



**DÀ PIÙ VALORE  
AL TUO TEMPO**

**VERIFICA  
AL  
FUOCO**

**MANUALE D'USO**

Revisione 2 – 08/11/2012

# Sommario

Sommario .....	2
SETTAGGI .....	3
FUOCO .....	6
INTRODUZIONE .....	6
CONVENZIONI SUI SIMBOLI .....	7
FUNZIONAMENTO .....	9
Getto in opera .....	11
Modifica Esposizione .....	11
Scambio di calore .....	13
Materiali .....	16
Armature.....	17
Verifica.....	20
Stampa creata dal programma .....	24

# SETTAGGI



Dalla maschera principale si preme il pulsante "SETTAGGI" per impostare una serie di dati di default:



I settaggi permettono di inserire i dati di default che si vogliono avere in automatico quando s'inizia il progetto di una nuova trave.

I “gruppi di settaggi” possono essere memorizzati in diversi “CRITERI”: ad es, se un ingegnere lavora per più ditte, può memorizzare i dati validi per le diverse ditte in più Criteri ciascuno con il nome della ditta. Prima di creare il nuovo progetto provvederà a scegliere il Criterio della ditta per cui realizza il progetto di calcolo. Vedere il manuale del programma per maggiori informazioni a riguardo.

Premere il pulsante “MODIFICA” per assegnare i dati:

The screenshot shows the 'CRITERI' (Criteria) settings window in EISEKO Computers. The window title is 'EISEKO Computers' and the main heading is 'CRITERI IMPOSTAZIONI DI DEFAULT PER I NUOVI PROGETTI'. Below this, there is a dropdown menu for 'CRITERI DI PROGETTO' set to 'Eiseko', with buttons for 'Aggiungi Criterio', 'Copia Criterio', and 'Elimina Criterio'. The 'FUOCO' (Fire) tab is selected and highlighted with a red circle. The 'FUOCO' section includes fields for 'Sbalzo Sinistro' (0 m), 'Lunghezza Ringrosso' (1 m), 'Rapporto Lunghezza/Altezza' (L/H = R 20), 'POST-TESO' (N.trefoli nella guaina: 3, Area trefolo singolo cm²: 1.39), 'UNITA' DI MISURA' (Tensioni ammissibili: Kg / cm², N / mm²; T.U. 2008 - EC2: N / mm²), and 'CARICHI' (a m² interasse: 10 m, a ml). At the bottom, there are buttons for 'Chiudi', 'Salva', and a help icon.

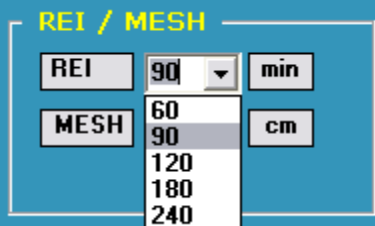
Passare alla scheda “FUOCO” delle impostazioni specifiche per la verifica al fuoco:

The screenshot shows the 'FUOCO' (Fire) specific settings window in EISEKO Computers. The window title is 'EISEKO Computers' and the main heading is 'CRITERI IMPOSTAZIONI DI DEFAULT PER I NUOVI PROGETTI'. Below this, there is a dropdown menu for 'CRITERI DI PROGETTO' set to 'Eiseko', with buttons for 'Aggiungi Criterio', 'Copia Criterio', and 'Elimina Criterio'. The 'FUOCO' tab is selected. The 'FUOCO' section includes 'NORMATIVA' (UNI 9502 maggio 2001, UNI EN 1992-1-2:2005 metodo semplificato, UNI EN 1992-1-2:2005 metodo avanzato), 'TEMPERATURA STAFFA' (REI: 60, 90, 120, 180, 240; T staffa °C: 10, 20, 30, 40, 50), 'REI / MESH' (REI: 90 min, MESH: 5 cm), and 'AGGREGATO' (Calcareo, Siliceo). At the bottom, there are buttons for 'Chiudi', 'Salva', and a help icon.

**NORMATIVA**: Permettono assegnare la normativa di default (nei nuovi progetti verrà assegnata la normativa qui scelta, poi per ogni progetto sarà modificabile)

**REI/MESH**: Permettono assegnare la mesh di default e di scegliere il REI tra quelli più comuni

**TEMPERATURA STAFFA / REI**: Permettono di assegnare la temperatura della staffa per ogni REI che può essere scelto. Cambiando il REI verrà assegnata la temperatura qui impostata, poi per ogni progetto sarà modificabile.



REI / MESH

REI	90	min
MESH	60	cm
	90	
	120	
	180	
	240	

**AGGREGATO**: Permette di scegliere tra calcestruzzo siliceo o calcareo.

# FUOCO

## 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-clt. 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 clt (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 un'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 <sup>2</sup>	Resistenza a rottura del calcestruzzo
fyk	N/mm <sup>2</sup>	Snervamento dell'acciaio
e res	W/m <sup>2</sup> °C	Fattore di emissività risultante
B	W/m <sup>2</sup> °K <sup>4</sup>	Costante di Stefan-Boltzmann
Alfa c	W/m <sup>2</sup> °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 <sup>2</sup> /m	Area di armatura d'anima
Fyw, fyk	N/mm <sup>2</sup>	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
f <sub>ptk</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio precompresso
e <sub>fptk</sub>		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

Premendo il pulsante "VERIFICA AL FUOCO" si apre la maschera seguente:

