

Ministero del Interno
 Dipartimento dei Vigili del Fuoco,
 del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile

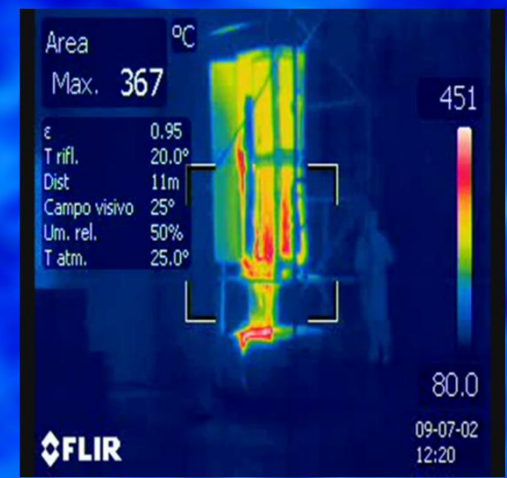
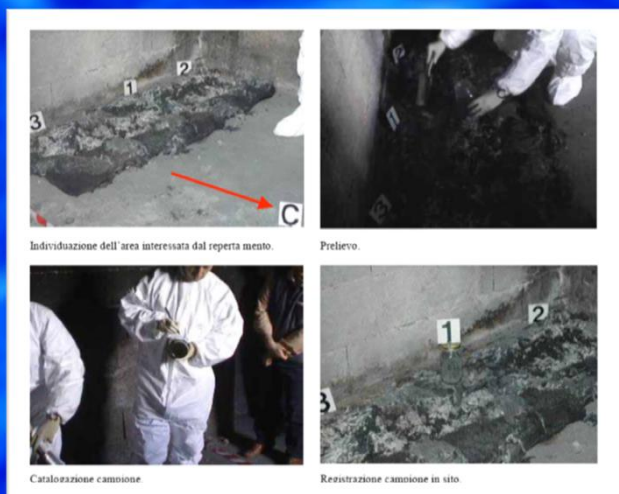
Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco



**ALMA MATER STUDIORUM
 UNIVERSITA' DI BOLOGNA
 SEDE DI FORLI'**

FACOLTA' DI SCIENZE CRIMINOLOGICHE

FIRE INVESTIGATION



Forlì 03.12.2014

Docente: Dott. Ing. Giuseppe Loberto
giuseppe.loberto@vigilfuoco.it

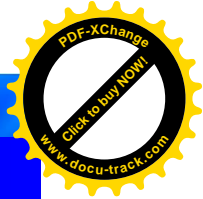


Organigramma del Ministero dell'Interno



Ruolo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco nell'ambito della Protezione Civile Nazionale





LIVELLI D'ORGANIZZAZIONE



TRE LIVELLI INTEGRATI



LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

- Soccorso tecnico urgente
- Attività di Pubblica Sicurezza
- Polizia Amministrativa
- Controllo dei luoghi di lavoro
- Prevenzione incendi
- Vigilanza antincendio
- Formazione
- Attività di Polizia Giudiziaria

LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

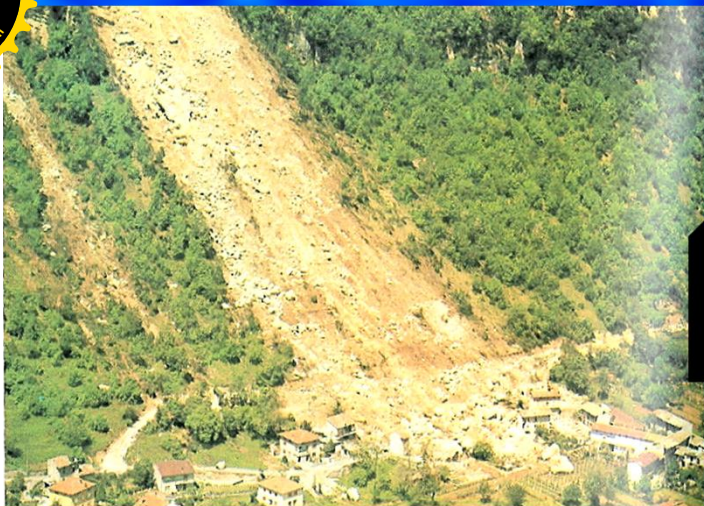


MI CROEMERGENZA

- SOCCORSO TECNICO URGENTE



MACROEMERGENZA



FRANE



TERREMOTO



ALLUVIONALE





LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

PUBBLICA SICUREZZA E POLIZIA AMMINISTRATIVA

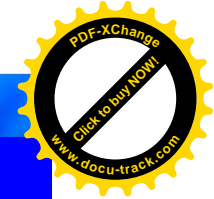
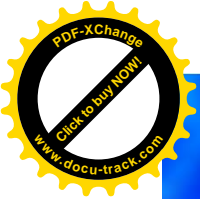
- Controlli sull'attuazione delle norme di sicurezza
- Certificato di Prevenzione Incendi
- Controlli sulla sicurezza ad attività anche non soggette al rilascio del C.P.I.
- Controlli nei luoghi di lavoro ed edifici civili
- Commissioni Provinciali e Comunali di:
 - Pubblico Spettacolo
 - Gas Tossici
 - Carburanti
 - Esplosivi
 - Detenzione sorgenti radioattive



LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

- VIGILANZA ANTINCENDIO

I spezioni e controlli nei locali di Pubblico Spettacolo



LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

FORMAZIONE

- Formazione esterna per D.Lvo 81/08:
 - Datori di lavoro
 - R.S.P.P
 - Addetti alla lotta antincendio
 - Responsabile della sicurezza dei lavoratori





LE ATTIVITÀ dei Vigili del Fuoco

POLIZIA GIUDIZIARIA
UFFICIALI O AGENTI DI P.G.

FIRE INVESTIGATION

ISPEZIONE A SEGUITO:

- intervento di soccorso
- esposto
- richiesta di autorità
- richiesta magistratura



PROCEDIMENTI E SANZIONI PENALI



Il Nucleo Investigativo Antincendi del Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco

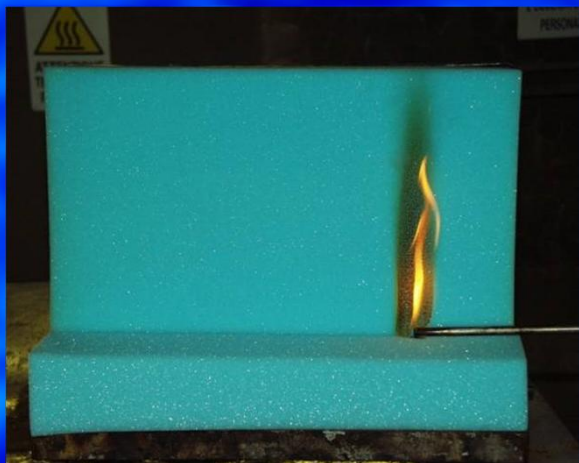
Attività svolta dal N.I.A.

Esecuzione di accertamenti urgenti e rilievi tecnici, eventuale sequestro di prodotti, materiali e quanto possa essere necessario ai fini della determinazione della causa dell'evento (es. certificazioni di prodotti ed impianti, progetti di impianti).



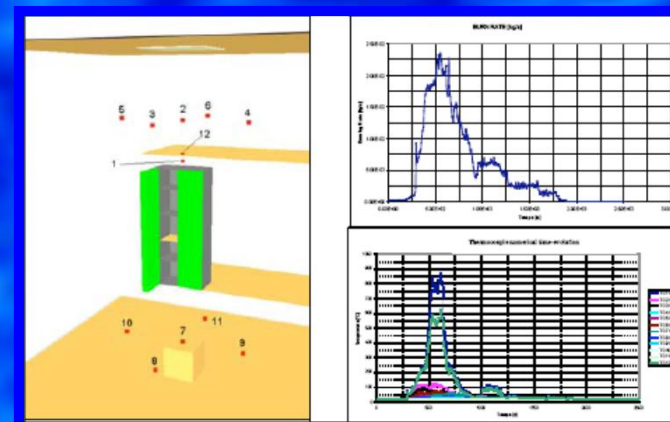
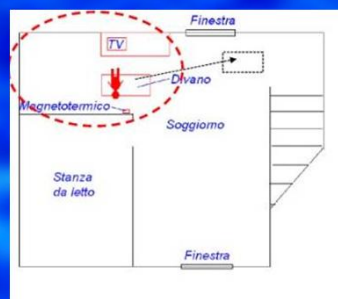
Attività svolta dal N.I.A.

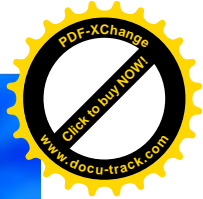
Coordinamento degli accertamenti tecnici che si eseguono presso i laboratori della Direzione centrale per la prevenzione e la sicurezza tecnica (prove e verifiche nazionali ed internazionali) sui reperti sequestrati.



Attività svolta dal N.I.A.

- Simulazione ed analisi mediante modelli di calcolo degli eventi oggetto d'indagine.-
- Sperimentazione di validazione e riproduzione degli incendi in scala reale a supporto delle simulazioni effettuate.
- Determinazione delle cause dell'incendio e/o esplosione.

