- **calcestruzzo;**
- **armatura lenta;**
- **armatura da precompressione;**
- **profili in acciaio;**
- **utente**

Per ciascuna categoria sono disponibili tutte le classi di materiale stabilite dalle vigenti Normative più una classe completamente personalizzabile (i.e. "altro").

La categoria "Utente" è completamente da definire da parte dell'utilizzatore che ne dovrà indicar nome, modulo elastico, andamento tensioni-deformazioni e coefficienti di abbattimento delle caratteristiche meccaniche in funzione della temperatura.

La prima scheda è dedicata alle Caratteristiche meccaniche dei materiali, ossia la resistenza e i coefficienti di sicurezza previsti dalla Norma, nella seconda scheda "Analisi a caldo" sono riportati i coefficienti di danneggiamento in funzione della temperatura; anche in questo caso o sono tratti da Normativa oppure possono essere personalizzati dall'utente.

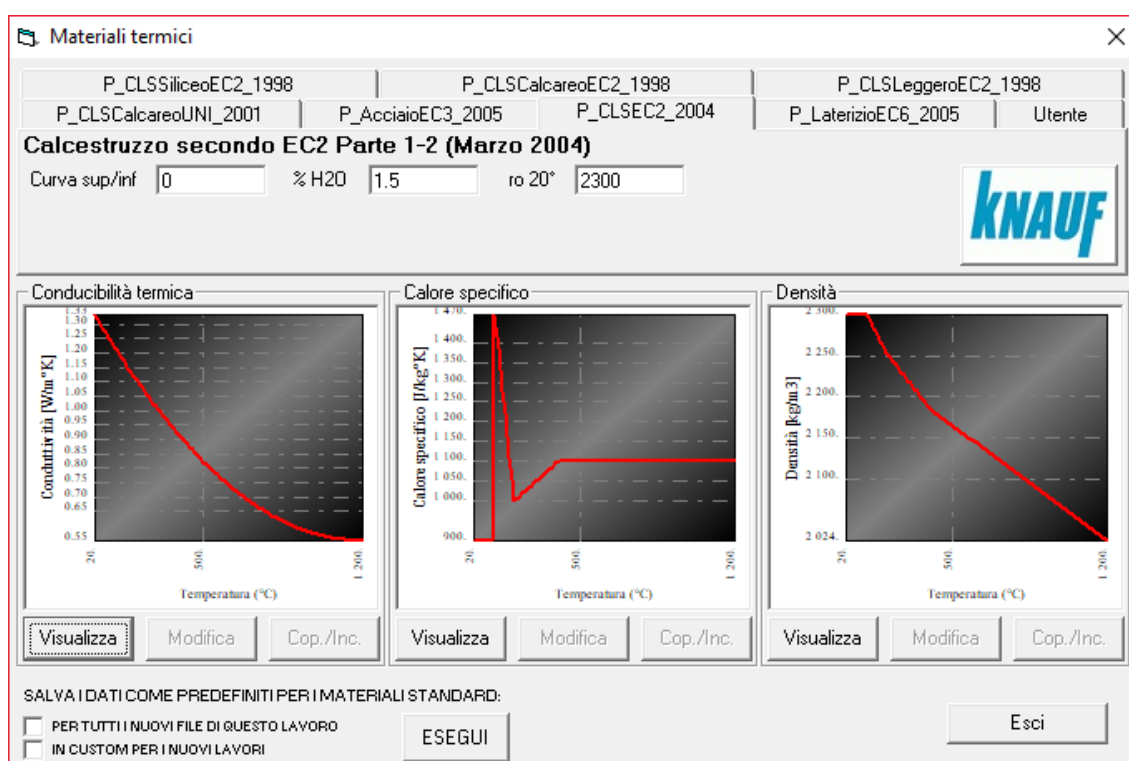


Nella parte destra del pannello vi è un riassunto descrittivo di quanto impostato, viene descritto il materiale con le relative caratteristiche meccaniche a caldo e a freddo (i coefficienti di sicurezza sono meno severi a caldo che a freddo, a caldo si hanno infatti coefficienti di sicurezza unitari).

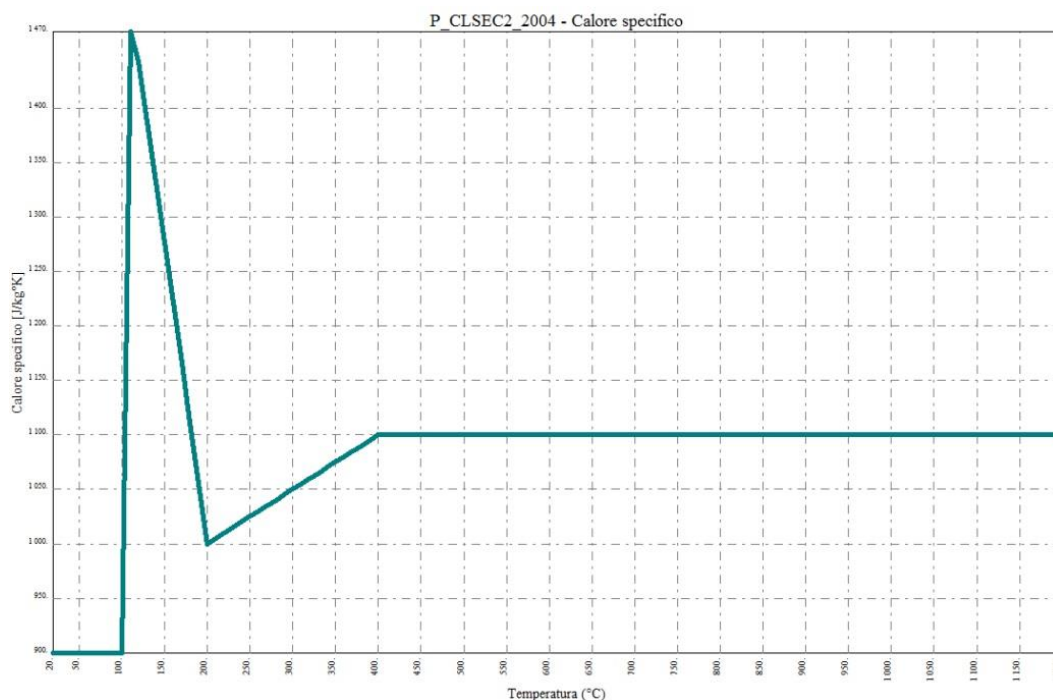
Materiali termici

Un materiale termico è completamente definito dalle tre curve di conduttività termica, calore specifico e densità relativa, che variano in funzione della temperatura.

È possibile visualizzare i materiali termici disponibili ed eventualmente modificarli selezionando dal menu principale Impostazioni > Materiali > Termici.



Il pannello *materiali termici* permette di visualizzare le tre curve per ciascuno dei materiali disponibili; una volta selezionato il materiale termico desiderato si potranno solo visualizzare le curve dei tre parametri, mentre se si sceglie la voce “Utente” si attiverà anche il tasto di modifica e si potranno aggiungere nuovi materiali. Tutti i materiali tratti da normativa sono infatti bloccati, mentre i materiali di tipo *utente* possono essere eliminati, aggiunti e completamente personalizzati (anche tramite il copia ed incolla da foglio di calcolo o da file testuale).



I materiali termici di tipo *utente* vengono automaticamente salvati nel file del progetto corrente ma possono essere altresì salvati nel lavoro o in custom per essere sempre disponibili in tutti i nuovi lavori. Per salvare o richiamare i materiali dal lavoro o da custom è disponibile una finestra di gestione selezionando nel menu principale Impostazioni > Materiali > Gestione materiali termici.

Si consiglia di memorizzare i dati dei materiali nell'archivio “custom”, e di importarli nel “Progetto” utilizzando il tasto “Copia → Progetto” (come nell'immagine di seguito).



NOTA: il materiale della sezione è definito indipendentemente dal punto di vista meccanico e termico assicurando la massima libertà all'utente.

Esposizione

Le caratteristiche di esposizione definiscono le condizioni al contorno per la soluzione dell'equazione della diffusione del calore all'interno della sezione.

Le caratteristiche di esposizione risultano completamente definite assegnando un *tipo di esposizione* ad una determinata porzione del contorno della sezione. I diversi *tipi di esposizione* disponibili sono visualizzabili nel pannello laterale e nella corrispondente finestra in cui è contenuta la definizione di tutte le proprietà che influenzano lo scambio termico. E' pertanto sufficiente selezionare il *tipo di esposizione* desiderato e applicarlo ad una porzione di contorno. Le parti del contorno della sezione, sottoposte ad un determinato *tipo di esposizione*, sono dette *zone di esposizione* e possono essere modificate tramite i comandi che si trovano nella finestra raggiungibile dalle voci `Verifica termica > Zone di esposizione > Edita`.

NOTA: Tutte le porzioni del contorno della sezione non associate ad un *tipo di esposizione* risultano adiabatiche, pertanto è solitamente necessario indicare sia le porzioni esposte al fuoco sia le zone esposte all'aria di un ambiente non interessato al fuoco (aria 20°).

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **File > Nuovo**

In questo modo verrà creato un nuovo progetto all'interno del lavoro corrente e verrà caricata una sezione rettangolare standard. Nel pannello laterale selezionare la voce **TIPI DI ESP.** all'interno del riquadro **PANNELLI**. Verrà visualizzato nel pannello laterale il riquadro **TIPI DI ESPOSIZIONE**. Spostare il cursore del mouse sulla casella di opzione relativa al *tipo di esposizione* desiderato (es. fuoco) e selezionarlo.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare le voci di menu **Verifica termica > Zone di esposizione > Contorno attivo > Lati** e spostare il cursore del mouse sul lato 1-2 e premere il **pulsante sinistro**. Il lato 1-2 prenderà il colore del *tipo di esposizione* selezionato (es. rosso) ad indicare che quel lato sarà sottoposto alle relative condizioni al contorno.

NOTA: Se viene premuto il **pulsante sinistro** senza che il cursore sia posizionato su un lato si apre una finestra di selezione.

Aprendo la finestra verso destra e premendo nuovamente il **pulsante sinistro** del mouse verranno selezionati tutti i lati che sono completamente inclusi nella finestra stessa, mentre aprendo la finestra verso sinistra verranno selezionati tutti i lati inclusi anche solo parzialmente nella finestra.

Premere **ESC** per interrompere il comando.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Verifica termica > Zone di esposizione > Contorno attivo > Segmenti**, muovere il puntatore del mouse all'interno della finestra grafica e premere il **pulsante sinistro**. Spostando il puntatore si aprirà una finestra di selezione. Premere nuovamente il **pulsante sinistro** del mouse. Tutte le porzioni del contorno della sezione incluse nella finestra acquisiranno il colore del *tipo di esposizione* attivo.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Verifica termica > Zone di esposizione > Elimina**.

Portare il puntatore del mouse su una porzione del contorno della sezione caratterizzata da una *zona di esposizione* e premere il **tasto sinistro** del mouse. La *zona di esposizione* verrà immediatamente eliminata.

Controllo manuale delle zone di esposizione

È possibile aggiungere, rimuovere o modificare le zone di esposizione tramite la finestra ZONE DI ESPOSIZIONE, visualizzabile dalle voci “Verifica termica → Zone di esposizione → Edita” del menu principale.

Ciascuna zona di esposizione è definita dalle seguenti proprietà:

- **Tipo:** indica il *tipo di esposizione* associato alla zona di esposizione;
- **Contorno:** indica il contorno della sezione a cui è associata la *zona di esposizione*;
- **Vertice:** indica il primo vertice del lato su cui è posta la zona di esposizione;
- **D1:** distanza dell'inizio della zona di esposizione dal primo vertice del lato;
- **D2:** distanza della fine della zona di esposizione dal secondo vertice del lato.

	Tipo	Cont.	Vert.	D1	D2
1	Aria 20°	1	1	0	0
2	Fuoco esterno	1	2	0	0
3	Fuoco	1	3	0	0
4	Fuoco idrocarburi	1	4	0	0

AGGIUNGI ELIM. ULT. ORDINA ORDINA E CHIUDI ☐ Frece

NOTA: Quando vengono introdotte zone di esposizione sovrapposte o adiacenti sullo stesso lato vengono automaticamente unite.

E' possibile aggiungere o eliminare *zone di esposizione* utilizzando in alternativa i pulsanti Aggiungi ultimo ed Elimina ultimo sotto l'elenco o il pulsante A/E subito sopra.

Nella finestra **ZONE DI ESPOSIZIONE** premere il tasto “AGGIUNGI” e verrà creata una nuova zona di esposizione. Premere poi il bottone in alto a sinistra contrassegnato dalla lettera **A** oppure **E** fino a che non viene visualizzata la lettera **A** (i.e. aggiungi). Cliccare

il **tasto sinistro** del mouse sulla casella che indica il numero della *zona di esposizione* (subito prima del nome) e verrà inserita una nuova *zona di esposizione* subito sotto la riga selezionata. Quando il tasto in alto a sinistra riporta la lettera "E" sarà possibile eliminare delle zone di esposizione con il doppio click del mouse sul numero della corrispondente zona. La *zona di esposizione* verrà eliminata.

Controllo avanzato dei tipi di esposizione

	Nome	Curva T-T	Isolante	s	eps,r	alfa,c	fi	g,c	g,r	Col
<input checked="" type="radio"/> 1	Fuoco	Fuoco	nessuno	0.	.56	25.	1	1	1	Red
<input type="radio"/> 2	Fuoco esterno	Fuoco esterno	nessuno	0.	.56	25.	1	1	1	Yellow
<input type="radio"/> 3	Fuoco idrocarburi	Fuoco idrocarburi	nessuno	0.	.56	50.	1	1	1	Green
<input type="radio"/> 4	Aria 20°	Aria 20°	nessuno	0.	.56	9.	1	1	1	Cyan
<input type="radio"/> 5	Vuoti interni	Vuoti interni	nessuno	0.	.56	9.	1	1	1	Blue

AGGIUNGI ELIM. ULT.

I tipi di esposizione possono essere completamente personalizzati tramite la finestra TIPI DI ESPOSIZIONE, raggiungibile dalle voci "Verifica termica → Tipi di esposizione - Edita" del menu principale, all'interno della quale, per ogni tipo, sono presenti le seguenti informazioni:

- **casella di selezione:** indica il *tipo di esposizione* attivo che viene usato quando si aggiungono zone di esposizione tramite il menu principale;
- **nome:** è soltanto una stringa utile per riconoscere più rapidamente il *tipo di esposizione* ed è modificabile dall'utente;
- **curve tempo-temperatura:** indica la curva tempo-temperatura dei gas da impiegare. Le prime cinque curve visualizzate sono predefinite secondo normativa e sono rispettivamente:
 - fuoco standard: curva secondo EC1 Parte1-2 3.2.1;
 - fuoco esterno: curva secondo EC1 Parte1-2 3.2.2;
 - fuoco idrocarburi: curva secondo EC1 Parte1-2 3.2.3;
 - vuoti interni: da utilizzare per porzioni del contorno che delimitano una cavità chiusa della sezione;
 - aria 20°: da usare per porzioni del contorno che si affacciano su compartimenti non sottoposti al fuoco.

Nota: se una cavità interna alla sezione è in comunicazione con l'ambiente è bene utilizzare la curva tempo-temperatura relativa all'ambiente con cui è in comunicazione l'apertura (ad esempio fuoco standard). Solo se la cavità è in comunicazione con un ambiente a 20° è più conservativa l'adozione dei vuoti interni;

- **isolante:** l'isolante introdotto in questo punto non rientra nella generazione degli elementi finiti ma riduce solamente il flusso termico (trascurando pertanto a favore di sicurezza la sua massa). E' pertanto consigliabile utilizzare questa opzione in tutti i casi in cui l'isolante abbia spessore piccolo e massa trascurabile (es. vernici o intonaci di spessore modesto). In presenza di isolanti di

forte spessore e massa notevole si ottengono risultati più precisi introducendo l'isolante come porzione di sezione con proprietà meccaniche ovviamente nulle;

- **spessore isolante:** indica lo spessore dell'isolante definito al punto precedente;
- **emissività (ϵ_m - ϵ_f):** come definita in EC1 Parte1-2 3.1(6);
- **coefficiente di trasferimento di calore per convezione (α_c):** come definita in EC1 Parte2-2 4.1;
- **Φ :** fattore di configurazione secondo EC1 Parte1-2;
- **γ_c :** come definito in EC1 Parte1-2;
- **γ_r :** come definito in EC1 Parte1-2;
- **casella colore:** è il colore con cui vengono evidenziate le zone di esposizione nella finestra grafica.

NOTA: modificando le caratteristiche di un *tipo di esposizione* vengono modificate le caratteristiche di tutte le *zone di esposizione* associate a quel tipo. Volendo quindi modificare le caratteristiche di un *tipo di esposizione* (es. introdurre una protezione isolante) è quindi preferibile crearne uno nuovo con un nome ed un colore diverso (es. nome:"Fuoco+isolante"; colore: violetto).