PROGETTO: 1 - NOME TRAVE: esempio - COMMESSA: Progetti Versione precedente PT 1

**CALCOLO AL FUOCO**

**Selezione Sezioni**

Sezione da sinistra	9.84	m
Sezione per il calcolo del momento	9.84	m
Sezione per il calcolo del taglio	2.15	m

Coefficiente rid. per carichi permanenti G1 + G2	1
Coefficiente rid. per carichi accidentali Qk1	$\psi_{21}$ 0
Coefficiente rid. per carichi accidentali Qk2	$\psi_{22}$ 0.6

**Combinazione Fuoco**

G1 + G2 + P + Ad +  $\psi_{21} \cdot Qk1$  +  $\psi_{22} \cdot Qk2$  T.U. 2.5.6

**IMPOSTAZIONI**

REI	120	min	T staffa °C	20	min
MESH	5	cm			


UNI 9502 maggio 2001  
 UNI EN 1992-1-2:2005 semplificato  
 UNI EN 1992-1-2:2005 avanzato

**AGGREGATO**

Calcareo     Siliceo

**ESPOSIZIONE AL FUOCO**

Tutti i lati a sinistra     Tutti i lati sopra  
 Tutti i lati a destra     Tutti i lati sotto



Il programma propone in automatico le sezioni con momento e taglio massimo comunque modificabili dall'utente.

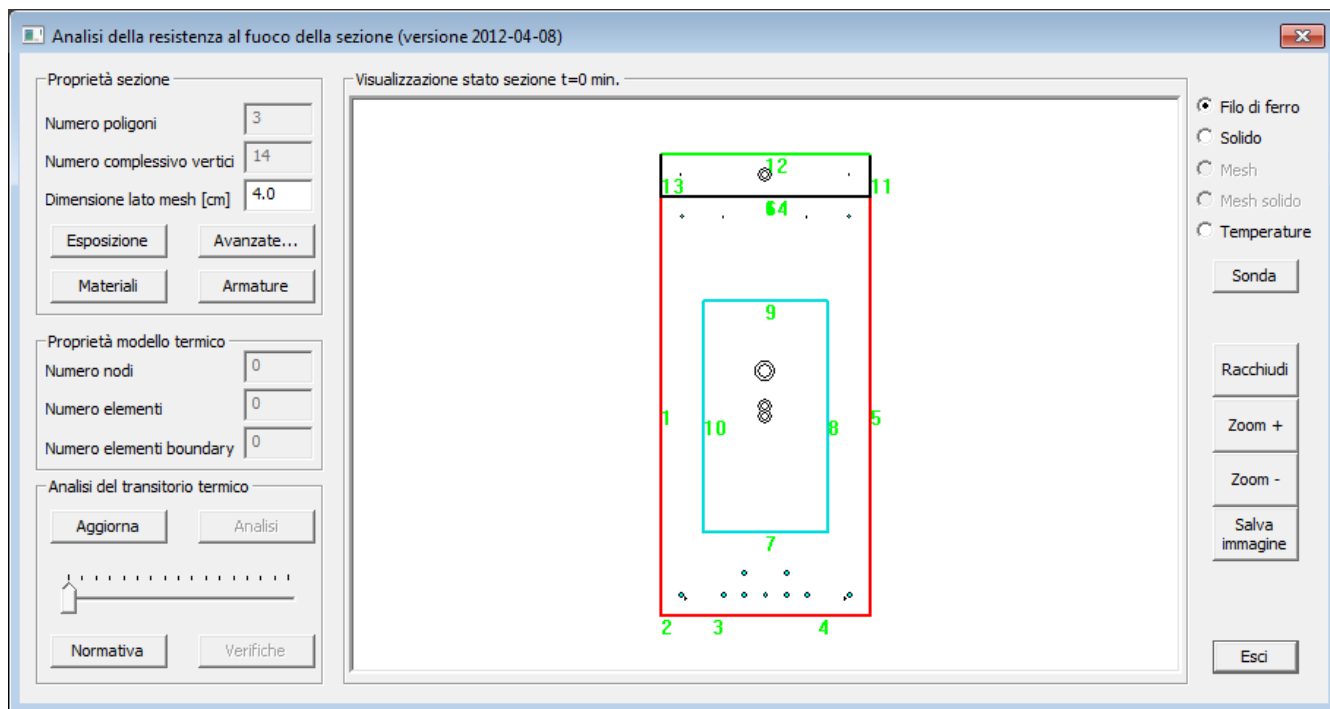
Inoltre, propone in automatico l'esposizione al fuoco per i lati sinistra/destra/sopra/sotto, sempre modificabili dall'utente: basta selezionare o deselezionare la spunta e il programma imporrà automaticamente l'esposizione al fuoco e l'esposizione all'aria, rispettivamente, per tutti i lati della trave che si trovano dal lato scelto. Per scegliere altri tipi di esposizione bisogna entrare nella schermata successiva.

Le impostazioni (normativa, rei, mesh, temperatura staffa e tipo di aggregato) vengono lette dai settaggi di default e qui assegnate. L'utente può modificare i valori e la modifica verrà memorizzata insieme a tutti gli altri dati del progetto, in modo che se si ritorna in seguito sul progetto si ritroveranno i dati salvati.

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 alla maschera di verifica al fuoco e se si desidera mantenerle vanno riportate nelle tabelle dei dati usate per il calcolo della trave in esercizio.

