EISEKO
COMPUTER

SOFTWARE PER LA PREFABBRICAZIONE

Travi Precompresse
ad H variabile

Verifica al fuoco

Rev 0 del 08/07/2008

INTRODUZIONE

Il programma di calcolo al fuoco esegue la verifica di una sezione qualsiasi per una trave precedentemente calcolata a freddo da cui acquisisce automaticamente tutte le caratteristiche geometriche, dei materiali e delle armature già inserite per il calcolo in esercizio.

La verifica viene effettuata con il “metodo generale”, con le ipotesi di conservazione delle sezioni piane ed aderenza acciaio-cls. La verifica dello stato limite per la sollecitazione di taglio V si esplica nel controllo della sicurezza lato acciaio (taglio portato dalle staffe) e lato cls (verifica della biella compressa); si osserva che in condizioni normali governa la verifica lato acciaio. Per le verifiche dello stato limite si è utilizzata la stessa mesh dell’ analisi termica, con ogni elemento degradato in funzione della propria temperatura media.

L’analisi termica viene effettuata su elementi strutturali in c.a. e c.a.p. secondo la normativa UNI 9502 edizione maggio 2001. Per quanto non previsto dalla norma UNI il riferimento adottato è la norma tecnica CNR NTc 192.
La verifica della capacità portante degli elementi è condotta con particolare riferimento ai punti (della norma UNI):
(UNI 9502) 3.2 - curva temperatura/tempo nominale normalizzata
(UNI 9502) 5.2 - applicazione del procedimento analitico
(UNI 9502) 6.1 - determinazione analitica
(UNI 9502) 6.4 - determinazione alla presenza di rivestimenti protettivi
per l' analisi termica della sezione e la definizione della mappa termica al tempo di esposizione richiesto;
(UNI 9502) 7.1 - verifica del criterio di capacità portante
(UNI 9502) 8 - azioni
(UNI 9502) 9 - materiali
(UNI 9502) 10 - coefficienti di sicurezza
(CNR NTc 192) 5.3.3.2 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni normali
(CNR NTc 192) 5.3.3.3 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni tangenziali per la verifica dello stato limite ultimo di collasso.

Per determinare la mappa termica si è effettuata una analisi del transitorio con elementi finiti bidimensionali utilizzando il codice *FIRES-T3: A Computer Program for the Fire Response of Structure-Thermal (Three-Dimensional Version)* di Iding, R.; Bresler, B.; Nizamuddin, Z. disponibile presso il *Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899*.

il calcolo dei parametri di resistenza ultimi viene effettuato con riferimento alla norma D.M. 09-01-1996 – *Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche*.

CONVENZIONI SUI SIMBOLI

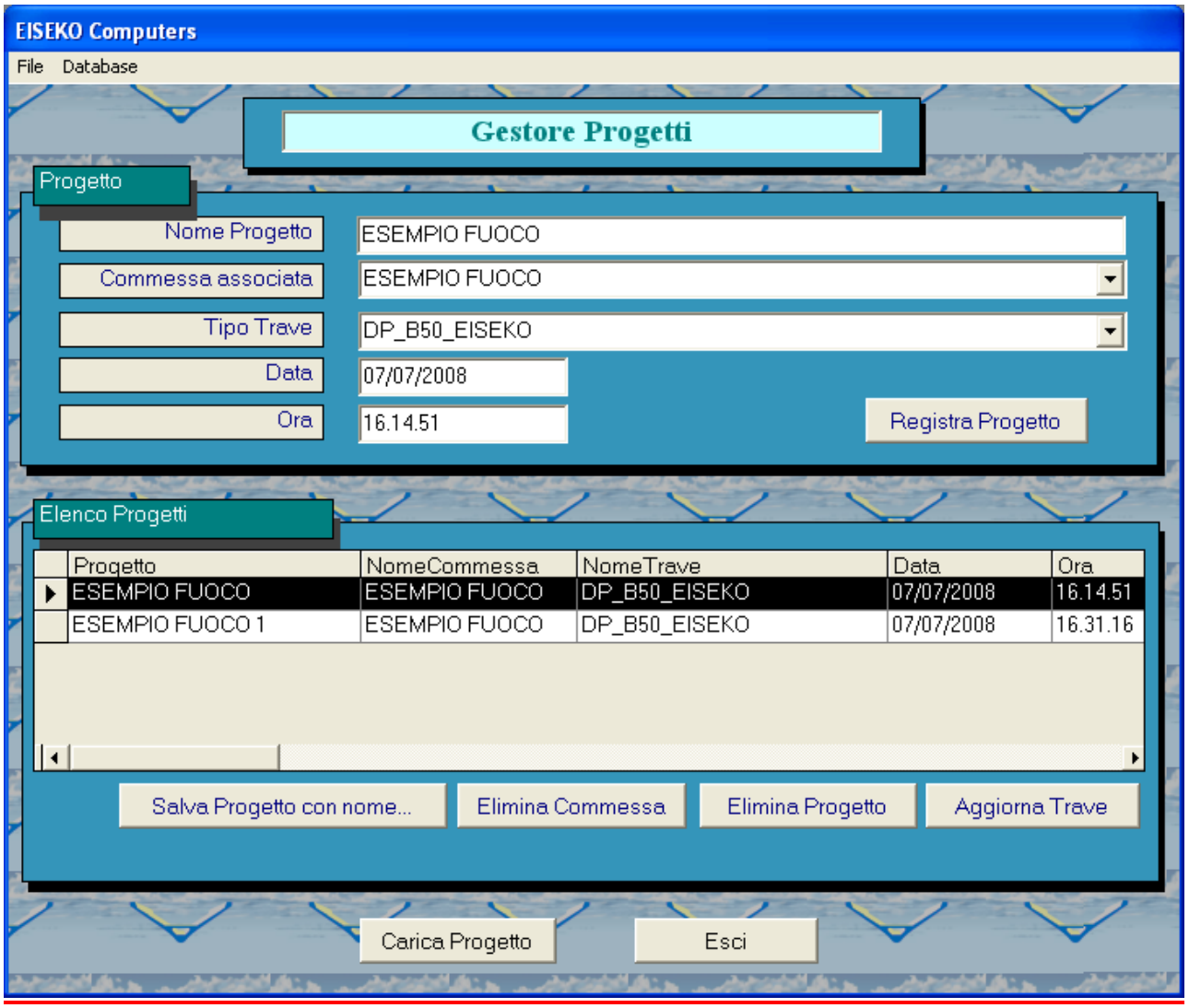
Rck	N/mm^2	Resistenza a rottura del calcestruzzo
fyk	N/mm^2	Snervamento dell’acciaio
e res	$W/m^2°C$	Fattore di emissività risultante
B	$W/m^2°K^4$	Costante di Stefan-Boltzmann
Alfa c	$W/m^2°C$	Coefficiente di scambio di calore per convezione
Tg	°C	Temperatura dei gas in caso di incendio
Tm	°C	Temperatura di superficie dell’elemento
Ta	°C	Temperatura assoluta
TAg	°C	Temperatura assoluta dei gas in caso di incendio
TAm	°C	Temperatura assoluta di superficie dell’elemento
n		esponente
Asw/s	cm^2/m	Area di armatura d’anima
Fyw,fyk	N/mm^2	Limite di snervamento dell’acciaio
Tmed	°C	Temperatura media del braccio della staffa
Bw ini	m	Ascissa iniziale del tratto di trave entro cui viene fatta la verifica a taglio
Bw fin	m	Ascissa finale del tratto di trave entro cui viene fatta la verifica a taglio
d	m	Altezza utile della sezione
V (fcd)	kN	Resistenza a schiacciamento del puntone compresso (DM 09-01-1996, p.to 4.2.2.3.1)
Vcd	kN	Contributo alla resistenza a taglio dato dal calcestruzzo (DM 09-01-1996, p.to 4.2.2.3.2)

Vwd	kN	Contributo alla resistenza a taglio dato dalla staffatura (DM 09-01-1996, p.to 4.2.2.3.2)
V lim	kN	Resistenza a taglio della sezione
N	kN	Sforzo normale di esercizio
M i-s	kN	Momento di esercizio che tende le fibre inferiori-superiori
M s-d	kN	Momento di esercizio che tende le fibre sinistre-destre
N lim	kN	Sforzo normale ultimo proporzionale
M i-s lim	kN	Momento ultimo proporzionale che tende le fibre inferiori-superiori
M s-d lim	kN	Momento ultimo proporzionale che tende le fibre sinistre-destre
Rd / Ed		Rapporto di proporzionalità tra la resistenza ultima a presso-flessione e l'azione di esercizio
fptk	N/mm^2	Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio precompresso
e fptk		Deformazione a rottura dell'acciaio precompresso impiegato
e decomp.		Deformazione presente nell'acciaio precompresso, corrispondente all'annullamento della tensione nella fibra di calcestruzzo alla stessa quota

Il software, opportunamente adattato per operare in ambiente grafico-interattivo, assicura risultati coerenti con le mappe termiche della norma UNI. L'analisi termica della sezione è effettuata indipendentemente dalla disposizione delle armature.

FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA

Il programma di verifica la fuoco è agganciato al programma di calcolo in esercizio della trave, qui di seguito sono riportate le maschere dei dati relativi alla trave dell'esempio che è una "doppia pendenza".