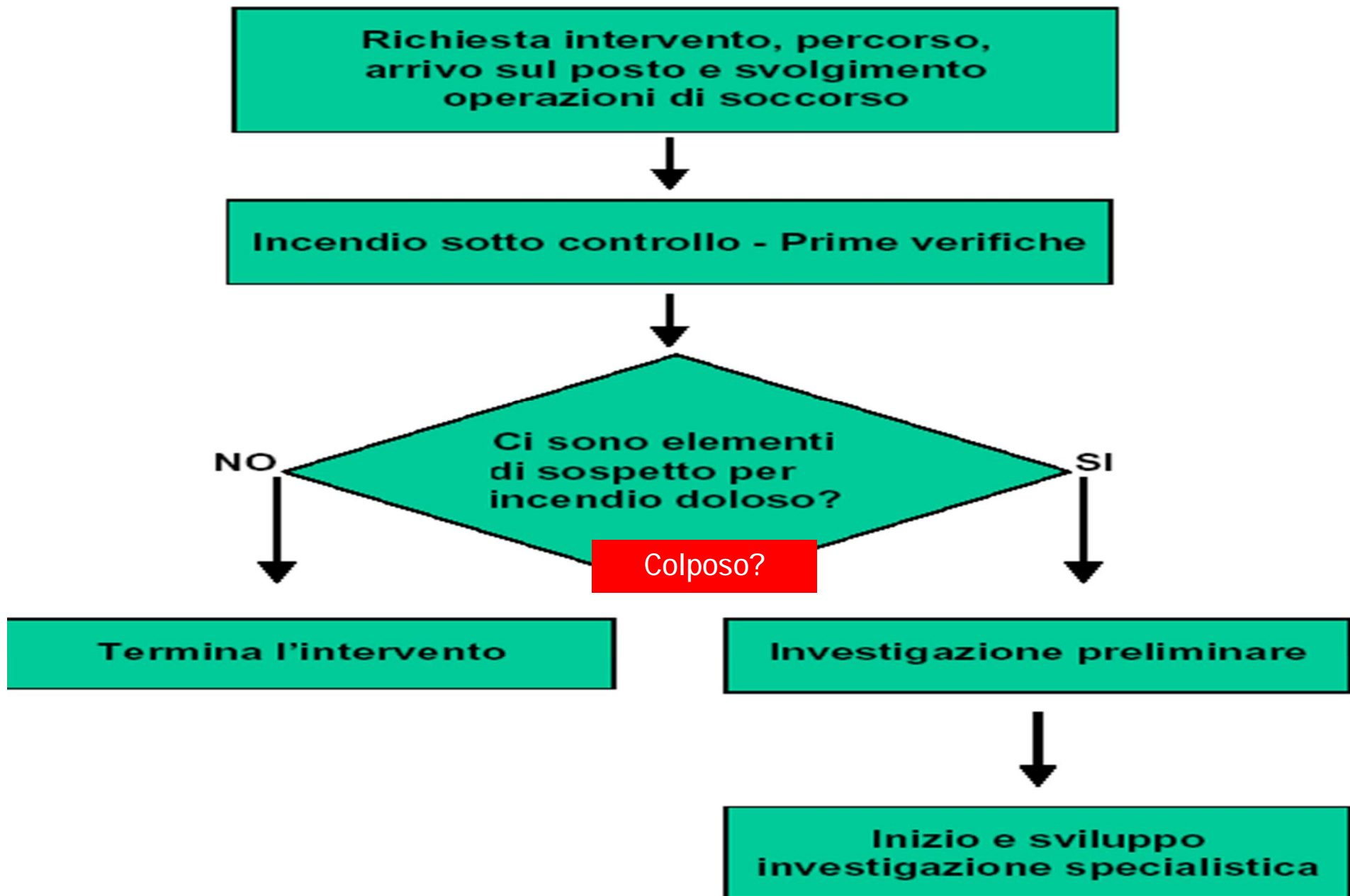




FIRE INVESTIGATION

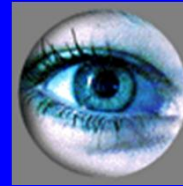


Lay-out della investigazione antincendio



FASI INVESTIGATIVE

1^ FASE Investigazione preliminare o primaria



2^ FASE Investigazione specialistica



3^ FASE Approfondimenti e sviluppi specialistici





1^ FASE - INVESTIGAZIONE PRELIMINARE



AVVIENE ALL'ARRIVO E NELL'IMMEDIATEZZA:

(non appena le operazioni di spegnimento e salvaguardia lo consentono).

AGIRE PRECOCEMENTE PERCHE':

- l'incendio distrugge beni - crea pericolo per le persone
- distrugge le tracce e modifica scenari utili all'accertamento delle cause

METTERE INSIEME E CONSERVARE TUTTI GLI ELEMENTI INTERESSANTI

(più si aspetta e più le tracce potrebbero disperdersi).