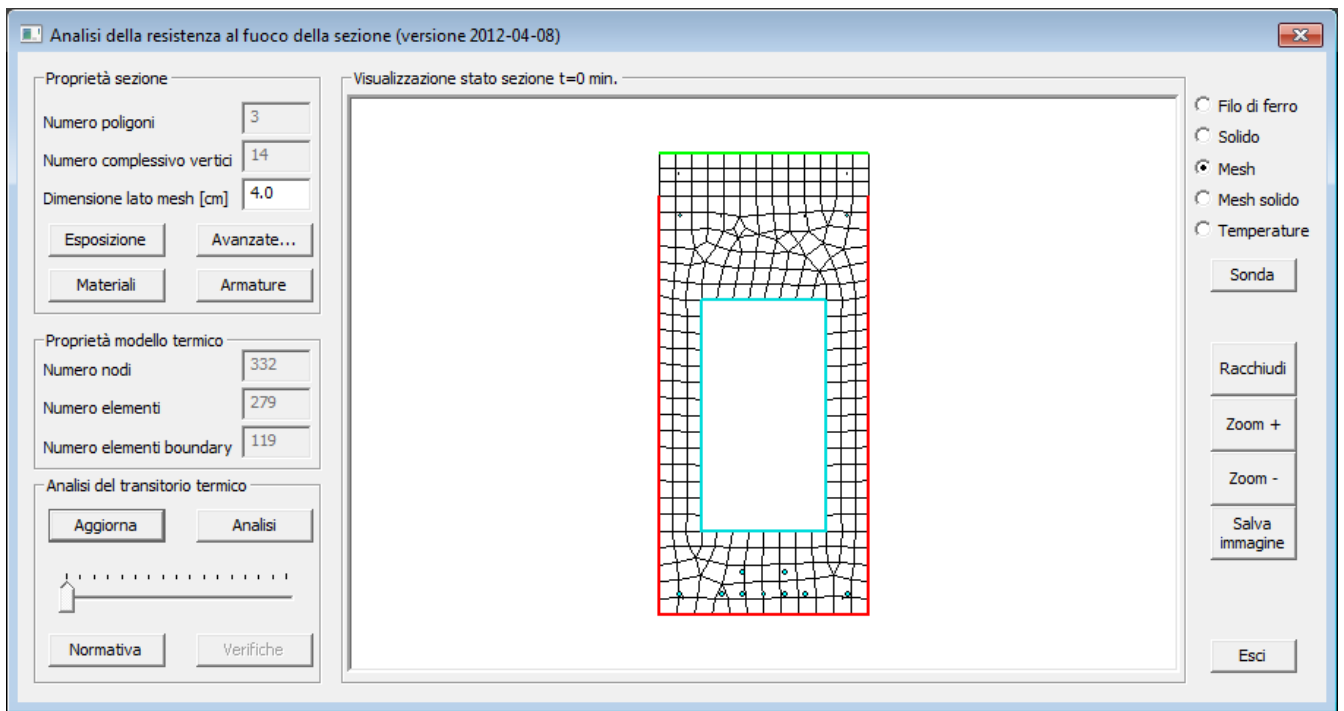
La finestra principale dell'analisi al fuoco è la seguente:



Nell'area grafica 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.

In alto a sinistra è possibile scegliere il tipo di rappresentazione preferito per la trave: "Filo di ferro" è quella rappresentata in figura: i lati della sezione sono numerati, l'armatura lenta ha colore blu, quella precompressa ha colore azzurro.

Premendo il pulsante "Aggiorna" viene eseguita automaticamente la mesh. Noi consigliamo vivamente di scegliere una dimensione di mesh sui 4-5 cm, se si mettono dimensioni di mesh inferiori i tempi di calcolo si allungano. Si suggeriscono dimensioni minime non inferiori a 2 cm. Per visualizzarla premere l'opzione "Mesh" in alto a destra.



## Getto in opera

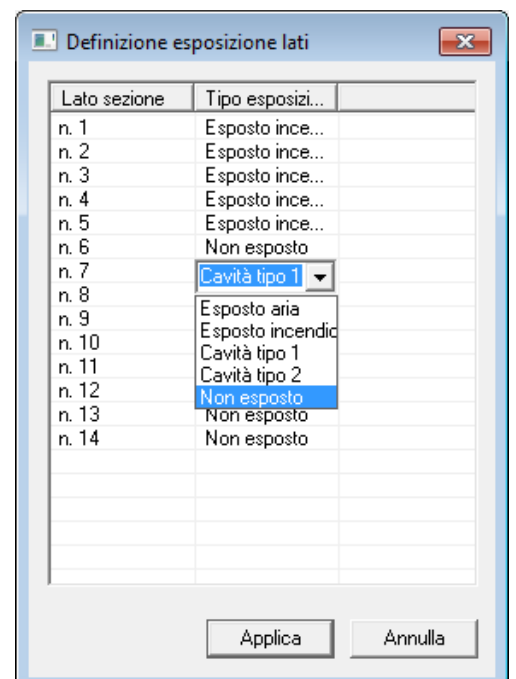
Per il programma la trave ed il getto in opera sono due elementi distinti che vengono accostati fra loro. Il programma è impostato in modo che la mesh del getto e della trave siano in continuità tra loro.

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).