EISEKO Computers

Dati Trave

Pendenza	10	%			
Lunghezza Trave	20	m	Luce di calcolo	19.8	m
Sbalzo Sinistro	0.1	m	Altezza max. Trave	182	cm
Sbalzo Sinistro Trasp.	2	m	Larghezza Ralla	0	m
Sbalzo Destro Trasp.	2	m	Disassamento Colmo a Sin.	0	m
Carichi Permanenti	2200	kg / m	Carichi accidentali	1300	kg / m
Larghezza Sez. Testata	25	kg / m	B per (S= 0.15 * B)	10	cm
Getto in Opera	☐		Con Carichi Concentrati	☐	

Memorizza Annulla

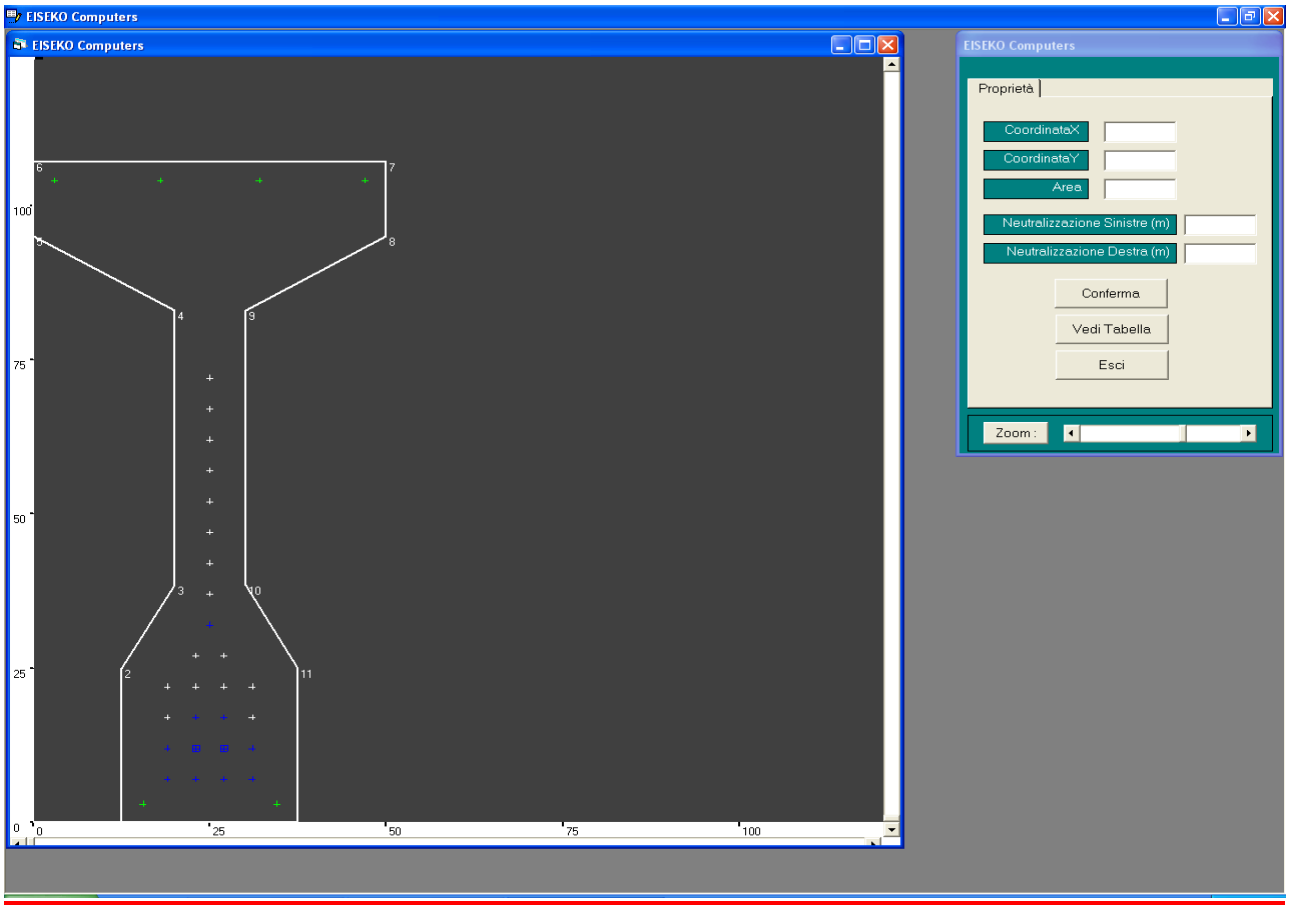
Eiseko computers

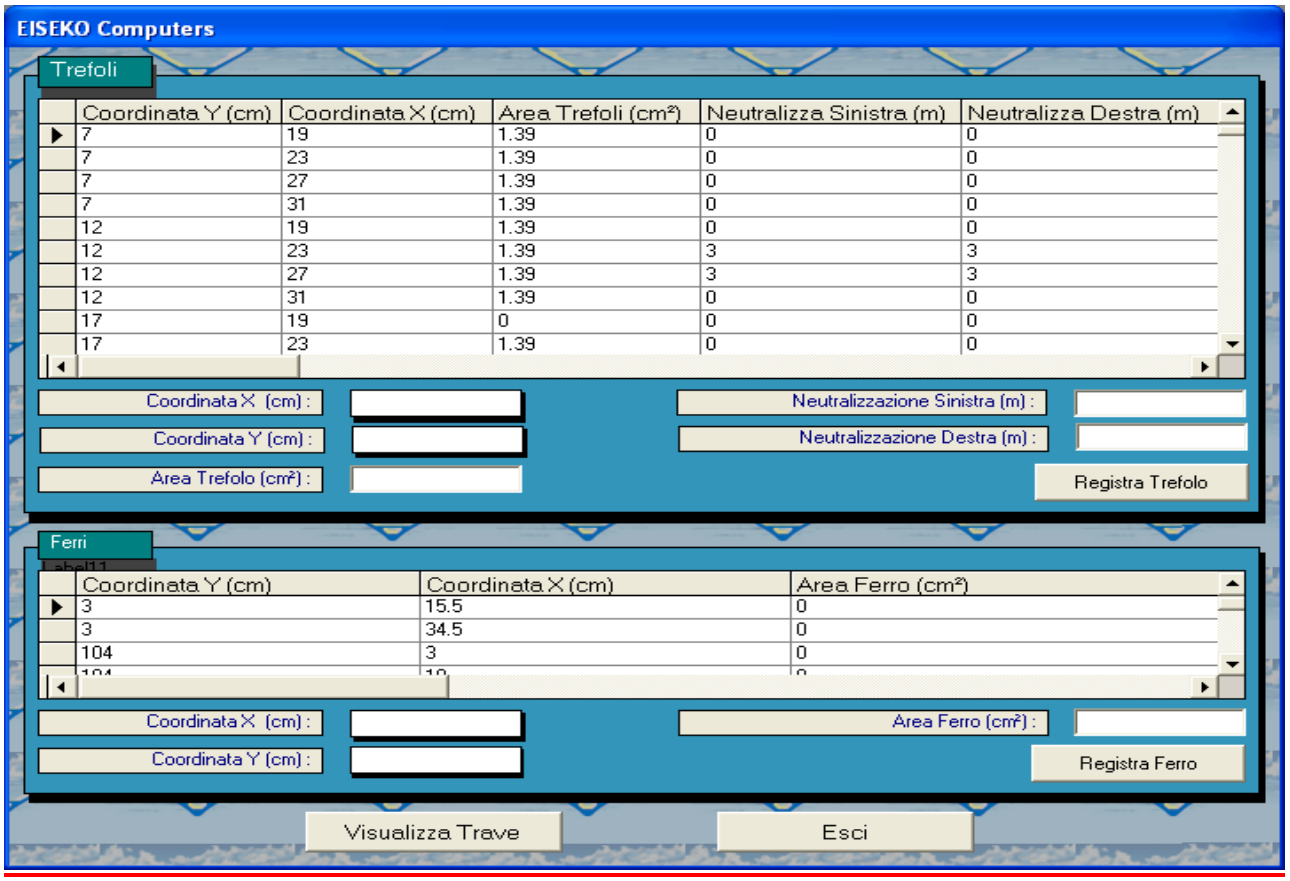
Materiali

Rck CLS TRAVE 28gg	550	Kg/cm²	Rck CLS a sbanco	400	Kg/cm²
TESATURA TREFOLI	14000	Kg/cm²	Area Trefoli	1.39	cm²
fptk ACCIAIO ARMONICO	19000	Kg/cm²	fyk Acciaio Lento	4400	Kg/cm²
Rck CLS IN OPERA 28gg	250	Kg/cm²	fyk Reti Elettrosaldate	4000	Kg/cm²
Coeff. perdite Martinetto	1.5	%	Coeff. ritiro (25=0.00025)	25	
Coeff. perdite FLUAGE1.0	2		Coeff. S. Lim. Ultimo car. Accid.	1.5	
			Coeff. S. Lim. Ultimo car. Perm	1.4	
Coeff. ψ_2 comb.quasi perm(0-0.8)	0.2		Coeff. ψ_1 comb.rara (0.5-1)	1	

per calcolo tensioni ammissibili			per calcolo eurocodici		
Ec CLS Trave sbanco	360000	Kg/cm²	Ec CLS Trave sbanco	32.81	kN/mm²
Ec CLS Trave a 28gg	422137	Kg/cm²	Ec CLS Trave a 28gg	35.83	kN/mm²
Ec CLS In Opera	284604	Kg/cm²	Ec CLS In Opera	29.1	kN/mm²

Memorizza Annulla





Coordinata Y (cm)	Coordinata X (cm)	Area Trefoli (cm²)	Neutralizza Sinistra (m)	Neutralizza Destra (m)
7	19	1.39	0	0
7	23	1.39	0	0
7	27	1.39	0	0
7	31	1.39	0	0
12	19	1.39	0	0
12	23	1.39	3	3
12	27	1.39	3	3
12	31	1.39	0	0
17	19	0	0	0
17	23	1.39	0	0

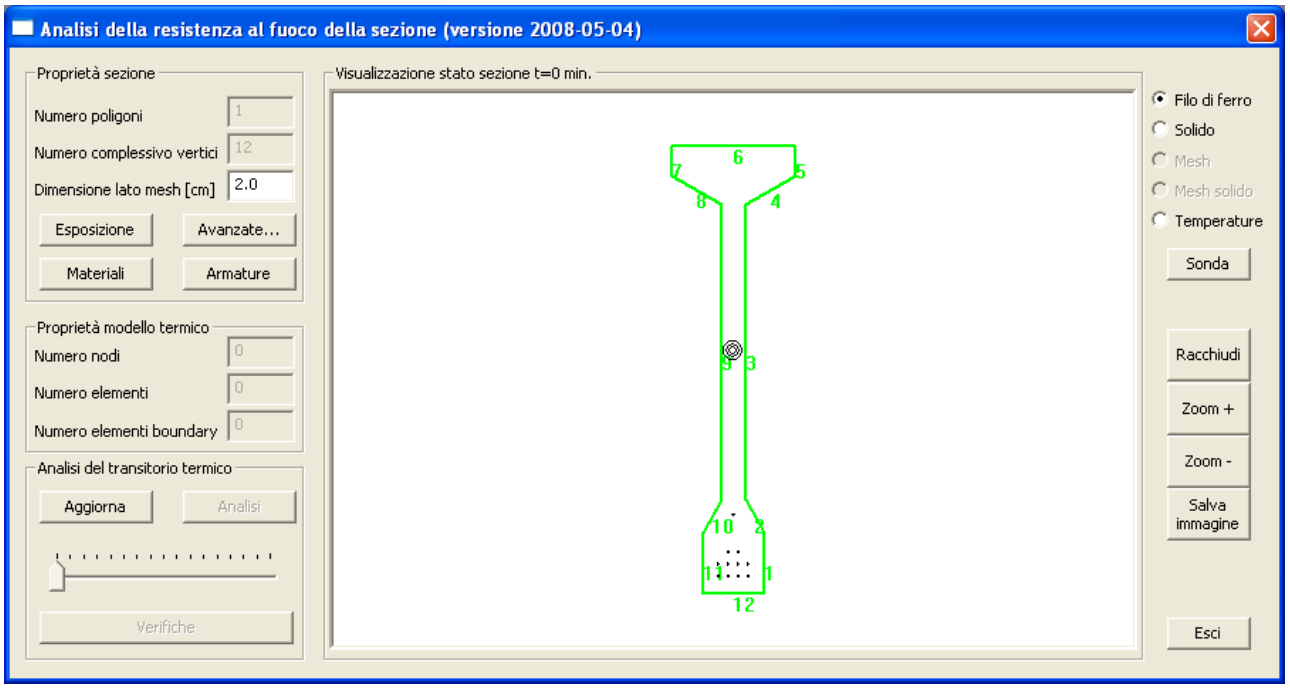
Coordinata Y (cm)	Coordinata X (cm)	Area Ferro (cm²)
3	15.5	0
3	34.5	0
104	3	0