- segni di effrazione - ritrovamento di inneschi e/o contenitori di liquidi infiammabili

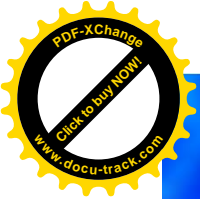


2^ FASE INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Si avvia quando l'incendio è sotto controllo o durante le operazioni di smassamento/bonifica dei luoghi

I principali elementi da accertare sono:

- Scenario, valutazione della natura/qualità della combustione.
- Punto o punti di origine e/o la zona interessata dall'incendio;
- La presenza d'indizi (quant'altro indichi un innesco voluto o non;



2^ FASE INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Compatibilità tra l'incendio, le caratteristiche quantitative e qualitative del materiale combustibile ed i possibili inneschi;

Prime valutazioni sullo stato dell'attività ed in particolare sulla copertura assicurativa;

Prime informazioni di tipo testimoniale;

Prime informazioni su eventuali minacce ed altri incendi accaduti;

Esecuzione di foto e video. Prelievo di campioni e materiali utili

Questa fase si conclude con alcune decisioni importanti per il proseguo delle indagini :

- Il controllo dello stato di sicurezza dei luoghi;
- La notizia al Pubblico Ministero e l'avvio delle prime indagini;
- Eventuale sequestro;
- Effettuazione di primi accertamenti urgenti (prelievi ecc.) e relativa verbalizzazione.



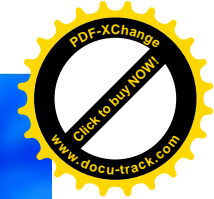
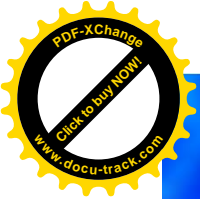
3^ FASE - SVILUPPO INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Sviluppo ed approfondimento delle attività investigative e delle valutazioni tecniche utili ad accertare le cause dell'incendio ed individuarne i responsabili.

Richiede accertamenti articolati e complessi, quali sopralluoghi e valutazioni accurate sullo scenario e sulla natura/qualità della combustione,

Prelievo di campioni e/o materiali utili, esecuzione di foto e riprese video, successivi accertamenti di natura amministrativa e contabile, indagini di PG.

- Il Pubblico Ministero può incaricare un CTU per svolgere ulteriori accertamenti.



3^ FASE - SVILUPPO INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Gli obiettivi generali di questa attività sono:

- Collaborazione fra forze di polizia giudiziaria
- Accertare elementi utili in merito al comportamento delle persone;
- Verificare i possibili moventi;
- Verificare se gli esiti della combustione sono compatibili con la presenza di materiali e/o sostanze sullo scenario e con i possibili inneschi;
- Studiare gli esiti della combustione sullo scenario interessato;
- Analizzare testimonianze utili

In conclusione della fase investigativa il P.M potrà gestire in vari modi i risultati ottenuti richiedendo: ulteriori indagini - archiviazione - rinvio a giudizio.

INTERPRETAZIONE LINGUAGGIO DEL FUOCO



Effetto camino

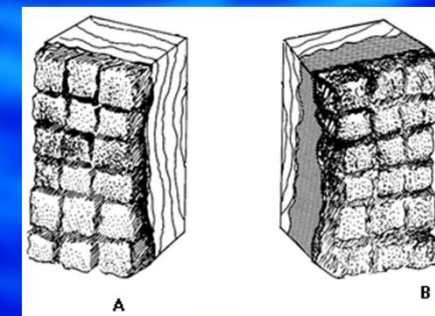
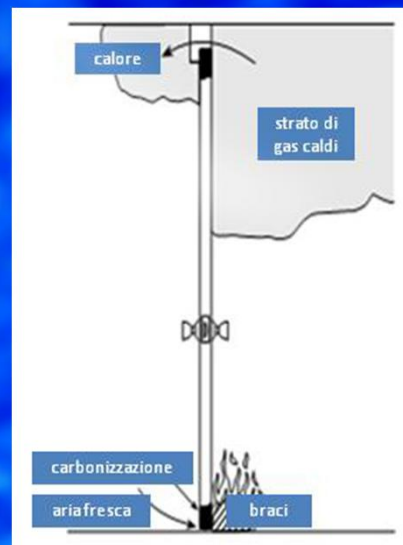
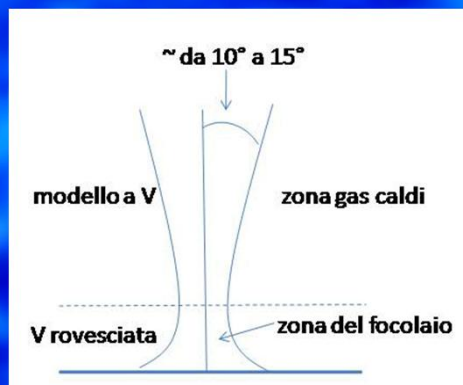