## Modifica Esposizione

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.);

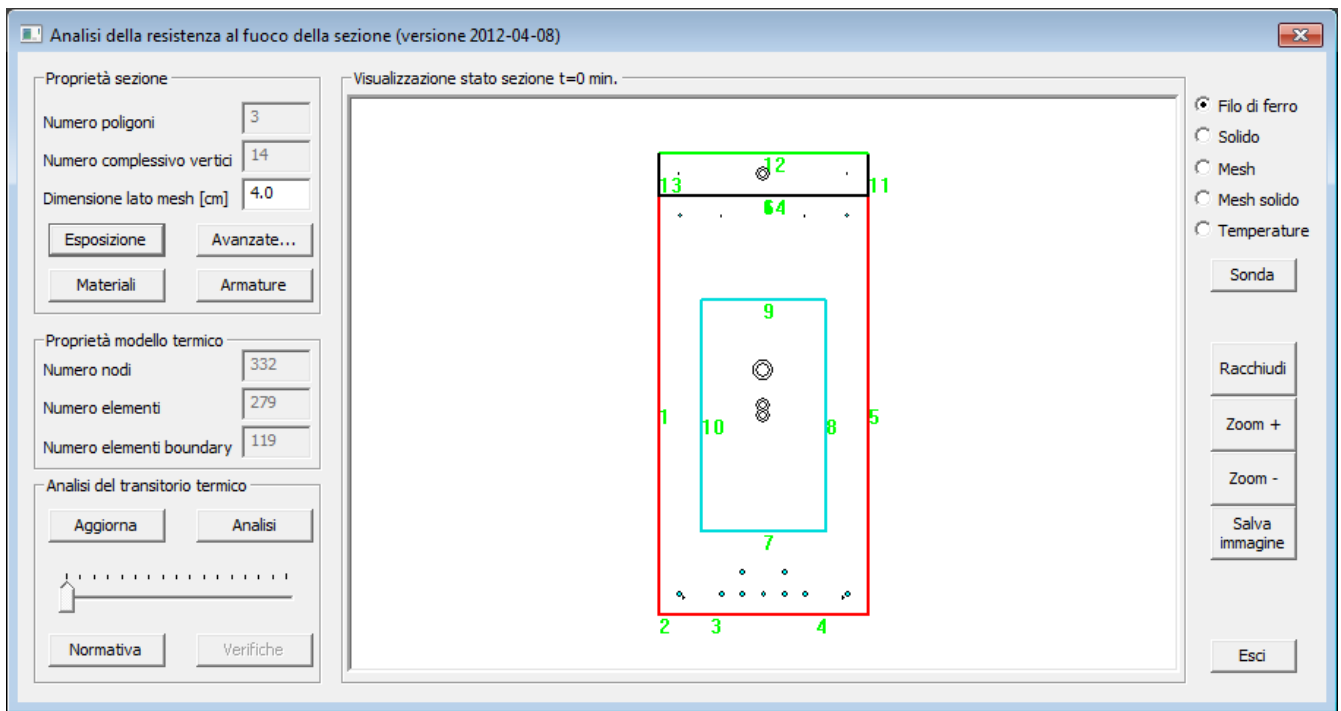
*Tipo esposizione* Permette la definizione del tipo di esposizione di ciascun lato scegliendo tra le cinque opzioni proposte (per chiarimenti sul tipo di esposizione vedi il paragrafo *Scambio di calore*):

- 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".

E' anche possibile fare una selezione multipla di più lati in questo modo: tenendo premuto il tasto "Shift", fare clic sul primo lato (es. lato n. 5) e sull'ultimo lato (es. lato n. 8) e il programma evidenzia tutti i lati fra il 5 e l'8. A questo punto fare clic su una delle caselle *Tipo esposizione* selezionate, selezionare l'esposizione proposta, e concludere facendo ancora clic su una delle caselle selezionate.

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 1,2,3,5,6,7,8.



## 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.

**Dati per analisi del transitorio termico e verifica capacità portante**

Scambio di calore con l'ambiente

Lato esposto incendio

e res	0.56	remiss. risultante (irraggiamento)
alfa c	25	coeff. scambio (convezione)
exp n	1	esponente
<input checked="" type="checkbox"/> ISO834		Temperatura GAS (t)

Lato esposto a cavità tipo 1

e res	0.56	remiss. risultante (irraggiamento)
alfa c	19	coeff. scambio (convezione)
exp n	1	esponente
temp. assegnata	20	Temperatura dell'ARIA variabile <input type="checkbox"/>

Lato esposto aria

e res	0.56	remiss. risultante (irraggiamento)
alfa c	9	coeff. scambio (convezione)
exp n	1	esponente
temp. assegnata	20	

Lato esposto a cavità tipo 2

e res	0.56	remiss. risultante (irraggiamento)
alfa c	14	coeff. scambio (convezione)
exp n	1	esponente
temp. assegnata	20	Temperatura dell'ARIA variabile <input type="checkbox"/>

Curva tempo-temperatura incendio

Classe 120 tempo di esposizione R [minuti]

Termina analisi con R [minuti]

Mapa termica ogni:

3 minuti  5 minuti  15 minuti

Max iter. 16 Tolleranza 0.05 per elementi di contorno

0 0.05 per la matrice sistema

DT 1 intervallo di calcolo [minuti]

Usa modello convettivo per cavità

$$H_{net,d} = \alpha_f c \cdot (T_g - T_m)^{**n} + e_{res} \cdot B \cdot (T_{Ag}^{**4} - T_{Am}^{**4})$$

Unità di misura SI: [m,J,W,C]

B 5.7e-008 costante di Stefan-Boltzmann

Ta 273 temperatura assoluta

Applica Annulla

Nel caso non si spunti l'opzione ISO834 è possibile assegnare la curva tempo-temperatura manualmente.

n.	t [min]	Temperatura
1	0.0	20.0
2	10.0	678.427
3	20.0	781.355
4	30.0	841.796

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.