CALCOLO AL FUOCO

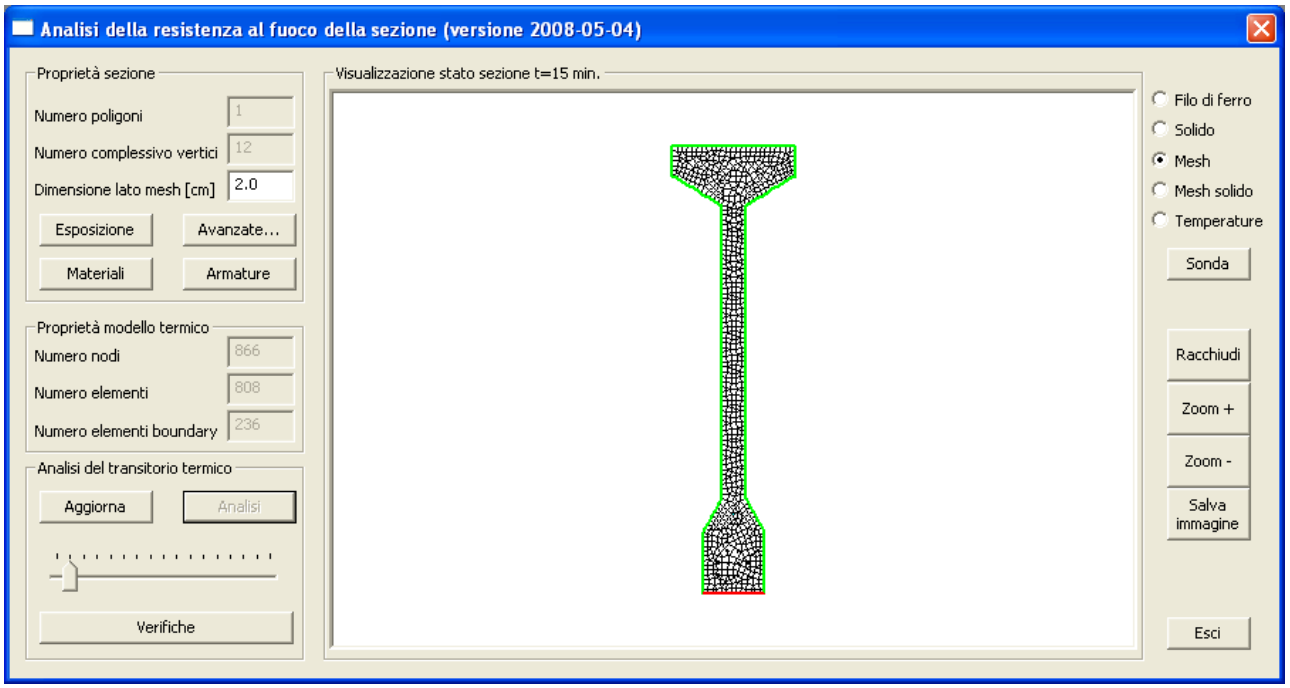
Dopo aver calcolato la trave in esercizio e verificato la stessa bisogna entrare nella maschera *Specifiche di progetto* e premere il pulsante "Calcolo al fuoco".

Si passa alla maschera qui sotto rappresentata in cui bisogna immettere nel campo *Sezione da sinistra* la posizione riferita all'estremità sinistra della trave in corrispondenza alla quale c'è la sezione del cassero che si vuole verificare e in cui il programma calcola le sollecitazioni di momento e di taglio.
Nell'esempio viene verificata la sezione di mezzeria che si trova a 10 m. Poi bisogna vedere se vanno bene i coefficienti riduttivi delle azioni per la combinazione di carico del fuoco, il programma propone un coefficiente pari ad 1 per i carichi permanenti ed un coefficiente pari a 0.5 per i carichi accidentali, al termine premere "Calcolo al fuoco".

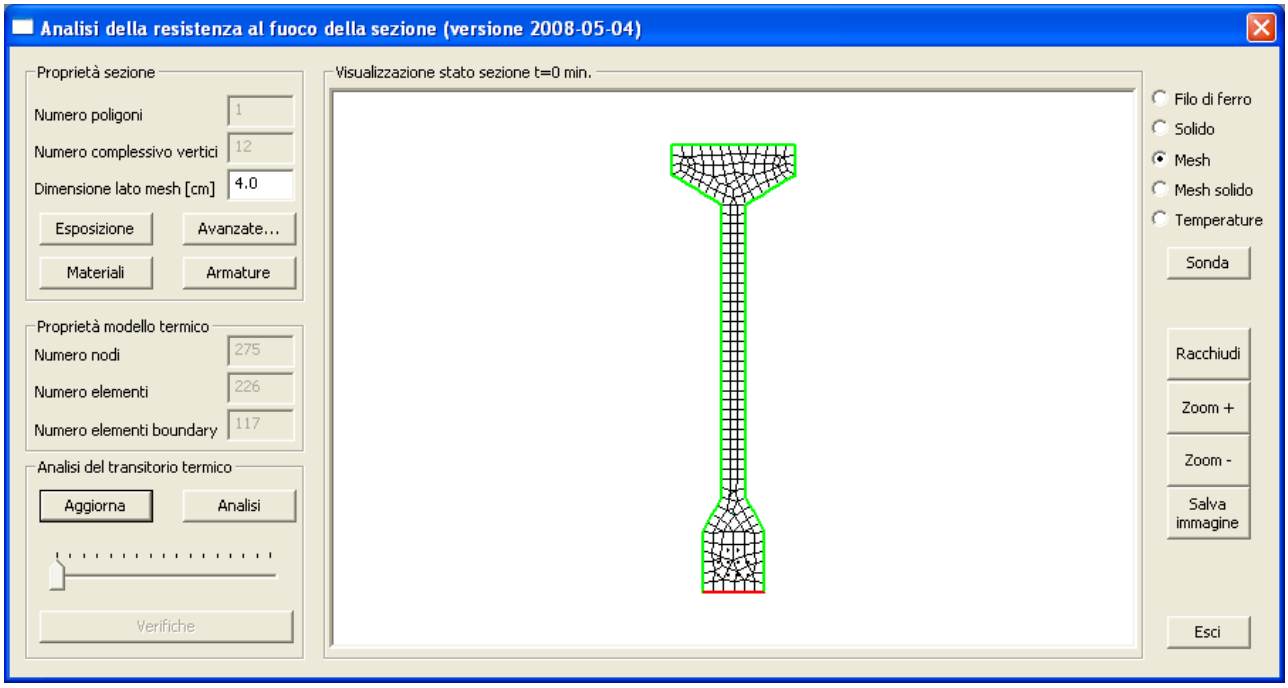
N.B.: il programma di calcolo al fuoco permette di modificare alcune caratteristiche della trave come per esempio il numero, la posizione ed il tipo delle barre di armatura, la classe di resistenza della trave e dell'eventuale getto in opera. Tutte queste modifiche restano interne al programma di verifica al fuoco e se si desidera mantenerle vanno riportate nelle tabelle dei dati usate per il calcolo della trave in esercizio.
La finestra principale dell'analisi al fuoco è la seguente :



in cui è rappresentata la sezione, l'armatura predefinita dall'utente ed il baricentro geometrico della trave, nel caso in cui sia presente il getto in opera sono rappresentati anche i baricentri del getto in opera e della sezione complessiva.
Inizialmente è adottata la rappresentazione solida, per passare alla rappresentazione di figura premere sulla casella di controllo "Filo di ferro", i lati della sezione sono numerati, l'armatura lenta ha colore blu, quella precompressa ha colore azzurro.
Per creare la mesh di elementi finiti occorre impostare la dimensione del lato nella casella apposita e premere il pulsante "Aggiorna", al termine per vedere la mesh premere la casella di controllo "Mesh".



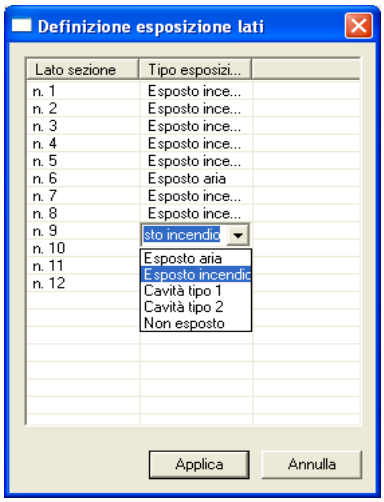
Per contenere i tempi di esecuzione dell'analisi conviene impostare un lato mesh non troppo piccolo che sia compatibile con le dimensioni della sezione, per esempio nel caso della sezione di figura conviene mettere un lato dell'ordine di 4-5 cm.