Effetti da fumo sulla facciata di un edificio incendiato

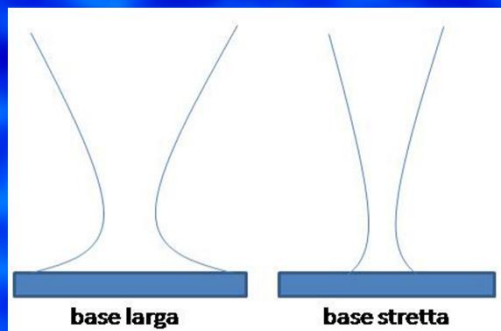


Danni su struttura di copertura in legno

INTERPRETAZIONE LINGUAGGIO DEL FUOCO

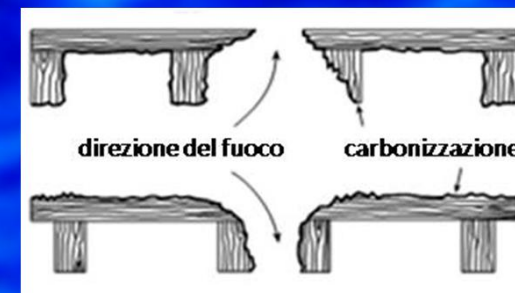


A: bruciatura rapida
B: lento processo di incendio



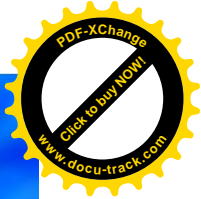
Le fiamme hanno la tendenza a salire ed espandersi lasciando caratteristici segni a "V"

Tracce di fuliggine e bruciature consentono di determinare la posizione dei serramenti durante l'evento

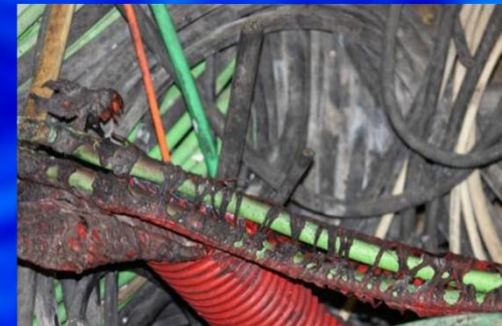
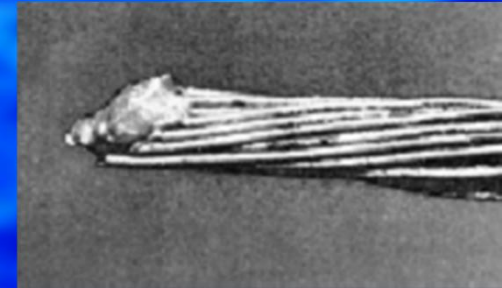


Segni dell'incendio su solaio in legno con bruciature dovute alle fiamme provenienti da sotto e da sopra

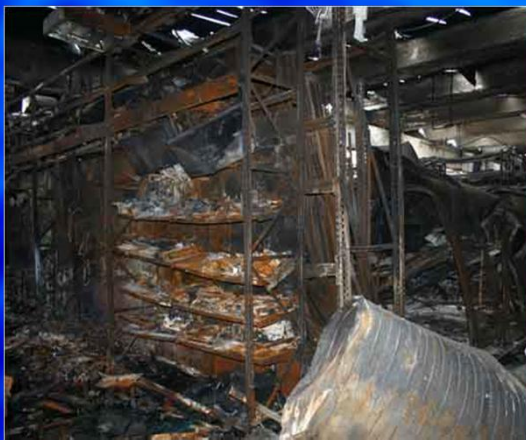




INTERPRETAZIONE LINGUAGGIO DEL FUOCO



Cristallizzazione dello scenario incidentale LA FOTOGRAFIA GIUDIZIARIA





Cristallizzazione dello scenario incidentale

LA FOTOGRAFIA GIUDIZIARIA IN ESTERNO



FOTOGRAFIA:

- IN CONTROCAMPO (Ripresa dai quattro lati esterni)
- DA GENERALE AL PARTICOLARE
- DA DESTRA VERSO SINISTRA.