Le esposizioni con cavità tipo 1 e 2 possono essere utilizzate per cavità "stagna" oppure "ventilata".

Le cavità tipo 1 vanno bene per pareti sottili (p.es. fino a 8,10 cm), le cavità tipo 2 vanno bene per pareti grosse (oltre gli 8,10 cm).

1. Cavità "stagna": la temperatura dell'aria al suo interno è variabile, pertanto in questo caso bisogna spuntare la casella "Temperatura dell'aria variabile", il programma propone l'andamento delle temperature dell'aria della cavità rappresentate in figura.

Curva tempo-temperatura cavità 1

Tempo [min]	Temperatura [°C]
0.00	0.00
100.00	133.33
200.00	266.67
300.00	400.00

2. Cavità "ventilata": la temperatura dell'aria si può ipotizzare costante, in questo caso il coefficiente di scambio termico  $\alpha c$  è più alto rispetto al valore del caso stagno, ci sono dei valori proposti in letteratura, p. es. 100. Inoltre bisogna settare il valore dell'aria, p. es. 200. Nel caso della ventilazione forzata bisogna vedere i dati dell'impianto.

**Dati per analisi del transitorio termico e verifica capacità portante**

Scambio di calore con l'ambiente

Lato esposto incendio

e res: 0.56 remiss. risultante (irraggiamento)

alfa c: 25 coeff. scambio (convezione)

exp n: 1 esponente

ISO834

Lato esposto a cavità tipo 1

e res: 0.56 remiss. risultante (irraggiamento)

alfa c: 100 coeff. scambio (convezione)

exp n: 1 esponente

temp. assegnata: 200 Temperatura dell'ARIA variabile

Lato esposto aria

e res: 0.56 remiss. risultante (irraggiamento)

alfa c: 9 coeff. scambio (convezione)

exp n: 1 esponente

temp. assegnata: 20

Lato esposto a cavità tipo 2

e res: 0.56 remiss. risultante (irraggiamento)

alfa c: 14 coeff. scambio (convezione)

exp n: 1 esponente

temp. assegnata: 20 Temperatura dell'ARIA variabile

Max iter.: 16 Tolleranza: 0.05 per elementi di contorno

0 0.05 per la matrice sistema

DT: 1 intervallo di calcolo [minuti]

Usa modello convettivo per cavità

$H_{net,d} = \alpha c * (T_g - T_m)^{**n} + e_{res} * B * (T_{Ag}^{**4} - T_{Am}^{**4})$

Unità di misura SI: [m,J,W,C]

B: 5.7e-008 costante di Stefan-Boltzmann

Ta: 273 temperatura assoluta

Curva tempo-temperatura incendio

Classe: 120 tempo di esposizione R [minuti]

Termina analisi con R [minuti]

Mappa termica ogni:

3 minuti  5 minuti  15 minuti

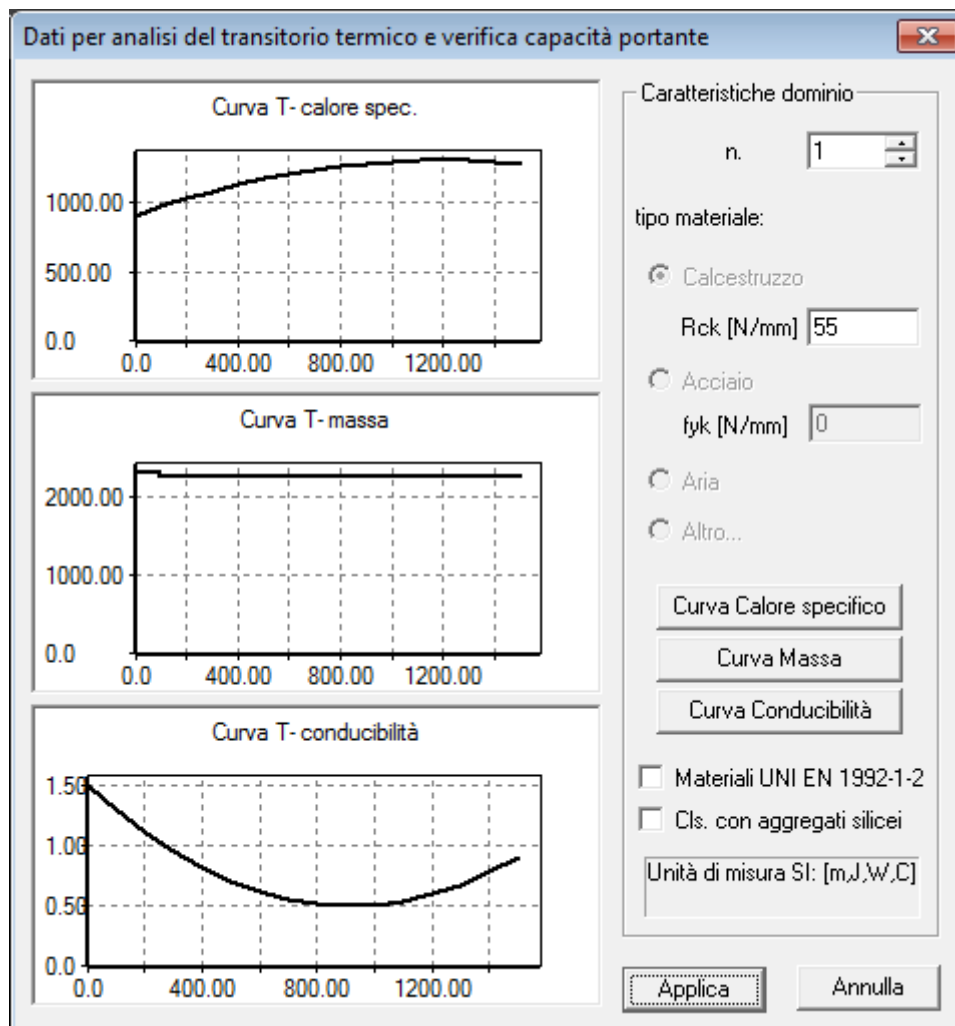
Nel caso che la sezione sia dotata di cavità è possibile definire due tipi di scambio convettivo cioè il tipo 1 ed il tipo 2 per i quali sono proposti dei valori di  $\alpha c$  intermedi fra quelli dei lati esposto e non esposto.