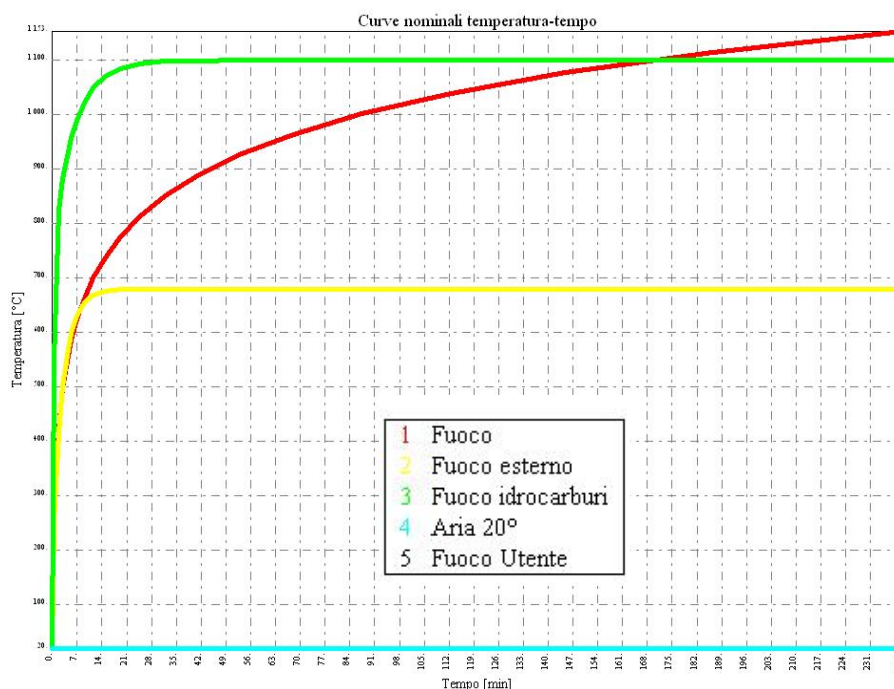
Per introdurre o eliminare o aggiungere un tipo di esposizione si possono usare in alternativa i pulsanti **Aggiungi** ed **Elimina** ultimo sotto l'elenco o il pulsante **A/E** posto nella parte superiore.

Visualizzare la finestra **TIPI DI ESPOSIZIONE**, premere il bottone in alto a sinistra contrassegnato dalla lettera **A** oppure **E** fino a che non viene visualizzata la lettera **A** (i.e. aggiungi). Premere due volte in rapida successione il **tasto sinistro** del mouse sulla casella che indica il numero del *tipo di esposizione* (subito prima del nome).

Verrà inserito un nuovo *tipo di esposizione* subito sotto la riga selezionata. Premere due volte in rapida successione il **tasto sinistro** del mouse sulla casella che indica il numero del *tipo di esposizione* appena introdotto. Il *tipo di esposizione* verrà eliminato.

Visualizzazione e modifica delle curve temperatura-tempo

IS Fuoco permette all'utente di utilizzare immediatamente le curve temperatura-tempo definite dall'EC1 Parte 1-2 oppure di creare delle curve personalizzate per simulare qualsiasi tipo di incendio (es. curve temperatura-tempo parametriche). Per visualizzare le curve disponibili è sufficiente selezionare **Verifica termica** → **Curve temperatura-tempo** → **Visualizza** dal menu principale.



Le prime cinque curve non sono modificabili in modo da essere sempre disponibili all'interno di tutti i progetti e sono:

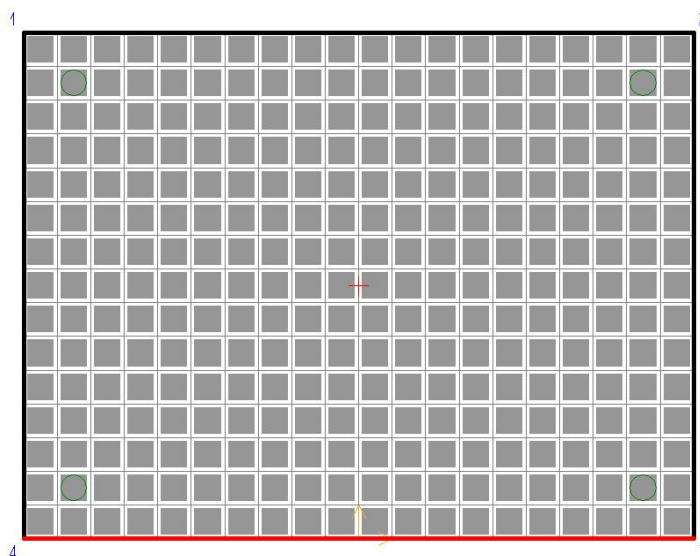
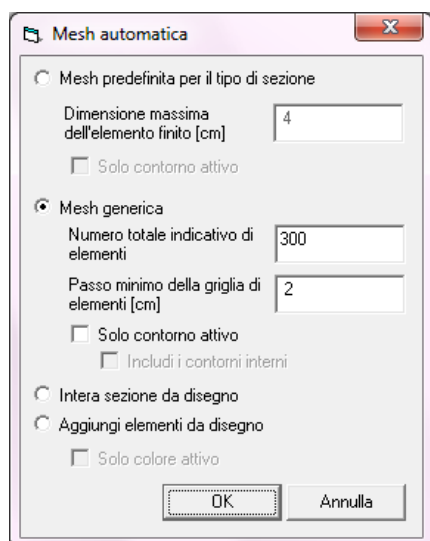
- **curva campione o normalizzata:** definisce il cosiddetto incendio standard ed è definita allo stesso modo dal D.M. 3 Agosto 2015 e dall'EC1 Parte 1-2 (3.2.1);
- **curva di fuoco esterno:** definisce l'andamento della temperatura dei gas in caso di incendio non confinato secondo la norma D.M. 3 Agosto 2015 e dall'EC1 Parte 1-2 (3.2.2);
- **curva degli idrocarburi:** definisce l'andamento della temperatura dei gas in caso di incendio da idrocarburi secondo la norma dal D.M. 3 Agosto 2015 e dall'EC1 Parte 1-2 (3.2.3);
- **aria 20°:** serve a simulare il comportamento di un compartimento non esposto al fuoco a temperatura fissa pari a 20°C;
- **vuoti interni:** serve a simulare il comportamento di un foro o di una cavità interna alla sezione ma non comunicante con l'ambiente.

Le curve successive sono personalizzabili e possono essere modificate dal menu principale selezionando **Verifica termica** → **Curve temperatura-tempo** → **Modifica**. Per tali curve è disponibile una funzione "Cop. Inc." che consente di copiare e incollare in formato testo i dati provenienti da un file Excel o da un file testuale (.txt, .pdf,...).

Generazione automatica della mesh

La mesh viene creata in maniera completamente automatica per tutte le sezioni riconosciute tramite il menu principale selezionando **Verifica termica** → **Genera mesh** dal menu principale. In alternativa premere il bottone **Genera mesh** nel riquadro **CALCOLO TERMICO** visualizzabile nel pannello

laterale. Le dimensioni massime degli elementi finiti possono essere modificate ma non possono mai essere superiori alla lunghezza del più corto dei lati; in caso contrario la dimensione massima degli elementi verrà automaticamente ridotta e la modifica segnalata tramite un messaggio sullo schermo.



Visualizzare il riquadro **CALCOLO TERMICO** nel pannello laterale selezionando la voce **CALCOLO T.** all'interno del riquadro **PANNELLI**. Premere il bottone **Genera mesh**. Si apre un pannellino in cui si deve scegliere tra "Mesh predefinita per il tipo di sezione", "Mesh generica", "Intera sezione da disegno" e "Aggiungi elementi da disegno", per le prime due scelte si può decidere se fare la mesh solo sul contorno attivo (si spunta la dicitura "Contorno attivo"). Scegliendo la prima voce occorre indicare la "Dimensione massima dell'elemento finito", valore che deve essere indicato in cm. Scegliendo, invece, la seconda voce vengono proposti dal programma il "Numero totale indicativo di elementi" ed il "Passo minimo della griglia di elementi", valore che va espresso in cm. Le altre possibili scelte sono "Intera sezione da disegno" e "Aggiungi elemento da disegno", per la prima voce si importano, tramite .dxf, sia la sezione che la mesh, mentre per la seconda voce si prende una mesh importata da .dxf o disegnata con il MiniCAD (per questa si può scegliere se fare la mesh solo per il colore attivo). Alla chiusura della finestra la mesh verrà generata immediatamente.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**. Selezionare **Impostazioni > Verifica termica**. Si aprirà la finestra delle impostazioni. Selezionare la linguetta **Calcolo**. Nella casella *Dimensione massima dell'elemento finito* selezionare una dimensione (in cm) diversa da quella presente (ad esempio 3).

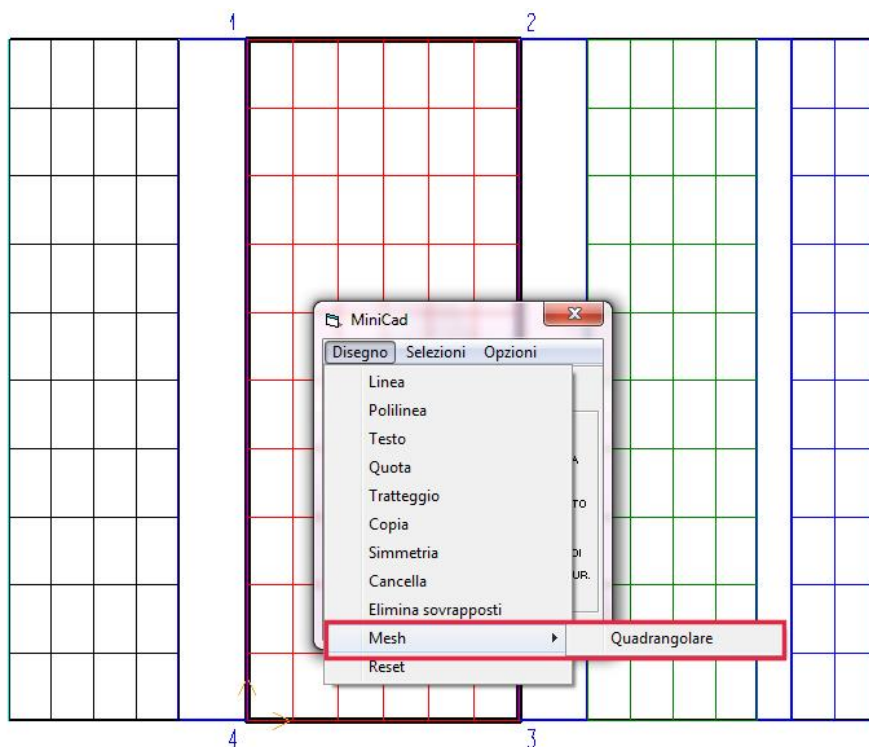
Spostare il mouse sulla casella di selezione in fondo alla finestra (i.e. SALVARE IN CUSTOM PER NUOVI LAVORI...) in modo da far sparire il segno di spunta.

In questo modo le modifiche effettuate non saranno utilizzate per i nuovi lavori. Premere il bottone **ACCETTA E ESCI** in modo da accettare le modifiche effettuate e chiudere la finestra. Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**. Selezionare **Verifica termica → Genera mesh**.

La mesh verrà rigenerata con le nuove dimensioni.

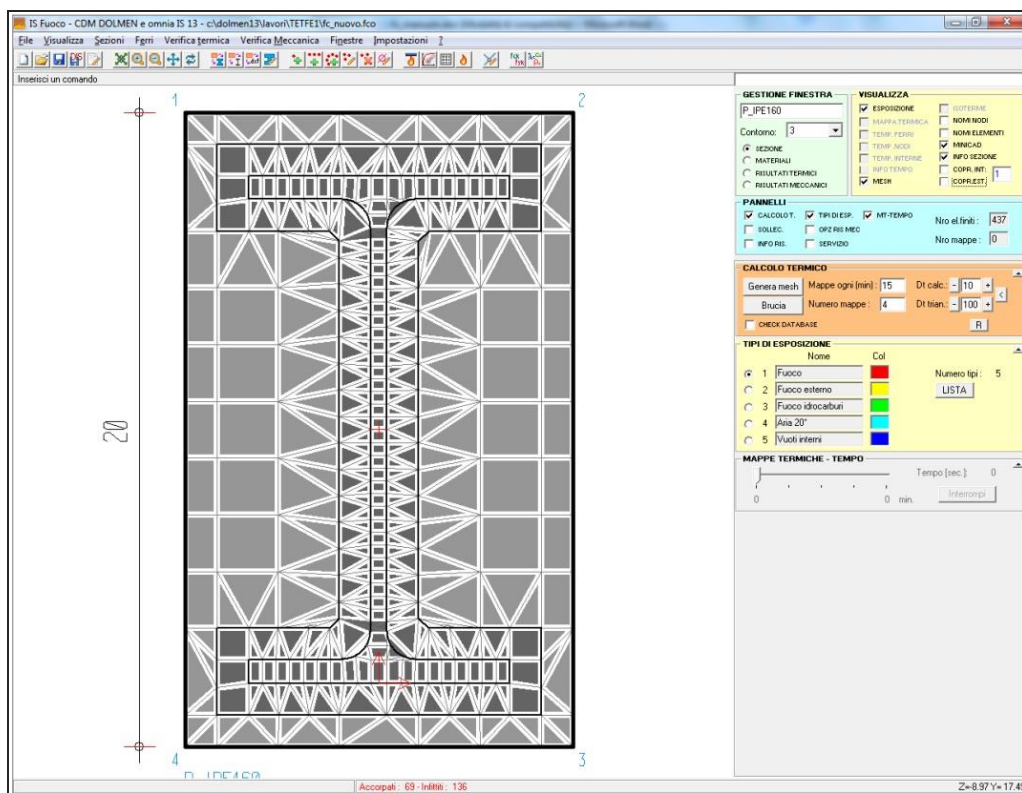
Disegno della mesh

Gli elementi della mesh possono essere disegnati dall'utente con il Minicad, tramite le voci Disegno → Mesh → Quadrangolare, il programma chiede, nella casella di inserimento dati, il numero di elementi nelle due direzioni, dopodiché sarà sufficiente cliccare su tre punti del contorno ed in automatico comparirà la griglia del colore selezionato, come riportato nell'immagine seguente.



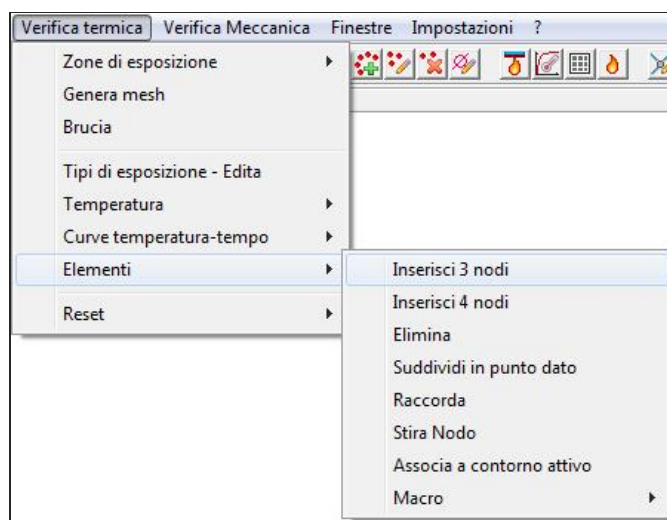
Ottimizzazione della mesh

Gli elementi finiti devono essere combacianti nei nodi e non ci devono essere nodi scollegati. Se si hanno sezioni complesse, formate da più elementi aventi dimensioni e forme differenti, e si è proceduto a creare mesh diversificate, bisogna collegare gli elementi tra di loro in modo che possa avvenire la trasmissione di calore in modo corretto. A tal scopo occorre accedere al menu principale alle voci **Verifica termica → Elementi → Macro → Accorpa e raccorda**. Il programma andrà a creare in modo automatico le connessioni tra i vari livelli di mesh inserendo nuovi elementi, come rappresentato nella figura sottostante.



Modifica della mesh

Gli elementi finiti possono essere modificati tramite le voci di menu principale **Verifica termica** → **Elementi**.



Generazione delle mappe termiche

Una volta introdotte le zone di esposizione e costruita la mesh è possibile generare le mappe termiche a intervalli di tempo stabiliti. Durante la generazione delle mappe termiche è possibile visualizzare a schermo la progressione delle temperature all'interno della sezione e la temperatura dei gas a contatto con le pareti.

La creazione delle mappe termiche viene gestita tramite il riquadro **CALCOLO TERMICO** visualizzabile sul pannello laterale.

Visualizzare il riquadro **CALCOLO TERMICO** nel pannello laterale selezionando la voce **CALCOLO T.** all'interno del riquadro **PANNELLI**. All'interno del riquadro **CALCOLO TERMICO** inserire il numero di mappe che si desidera salvare e l'intervallo di tempo tra una mappa e la successiva.