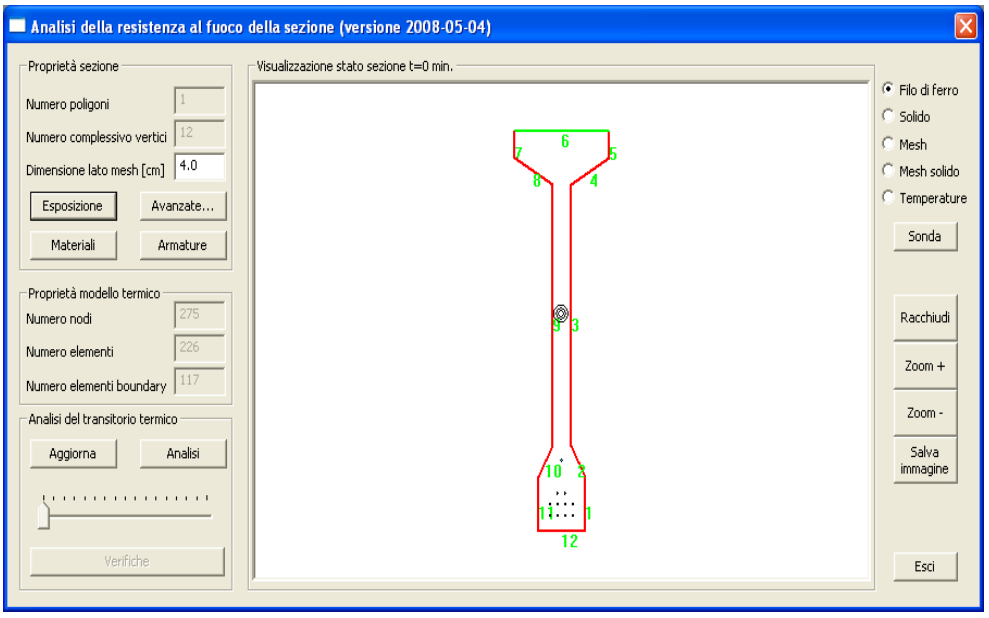


E' stata fornita la possibilità di effettuare una visione più dettagliata delle varie zone della sezione per mezzo dei pulsanti di zoom posti a destra, "Racchiudi" per vedere tutta la sezione, "Zoom +" per ingrandire, "Zoom -" per rimpicciolire, se si sta utilizzando un mouse con la rotellina è sufficiente mettere il puntatore nella zona della trave che interessa e usare la rotellina per ingrandire o rimpicciolire.
Con il pulsante "Salva immagine" è possibile salvare la maschera corrente su un file di formato immagine (.jpeg).

Esposizione

Inizialmente tutti i lati sono esposti all'aria, per selezionare i lati esposti all'incendio bisogna premere il pulsante "Esposizione", appare la finestra per la *Definizione esposizione lati*.
Nella tabella sono presenti le seguenti colonne:
Lato sezione Indica il lato della sezione con una numerazione progressiva (es. n.1, n.2, ecc..);





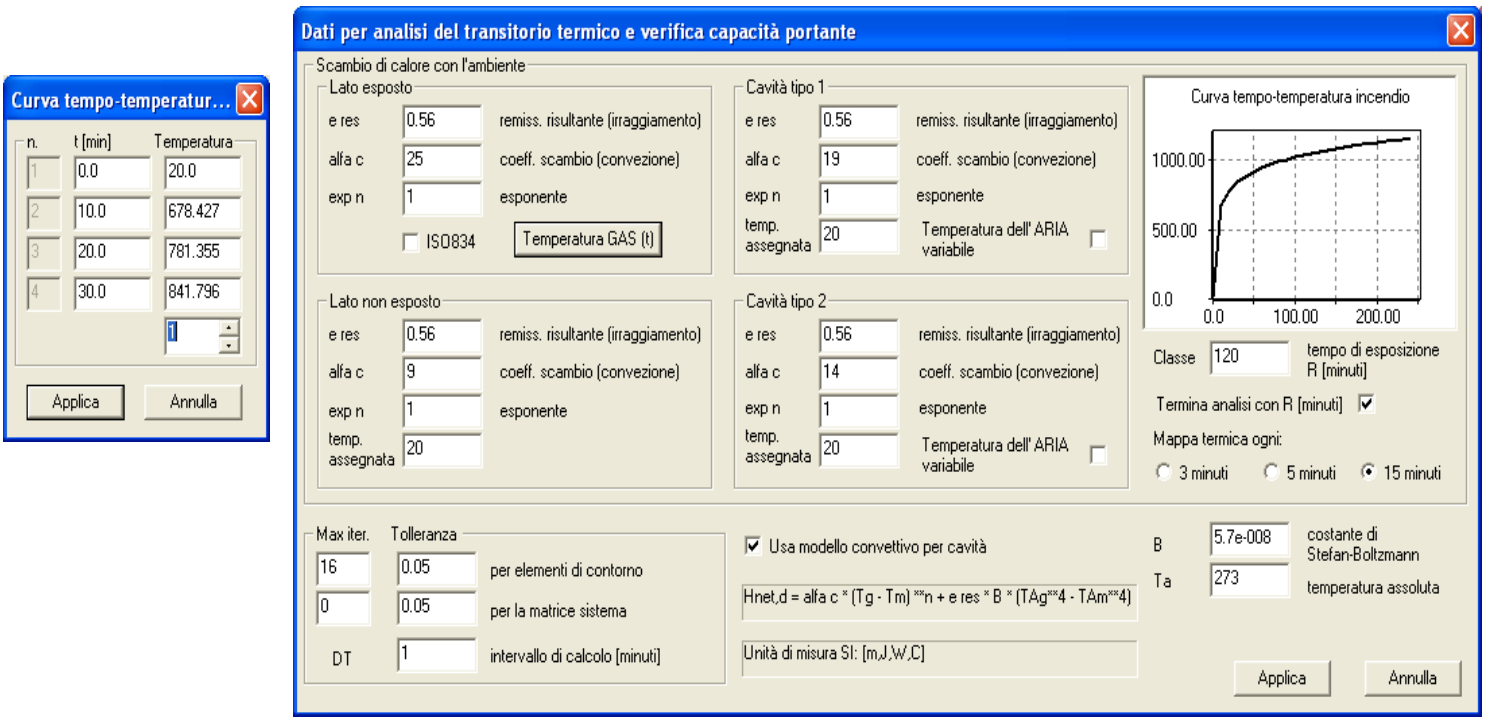
Tipo esposizione Permette la definizione del tipo di esposizione di ciascun lato scegliendo tra le cinque opzioni proposte (per chiarimenti sul tipo di esposizione vedi il paragrafo *Scambio di calore*):

- Esposto aria
- Esposto incendio
- Cavità tipo 1: indica un lato esposto ad una cavità che si comporti secondo la tipologia n.1
- Cavità tipo 2 : indica un lato esposto ad una cavità che si comporti secondo la tipologia n.2
- Non esposto

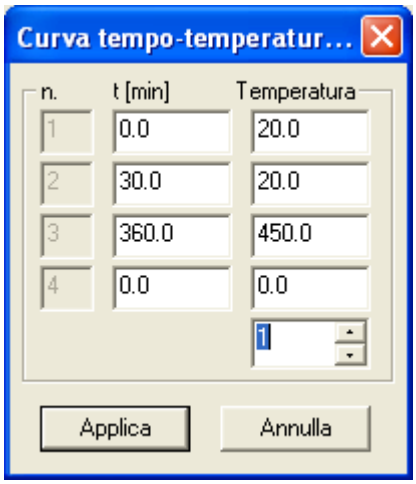
Dopo la scelta di ciascuna opzione per farla accettare bisogna fare clic su una casella qualsiasi della tabella, al termine premere il pulsante "Applica".
Nella cornice *Visualizzazione stato sezione* sono riportati in verde i tratti esposti all'aria, in rosso i tratti esposti all'incendio, in ciano i lati esposti in cavità di tipo 1, in blu i lati esposti in cavità di tipo 2, in nero i lati non esposti (adiabatici), nell'esempio sono esposti i lati dall' 1 al 12 escluso il 6.

Scambio di calore

I parametri termici che governano lo scambio di calore sono visibili nella finestra che appare premendo il pulsante "Avanzate…".
Il programma effettua la verifica utilizzando il modello di scambio convettivo per le superfici esposte e non esposte all'incendio, nella maschera sono già predisposti i valori della norma UNI. Nel caso non si spunti l'opzione ISO834 è possibile assegnare la curva tempo-temperatura manualmente.



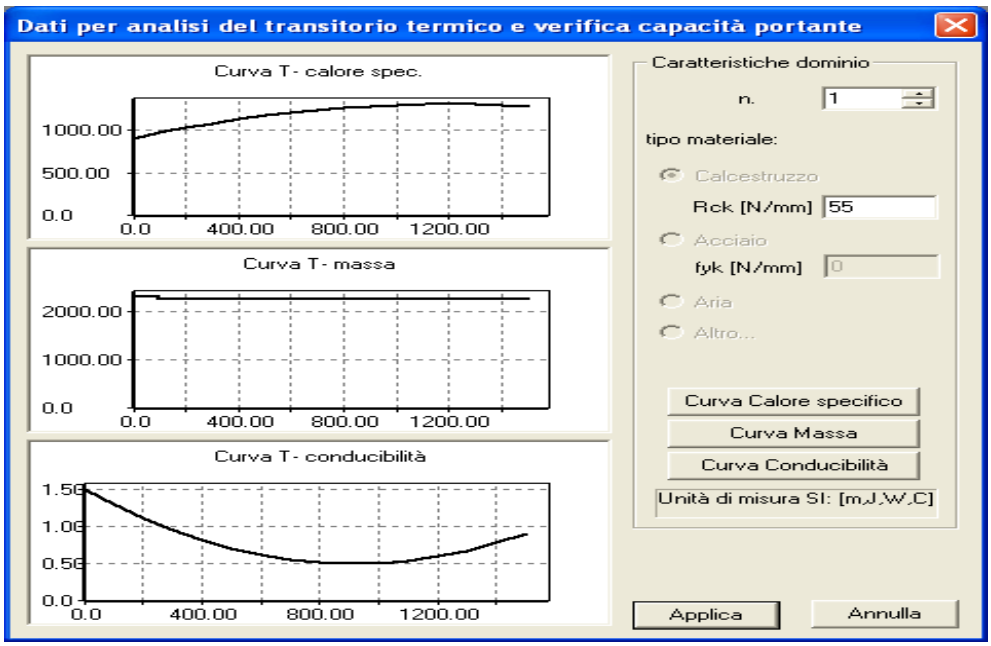
I parametri riportati nella finestra sono quelli proposti nella norma UNI 9502, è adottata la curva temperatura/tempo normalizzata il cui andamento è raffigurato nel diagramma.
Nel caso che la sezione sia dotata di cavità è possibile definire due tipi di scambio convettivo cioè il tipo 1 ed il tipo 2 per i quali sono proposti dei valori di *alfa c* intermedi fra quelli dei lati esposto e non esposto. All'interno delle cavità si può impostare una temperatura dell'aria di tipo costante (nel caso che l'aria calda venga estratta), oppure una temperatura dell'aria di tipo variabile (nel caso che la cavità sia ermeticamente chiusa), in tal caso se si spunta l'opzione *Temperatura dell'ARIA variabile* è possibile assegnare la temperatura dell'aria manualmente.