Cristallizzazione dello scenario incidentale

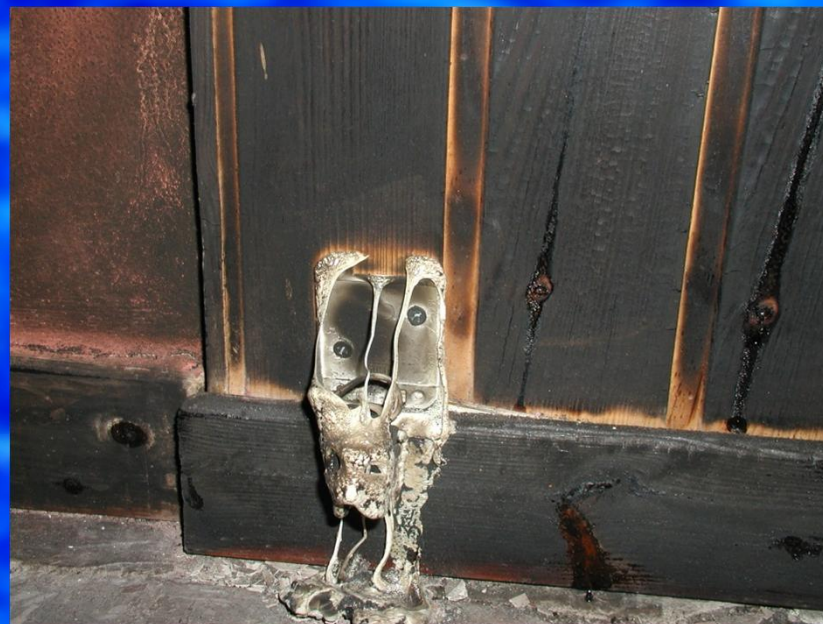
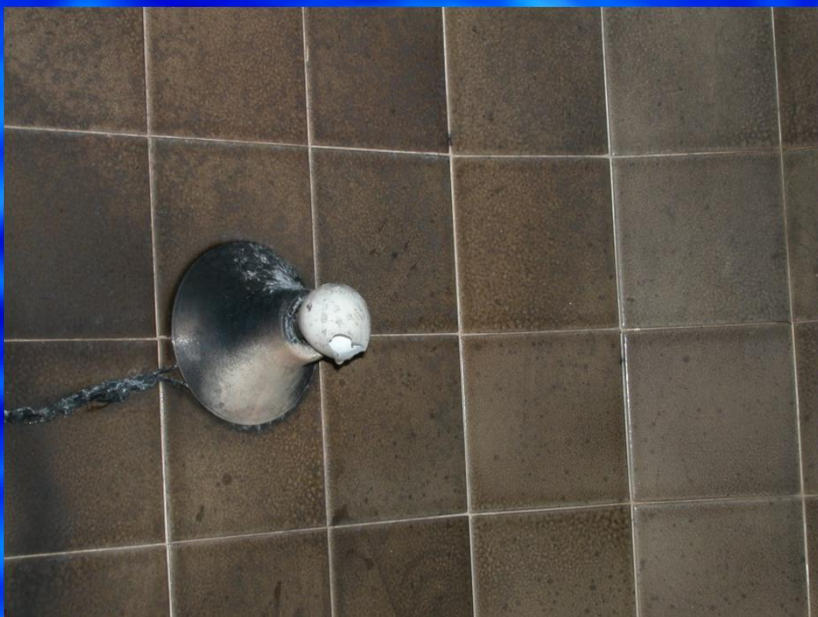
LA FOTOGRAFIA GIUDIZIARIA IN AMBIENTE INTERNO



FOTOGRAFIA:

- IN CONTROCAMPO (Ripresa dai quattro lati dell'ambiente confinata)
- DA GENERALE AL PARTICOLARE
- DA DESTRA VERSO SINISTRA.

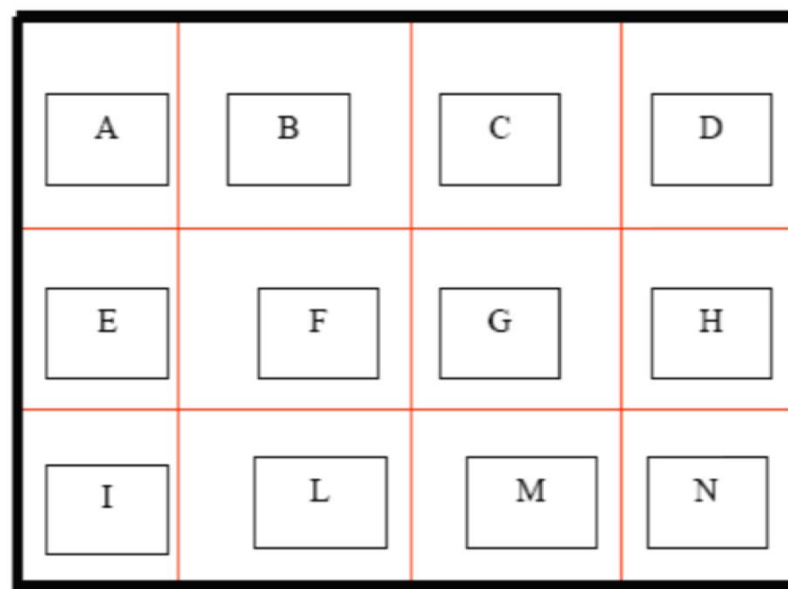
Cristallizzazione dello scenario incidentale LA FOTOGRAFIA GIUDIZIARIA



- Soffermarsi sugli oggetti su cui sono evidenti le deformazioni prodotte dal calore e danni dei fumi

Cristallizzazione dello scenario incidentale

Il repertamento



Il repertamento: La raccolta delle fonti di prova



Individuazione dell'area interessata dal repertamento.