NOTA: oltre alle mappe indicate viene sempre salvata la mappa all'istante iniziale con la sezione tutta a 20°. Premere il bottone **Brucia** o, in alternativa, selezionare dal menu principale Verifica termica → Brucia.

Il calcolo avrà inizio e si potrà vedere la progressione dei calcoli dalla *barra dei tempi* spuntando la voce **MAPPE TERMICHE** all'interno del riquadro **VISUALIZZA** nel pannello laterale.

Attendere il termine del calcolo.

Attivare la voce **MT-TEMPO** nel riquadro **PANNELLI**.

Spostare il mouse sulla *barra dei tempi* nel riquadro **MAPPE TERMICHE**. Premere il **tasto sinistro** del mouse sul cursore della barra e spostare il puntatore sul tempo desiderato. Rilasciare il tasto del mouse.

Verrà immediatamente visualizzata la mappa termica corrispondente.

NOTA: durante la generazione delle mappe termiche è possibile interrompere il calcolo in qualsiasi momento premendo il bottone **Interrompi** nel riquadro **MAPPE TERMICHE-TEMPO**. In questo caso verranno memorizzate solo le mappe termiche richieste corrispondenti ai tempi già raggiunti nei calcoli.

Modalità di visualizzazione

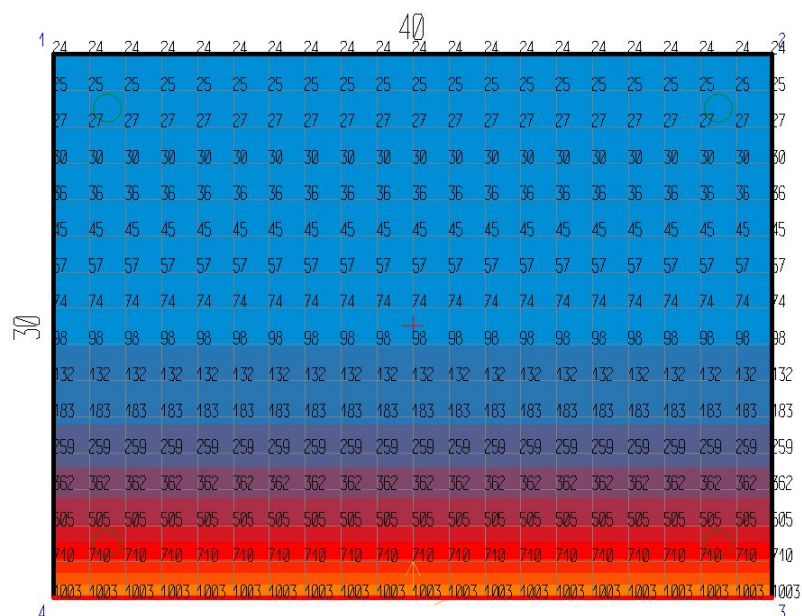
Le diverse modalità di visualizzazione delle mappe termiche sono completamente personalizzabili tramite le caselle di selezione disponibili nel riquadro **VISUALIZZA**, sempre visibile nella parte alta del pannello laterale. Le varie opzioni sono disponibili anche durante la generazione delle mappe termiche e permettono di apprezzare l'evoluzione nel tempo delle temperature.

Le opzioni disponibili sono:

- **esposizione**: mostra con un tratto colorato le zone di esposizione sul contorno della sezione; nella legenda viene mostrata, per ogni tipo di esposizione, la temperatura raggiunta dai gas che lambiscono la sezione;
- **mappa termica**: mostra la mappa termica della sezione tramite una scala colorata completamente personalizzabile;
- **temp. ferri**: mostra la temperatura dei ferri in forma di testo (per aumentare o diminuire le dimensioni del carattere è sufficiente fare il doppio click sui testi stessi o “Maiusc” + doppio click);
- **temperatura nodi**: mostra le temperatura nei nodi degli elementi finiti in forma di testo (per aumentare o diminuire le dimensioni del carattere è sufficiente fare il doppio click sui testi stessi o “Maiusc” + doppio click);
- **temperature interne**: mostra le temperature nel baricentro di ciascun elemento finito(per aumentare o diminuire le dimensioni del carattere è sufficiente fare il doppio click sui testi stessi o “Maiusc” + doppio click);

- **Info tempo:** aggiunge la visualizzazione dell'indicazione temporale accanto alla temperatura;
- **mesh:** mostra gli elementi finiti che sono stati generati all'interno della sezione;
- **isoterme:** mostra le isoterme con l'equidistanza impostata.

NOTA: la visualizzazione di molte informazioni durante la generazione delle mappe termiche potrebbe rallentare molto i calcoli. Eventualmente eliminare tutte le selezioni di visualizzazione per accelerare l'esecuzione.



Interrogazione delle mappe termiche

Una volta generate le mappe termiche è possibile richiedere il valore della temperatura in qualsiasi punto tramite il menu principale selezionando le voci **Verifica termica** → **Temperatura** → **Leggi**.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Verifica termica** → **Temperatura** → **Leggi**.

Spostare il puntatore del mouse sul punto della sezione in cui si desidera leggere la temperatura e premere il **tasto sinistro** del mouse.

Verrà visualizzata una finestra di dialogo contenente le coordinate del punto selezionato e la temperatura corrispondente. Premere il bottone **OK** per chiudere la finestra.

In alternativa alla selezione diretta del punto è possibile introdurre le coordinate x e y nella casella di inserimento dati separate da una virgola e premere **invio**.

Minicad

All'interno della finestra principale è possibile inserire disegni vettoriali tramite le funzioni del CAD interno, il Minicad, disponibile dal menu principale sotto la voce **Finestre** → **Minicad**.

Si apre così un nuovo pannello completamente dedicato alle funzioni di disegno che consente di creare segmenti, polilinee, quote, scritte, e di scegliere per questi elementi colori, stile tratteggio, orientamento,...

È, inoltre, possibile selezionare degli elementi, fare delle copie e delle simmetrie, funzioni che possono essere molto utili nella creazione delle sezioni, specialmente nel caso di contorni particolarmente complessi e differenti dalle forme standard e in caso di contorni che si ripetono all'interno della sezione (ad es. una pignatta con tanti fori tutti uguali).

La voce "Anteprima trappola" attiva la visualizzazione della trappola nei vertici, nei punti intermedi, ...



Verifiche meccaniche

È possibile verificare le sezioni a presso-flessione deviata o a presso-flessione retta calcolando le caratteristiche meccaniche sulla base delle mappe termiche memorizzate.

Le verifiche meccaniche sono disponibili attivando Risultatati meccanici nel pannello laterale, prevedono la ricerca della situazione deformativa e tensionale in funzione di una terna di sollecitazione data.

Portare il puntatore del mouse sul riquadro **GESTIONE FINESTRA** nel pannello laterale, selezionare l'opzione **RISULTATI MECCANICI**.

NOTA: se sopra alla sezione compare la scritta *Non sono presenti mappe termiche* significa che per la sezione corrente non è stata effettuata un'analisi termica. In questo caso selezionare una sezione che contenga mappe termiche o selezionare l'opzione **RISULTATI TERMICI** e generare almeno una mappa termica.

Nel riquadro **MAPPE TERMICHE - TEMPO** muovere il cursore della *barra dei tempi* sulla mappa termica in base alla quale si desidera effettuare la verifica meccanica.

Nel riquadro **PANNELLI** selezionare **SOLLECITAZIONI** e disabilitare tutte le altre opzioni. Nel riquadro **SOLLECITAZIONI** introdurre le sollecitazioni N , M_z , M_y , T_y cliccando il tasto **LISTA**.

Sotto le terne di sollecitazione inserire il punto di applicazione di N ;

tale punto può essere posto automaticamente nel baricentro dell'area di calcestruzzo selezionando **BARICENTRO CLS**, oppure posto in un punto definito, selezionando l'opzione **DATO**, ed introducendo le coordinate nelle caselle di testo a fianco.

Nel riquadro **OPZIONI RISULTATI MECCANICI** inserire il moltiplicatore delle sollecitazioni nella casella di testo. Tutte le sollecitazioni inserite verranno moltiplicate per questo numero (introdurre il numero 1 se non si desidera usare il moltiplicatore).

Cliccare il tasto **CALCOLA** o la voce del menu principale **Verifica Meccanica > Ricalcola** e il programma calcolerà il piano di equilibrio e visualizzerà i risultati nella finestra grafica.

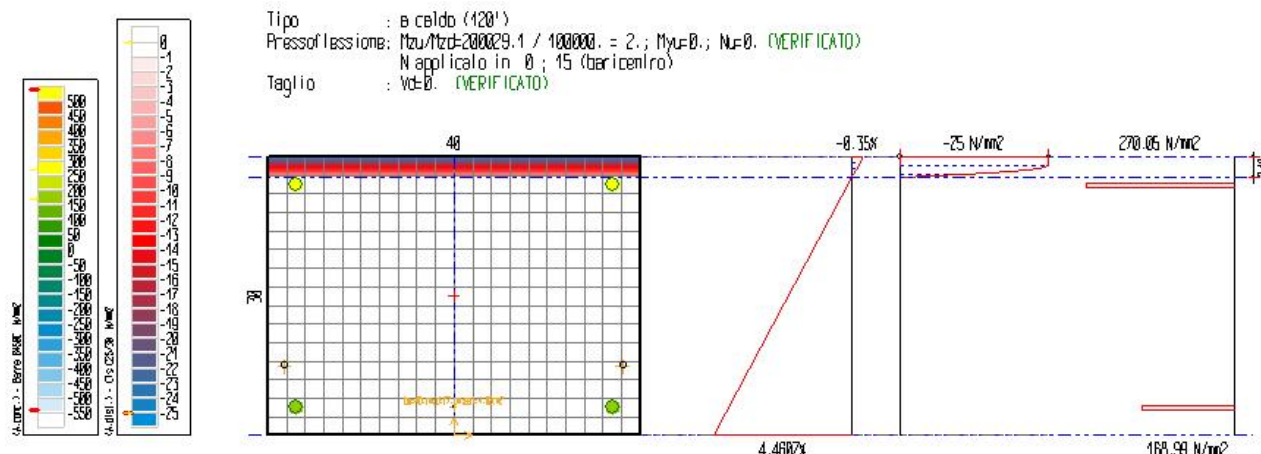
NOTA: è possibile effettuare una verifica a presso-flessione retta selezionando l'opzione **CALCOLA A PRESSOFLESSIONE RETTA** nella parte bassa del riquadro **SOLLECITAZIONI**.

E' anche possibile ricercare la sollecitazione ultima date due delle tre componenti (es. cercare lo sforzo normale ultimo dati M_z ed M_y).

Nel riquadro **SOLLECITAZIONI** introdurre le sollecitazioni N , M_z , M_y , T_y .

Portare il puntatore del mouse sulla casella **S_{ult}** subito al di sotto delle sollecitazioni appena introdotte; nella casella di scelta selezionare la componente di sollecitazione di cui si desidera cercare il valore ultimo (es. N - per cercare la massima sollecitazione di compressione).

Premere il tasto **CALCOLA** e il programma calcolerà la sollecitazione ultima ed il relativo piano di equilibrio e visualizzerà i risultati nella finestra grafica.



Modalità di visualizzazione e lettura valori

La visualizzazione sullo schermo dei risultati può contenere diverse informazioni selezionabili all'interno del riquadro **OPZIONI RISULTATI MECCANICI** sempre visibile sul pannello laterale:

- **Deformazioni elastiche:** mostra le deformazioni elastiche in forma di mappa colorata.
- **Tensione nei materiali (T°):** mostra le tensioni a una temperatura scelta dall'utente all'interno dell'elemento e dei singoli ferri; E' utile per evidenziare zone che, pur presentando una tensione molto bassa, sono in realtà completamente sfruttate a causa del loro danneggiamento.
- **Tensione (T°)/Tensione Max (20°):** mostra la percentuale di utilizzo del materiale rispetto alla sollecitazione massima sopportabile dal materiale a freddo (20°).
- **Tensioni (T°)/Tensioni massime(T°):** mostra la percentuale di utilizzo del materiale rispetto al valore massimo sopportabile per quella temperatura.
- **Tensione Max (T°):** mostra la tensione massima sopportabile per quella temperatura.

- **Tensione Max (T°)/Tensioni massime(20°)**: mostra la percentuale di utilizzo del materiale rispetto al valore massimo sopportabile a freddo (20°).

NOTA: in tutte le visualizzazioni è presente l'indicazione del piano di deformazione.

Le visualizzazioni in forma di mappa colorata sono corredate da due scale cromatiche, visibili sulla sinistra della sezione, riferite rispettivamente al calcestruzzo e all'acciaio. Sulle scale cromatiche sono presenti dei trattini rossi spessi che indicano i valori massimi teoricamente raggiungibili dai materiali e delle frecce gialle che indicano i massimi valori effettivamente raggiunti nella situazione rappresentata.

Come per le mappe termiche è possibile leggere il valore puntuale della grandezza visualizzata in un punto qualsiasi della sezione o in un particolare ferro selezionando rispettivamente **Verifica Meccanica > Leggi valori > Ferri** o **Verifica meccanica > Leggi valori > Aree** dal menu principale.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Verifica Meccanica > Leggi valori > Aree**.

Spostare il puntatore del mouse sul punto della sezione in cui si desidera leggere il valore e premere il **tasto sinistro** del mouse.

Verrà visualizzata una finestra di dialogo contenente le coordinate del punto selezionato ed il valore corrispondente. Premere il bottone **OK** per chiudere la finestra. In alternativa alla selezione diretta del punto è possibile introdurre le coordinate x e y nella casella di inserimento dati separate da una virgola e premere **invio**.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**. Selezionare

Risultati > Leggi valori > Ferri. Spostare il puntatore del mouse sulla barra in cui si desidera leggere il valore e premere il **tasto sinistro** del mouse.

Verrà visualizzata una finestra di dialogo contenente il numero della barra selezionata ed il valore corrispondente. Premere il bottone **OK** per chiudere la finestra. In alternativa alla selezione diretta della barra è possibile introdurre il numero nella casella di inserimento dati e premere **invio**.

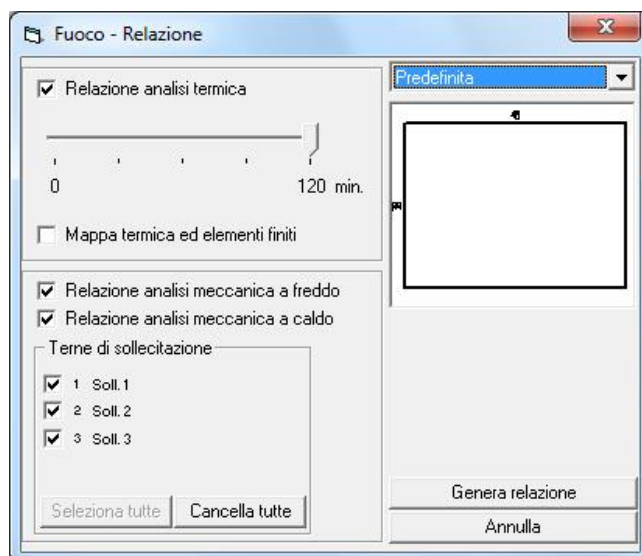
Generazione della relazione di calcolo

IS Fuoco genera una relazione completa sia dell'analisi termica che della verifica meccanica.

È possibile lanciare la generazione automatica della relazione tramite il menu principale selezionando la voce **File > Crea relazione**; la relazione viene generata per una determinata mappa termica.

Al fine di rendere la relazione più leggibile è possibile scegliere quali elementi inserire ed in particolare è possibile escludere la mappa termica completa (ovvero le temperature in ciascun nodo) lasciando solamente la descrizione delle condizioni al contorno, oppure escludere alcune terne di sollecitazione.

Il file viene generato in formato .html, .doc e .txt.



Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**. Selezionare **File > Crea relazione**. Si aprirà una finestra di dialogo per la selezione delle opzioni.

Nel riquadro superiore selezionare la casella **Relazione analisi termica** in modo da includere la relazione termica.

Sulla *barra dei tempi* immediatamente sottostante spostare il cursore sulla mappa termica desiderata.

Selezionare la casella **Mappa termica ed elementi finiti** per includere nella relazione l'elenco completo degli elementi finiti con le temperature ai nodi.

Nel riquadro inferiore selezionare **Relazione analisi meccanica a freddo** o **Relazione analisi meccanica a caldo** per includere la relazione meccanica;

nello stesso riquadro selezionare le terne di sollecitazione desiderate.

Premere il bottone **Genera relazione** per avviare la generazione della relazione. Si aprirà una finestra di dialogo per scegliere il file di destinazione.

Al termine dell'elaborazione si aprirà il **browser, Microsoft Word®** o l'applicazione **Blocco Note** con la relazione appena generata.