In alternativa disattivando l'opzione *usa modello convettivo per cavità* il programma realizza la modellazione di una mesh per tenere conto del modello conduttivo anziché convettivo.
L'esecuzione della mappa termica può essere effettuata ogni 3,5,15 minuti per 16 intervalli al massimo, bisogna assegnare il valore di R e scegliere l'intervallo di calcolo, al termine premere il pulsante "Applica".

Materiali

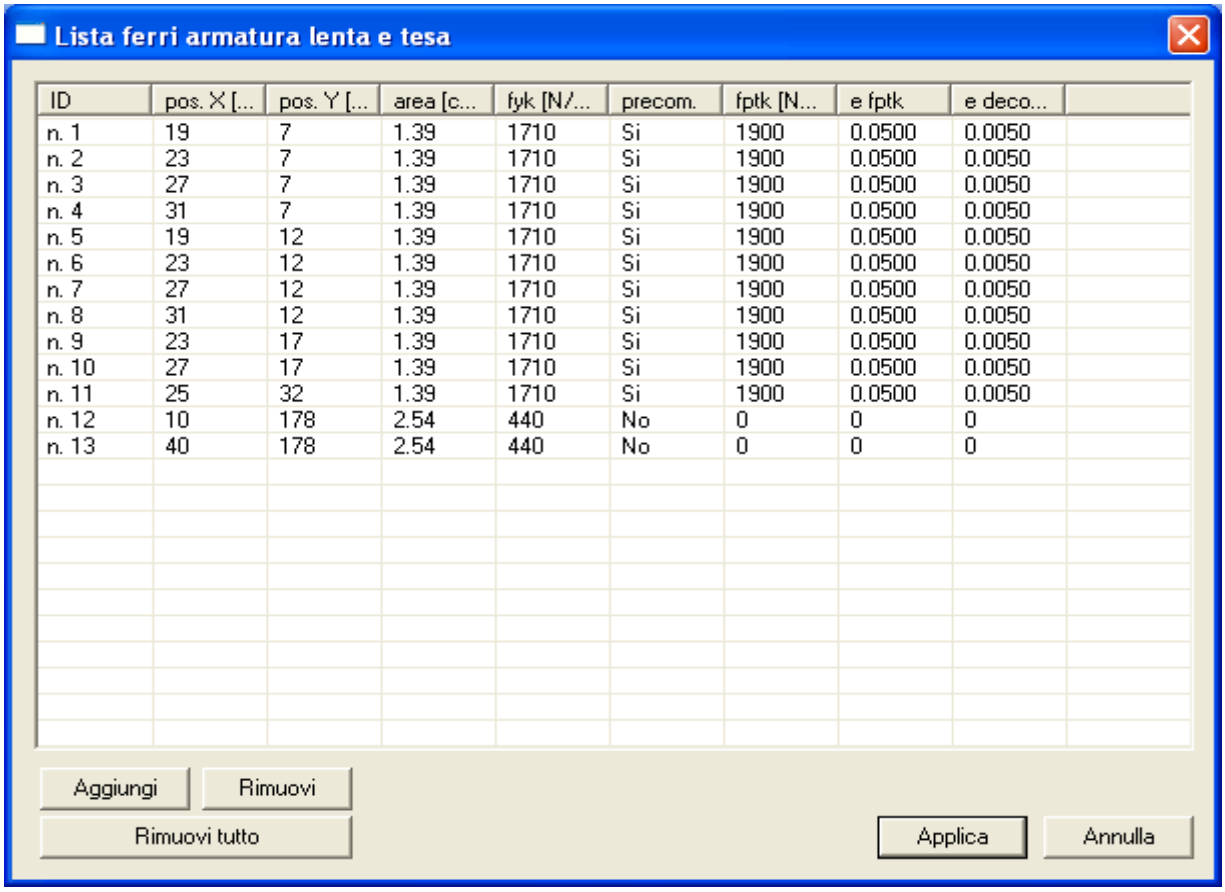
La definizione delle caratteristiche termiche dei materiali è visibile nella finestra che appare premendo il pulsante "Materiali".



Le curve riportate nella finestra sono quelle definite nella norma UNI 9502.
La trave può essere composta di due valori di resistenza Rck distinti, un valore per la trave ed uno per il getto in opera che nella maschera vengono chiamati domini, i due valori sono acquisiti direttamente dal programma di calcolo. Nella casella di riepilogo *Caratteristiche dominio* è possibile selezionare un dominio (il dominio 1 è la trave, il dominio 2 è il getto) e assegnargli il valore di Rck per mezzo del campo *tipo materiale*, per assegnare il valore di Rck al dominio bisogna scrivere il nuovo valore e premere Invio.
E' anche possibile modificare le curve dei parametri del calcestruzzo agendo sui tre pulsanti in basso a destra, al termine premere il pulsante "Applica".

Armature

La definizione delle armature è visibile nella tabella che appare premendo il pulsante "Armature" , appare la finestra :



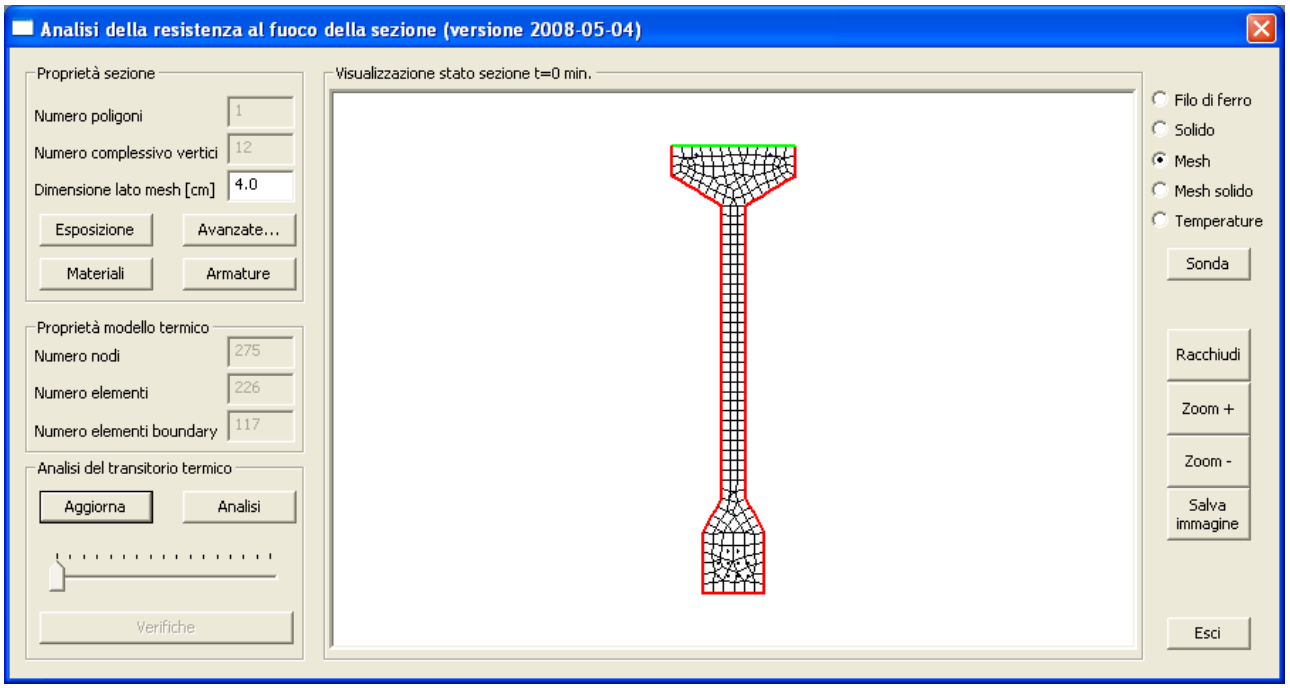
ID	pos. X [...	pos. Y [...	area [c...	fyk [N/...	precom.	fptk [N...	e fptk	e deco...
n. 1	19	7	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 2	23	7	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 3	27	7	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 4	31	7	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 5	19	12	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 6	23	12	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 7	27	12	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 8	31	12	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 9	23	17	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 10	27	17	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 11	25	32	1.39	1710	Si	1900	0.0500	0.0050
n. 12	10	178	2.54	440	No	0	0	0
n. 13	40	178	2.54	440	No	0	0	0

Nella tabella sono presenti le seguenti colonne:

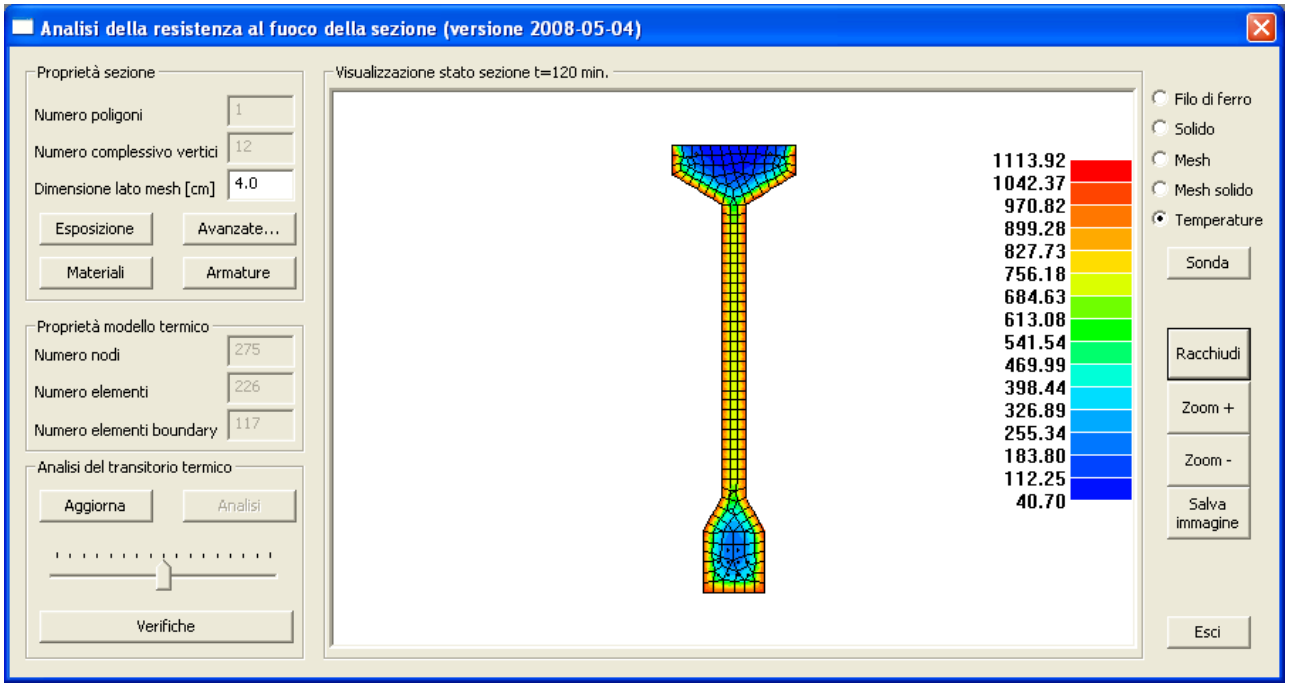
- *ID:* Numero d'ordine dell'armatura (es. n.1, n.2, ecc..);
- *pos X (cm), pos Y (cm), area (cm2):* Sono la posizione e l'area dell'armatura, il sistema di riferimento è quello con cui è stata creata la geometria del cassero;
- *fyk (N/mm2):* Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio impiegato, il programma pone fyk uguale a 440 N/mm2 per l'armatura lenta, e pone fyk=0.90*fptk per l'armatura precompressa;
- *precom.:* La colonna è formata da caselle di spunta che consentono di stabilire se la barra è precompressa oppure no;
- *fptk (N/mm2):* Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio precompresso impiegato, dipendente dal tipo di acciaio;
- *e fptk:* Deformazione a rottura dell'acciaio precompresso impiegato, dipendente dal tipo di acciaio;
- *e decomp.:* Deformazione presente nell'acciaio precompresso, corrispondente all'annullamento della tensione nella fibra di calcestruzzo alla stessa quota;