Prelievo.



Catalogazione campione.



Registrazione campione in sito.

Il repertamento: La raccolta delle fonti di prova



Monitoraggio per la ricerca di acceleranti: Strumentazione P.I.D



- Lo strumento più utilizzato sul campo dal personale dei vigili del fuoco nell'attività di ricerca di tracce di sostanze acceleranti in scenari d'incendio con sospetto di doloso è il P.I.D. (Photo Ionization Detector)

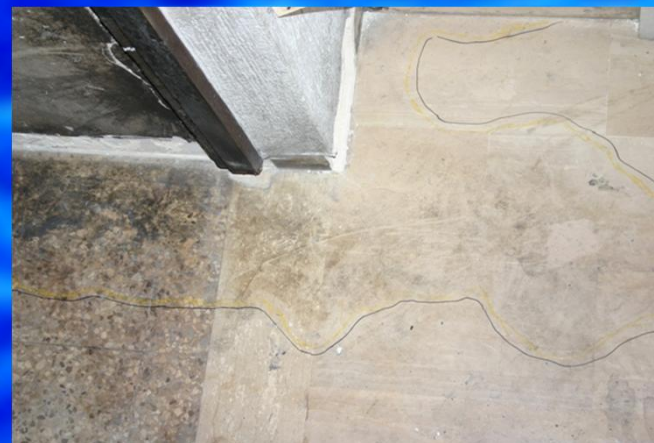


- Strumento di misura a fotoionizzazione, in grado di misurare concentrazioni di vapori organici totali (VOC) di poche ppm. L'esame strumentale si basa sulla ionizzazione delle molecole presenti nell'aria, che assorbono l'energia emessa da una lampada ultravioletta inserita nello strumento.

INTERPRETAZIONE LINGUAGGIO DEL FUOCO



Benzina versata sulla porta di ingresso dell'appartamento



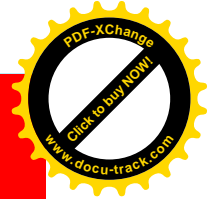
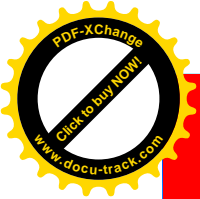
Segno lasciato dall'incendio di una pozza di benzina



Segno lasciato dall'incendio che segue la pendenza del pavimento



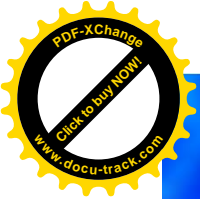
Monitoraggio con PID



Ricostruzione della dinamica dell'incendio

Elementi indispensabili alla ricostruzione della dinamica dell'incendio sono:

- **planimetria** dell'ambiente in cui si è sviluppato l'evento, conoscere la natura
- **caratteristiche** merceologiche dei materiali depositati
- **quantitativi** e la disposizione piano volumetrica dei materiali
- **superfici di ventilazione.**
- **congruenza** tra gli effetti rilevati sul luogo dell'incendio e lo scenario prima dell'evento per verificare se il flusso termico di un elemento ha potuto innescare altri materiali favorendo il procedere dell'incendio.



LA RICERCA DEL PUNTO DI ORIGINE E LA DETERMINAZIONE DELLA CAUSA

Solo in pochi casi il punto di origine di un incendio e la sua causa sono evidenti. Spesso occorre lavorare a ritroso, partendo cioè dagli effetti verso le cause, trovando i collegamenti tra le prove e gli indizi.