Parametri

La maggior parte dei parametri utilizzati dal programma è liberamente configurabile da parte dell'utente. Le impostazioni dell'utente sono salvate automaticamente dal programma, ed è comunque possibile ripristinare quelle originali in ogni momento selezionando **Impostazioni > Sistema > Parametri** e qui premere il tasto **Reset** o **Resetta tutto**.

IS Fuoco consente di distinguere i parametri “globali”, validi per ogni nuovo lavoro, da quelli “locali” utilizzati per tutti i file del lavoro corrente.

GENERALI

Permette di impostare il colore di sottofondo (se la casella è selezionata il programma si aprirà sempre con lo sfondo bianco, in alternativa sarà nero), la dimensione della trappola e la lingua per la relazione di calcolo (se spuntata la voce corrispondente la relazione di calcolo sarà in inglese, in alternativa sarà in lingua italiana).

Sono presenti, inoltre, impostazioni per il salvataggio in DXF e per la compilazione della relazione in formato DOC.

DISEGNO

Tale pannello consente di impostare i parametri di disegno per la verifica meccanica, questi sono divisi per tipologia:

1. Generali: riguarda la squadratura nella finestra dei risultati
2. Dati: riguarda il disegno della sezione
3. Sezione: riguarda la posizione della sezione
4. Diagrammi: riguarda la posizione e i colori dei diagrammi
5. Titolo: riguarda le posizioni e i colori dei titoli
6. Descrizione: riguarda le posizioni e i colori delle descrizioni
7. Materiali: riguarda le scritte relative ai materiali e alle unità di misura
8. Equilibrio: : riguarda le scritte relative al piano di equilibrio
9. Ferri: riguarda le scritte relative ai ferri
10. Tens. Max: riguarda le scritte relative alle tensioni massime
11. Quote: riguarda le scritte relative alle quote

VERIFICA TERMICA

I parametri che riguardano l'analisi termica permettono di definire le modalità di visualizzazione delle mappe termiche e la dimensione degli elementi finiti.

Spostare il cursore del mouse sul **menu principale**.

Selezionare **Impostazioni > Verifica termica**.

Il programma apre una finestra di dialogo in cui è possibile leggere e modificare le impostazioni attuali, suddivise in due categorie:

- **VISUALIZZAZIONE:** impostazioni riguardanti la visualizzazione delle mappe termiche sullo schermo.
- **CALCOLO:** permette di definire la dimensione massima degli elementi finiti per la generazione automatica della mesh.

Uscire dalla finestra di dialogo premendo il tasto **ACCETTA ED ESCI** o **ANNULLA**. Si possono salvare i parametri in custom per i nuovi lavori e per il lavoro corrente spuntando l'apposita voce.

VERIFICA MECCANICA

I parametri che riguardano l'analisi meccanica sono suddivisi in due finestre: GENERALI e MAPPE COLORATE. Nella prima si impostano le deformazioni e le tensioni e nella seconda sono raggruppati tutti i parametri che definiscono le modalità di visualizzazione dei risultati tramite mappe colorate. I parametri sono suddivisi in tre sezioni perfettamente analoghe per la personalizzazione delle mappe di tensione, tensione su tensione massima e deformazione.

SISTEMA

Dalla voce Sistema si hanno le seguenti impostazioni:

Info disegno: selezionando un elemento del disegno se ne ricavano delle informazioni.

Info elemento: selezionando un elemento della sezione se ne ricavano delle informazioni.

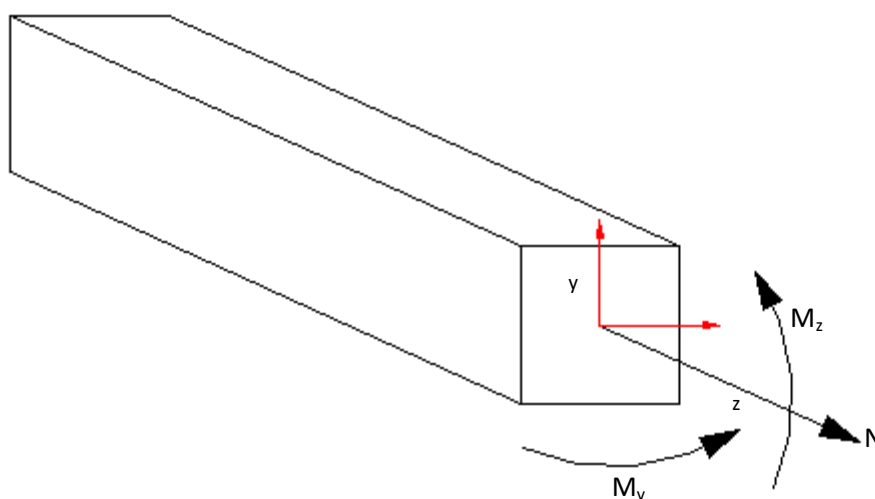
Parametri: la finestra che si apre consente di resettare i parametri impostando quelli predefiniti.

Arrotonda vertici: in automatico arrotonda i vertici della sezione.

Convenzioni, simboli ed unità di misura

Sollecitazioni

La figura riporta le convenzioni per le sollecitazioni positive agenti sulla sezione



Tensioni e deformazioni

Le tensioni sono positive se di trazione e negative se di compressioni; analogamente le deformazioni sono positive se di allungamento e negative se di accorciamento.

Verifica a taglio

Le verifiche a taglio sono condotte secondo quanto indicato dal libro: "Progettare il cemento armato contro il fuoco" di P. Contini e M. Taliano – CLUT editore. Ci si può anche riferire all'Eurocodice 2 parte 1.1 nel capitolo 6 relativo al taglio.

Elementi privi di armatura a taglio.

Nella formula per il calcolo della resistenza a taglio per elementi che non richiedono armatura a taglio rientra k_c , coefficiente di abbattimento della resistenza del materiale, funzione della temperatura raggiunta. La temperatura a cui si fa riferimento è la temperatura media del corrente teso. IS Fuoco valuta in automatico questa temperatura e ricava, di conseguenza, il coefficiente k_c .

Elementi con armatura a taglio

Le verifiche a taglio sono condotte secondo quanto indicato dal libro: "Progettare il cemento armato contro il fuoco" di P. Contini e M. Taliano – CLUT editore. Ci si può anche riferire all'Eurocodice 2 parte 1.1 nel capitolo 6 relativo al taglio. Nella formula per il calcolo della resistenza a taglio per elementi che non richiedono armatura a taglio rientra k_c , coefficiente di abbattimento della resistenza del materiale, funzione della temperatura raggiunta. La temperatura a cui si fa riferimento è la temperatura media del corrente teso, IS Fuoco valuta in automatico questa temperatura e ricava, di conseguenza, il coefficiente k_c . Per attivare la verifica a taglio per elementi privi di armatura a taglio occorre spuntare la voce "Esegui la verifica al taglio" e porre uno dei valori relativi alle staffe pari a 0 (zero).

Per quanto riguarda le staffe la resistenza a trazione dell'acciaio viene valutata in funzione della temperatura raggiunta nel punto P posto a livello del limite superiore dell'area tesa efficace introdotta nell'Eurocodice 2 per le verifiche allo stato limite ultimo per fessurazione. L'altezza h_{eff} è pari a: $2.5 (h-d)$.

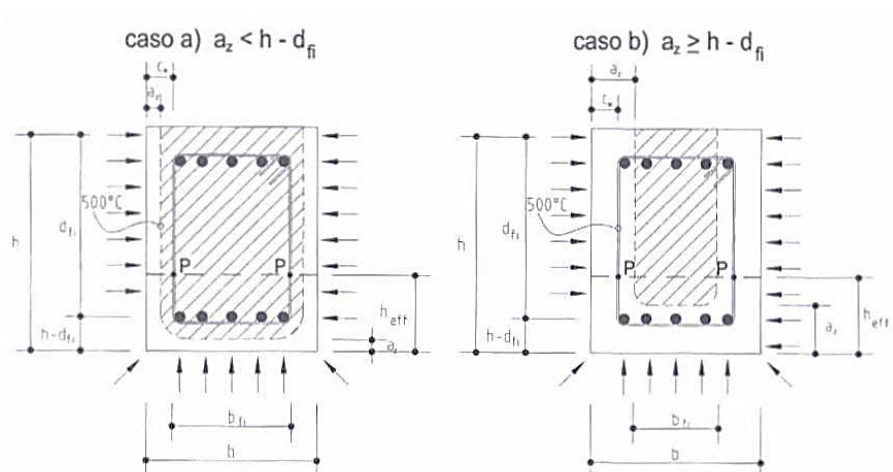


Figura 4.22 Posizioni dell'isoterma 500°C:
caso a) $a_z < h - d_{fi}$; caso b) $a_z \geq h - d_{fi}$.

Esempi svolti utilizzando il programma

Esempio n°1 – Pilastro sottoposto ad incendio

Dato un pilastro quadrato avente lato pari a 40 cm lo si espone al fuoco standard sui quattro lati per 120 minuti, si calcolano le temperature nei nodi e si verifica la resistenza della sezione sottoposta a due diverse terne di sollecitazioni.

Esecuzione

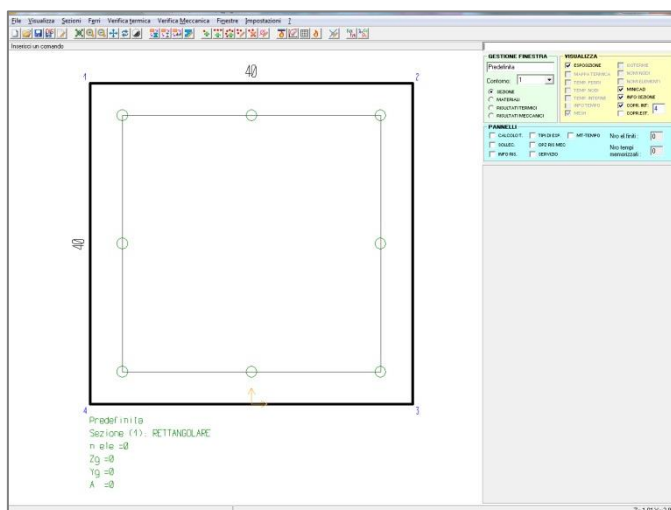
All'avvio del software bisogna definire la sezione del pilastro oggetto dell'esempio; per far ciò occorre accedere dal menu principale a "Sezioni", di qui a "Ridefinisci" e, infine, a "Standard". Si apre un pannellino contenente le forme più utilizzate tra cui quella rettangolare. Ognuna di queste ha le quote editabili dall'utilizzatore e, in questo caso, si scrive 40 cm sulla base e sull'altezza confermando cliccando il tasto "OK".

In alternativa si può modificare la sezione presente di default all'avvio di IS Fuoco avente forma rettangolare, una base lunga 40 cm e un'altezza di 30 cm. Per cambiare questa lunghezza è sufficiente cliccare due volte sulla quota ed editare "40" nella casella di richiesta superiore.

Un'altra possibilità consiste nel modificare le coordinate dei vertici della sezione rettangolare dalla finestra "Dati sezione" apribile tramite le voci del menu principale "Sezioni > Edita".

Definita la sezione si passa all'inserimento dell'armatura e per prima cosa si eliminano i ferri presenti di default con le voci del menu principale Ferri > Reset. In questo esempio il numero di ferri è 3 per lato ed il loro diametro è 14 mm; bisogna modificare il copriferro poiché è di 4 cm e non di 3 cm come nel default del programma. Per apportare questa modifica occorre accedere ad "Impostazioni" → "Disegno" → linguetta "Dati" → quinta voce "Copriferro armature longitudinali" e qui editare 4, oppure nel pannello laterale nel riquadro "Visualizza" si imposta il valore del "Copr.int." a 4.

Per inserire le barre dal menu principale si accede alla dicitura "Ferri" e, poi, tra le varie opzioni di



"Inserisci" si sceglie "Inserisci per strati", poiché è il modo più semplice nel caso di sezioni di forma rettangolare. Nella barra degli input viene richiesto il numero dei ferri ed il loro diametro, che vanno digitati da tastiera. Ci si posiziona, poi, sulla sezione del pilastro cliccando sulla linea di copriferro nell'estremità di sinistra e poi nell'estremità di destra; questo andrà fatto sia nella parte inferiore del quadrato, sia nella parte superiore, in automatico si avranno il numero di ferri scelto e una distanza costante fra essi. Tale operazione andrà ripetuta poi anche in

verticale sul lato destro e sul lato sinistro.

Una volta definite la forma della sezione e l'armatura bisogna scegliere le caratteristiche dei materiali che le compongono e la normativa a cui riferirsi. Nel menu principale si selezionano le voci "Sezione" e "Edita" e si apre la finestra "Dati sezione". Come normativa si scelgono gli Eurocodici e le NTC 2018, per quanto

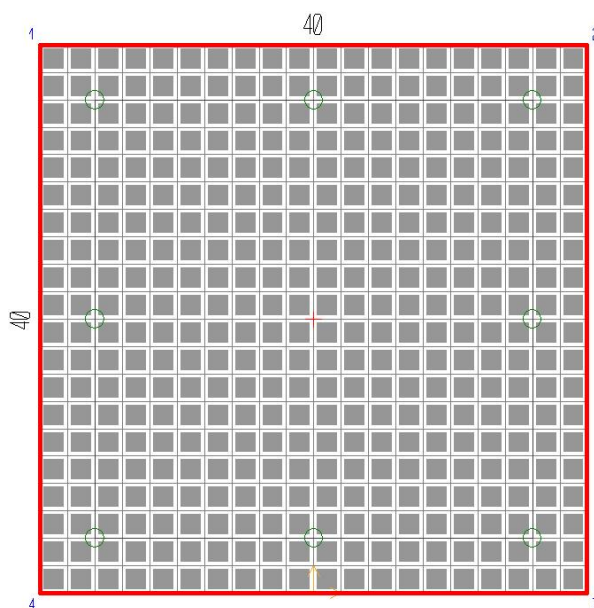
riguarda il materiale meccanico si seleziona il calcestruzzo con classe materiale C25/30, infine, per quanto riguarda il materiale termico, il cls previsto dall'Eurocodice 2 del 2004 (di cui sono già presenti le curve di conducibilità termica, calore specifico e densità relativa).

Selezionando le voci del menu principale "Ferri" e "Edita" si possono vedere le coordinate e le caratteristiche delle barre d'armatura, in questo esempio il tipo di materiale è "Acciaio barre" e la classe del materiale è B450C.

Compite queste operazioni si può passare al calcolo termico.

In "Gestione", all'interno del menu laterale, si spunta la voce "Risultati termici" che attiva "Calcolo T.", "Tipi di esp." e "Mt-tempo" in "Pannelli" per impostare il calcolo. In questo modo sono visibili tutte le tipologie di esposizione previste di default dal programma IS Fuoco, ossia:

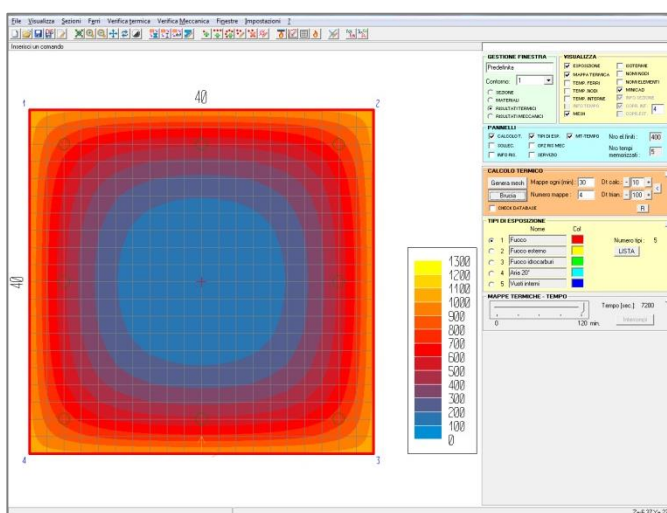
- Fuoco standard;
- Fuoco esterno;
- Fuoco da idrocarburi;
- Aria 20°;
- Vuoti interni;



In questo esempio il pilastro è sottoposto a fuoco di tipo standard (si seleziona quindi "Fuoco" tra i possibili tipi di esposizione) su tutti i quattro lati. Dal menu principale si accede alle diciture "Verifica termica → Zone di esposizione → Contorno attivo → Lati" e poi si clicca con il mouse sui quattro lati esterni che vengono esposti ad incendio.

Il passo successivo è la generazione della mesh che viene fatta in modo automatico cliccando sul tasto "Genera mesh" nel pannello laterale all'interno di "Calcolo termico". A questo punto si apre un pannellino con quattro possibili scelte, si seleziona la seconda "Mesh generica" e si modifica la "Dimensione massima dell'elemento finito" digitando 2.