Naturalmente i parametri relativi alla precompressione sono presi in considerazione dal programma solo se la casella di spunta della colonna *precom*. è settata sul *Sì*.
Per rimuovere un'armatura fare clic nella casella corrispondente della colonna *ID,* poi premere il pulsante "Rimuovi", per aggiungere un'armatura premere il pulsante "Aggiungi" ed assegnarle i valori che le competono nelle varie colonne della *Lista*, nell'esempio sono state aggiunte due barre lente di area 2.54 cm2.
Dopo avere effettuato tutte le integrazioni bisogna fare clic su una casella qualsiasi della tabella, al termine premere il pulsante "Applica".

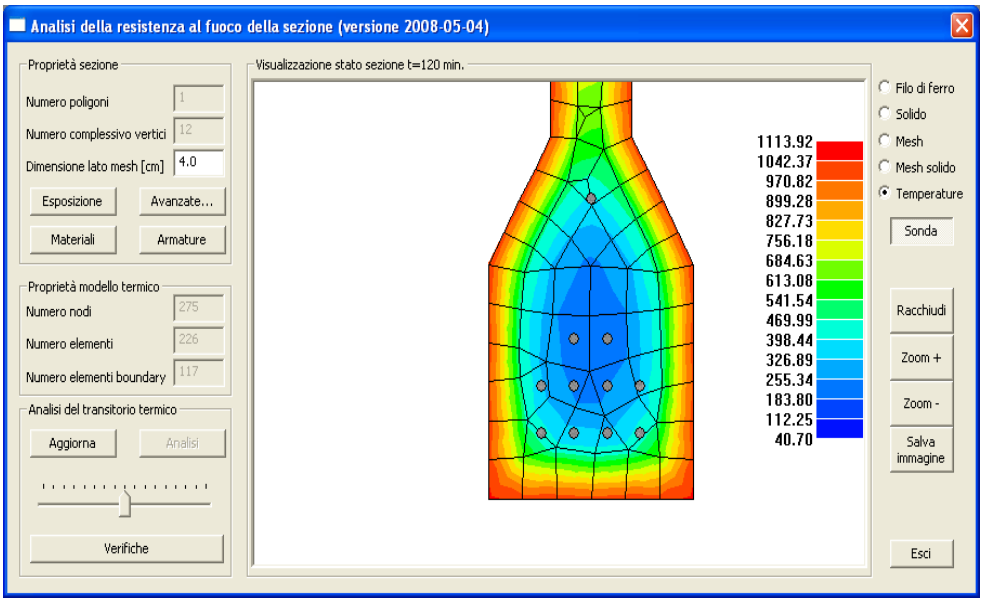
N.B. : dopo avere creato la mesh degli elementi finiti ed avere effettuato tutti i settaggi sui materiali, i lati esposti, le armature, etc.. è necessario premere il pulsante "Aggiorna" a questo punto la trave appare come nella figura seguente.



Solo successivamente è possibile effettuare l'analisi termica premendo il pulsante "Analisi", a questo punto il programma effettua al passo assegnato nella finestra "Dati per l'analisi del transitorio" il calcolo di tutte le distribuzioni di temperatura da 0 fino "R" minuti.
Per vedere la mappa delle temperature nel tempo bisogna selezionare l'opzione *Temperature* poi si fa scorrere il cursore presente in basso a sinistra, nella finestra è rappresentata la mappa per 120 minuti.

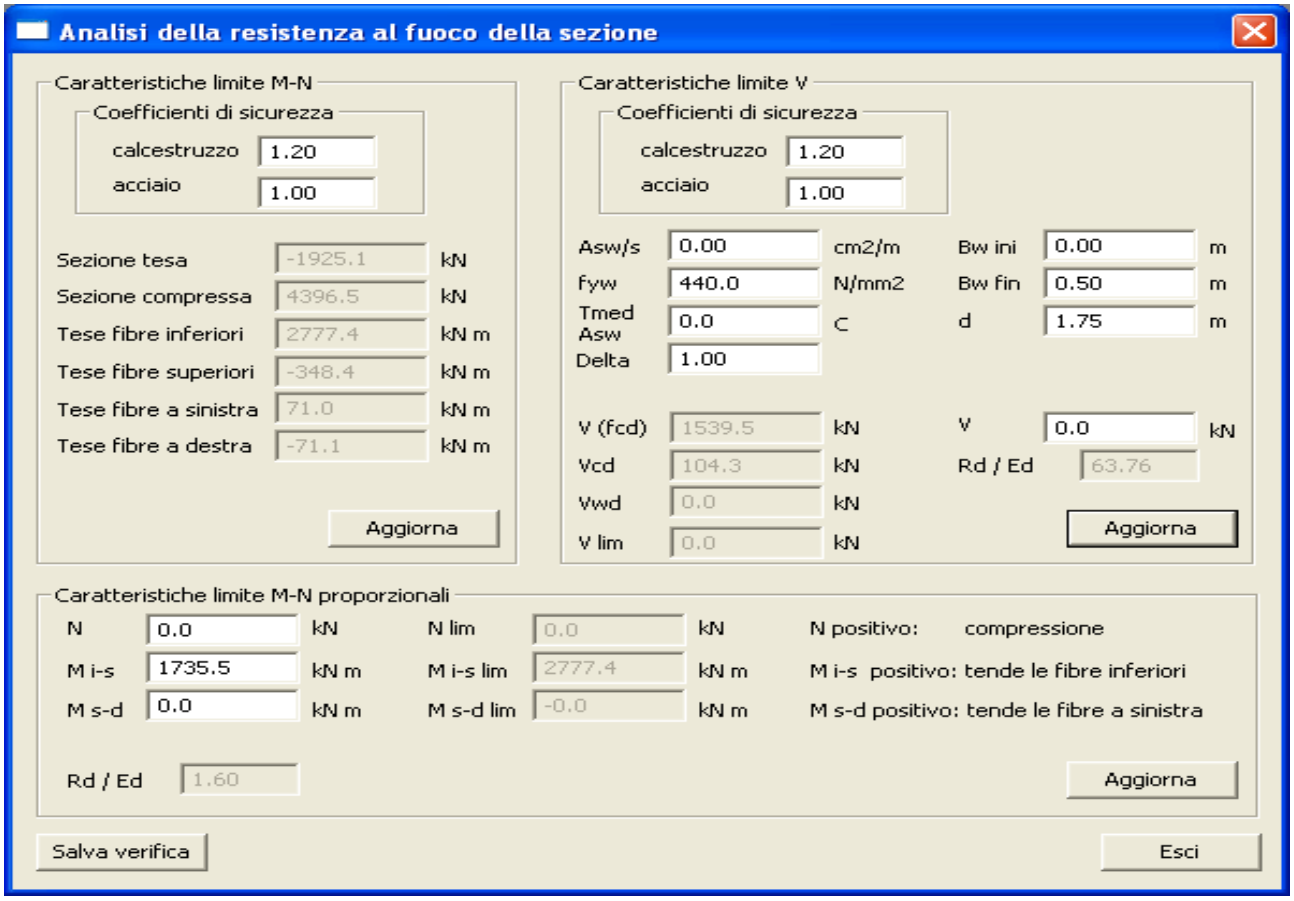


Per mezzo del pulsante "Sonda" è possibile vedere il valore puntuale delle temperature all'interno della sezione, si clicca sul punto desiderato ed appare una finestra in cui sono riportati i valori della temperatura ai vari intervalli rilevati in corrispondenza al trefolo in basso a sinistra.



In caso di modifiche alle armature e all'Rck, le verifiche possono essere eseguite senza aggiornare l' analisi termica. A questo punto è possibile effettuare la verifica della sezione per una data temperatura posizionando il cursore sulla durata di incendio desiderata (nell'esempio 120 min.), poi premendo il pulsante "Verifiche" appare la finestra seguente.

Verifica



Nella verifica al fuoco il coefficiente di sicurezza del calcestruzzo è pari ad 1.2, il coefficiente di sicurezza dell'acciaio è pari ad 1.0.

La finestra è suddivisa in tre cornici, nella cornice *Caratteristiche limite M-N* sono riportate le caratteristiche limite della sezione considerata interamente tesa, interamente compressa, o sollecitata da momenti flettenti che tendano le fibre di ciascuno dei quattro lati, è possibile modificare i valori dei coefficienti di sicurezza del calcestruzzo e dell'acciaio e vedere il risultato premendo il tasto "Aggiorna" relativo alla cornice.