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  $R_{ck}$  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  $R_{ck}$  per mezzo del campo *tipo materiale*, per assegnare il valore di  $R_{ck}$  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":

ID	pos. X [cm]	pos. Y [cm]	area [cm2]	Es [N/m...	fyk [N/m...	tipo	preteso	fptk [N/m...	e fptk	e decomp.	beta [fy/f...
n. 1	6	4	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 2	44	4	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 3	15	95	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 4	35	95	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 5	5	105	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 6	45	105	0.50	200000	450	Classe N ...	No	0	0	0	0
n. 7	5	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 8	15	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 9	20	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 10	25	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 11	30	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 12	35	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 13	45	5	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 14	20	10	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 15	30	10	1.39	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 16	5	95	0.93	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93
n. 17	45	95	0.93	195000	1674	Classe A ...	Si	1860	0.0500	0.0050	0.93

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  $fyk=0.90 \cdot fptk$  per l'armatura precompressa;
- precom.: La colonna è formata da caselle di controllo 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;

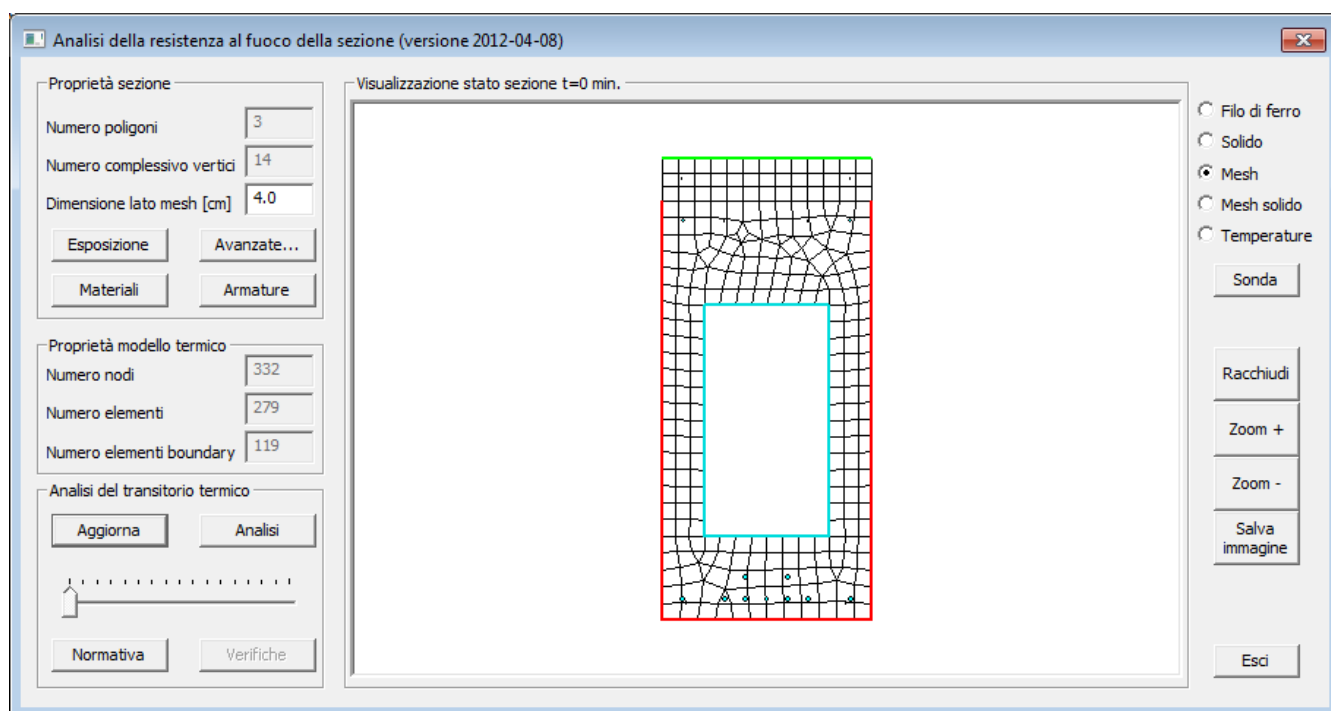
- e decomp.: Deformazione presente nell'acciaio precompresso, corrispondente all'annullamento della tensione nella fibra di calcestruzzo alla stessa quota;

Naturalmente i parametri relativi alla precompressione sono presi in considerazione dal programma solo se la casella di controllo 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 3.14 cm<sup>2</sup>.