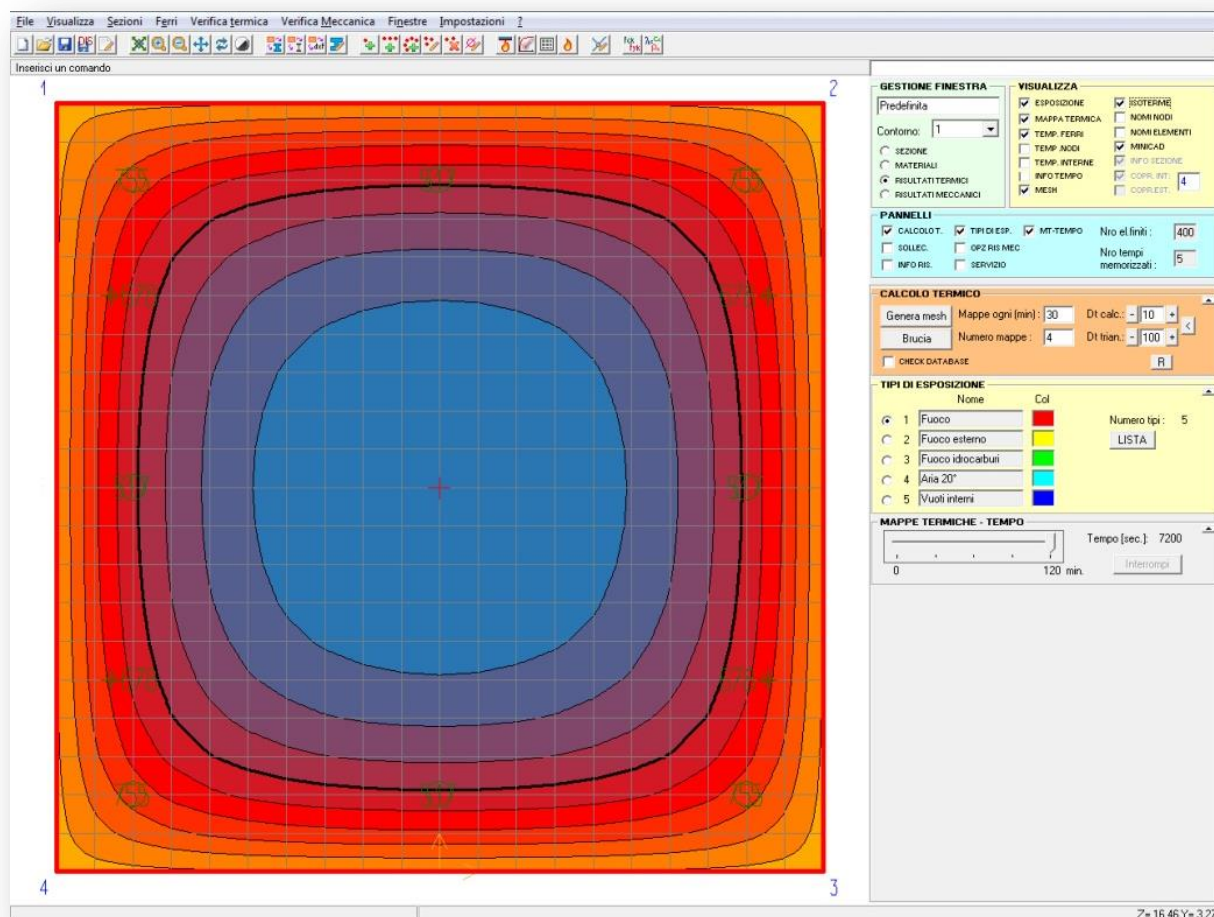
Confermata questa scelta si definisce il numero di mappe e la durata di queste (nel presente esempio si scelgono quattro mappe da 30 minuti) e si clicca il tasto "Brucia", di qui ha inizio il calcolo e la barra di progressione inizia a muoversi dal tempo 0 a quello scelto. Quando questa barra si trova sulla tacca finale, ossia in corrispondenza di 120 minuti, il calcolo termico è completo e si possono vedere i risultati ogni 30 minuti (intervallo tra le mappe).



I dati visualizzabili sono:

- mappa termica;
- temperatura dei ferri;
- temperatura nei nodi;
- temperatura interna;
- isoterme.

In ogni momento è possibile attivare e disattivare la visualizzazione dei vari risultati.



Terminata la fase del calcolo termico si passa alla verifica meccanica.

Si seleziona "Risultati meccanici" in "Gestione finestra" nel pannello laterale e si visualizza una parte dedicata all'inserimento di questi dati. Bisogna cliccare sul tasto "LISTA" nel riquadro "SOLLECITAZIONI" per aggiungere delle terne di sollecitazione fino a raggiungere il numero desiderato. Nel presente esempio si scelgono due terne con i seguenti valori:

Terna n°1

$$M_{zd} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{yd} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_d = -80000 \text{ daN}$$

$$T_{yd} = 0 \text{ kN}$$

Terna n°2

$$M_{zd} = 10000 \text{ daNcm}$$

$$M_{yd} = 100000 \text{ daNcm}$$

$$N_d = -1000 \text{ daN } T_{yd} = 0 \text{ kN}$$

Per visualizzare le unità di misura in cui sono espressi tali valori o per inserirli con un'altra unità di misura bisogna cliccare due volte sul numero scritto in colore blu e si aprirà un pannellino di conversione, in cui il valore che si trova colorato in giallo sarà poi visualizzato nella casella di inserimento dati. In automatico il programma converte il valore inserito nel corrispondente valore espresso nell'unità di misura di default (ossia daN per le forze e daNcm per i momenti).

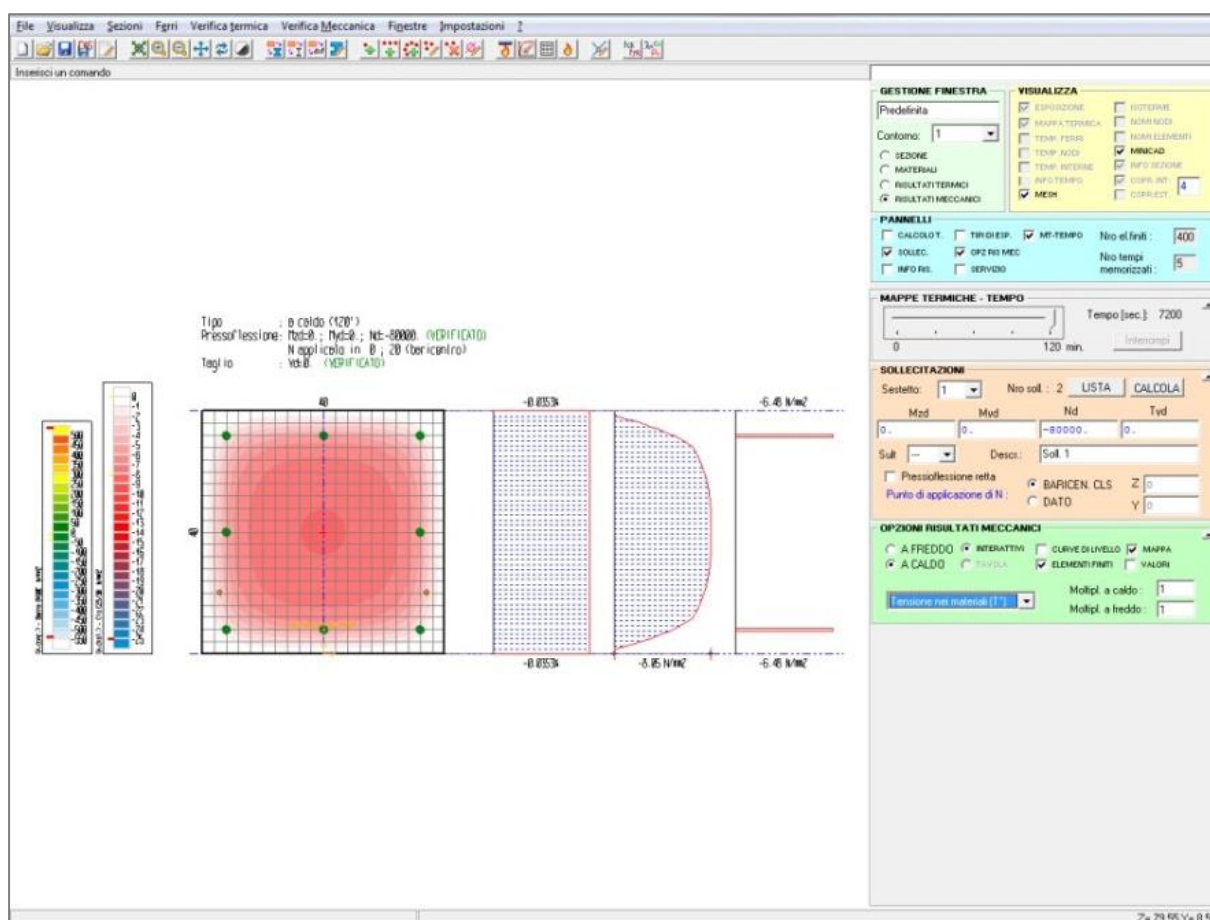
Per calcolare gli effetti delle terne di sollecitazione sulla sezione occorre cliccare il tasto "CALCOLA" nel riquadro "SOLLECITAZIONI" nella barra laterale. A seconda della terna e del tempo di esposizione selezionati sarà possibile visualizzare un gran numero di risultati calcolati.

Tra le "Opzioni di visualizzazione dei risultati" si può scegliere "A freddo" oppure "A caldo", selezionando la seconda possibilità compare la barra di progressione per analizzare i risultati con il passare del tempo di esposizione all'incendio.

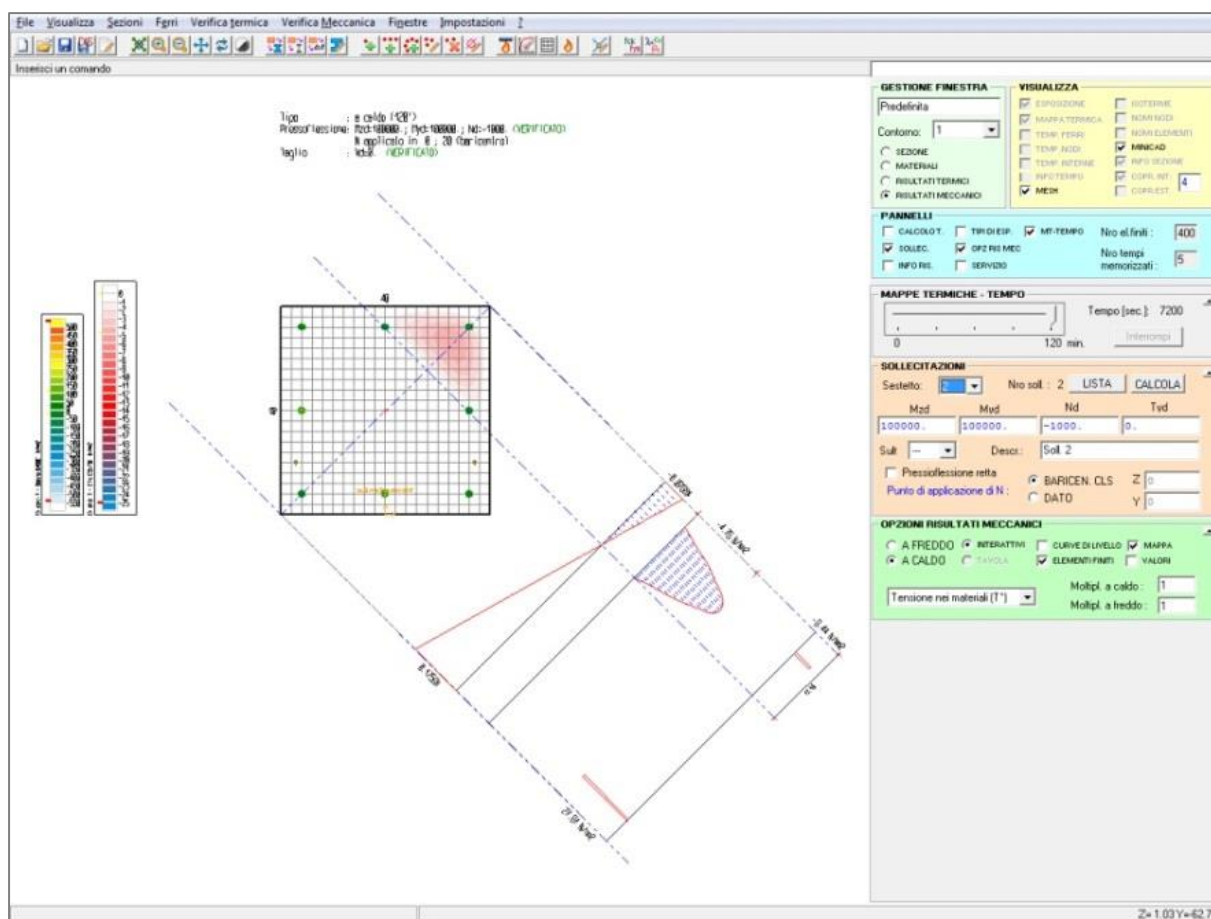
Tra le "Opzioni risultati meccanici" si hanno diverse scelte:

- Deformazioni elastiche;
- Tensioni nei materiali;
- Tensione (T°) / Tensione Max (20°)
- Tensione (T°) / Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°) / Tensione Max (20°)

In questo esempio si sceglie di visualizzare le "Tensioni nei materiali".



Terna n°1: comportamento in pressoflessione retta, la terna è verificata anche a 120 minuti

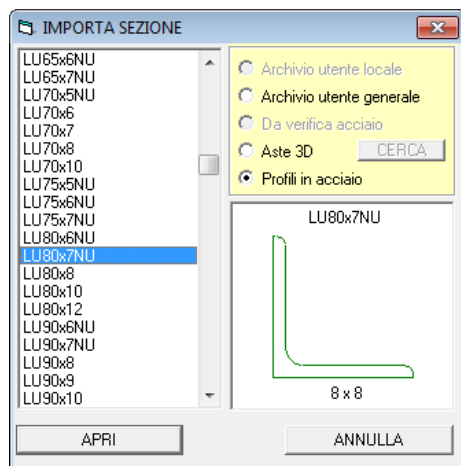


Terna n°2: comportamento in pressoflessione deviata, la terna è verificata anche a 120 minuti

Esempio n°2 – Profilo metallico verniciato sottoposto ad incendio

Dato un profilo in acciaio di tipo LU80x7 lo si isola esternamente con una vernice e lo si espone al fuoco standard sui lati per 60 minuti, si calcolano le temperature nei nodi e la resistenza massima sopportabile dalla sezione sottoposta ad incendio.

Esecuzione



All'avvio del software bisogna definire la sezione oggetto dell'esempio; per far ciò occorre accedere dal menu principale a "Sezioni", di qui a "Ridefinisci" ed a "Importa", da dove si seleziona la voce "Profili in acciaio". Qui si ha un vasto elenco di profili metallici standard (di ognuno è disponibile l'immagine in anteprima), tra cui quello scelto per questo calcolo: LU80x7.

Bisogna selezionare il profilo voluto e poi cliccare sul tasto "Apri", in questo modo il pannello "Importa sezione utente" si chiude e si torna sulla finestra principale, in cui la sezione presente sarà il profilato scelto.

A questo punto bisogna scegliere le caratteristiche dei materiali e la normativa a cui riferirsi. Nel menu principale si selezionano le voci "Sezione" e "Edita" e si apre la finestra "Dati sezione". Come normativa si scelgono gli Eurocodici e le NTC 2018, per quanto riguarda il materiale meccanico si seleziona l'acciaio profili con classe materiale S275, infine, per quanto riguarda il materiale termico, l'acciaio previsto dall'Eurocodice 3.