Nella cornice *Caratteristiche limite V* sono riportate le sollecitazioni ultime a taglio della sezione, è possibile modificare i valori dei coefficienti di sicurezza del calcestruzzo e dell'acciaio e vedere il risultato premendo il tasto "Aggiorna" relativo alla cornice.
E' possibile effettuare la verifica della staffatura secondo il (D.M. 09/06/1996, p.to. 4.2.2), per fare questo bisogna assegnare il valore dei parametri :

- *Asw /s (cm2/m):* Area di staffatura;
- *fyw (N/mm2):* Limite di snervamento dell'acciaio (fyk), viene acquisito automaticamente dal calcolo;
- *Tmed* Asw *(°C):* Temperatura media del braccio della staffa;
- *Delta:* Coefficiente che tiene conto della eventuale presenza di sforzo normale (DM 09-01-1996, p.to 4.2.2.3.2);
- *Bw ini (m):* Ascissa iniziale del tratto di trave entro cui viene fatta la verifica a taglio;
- *Bw fin (m):* Ascissa finale del tratto di trave entro cui viene fatta la verifica a taglio;
- *d (m):* Altezza utile della sezione;

La parte di larghezza di sezione considerata efficace ai fini della verifica al taglio Bw viene ricavata come differenza Bw = Bwfin - Bwini.
Al termine premendo il tasto "Aggiorna" relativo alla cornice si hanno i risultati della verifica a taglio :

- *V (fcd) (kN):* Resistenza a schiacciamento del puntone compresso (DM 09-01-1996, p.to 4.2.2.3.1);
- *Vcd (kN):* Contributo alla resistenza a taglio dato dal calcestruzzo (DM 09-01-1996, p.to. 4.2.2.3.2);
- *Vwd (kN):* Contributo alla resistenza a taglio dato dalla staffatura (DM 09-01-1996, p.to. 4.2.2.3.2);
- *V lim (kN):* Resistenza a taglio complessiva della sezione;
- *V (kN):* Valore di taglio di esercizio, viene acquisito automaticamente dal calcolo;
- *Rd/Ed:* Rapporto di proporzionalità tra la resistenza e la sollecitazione esterna.

La resistenza a taglio *V lim* è pari alla somma *Vcd+Vwd,* in cui non può essere presa in conto una quota di *Vcd* superiore a Vwd.
Nell'esempio dato che in mezzeria il taglio è nullo, la verifica a taglio non ha significato.

Nella cornice *Caratteristiche limite M-N proporzionali* è possibile assegnare i valori delle sollecitazioni di esercizio N, M i-s M s-d e calcolare il coefficiente di sicurezza rispetto al dominio di rottura, che è espresso mediante il rapporto di proporzionalità *Rd/Ed* tra la resistenza e la sollecitazione esterna, il risultato si ottiene premendo il tasto "Aggiorna" relativo alla cornice.
Il valore del momento di esercizio M i-s viene acquisito automaticamente dal calcolo, al termine è possibile ottenere una stampa di verifica premendo il pulsante "Salva verifica" con il quale si ottiene un file in formato Word come nel'esempio seguente.

Se si vuole modificare le sollecitazioni di calcolo si può farlo editando i nuovi valori nelle caselle corrispondenti, e poi premendo il tasto "Aggiorna".

Per uscire premere il tasto "Esci".

STAMPA CREATA DAL PROGRAMMA

VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

La verifica della resistenza al fuoco degli elementi in c.a. è condotta seguendo la norma UNI 9502 edizione maggio 2001. Per quanto non previsto dalla norma UNI il riferimento adottato è la norma tecnica CNR NTc 192.

La verifica della capacità portante degli elementi è condotta con particolare riferimento ai punti (della norma UNI) :

UNI 9502) 3.2 - curva temperatura/tempo nominale normalizzata
UNI 9502) 5.2 - applicazione del procedimento analitico
UNI 9502) 6.1 - determinazione analitica
UNI 9502) 6.4 - determinazione in presenza di rivestimenti protettivi
per l' analisi termica della sezione e la definizione della mappa termica al tempo di esposizione richiesto;

UNI 9502) 7.1- verifica del criterio di capacità portante
UNI 9502) 8 - azioni
UNI 9502) 9 - materiali
UNI 9502) 10 - coefficienti di sicurezza
CNR NTc 192) 5.3.3.2 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni normali
CNR NTc 192) 5.3.3.3 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni tangenziali
per la verifica dello stato limite ultimo di collasso.

Per determinare la mappa termica si è effettuata una analisi del transitorio con elementi finiti bidimensionali utilizzando il codice “FIRES-T3: A Computer Program for the Fire Response of Structure-Thermal (Three-Dimensional Version)” di Iding, R.; Bresler, B.; Nizamuddin, Z. disponibile presso il “Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899” . Il software, opportunamente adattato per operare in ambiente grafico-interattivo assicura risultati coerenti con le mappe termiche della norma UNI. Poiché l’ analisi termica della sezione è effettuata indipendentemente dalla disposizione delle armature può essere adottata per tutte le verifiche allo stato limite ultimo.

La verifica dello stato limite per sollecitazioni N,M2,M3 è condotta utilizzando il “metodo generale”, con le ipotesi di conservazione delle sezioni piane ed aderenza acciaio-cls. La verifica dello stato limite per la sollecitazione di taglio V si esplica nel controllo della sicurezza lato acciaio (taglio portato dall’ armatura trasversale) e lato cls (verifica della biella compressa); si osserva che in condizioni normali governa la verifica lato acciaio

Per le verifiche dello stato limite si è utilizzata la stessa mesh dell’ analisi termica, con ogni elemento degradato in funzione della propria temperatura media.

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO DELLA SEZIONE A T=120 minuti

Stato	Verifica N/M	Azione N	Azione Mxx	Azione Myy	Azione Nu	Azione Muxx	Azione Muyy	Defor. C	Defor. S	x/d
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	%	%	
Verificata	1.60	0.0	1735.50	0.0	0.0	2777.40	0.0	-0.15	1.00	0.13

Stato	Verifica V	Azione V	Azione Vu	Area St.	fyw	Temp.	Ks(T)	Azione Vsdu	Azione Vcd	Azione Vwd
		kN	kN	cm2/m	N/mm2	C		kN	kN	kN
Verificata	63.76	0.0	0.0	0.0	440.00	0.0	1.00	1539.52	104.27	0.0

Figura	Materiale	Nota	Da X	Da Y	A X	A Y	Esposizione	alfa c	exp n	e res
			cm	cm	cm	cm		W/m2C		
1	Cls	Rck=55 [N/mm2]	37.50	0.0	37.50	25.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			37.50	25.00	30.00	38.50	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56

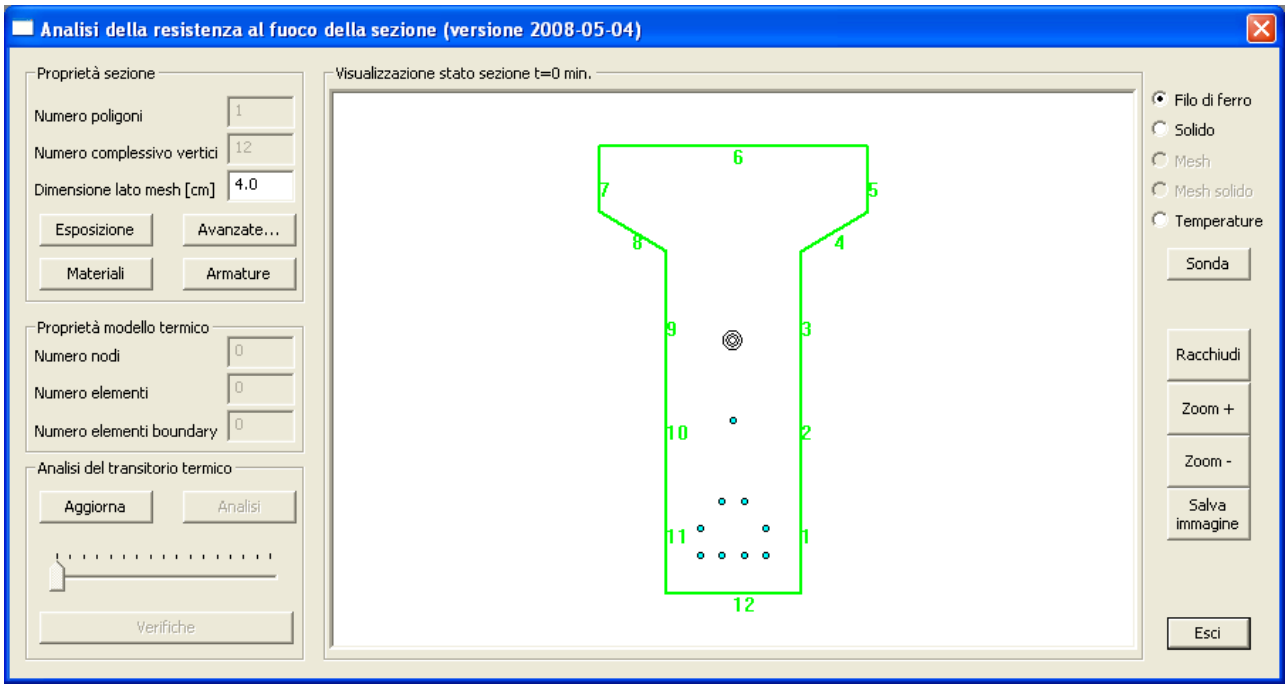
Figura	Materiale	Nota	Da X	Da Y	A X	A Y	Esposizione	alfa c	exp n	e res
			30.00	38.50	30.00	158.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			30.00	158.00	50.00	170.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			50.00	170.00	50.00	182.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			50.00	182.00	0.0	182.00	Esposto aria	9.00	1.00	0.56
			0.0	182.00	0.0	170.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			0.0	170.00	20.00	158.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			20.00	158.00	20.00	38.50	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			20.00	38.50	12.50	25.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			12.50	25.00	12.50	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			12.50	0.0	37.50	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56

Ferro	pos. X	pos. Y	Temp.	Ks(T)	area	fyk	Tipo	fptk	e fptk	e decomp.
	cm	cm	C		cm2	N/mm2		N/mm2		
1	19.00	7.00	430.14	0.44	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
2	23.00	7.00	356.35	0.59	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
3	27.00	7.00	348.98	0.60	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
4	31.00	7.00	433.16	0.43	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
5	19.00	12.00	341.10	0.62	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
6	23.00	12.00	247.59	0.80	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
7	27.00	12.00	253.21	0.79	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
8	31.00	12.00	334.48	0.63	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
9	23.00	17.00	229.96	0.83	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
10	27.00	17.00	229.98	0.83	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
11	25.00	32.00	386.48	0.53	1.39	1710.00	Preteso	1900.00	0.05	5.00e-03
12	10.00	178.00	159.94	0.94	2.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0
13	40.00	178.00	159.83	0.94	2.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0