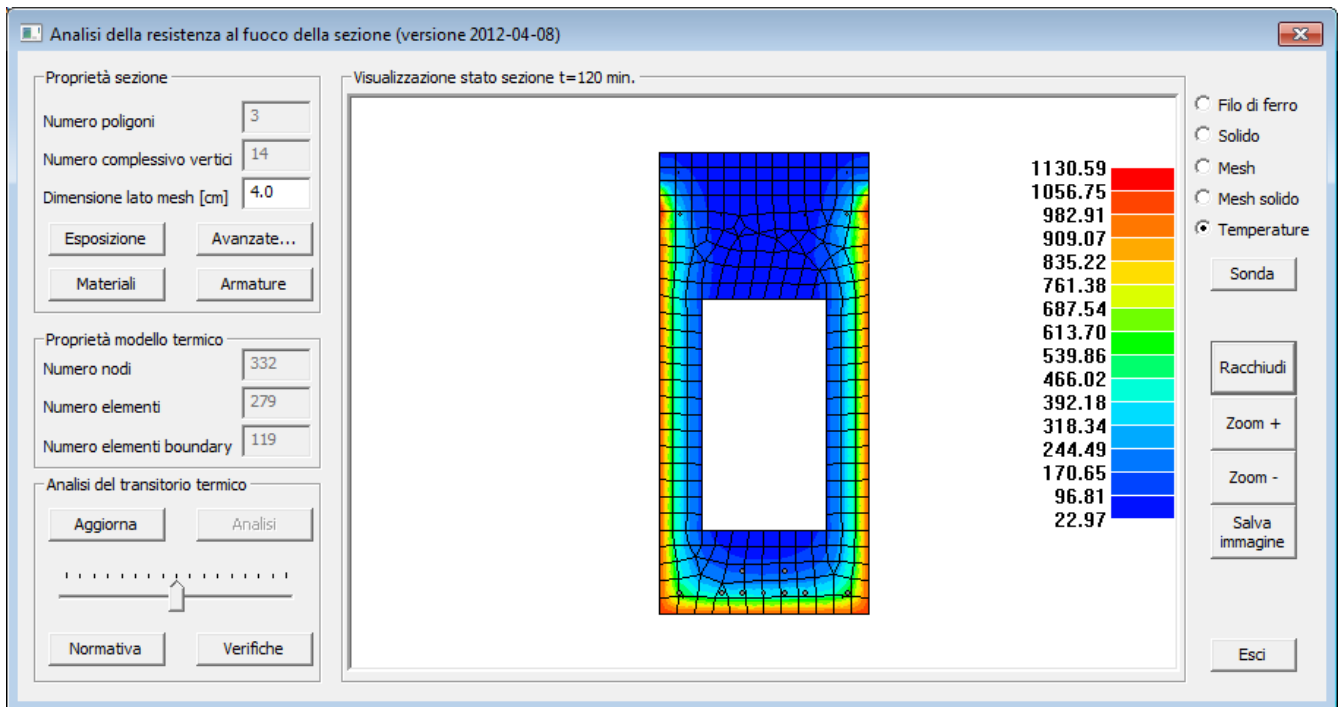
Dopo avere effettuato tutte le integrazioni bisogna fare clic su una casella qualsiasi della tabella, al termine premere il pulsante "Applica".

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.

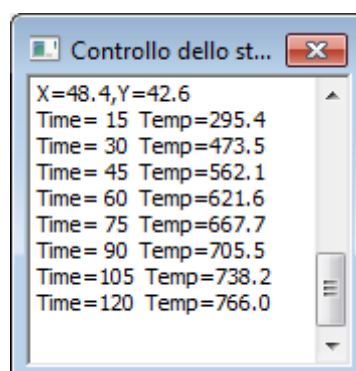


Solo successivamente è possibile effettuare l'analisi termica premendo il pulsante "Analisi", a questo punto il programma effettua al passo assegnato nella finestra "Dati per l'analisi del transitorio" il calcolo di tutte le distribuzioni di temperatura da 0 fino "R" minuti.

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 veri intervalli.



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

**Analisi della resistenza al fuoco della sezione**

**Caratteristiche limite M-N**

Coefficienti di sicurezza

calcestruzzo: 1.20

acciaio: 1.00

Sezione tesa: -1476.7 kN

Sezione compressa: 10271.7 kN

Tese fibre inferiori: 1162.2 kN m

Tese fibre superiori: -268.0 kN m

Tese fibre a sinistra: 238.8 kN m

Tese fibre a destra: -238.0 kN m

Aggiorna

**Caratteristiche limite V**

Coefficienti di sicurezza

calcestruzzo: 1.20

acciaio: 1.00

Asw/s: 9.93 cm<sup>2</sup>/m

fyw: 450.0 N/mm<sup>2</sup>

Tmed: 20.0 C

Delta: 1.00

Bw ini: 0.00 m

Bw fin: 0.50 m

d: 1.06 m

V (fcd): 3389.5 kN

V: 240.4 kN

Vcd: 323.1 kN

Vwd: 426.4 kN

V lim: 749.6 kN

Rd / Ed: 3.12

Aggiorna

**Caratteristiche limite M-N proporzionali**

N: 0.0 kN

N lim: 0.0 kN

N positivo: compressione

M i-s: 881.1 kN m

M i-s lim: 1162.2 kN m

M i-s positivo: tende le fibre inferiori

M s-d: 0.0 kN m

M s-d lim: -0.0 kN m

M s-d positivo: tende le fibre a sinistra

Rd / Ed: 1.32

Aggiorna

Salva verifica

Esci

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 (cm<sup>2</sup>/m): Area di staffatura;

fyw (N/mm<sup>2</sup>): 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  $Bw = Bw_{fin} - Bw_{ini}$ . Nell'esempio è stata posta una staffatura pari a 10.0 cm<sup>2</sup>/m ed una temperatura media su un braccio di 500 °C, la larghezza proposta per il taglio è pari a  $Bw = 0.50 - 0.00 = 0.50$  m pari all'ingombro massimo dell'elemento.