Prima di procedere alla verifica termica bisogna definire le caratteristiche della vernice che va a rivestire il profilo metallico. Per fare questo occorre scegliere dal menu principale la voce "Impostazioni" e poi "Materiali" → "Termici". Si apre un pannello con varie linguette tra cui una chiamata "Utente"; selezionata questa si clicca sul tasto "Aggiungi". Nella nuova finestra che si apre bisogna dare una descrizione al materiale, in questo caso "Vernice", si spunta la dicitura "Materiale senza massa" e si preme il tasto "Genera materiale". In corrispondenza del grafico della conducibilità termica si clicca "Modifica", si apre la finestra di inserimento dei dati dove occorre cliccare il tasto "Reset" per eliminare i valori presenti di default; inseriamo una conducibilità con andamento costante:

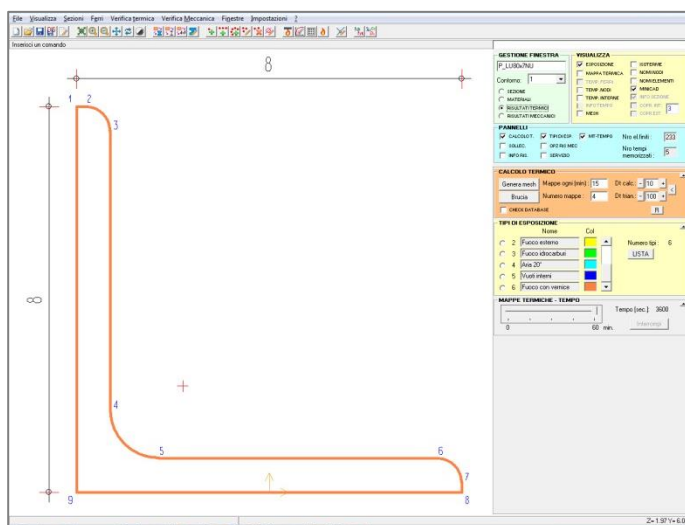
1. Asse X: $T = 20^\circ$ Asse Y: $\lambda = 0.07 \text{ W/mK}$
2. Asse X: $T = 1200^\circ$ Asse Y: $\lambda = 0.07 \text{ W/mK}$

Terminata la definizione delle caratteristiche della sezione si passa alla verifica termica premendo il tasto "Verifica termica" nel pannello laterale. In "Tipi di esposizione" si preme il tasto "LISTA" in modo da vedere tutte le tipologie di esposizione previste di default dal programma IS Fuoco, ossia:

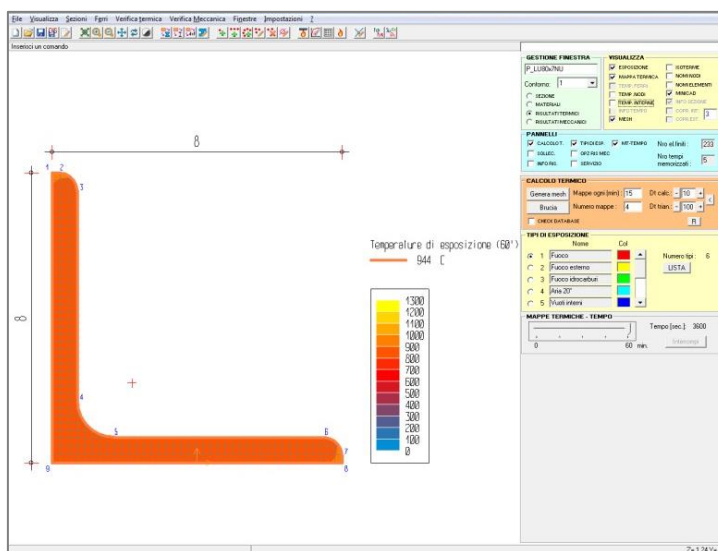
- Fuoco standard;
- Fuoco esterno;
- Fuoco da idrocarburi;
- Aria 20° ;
- Vuoti interni.

In questo esempio il profilo è sottoposto a fuoco di tipo standard, ma con vernice, per cui occorre creare un nuovo tipo di esposizione cliccando sul tasto “AGGIUNGI”. Generato il nuovo tipo di esposizione gli si dà il nome “Fuoco con vernice”, come curva T-T si sceglie “Fuoco”, ossia l’incendio di tipo standard, come

isolante si seleziona la vernice prima creata “U_Vernice” a cui si assegna uno spessore di 2 mm. Tornati sulla finestra principale si sceglie, quindi, “Fuoco con vernice” e lo si applica su tutti i lati andando nel menu principale alle diciture “Verifica termica → Zone di esposizione → Contorno attivo → Lati” e poi cliccando con il mouse sul perimetro esterno del profilo, interamente esposto ad incendio. Il colore assegnato a questa nuova esposizione è l’arancione (il colore è personalizzabile dall’utente).



Il passo successivo è la generazione della mesh che viene fatta in modo automatico selezionando “Risultati termici” nel pannello laterale e poi cliccando sul tasto “Genera mesh”. A questo punto si apre una finestra con alcune possibili scelte; e per questa sezione si sceglie la seconda opzione “Mesh generica” e si modifica la “Passo minimo della griglia di elementi [cm]” digitando 0.2.



Confermata questa scelta si definisce il numero di mappe e la durata di queste (nel presente esempio si scelgono quattro mappe da 15 minuti) e si clicca il tasto “Brucia”, di qui ha inizio il calcolo e la barra di progressione inizia a muoversi dal tempo 0 a quello scelto. Quando questa barra si trova sulla tacca finale, ossia in corrispondenza di 60 minuti, il calcolo termico è completo e si possono vedere i risultati ogni 15 minuti (intervallo tra le mappe). I dati visualizzabili sono:

- mappa termica;
- temperatura dei ferri;
- temperatura nei nodi;
- temperatura interna;
- isoterme.

In ogni momento è possibile attivare e disattivare la visualizzazione dei vari risultati.

La temperatura raggiunta nella sezione è pari a circa 898° C, temperatura molto alta nonostante la presenza della vernice isolante (la temperatura di esposizione è pari a 944° C).

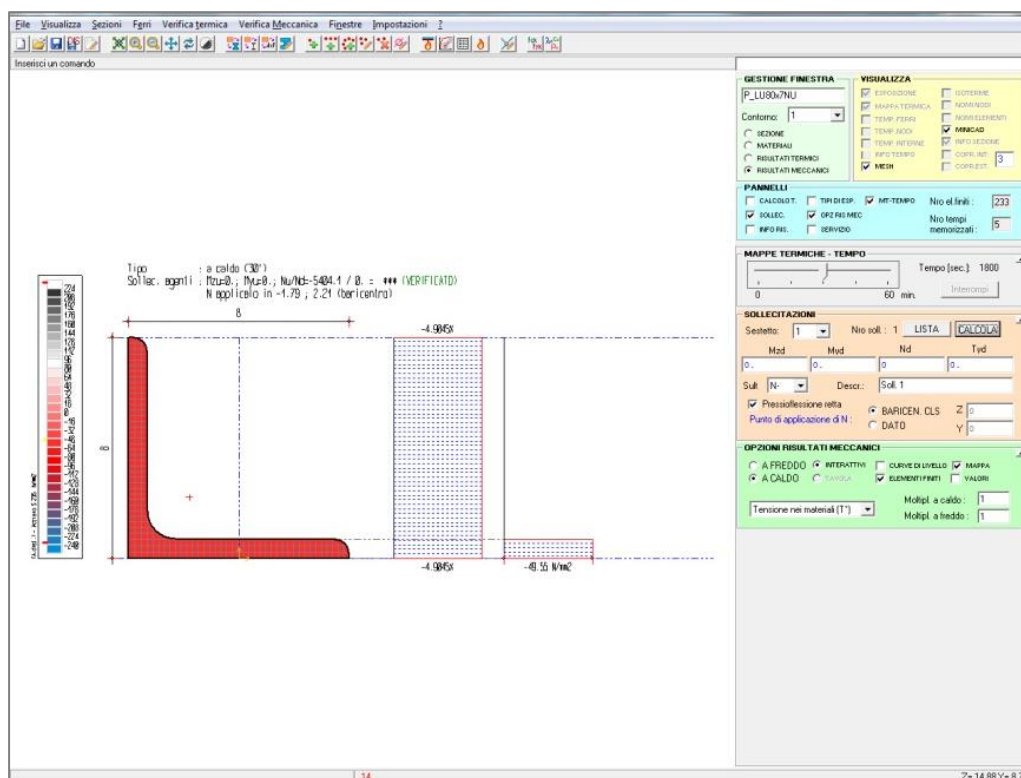
Terminata la fase del calcolo termico si torna si spunta la voce "Verifica meccanica" per valutare la resistenza massima sopportata dal profilo sottoposto ad incendio. Avendo spuntata la voce "Sollec." in "Pannelli" si visualizza, nel menu laterale, una parte dedicata all'inserimento delle terne di sollecitazione. Bisogna cliccare sul tasto "LISTA" per aggiungere una terna di sollecitazione; nel presente esempio si lasciano tutti i valori di sforzo normale, taglio e momento a zero, e si imposta in corrispondenza della voce Sult, la dicitura "N-".

Per visualizzare le unità di misura in cui sono espressi gli sforzi ed i momenti o per inserirli con un'altra unità di misura bisogna cliccare due volte sul numero scritto in colore blu e si aprirà un pannellino di conversione, in cui il valore che si trova colorato in giallo sarà poi visualizzato nella casella di inserimento dati. In automatico il programma converte il valore inserito nel corrispondente valore espresso nell'unità di misura di default (ossia daN per le forze e daNcm per i momenti).

Per calcolare gli sforzi massimi sopportabili dalla sezione occorre premere il tasto "CALCOLA" presente nella barra laterale nel riquadro "SOLLECITAZIONI". Tra le "Opzioni di visualizzazione dei risultati" si può scegliere "A freddo" oppure "A caldo", selezionando la seconda possibilità compare la barra di progressione per analizzare i risultati con il passare del tempo di esposizione all'incendio.

Tra le "Opzioni risultati" si hanno diverse scelte:

- Deformazioni elastiche;
- Tensioni nei materiali;
- Tensione (T°) / Tensione Max (20°)
- Tensione (T°) / Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°) / Tensione Max (20°)



Comportamento in pressoflessione retta a 60 minuti

Le tensioni massime calcolate sono:

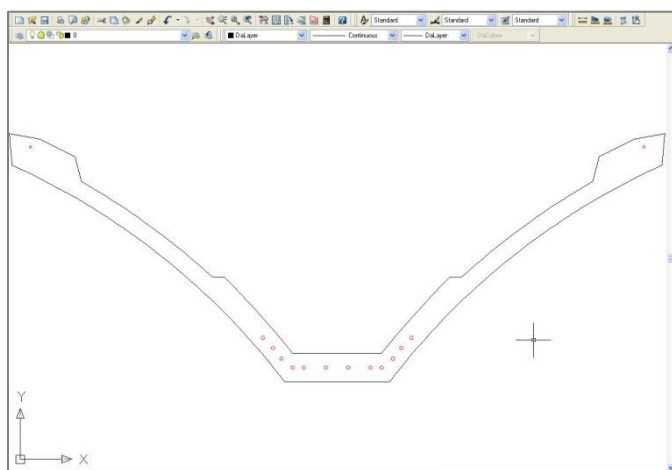
- a freddo: -24165.1 daN
- a 0 min: -25373.3 daN
- a 15 min: -19036.3 daN
- a 30 min: -5404.1 daN
- a 45 min: -2990.6 daN
- a 60 min: -1555.3 daN

Esempio n°3 – Tegolo alare importato da .dxf

Dato un tegolo alare in cemento armato precompresso lo si espone al fuoco standard sulla parte inferiore per 120 minuti, si calcolano le temperature nei nodi, nei ferri ed il momento massimo supportabile dalla sezione sottoposta ad incendio.

Esecuzione

All'avvio del software bisogna definire la sezione oggetto dell'esempio; per far ciò occorre accedere dal



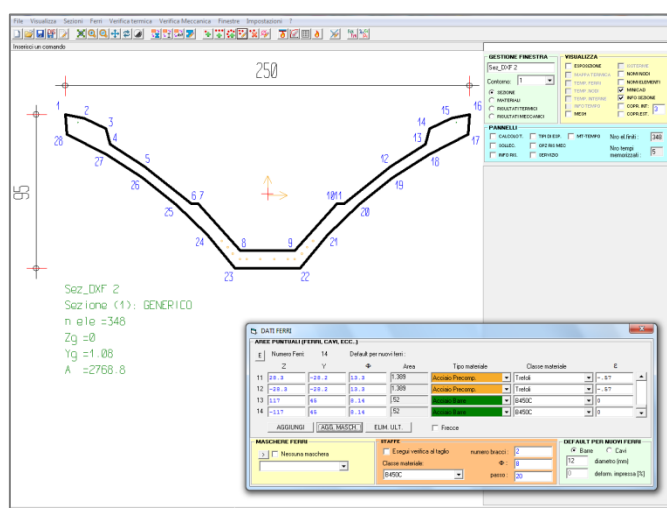
menu principale a “Sezioni”, di qui a “Ridefinisci” e “da DXF”, da dove si seleziona il corretto file .dxf contenente l'immagine del tegolo alare oggetto del presente esempio.

Il disegno, salvato in .dxf, deve essere composto da tratti di linea (non polilinee) ed il contorno deve essere chiuso. Il profilo può già avere il disegno dei ferri presenti (schematizzati con cerchietti) che verranno importati insieme al resto della sezione e riconosciuti come armatura.

Dopo aver cliccato il tasto “Apri” si torna sulla finestra principale, in cui la sezione presente sarà il tegolo alare scelto.

A questo punto bisogna scegliere le caratteristiche dei materiali e la normativa a cui riferirsi. Nel menu principale si selezionano le voci “Sezione” e “Edita” e si apre la finestra “Dati sezione”. Come normativa si scelgono gli Eurocodici e le NTC 2018, per quanto riguarda il materiale meccanico si seleziona il calcestruzzo con classe materiale C50/60, infine, per quanto riguarda il materiale termico, il calcestruzzo previsto dall'Eurocodice 2.

Dal menu principale si accede alle voci del menu principale “Ferri → Edita” per andare a definire le caratteristiche dell'armatura. Le barre dal numero 1 al numero 12 (ossia quelle che si trovano nella parte inferiore del tegolo) hanno come tipo di materiale l'acciaio da precompressione, la classe del materiale è “Trefoli” e la deformazione impressa ε (valore negativo espresso in percentuale) è -0.57; per le barre numero 13 e 14 (i ferri che si trovano nelle sommità di sinistra e destra) si assegna come tipo di materiale l'acciaio barre. e la classe del materiale B450C.

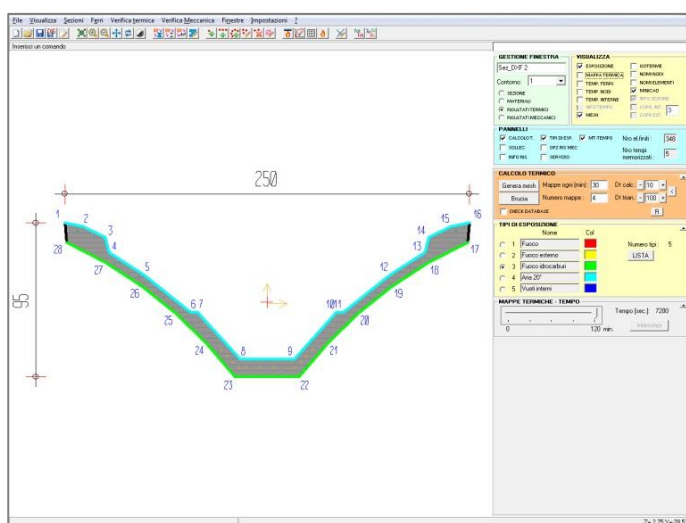


Terminata la definizione delle caratteristiche della sezione si passa alla verifica termica premendo il tasto “Verifica termica” nel pannello laterale. In “Tipi di esposizione” si preme il tasto “LISTA” in modo da vedere tutte le tipologie di esposizione previste di default dal programma IS Fuoco, ossia:

- Fuoco standard;
- Fuoco esterno;
- Fuoco da idrocarburi;
- Aria 20°;
- Vuoti interni.

di cui sono già presenti le curve di che esprimono la variazione della temperatura in funzione del tempo.

In questo esempio il tegolo alare è sottoposto a fuoco da idrocarburi (si seleziona quindi “Fuoco idrocarburi” tra i possibili tipi di esposizione) sulla parte inferiore, è a contatto con l’aria nella parte superiore (si seleziona “Aria 20°”). Dal menu principale si accede alle diciture “Verifica termica” → “Zone di esposizione” → “Lati” e poi si clicca con il mouse sui lati esterni, assegnando prima l’incendio da idrocarburi e poi l’aria.

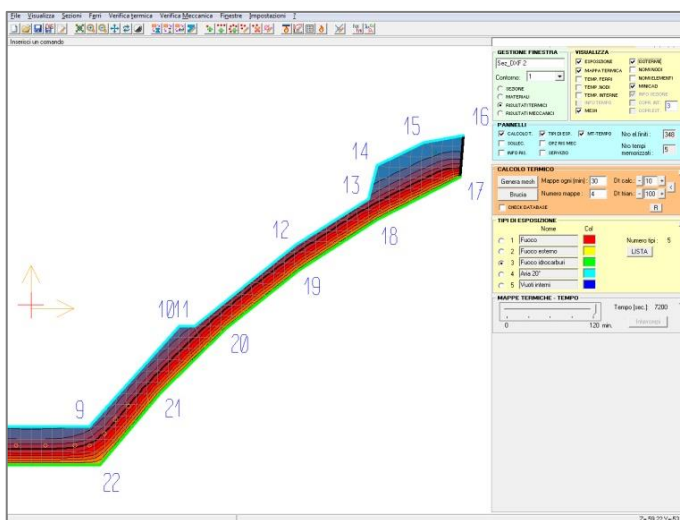


Il passo successivo è la generazione della mesh che viene fatta in modo automatico selezionando “Risultati termici” nel pannello laterale e poi cliccando sul tasto “Genera mesh”. A questo punto si apre una finestra con alcune possibili scelte; e per questa sezione si sceglie la seconda opzione “Mesh generica” e si lasciano i valori di default per quanto riguarda il “Numero totale indicativo di elementi”, ossia pari a 300, e per quanto riguarda il “Passo minimo della griglia di elementi”, ossia pari a circa 3 cm.