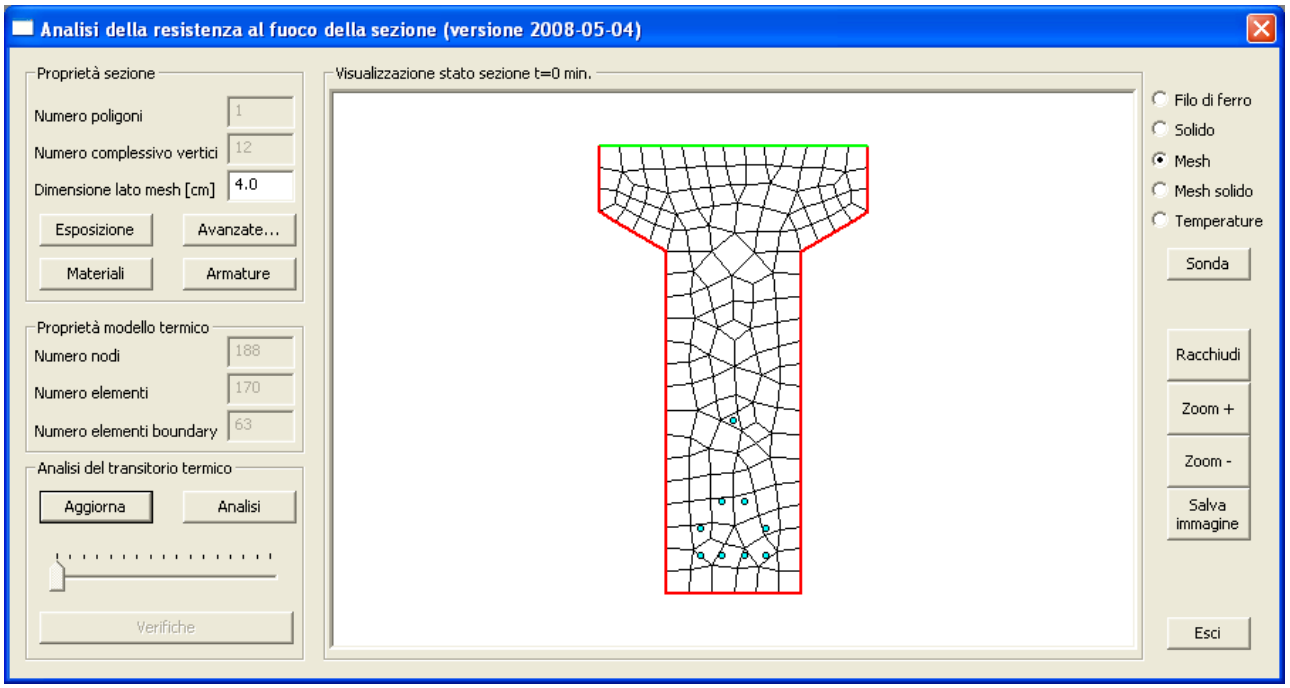
VERIFICA APPOGGIO

Viene brevemente riportato nel seguito la verifica sull'appoggio, che si ottiene digitando la sezione a 0.1 m dall'estremità sinistra della trave nella maschera *Calcolo al fuoco*.

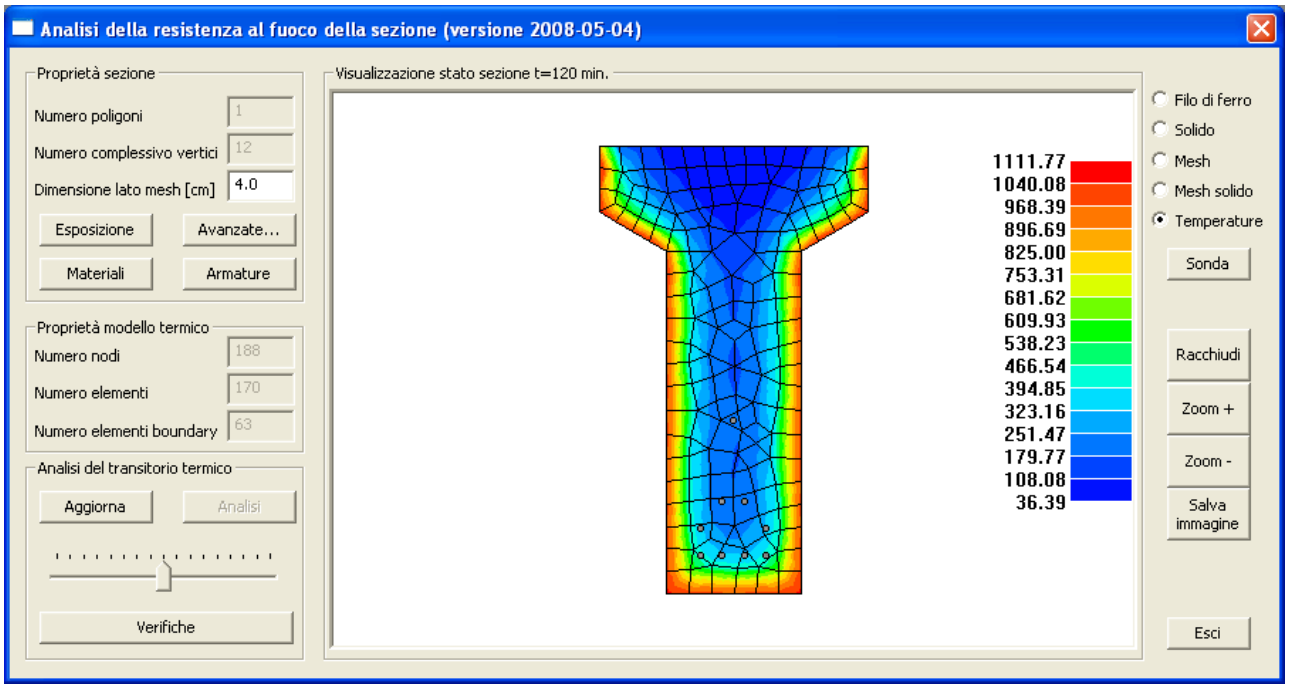
Si ottiene la sezione di figura :



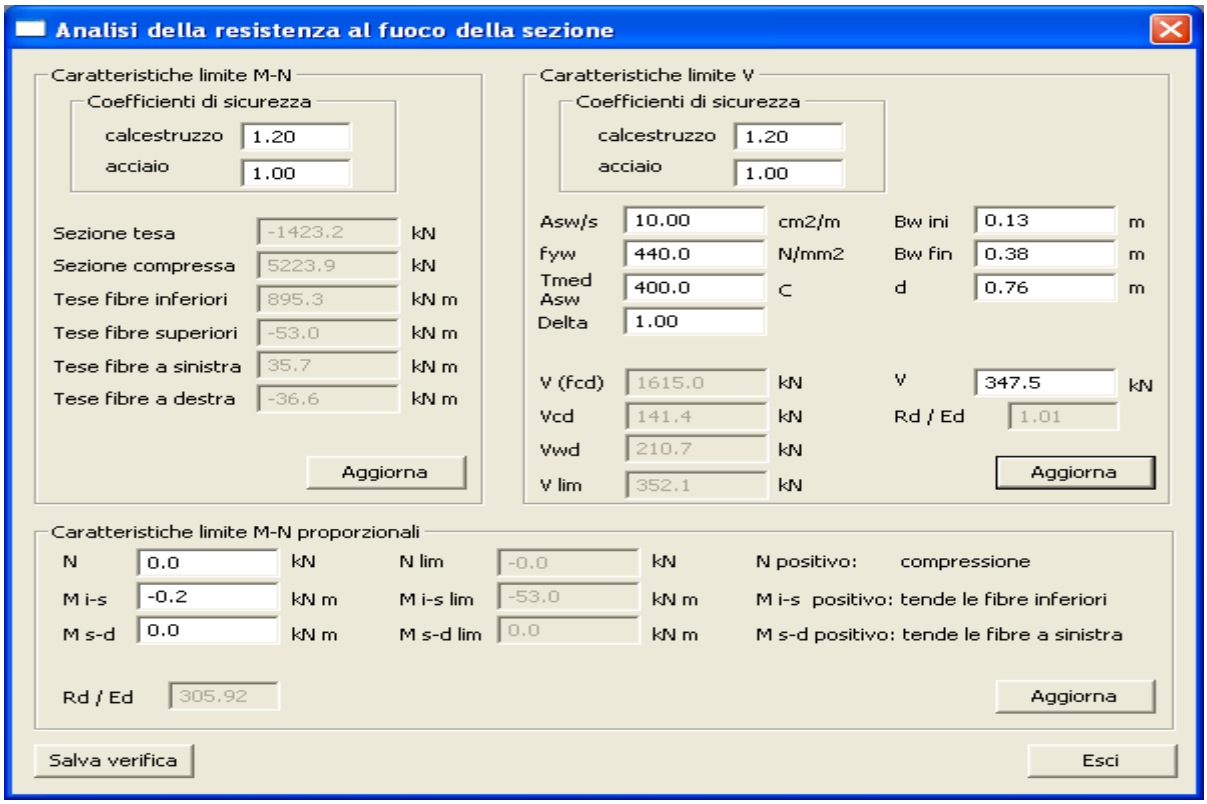
Si selezionano i lati esposti al fuoco e la dimensione della mesh e si ottiene la finestra seguente:



Analisi termica :



Verifica :



La verifica flessionale sull'appoggio non ha significato, per la verifica a taglio è stata posta una staffatura di 10 cm2/m con una temperatura media su un braccio di 400 °C, la larghezza considerata per il taglio è pari a Bw = 0.375-0.125 = 0.25 m in corrispondenza all'anima della trave, V lim = 141.4+210.7 = 352.1 kN.

N.B.: Il programma effettua la verifica a taglio facendo una sommatoria estesa a tutti gli elementi della mesh compresi nell'intervallo Bw fin – Bw ini che vengono ridotti in funzione del degrado termico, pertanto bisogna assegnare l'intervallo in modo tale da non mettere in conto le parti della sezione che non collaborano alla formazione del meccanismo resistente a taglio, nell'esempio sono state poste le ascisse iniziali e finali in modo da verificare solo l'anima larga 25 cm.

A questo punto si può fare la stampa di verifica relativa alla sezione di appoggio.

GETTO IN OPERA

Per il programma la trave ed il getto in opera sono due elementi distinti che vengono accostati fra loro, pertanto bisogna stare attenti alla dimensione della mesh che deve essere assegnata in modo che sia in continuità fra la trave ed il getto.
Per assegnare la mesh si può adottare il criterio seguente. Siano A il lato superiore della trave e B la larghezza del getto a contatto con la trave, nel caso in cui A > B la continuità si può ottenere ponendo una dimensione del lato della mesh pari a M = (A-B)/(2*n) dove n = 1,2,3 …, per esempio siano A = 50 cm e B = 25 cm, è consigliabile un valore n = 4 per cui si ricava M = 3.125 cm.
Nel caso in cui B > A la continuità si può ottenere ponendo una dimensione del lato della mesh pari a M = (B-A)/(2*n) dove n = 1,2,3 …, per esempio siano A = 50 cm e B = 90 cm, è consigliabile un valore n = 5 per cui si ricava M = 4 cm.