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  $V_{cd}+V_{wd}$ , in cui non può essere presa in conto una quota di  $V_{cd}$  superiore a  $V_{wd}$ , nell'esempio  $V_{lim} = 190.0+190.1=380.1$  kN.

Se si vuole modificare il taglio di esercizio si può farlo editando il nuovo valore nella casella corrispondente, e poi premendo il tasto "Aggiorna".

N.B.: Il programma effettua la verifica a taglio facendo una sommatoria estesa a tutti gli elementi della mesh compresi nell'intervallo  $B_w$  fin -  $B_w$  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 40 cm. Per esempio nel caso di elementi da solaio a pi-greco bisogna porre le ascisse iniziali e finali in modo da verificare una singola gamba e ricordarsi che la verifica a taglio in tal caso è riferita a metà trave, quindi  $V_{lim}$  va confrontato con  $V/2$ .

Nella cornice *Caratteristiche limite M-N* proporzionali il valore del momento di esercizio  $M_{i-s}$  viene acquisito automaticamente dal calcolo, 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.

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 nell'esempio seguente.

Per uscire premere il tasto "Esci".

**Impostazioni di calcolo** ✕

**Metodo di calcolo**

UNI 9502 edizione maggio 2001

UNI EN 1992-1-2:2005 metodo semplificato

UNI EN 1992-1-2:2005 metodo avanzato

**UNI EN 1992-1-2:2005 metodo avanzato**

Dilatazione massima ds:

**Metodo iterativo con scansione curvatura**

Usa metodo iterativo

Dilatazione massima iniziale ds:

Dilatazione massima finale ds:

Numero passi scansione:

In ottemperanza ai punti 3.2.2 , 3.2.3 e 3.2.4 si assumono diagrammi sforzi deformazioni funzione della temperatura e con ramo discendente. Le sollecitazioni ultime per la sezione si ottengono in genere con scansione sulla curvatura

**UNI EN 1992-1-2:2005 metodo semplificato e UNI 9502 (05/2001)**

diagramma tensioni deformazioni per armatura lenta:

elastico-perfettamente plastico finito (1% da DM96)

elastico-perfettamente plastico indefinito

bilineare finito con incrudimento

Armatura lenta: euk %  (ft/fy)k  (\*)

Armatura pretesa: eud %  (\*\*)

diagramma tensioni deformazioni per ds:

parabola rettangolo (formula EC2 3.17)

triangolo - rettangolo

rettangolo

Coefficiente di durata alfac

(\*) valori di default per bilineare armatura lenta

(\*\*) limite deformazione per bilineare finita con incrudimento come da EC2 3.3.6

## 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-cla. 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 cla (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
Verificata	1.17	0.0	845.60	0.0	0.0	989.30	0.0	-0.20	1.00	0.17

Stato	Verifica V	Azione V	Azione Vu	Area St.	fyw	Temp.	Ks(T)	Azione Vsdu	Azione Vcd	Azione Vwd
Verificata	1.53	247.90	380.05	10.00	450.00	500.00	0.46	2819.57	270.40	190.03

Figura	Materiale	Nota	Da X	Da Y	A X	A Y	Esposizione	alfa c	exp n	e res
1	Clas	Rck=50 [N/mm2]	0.0	100.00	0.0	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			0.0	0.0	0.0	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			0.0	0.0	25.00	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			25.00	0.0	50.00	0.0	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			50.00	0.0	50.00	100.00	Esposto incendio	25.00	1.00	0.56
			50.00	100.00	0.0	100.00	Non esposto			



Figura	Materiale	Nota	Da X	Da Y	A X	A Y	Esposizione	alfa c	exp n	e res
2	Aria		10.00	20.00	40.00	20.00	Cavità tipo 1	19.00	1.00	0.56
			40.00	20.00	40.00	75.00	Cavità tipo 1	19.00	1.00	0.56
			40.00	75.00	10.00	75.00	Cavità tipo 1	19.00	1.00	0.56
			10.00	75.00	10.00	20.00	Cavità tipo 1	19.00	1.00	0.56
3	Clc	Rck=25 [N/mm2]	50.00	100.00	50.00	105.00	Non esposto			
			50.00	105.00	0.0	105.00	Esposto aria	9.00	1.00	0.56
			0.0	105.00	0.0	100.00	Non esposto			
			0.0	100.00	50.00	100.00	Non esposto			

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	3.00	3.00	801.81	0.07	1.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0
2	47.00	3.00	796.99	0.07	1.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0
3	47.00	97.00	544.43	0.35	1.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0
4	3.00	97.00	516.27	0.42	1.54	440.00	Lento	0.0	0.0	0.0
5	10.00	5.00	424.31	0.45	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
6	15.00	5.00	386.94	0.53	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
7	20.00	5.00	378.03	0.54	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
8	25.00	5.00	375.89	0.55	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
9	30.00	5.00	378.82	0.54	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
10	35.00	5.00	389.64	0.52	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
11	40.00	5.00	428.02	0.44	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
12	25.00	10.00	160.76	0.92	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
13	5.00	95.00	346.04	0.61	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03
14	45.00	95.00	342.79	0.61	1.39	1670.00	Preteso	1860.00	0.05	5.00e-03