Confermata questa scelta si definisce il numero di mappe e la durata di queste (nel presente esempio si scelgono quattro mappe da 30 minuti) e si clicca il tasto “Brucia”, di qui ha inizio il calcolo e la barra di progressione inizia a muoversi dal tempo 0 a quello scelto. Quando questa barra si trova sulla tacca finale, ossia in corrispondenza di 120 minuti, il calcolo termico è completo e si possono vedere i risultati ogni 30 minuti (intervallo tra le mappe). I dati visualizzabili sono:

- mappa termica;
- temperatura dei ferri;
- temperatura nei nodi;
- temperatura interna;
- isoterme.

In ogni momento è possibile accendere e spegnere la visualizzazione dei vari risultati.



Terminata la fase del calcolo termico si torna si spunta la voce "Verifica meccanica" per valutare la resistenza massima sopportata dal profilo sottoposto ad incendio. Avendo spuntata la voce "Sollec." in "Pannelli" si visualizza, nel menu laterale, una parte dedicata all'inserimento delle terne di sollecitazione. Bisogna cliccare sul tasto "LISTA" per aggiungere una terna di sollecitazione; nel presente esempio si imposta:

Terna n°1

$M_{zd} = 7500000 \text{ daNcm}$

$M_{yd} = 0 \text{ daNcm}$

$N_d = 0 \text{ daN}$

$T_{yd} = 0 \text{ daN}$

e si seleziona, in corrispondenza della voce Sult, la dicitura "Mz+" in modo da calcolare il momento massimo sopportabile dal tegolo sottoposto ad incendio.

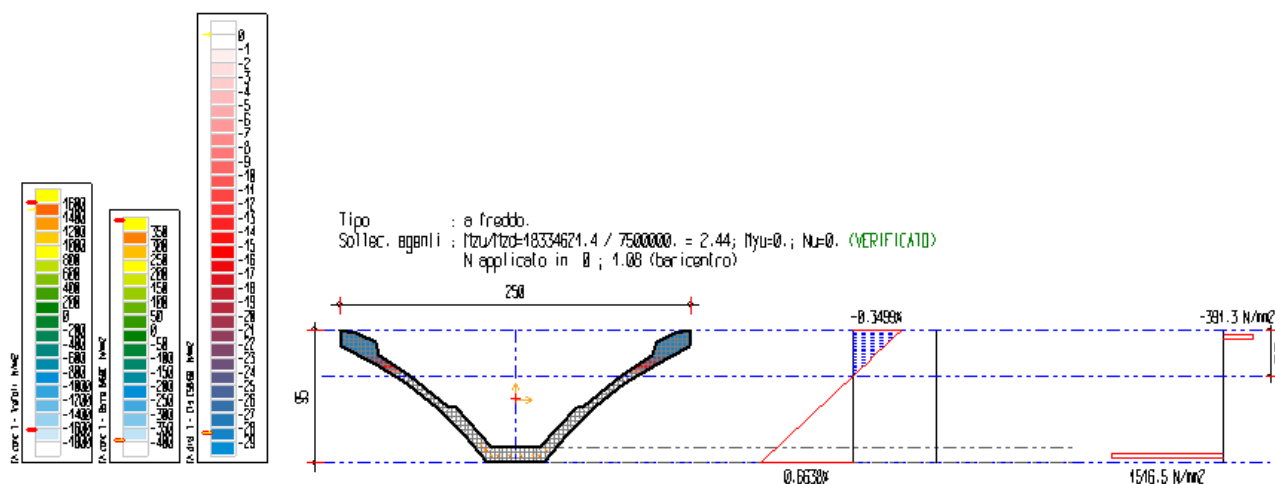
Per visualizzare le unità di misura in cui sono espressi gli sforzi ed i momenti o per inserirli con un'altra unità di misura bisogna cliccare due volte sul numero scritto in colore blu e si aprirà un pannellino di conversione, in cui il valore che si trova colorato in giallo sarà poi visualizzato nella casella di inserimento dati. In automatico il programma converte il valore inserito nel corrispondente valore espresso nell'unità di misura di default (ossia daN per le forze e daNcm per i momenti).

Per calcolare gli sforzi massimi sopportabili dalla sezione occorre premere il tasto "CALCOLA" presente nella barra laterale nel riquadro "SOLLECITAZIONI". Tra le "Opzioni di visualizzazione dei risultati" si può scegliere "A freddo" oppure "A caldo", selezionando la seconda possibilità compare la barra di progressione per analizzare i risultati con il passare del tempo di esposizione all'incendio.

Tra le "Opzioni risultati" si hanno diverse scelte:

- Deformazioni elastiche;
- Tensioni nei materiali;
- Tensione (T°) / Tensione Max (20°)
- Tensione (T°) / Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°) / Tensione Max (20°)

In questo esempio si sceglie di visualizzare le "Tensioni nei materiali" a 120 minuti.



I momenti massimi calcolati sono:

- a freddo: 18334621,4 daNcm
- a 0 min: 22022285.5 daNcm
- a 30 min: 20136604,3 daNcm
- a 60 min: 15227199.6 daNcm
- a 90 min: 10976301,2 daNcm
- a 120 min: 7676574,7 daNcm

La terna di sollecitazioni è verificata.

Esempio n°4 – Pannello di tamponamento in cls

È dato un blocco in calcestruzzo avente lunghezza pari a 100 cm, altezza pari a 25 cm e due fori di forma rettangolare. Lo si espone al fuoco standard sul lato inferiore per 60 minuti, si calcolano le temperature nei nodi e si verifica il criterio di isolamento.

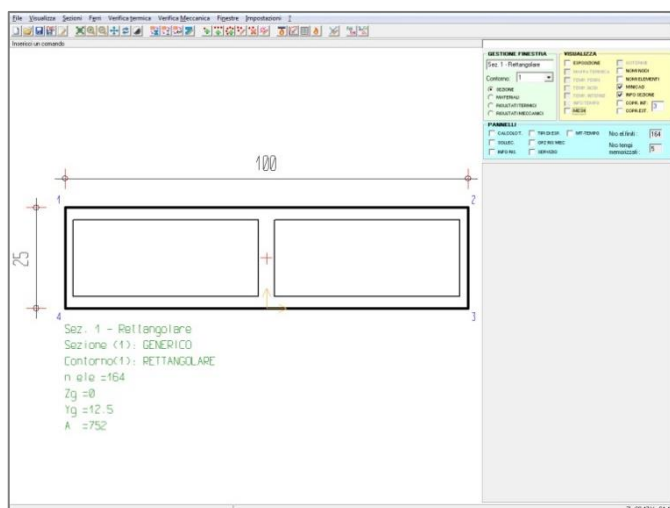
Esecuzione

All'avvio del software bisogna definire la sezione oggetto dell'esempio; per far ciò occorre accedere dal menu principale a "Sezioni", di qui a "Ridefinisci" e, infine, a "Standard". Si apre un pannellino contenente le forme più utilizzate tra cui quella rettangolare. Ognuna di queste ha le quote editabili dall'utilizzatore e, in questo caso, si scrive 100 cm sulla base e 25 cm sull'altezza, si conferma cliccando il tasto "OK".

Tornati sulla finestra della verifica meccanica si ha la sezione di forma rettangolare a cui bisogna aggiungere i due fori. Si sceglie di disegnarli utilizzando il MiniCad, ossia il cad interno del programma, attivabile con il tasto F9 o scegliendo la voce "Minicad", situata nel menu principale sotto la voce "Finestre". Dal menu principale di questo disegnatore si sceglie "Disegno" e "Polilinea", nella parte sottostante si seleziona un colore (ad es. il rosso) e poi si editano i vertici dei due fori rettangolari, aventi coordinate riportate nelle tabelle seguenti (le coordinate sono leggibili nella barra inferiore a destra).

N. Punto	x [cm]	y [cm]
Punto n. 1	2	3
Punto n. 2	48	3
Punto n. 3	48	22
Punto n. 4	2	22

N. Punto	x [cm]	y [cm]
Punto n. 1	-2	3
Punto n. 2	-48	3
Punto n. 3	-48	22
Punto n. 4	-2	22

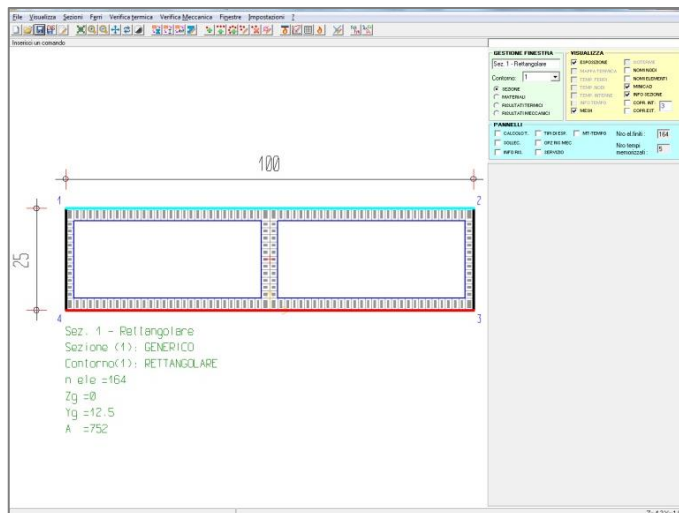


Fino a questo punto i due fori sono solo dei disegni, occorre attivarli come contorni facenti parte della sezione. Si procede accedendo dal menu principale a "Sezioni" → "Contorni" → "Aggiungi da disegno" e cliccando sul primo rettangolo e poi sul secondo. Facendo questo lo spessore del contorno dei fori aumenta e li si può vedere nella barra laterale, all'interno di "Gestione finestra" come Contorno 2 e Contorno 3.

Una volta definiti i contorni bisogna controllare che le coordinate dei rettangoli interni siano quelle corrette e scegliere le caratteristiche dei materiali che li compongono e la normativa a cui riferirsi.

Nel menu principale si selezionano le voci "Sezione" e "Edita" che apre la finestra "Dati sezione". Come normativa si scelgono gli Eurocodici e le NTC 2018, per quanto riguarda il contorno 1 (rettangolo esterno) il materiale meccanico che lo compone è il calcestruzzo con classe materiale C25/30 e come materiale termico il cls previsto dall'Eurocodice 2. Per quanto riguarda il contorno 2 ed il contorno 3 (fori rettangolari) il materiale meccanico che li compone è "Non strutturale" con classe materiale "Aria".

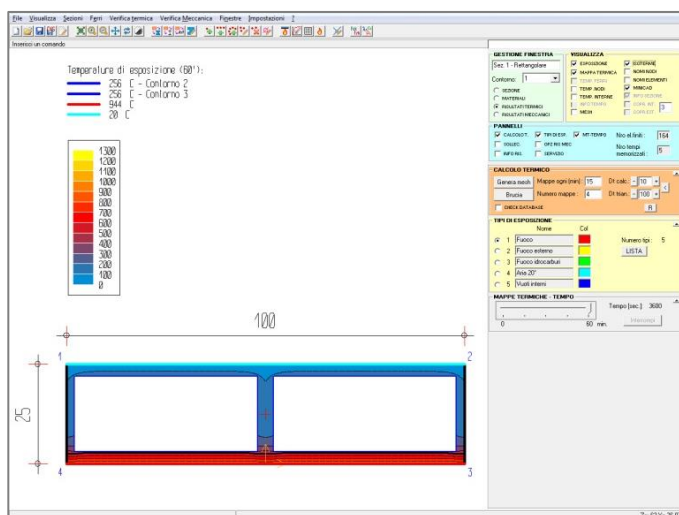
Compite queste operazioni si può passare alla verifica termica.



Terminata la definizione delle caratteristiche della sezione si passa alla verifica termica premendo il tasto “Verifica termica” nel pannello laterale. In “Tipi di esposizione” si preme il tasto “LISTA” in modo da vedere tutte le tipologie di esposizione previste di default dal programma IS Fuoco, ossia:

- Fuoco standard;
- Fuoco esterno;
- Fuoco da idrocarburi;
- Aria 20°;
- Vuoti interni.

di cui sono già presenti le curve di che esprimono la variazione della temperatura in funzione del tempo.



In questo esempio il blocco in calcestruzzo è sottoposto a fuoco di tipo standard sul lato inferiore, è a contatto con l'aria sul lato superiore e ha vuoti interni nei due fori. Dal menu principale si accede alle diciture “Verifica termica → Zone di esposizione → Contorno attivo → Lati”, si selezionano “Fuoco”, “Aria 20°” ed infine “Vuoti interni”, e poi si clicca con il mouse sui lati esterni e su quelli interni dei contorni 2 e 3.

Il passo successivo è la generazione della mesh che viene fatta in modo automatico spuntando

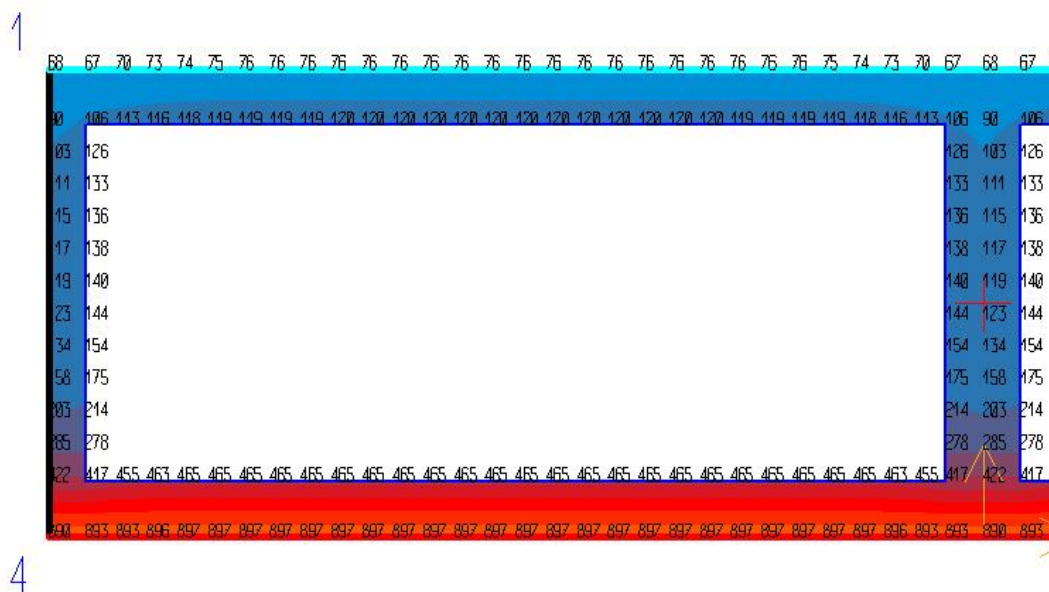
“Verifica termica” nel pannello laterale e poi cliccando sul tasto “Genera mesh”. A questo punto, nel pannellino che si aprirà, si sceglie la voce “Mesh generica” e si lasciano i valori di default “Numero totale indicativo di elementi” pari a 300 e “Passo minimo della griglia di elementi [cm]” pari a 1,6.

Confermata questa scelta si definisce il numero di mappe e la durata di queste (nel presente esempio si scelgono quattro mappe da 15 minuti) e si preme il tasto “Brucia”, di qui ha inizio il calcolo e la barra di progressione inizia a muoversi dal tempo 0 a quello scelto.

Quando questa barra si trova sulla tacca finale, ossia in corrispondenza di 60 minuti, il calcolo termico è completo e si possono vedere i risultati ogni 15 minuti (intervallo tra le mappe). I dati visualizzabili sono:

- mappa termica;
- temperatura dei ferri;
- temperatura nei nodi;
- temperatura interna;
- isoterme.

In ogni momento è possibile accendere e spegnere la visualizzazione dei vari risultati.



Terminato il calcolo termico si passa al controllo dell'isolamento.

L'isolamento è l'attitudine di un elemento da costruzione a contenere la trasmissione di calore entro un dato limite e limitare, quindi, l'incremento di temperatura sulla faccia non esposta ad incendio. Tale criterio è verificato se sulla superficie non esposta si ha:

- la massima temperatura non supera di 180° quella a tempo zero;
- la temperatura media non supera di 140° quella a tempo zero.

Tali temperature si ricavano dalla mappatura termica delle temperature e in questo esempio si ha:

- temperatura massima sulla faccia non esposta: 76° C
- temperatura media sulla faccia non esposta: 74° C

L'isolamento è verificato per questa sezione.

Esempio n°5 – Profilo metallico con isolante

Dato un profilo metallico HEA220 che viene circondato da uno scatolare di materiale isolante. Il perimetro esterno è esposto su quattro lati ad incendio standard per 60 minuti, si calcolano le temperature nei nodi e si verifica la resistenza della sezione sottoposta ad una terna di sollecitazioni.

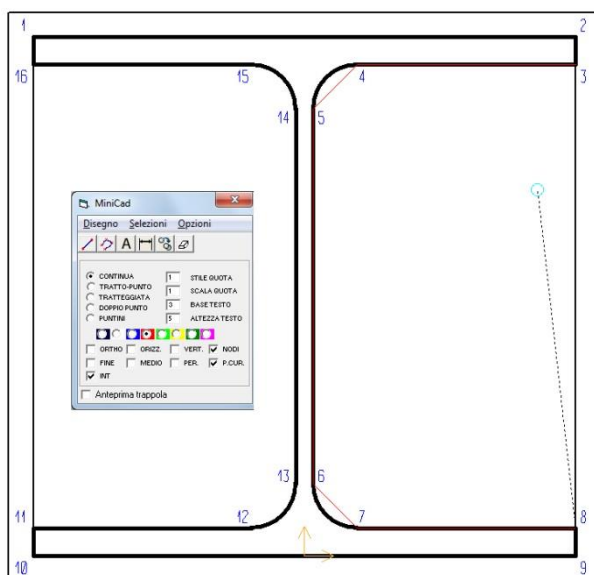
Esecuzione

A l'avvio del software bisogna definire la sezione oggetto dell'esempio; per far ciò occorre accedere dal menu principale a "Sezioni", di qui a "Ridefinisci" ed a "Importa", da dove si seleziona la voce "Profili in acciaio". Qui si ha un vasto elenco di profili metallici standard (di ognuno è disponibile l'immagine in anteprima), tra cui quello scelto per questo calcolo: HEA220.

Bisogna selezionare il profilo voluto e poi cliccare sul tasto "Apri", in questo modo il pannello "Importa sezione utente" si chiude e si torna sulla finestra principale, in cui la sezione presente sarà il profilato scelto.

Inserito il profilo occorre creare lo scatolare esterno. Per fare ciò si va sempre dalle voci "Sezioni → Contorni → Standard"; a questo punto si apre una finestra con alcune sezioni consuete, tra cui quella rettangolare. Ognuna di queste ha le quote editabili dall'utilizzatore e, in questo caso, si scrive 24 cm sulla base e 23 sull'altezza (le altezze sono espresse in cm) e si conferma cliccando il tasto "OK". La sezione rettangolare comparirà nella posizione non voluta e per spostarla si potrà utilizzare la funzione "**Sezione → Contorni → Trasla attivo → Per due punti**" oppure si potranno modificare le coordinate dei vertici del rettangolo, visibili nella finestra Dati sezione apribile tramite le voci del menu principale "Sezioni → Edita".

Tutti i valori sono espressi di default in cm, ma quando si visualizzano dei numeri scritti in colore blu è sufficiente cliccare due volte su tale numero per aprire il pannello di conversione delle unità di misura.



Come ultima cosa bisogna definire i tre vuoti interni in cui sarà presente l'aria. Con il tasto F9 si apre il disegnatore interno, il Minicad; dalla voce di menu "**Disegno**" si sceglie "**Polilinea**" e si seleziona, a scelta, un colore diverso per individuare meglio le linee sul disegno (ad esempio il rosso come nell'immagine a lato). Con la polilinea si crea il foro, ossia lo spazio compreso tra lo scatolare ed il profilo metallico, avente una forma simile ad una "D". Non è necessario fare le parti tonde, è sufficiente cliccare sul punto in cui inizia la curvatura e poi su quello in cui finisce. Una volta chiusa la polilinea questa non rappresenta ancora un contorno vero e proprio, perché questa lo diventi bisogna scegliere dal menu

"Sezioni" le voci "Contorni" e "Aggiungi da disegno" e poi cliccare il disegno appena fatto. La polilinea che lo compone a questo punto diventerà più spessa ed i tratti a contatto con le parti curve del profilo diventeranno curvi anche essi.

Lo stesso procedimento va ripetuto per la parte di destra, sempre tra il profilo e lo scatolare.

A questo punto bisogna scegliere le caratteristiche dei materiali e la normativa a cui riferirsi. Nel menu principale si selezionano le voci “Sezione” e “Edita” e si apre la finestra “Dati sezione”. Come normativa si scelgono gli Eurocodici e le NTC 2018, per quanto riguarda i materiali si effettuano le seguenti scelte:

Profili metallici

Materiale meccanico: acciaio profili

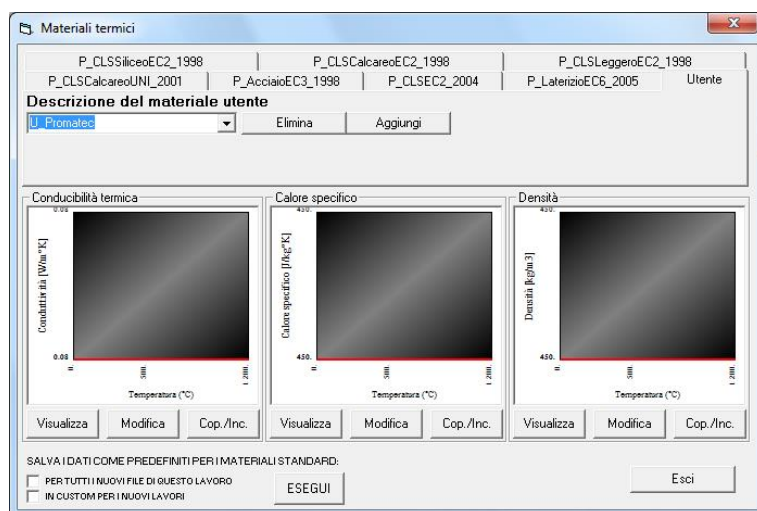
Classe materiale: S235

Materiale termico: P_acciaioEC3_2005

Vuoti

Materiale meccanico: non strutturale

Classe materiale: aria



Per l'isolante esterno dobbiamo invece andare a creare un nuovo materiale termico utente; per far questo si va dal menu principale alle voci “Impostazioni”, “Materiali” e “Termici”. Qui sono riportati i valori previsti da normativa (calore specifico, conducibilità termica e densità relativa) per alcuni materiali come il calcestruzzo, l'acciaio ed il laterizio. Per generare un proprio materiale bisogna scegliere la parte “Utente”, cliccare su “Aggiungi”, nel

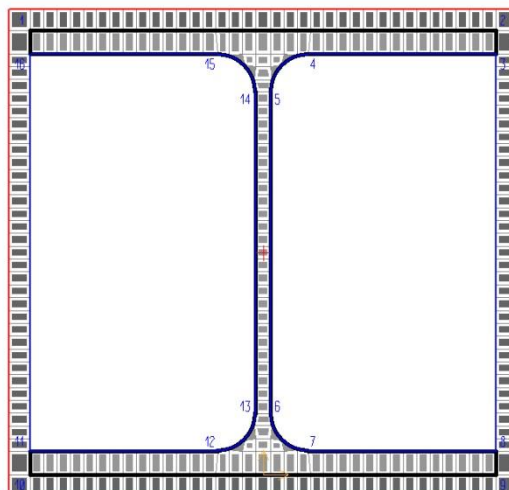
pannello che si aprirà si indicherà un nome e poi si potrà procedere con il tasto “Genera materiale”. Tramite il tasto “Modifica” sarà possibile introdurre le caratteristiche di conducibilità, calore specifico e densità relativa riportati di seguito:

- Conducibilità termica: 0.08 W/mk
- Calore specifico: 450 J/kgK
- Densità relativa: 450 kg/m³

Ritornando nella finestra “Dati sezione” si associa allo scatolare esterno come materiale meccanico la voce “Non strutturale”, come classe materiale la voce “Isolante”, come materiale termico “Utente” e come Materiale termico Utente quello appena creato.

Compiute queste operazioni si può passare alla verifica termica. In “Tipi di esposizione” si preme il tasto “LISTA” in modo da vedere tutte le tipologie di esposizione previste di default dal programma IS Fuoco, ossia:

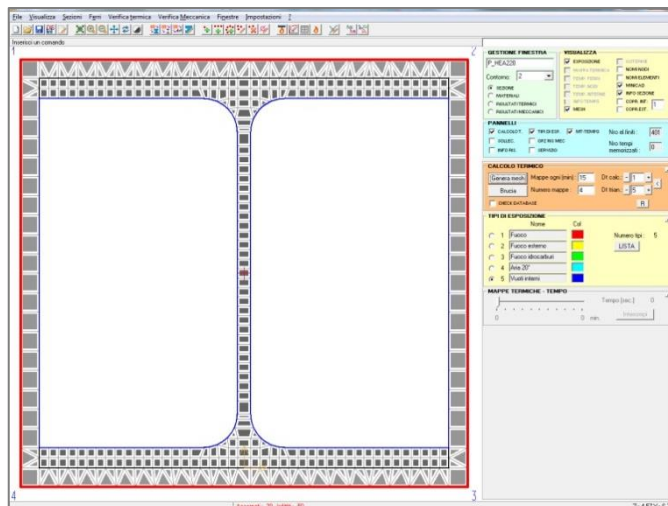
- Fuoco standard;
- Fuoco esterno;
- Fuoco da idrocarburi;
- Aria 20°;



- Vuoti interni.

di cui sono già presenti le curve di che esprimono la variazione della temperatura in funzione del tempo. In questo esempio la sezione è esposta al fuoco di tipo standard (si seleziona quindi “Fuoco” tra i possibili tipi di esposizione) su quattro lati. Dal menu principale si accede alle diciture “Verifica termica” → “Zone di esposizione” → “Contorno attivo” → “Lati” e poi si clicca con il mouse sui quattro lati esterni che vengono esposti ad incendio; nei fori si applicherà l’esposizione specifica, ossia “Vuoti interni”.

Il passo successivo è la generazione della mesh che viene fatta in modo automatico premendo il tasto “Genera mesh” nel pannello laterale. Nel pannellino che si apre si sceglie “Mesh generica”, “Contorno attivo” (avendo attivo il profilo in acciaio) e come “Dimensione massima dell’elemento finito” si digita 0.5, valore circa pari allo spessore minimo del profilo metallico considerato. Si ripete la stessa operazione attivando lo scatolare esterno, per il quale si imposta una dimensione degli elementi finiti pari al doppio di quella data prima, si imposta quindi 1.0 cm. Dato che gli elementi finiti che sono stati creati hanno dimensioni diverse tra loro non avranno tutti i nodi collegati; affinché ci sia un buon scambio termico bisogna scegliere dal menu principale le voci “Verifica termica → Elementi → Macro -> Accorpa e raccorda” e si creeranno in automatico gli accordi mancanti tra i nodi.

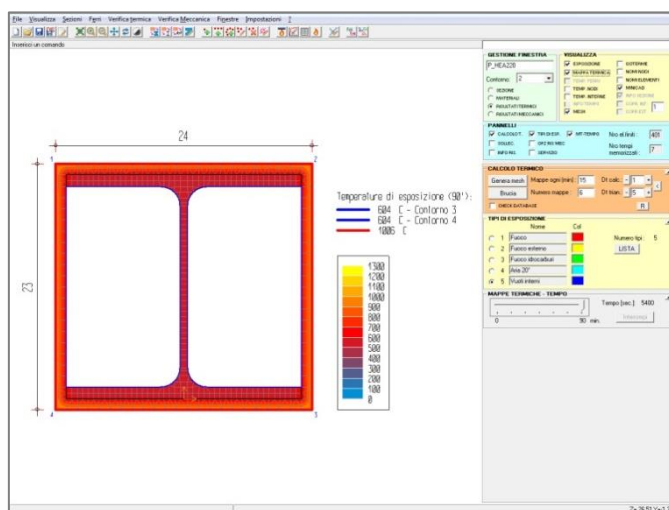


Confermata questa scelta si definisce il numero di mappe e la durata di queste (nel presente esempio si scelgono sei mappe da 15 minuti).

In caso di sezioni così complesse e composte da elementi isolante occorre andare a modificare un’impostazione del calcolo nel pannello laterale alle voci “Dt. tempo” e poi “Dt. triang.”, per quei due parametri si mettono rispettivamente i valori 1 e 5, ossia si infittisce il numero di calcoli da eseguire in modo da avere dei risultati più precisi (di conseguenza il calcolo avrà una durata maggiore).

Si clicca, infine, il tasto “Brucia” e di qui ha inizio il calcolo e la barra di progressione inizia a muoversi dal tempo 0 al tempo 120 minuti. Quando questa barra si trova sulla tacca finale il calcolo termico è completato e si possono vedere i risultati ogni 15 minuti (intervallo tra le mappe). I dati visualizzabili sono:

- mappa termica;
- temperatura dei ferri;
- temperatura nei nodi;
- temperatura interna;
- isoterme.



In ogni momento è possibile accendere e spegnere la visualizzazione dei vari risultati.

Terminata la fase del calcolo termico si passa alla verifica meccanica per confrontare la resistenza con ciascuna terna di sollecitazioni. Spuntando “Verifica meccanica” nel pannello laterale si visualizza una parte dedicata all’inserimento di questi dati. Bisogna cliccare sul tasto “LISTA” per aggiungere una terna di sollecitazione; nel presente esempio si imposta:

$$M_{zd} = 0 \text{ daNcm}$$

$$M_{vd} = 0 \text{ daNcm}$$

$$N_d = 0 \text{ daN}$$

$$T_{vd} = 0 \text{ daN}$$

E si sceglie di calcolo lo sforzo normale Massimo sopportabile "N-" in corrispondenza di Sult.

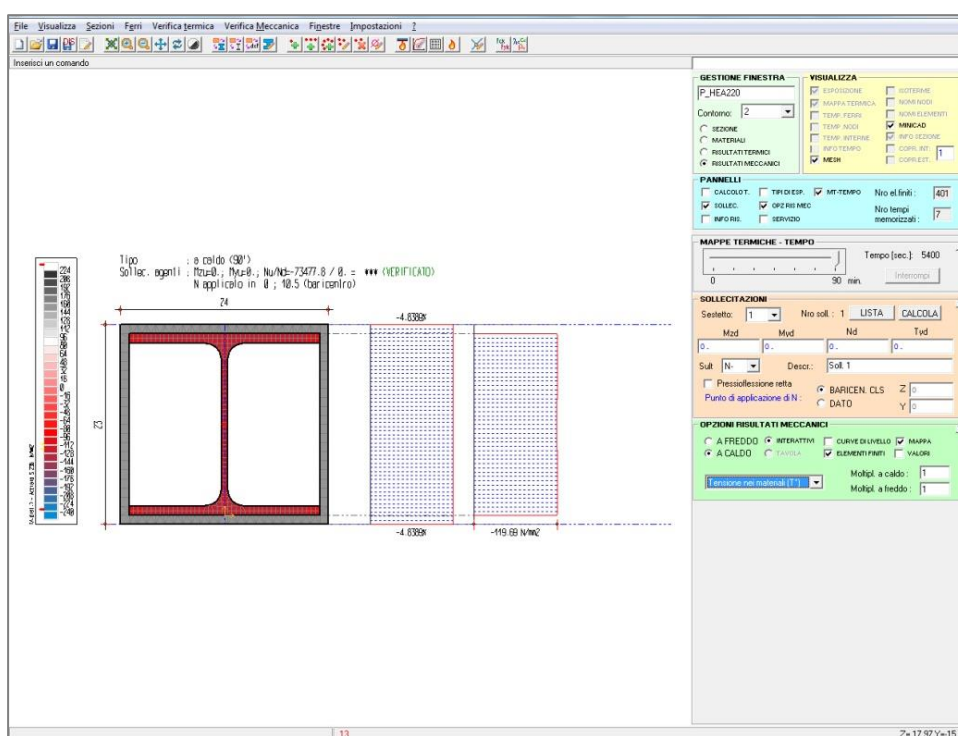
Per visualizzare le unità di misura in cui sono espressi tali valori o per inserirli con un'altra unità di misura bisogna cliccare due volte sul numero scritto in colore blu e si aprirà un pannellino di conversione, in cui il valore che si trova colorato in giallo sarà poi visualizzato nella casella di inserimento dati (ossia daN per le forze e daNcm per i momenti).

Per calcolare gli sforzi massimi sopportabili dalla sezione occorre premere il tasto “CALCOLA” presente nella barra laterale nel riquadro “SOLLECITAZIONI”. Tra le “Opzioni di visualizzazione dei risultati” si può scegliere “A freddo” oppure “A caldo”, selezionando la seconda possibilità compare la barra di progressione per analizzare i risultati con il passare del tempo di esposizione all’incendio.

Tra le “Opzioni risultati” si hanno diverse scelte:

- Deformazioni elastiche;
- Tensioni nei materiali;
- Tensione (T°) / Tensione Max (20°)
- Tensione (T°) / Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°)
- Tensione Max (T°) / Tensione Max (20°)

In questo esempio si sceglie di visualizzare le “Tensioni nei materiali” a 90 minuti.



Tensione nei materiali a 90 minuti