Si definiscono:

ZONA DI ORIGINE: il luogo dove l'incendio è iniziato, ad esempio "la cucina";

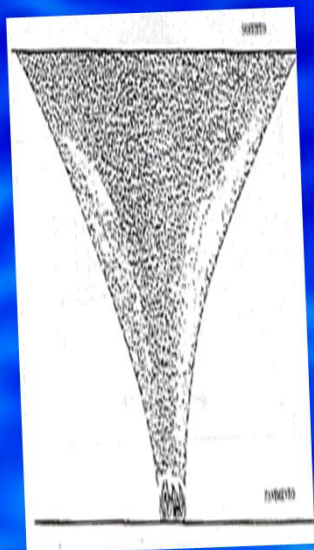
PUNTO DI ORIGINE: la locazione specifica di dove l'incendio è iniziato; ad esempio "il contatore posto su un muro della cucina";

Causa dell'incendio: la combinazione dei vari fattori che sono sfociati nell'incendio; ad esempio "la stufa ha incendiato la tenda della finestra";



IL LINGUAGGIO DEL FUOCO

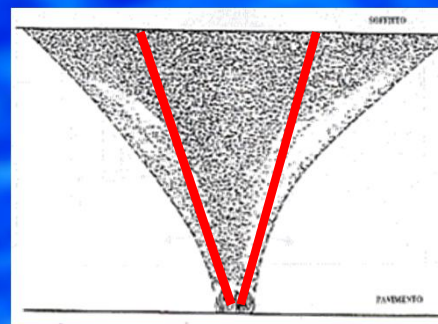
Come detto, il segno più comune tra quelli associati al movimento verticale della fiamma e del calore è il segno a “V”, il cui vertice indica il punto di origine.



A volte il punto di origine può essere nascosto. Infatti, come l'incendio procede in alto, i corpi danneggiati tendono a cadere o collassare e coprire il punto di origine.

ESAME FISICO DELLA SCENA DELL'INCENDIO: L'ESAME DELL'INTERNO

Quanto più verticali sono i lati della “V”, tanto più veloce è stato l'inizio dell'incendio.

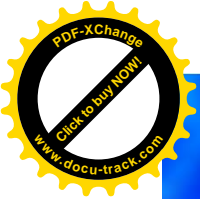


La forma a “V” dei danni può essere individuata anche sui mobili; la faccia più danneggiata (smussamento) di questi indica il punto di origine e la direzione della propagazione.



POSSIBILI CAUSE D'INCENDIO

L'analisi relativa alle cause e dinamica di un incendio si basa sulla ricerca di indizi provenienti da luoghi e/o reperti, che hanno subito, proprio a causa degli elevati stress termici ed a volte, anche a causa dei diversi interventi effettuati nell'immediatezza dell'evento, profonde alterazioni pertanto, come indicato nella norma NFPA 921 (National Fire Prevention Association), la causa non è sempre di possibile determinazione per la potenza distruttiva dell'incendio



POSSIBILI CAUSE D'INCENDIO

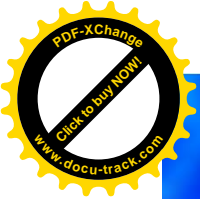
Il più razionale metodo d'individuazione delle cause d'incendio, riconduce all'analisi di ciascuna delle categorie sopra menzionate, procedendo per successive esclusioni, fino all'individuazione della causa, se non certa, almeno più probabile.

“Ignition factor (cause)” NFPA 921: relativamente alle cause accidentali d'incendio, esse possono essere escluse solo se c'è la definitiva evidenza che non possono aver causato l'incendio. A titolo d'esempio, si esclude che a causare un incendio possa essere il rilascio di calore da un apparecchiatura elettrica, se questa non è collegata alla rete ed analogamente



POSSIBILI CAUSE D'INCENDIO

- **Evento accidentale – Incidenti**
- **Cause elettriche**
- **Degenerazioni processo/Omessa manutenzione**
- **Difetti/guasti/avarie di meccanismi/impianti**
- **Manomissioni - Interventi fatti con imperizia**
- **Faciloneria/Stupidità/Ignoranza**
- **Sbadataggine/Disattenzione/Superficialità**
- **Negligenza – Comportamenti omissivi**
- **Colpa**
- **Colpa grave**
- **Dolo**
- **Gioco (di grandi o bambini)**
- **Circostanze/fen. naturali - Autocombustione**



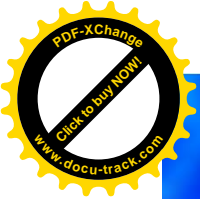
INNESCHI

- Fiamme libere
- Fuochi mal spenti, braci, barbecue, sigarette.
- Raggi solari, autocombustione.
- Superfici calde, stufe, forni, caldaie, tubazioni.
- Scorie di saldatura, scintille da molatura.
- Faville, fuliggine
- utensili antiscintilla in presenza di gas, vapori, polveri espl.
- Attrezzi o impianti ad olio o altri fluidi caldi o evap.
- Surriscaldamento da attrito.
- Ricaduta di fuochi artificiali, faville di fuochi lontani.
- Elettricità



INNESCHI PER DOLO

- Sorgenti di calore (macchine termiche, stufe, resistenze a vista e non, utenze elettriche, sigarette).
- Esplosione termica (petardi, bombe, esplosivi).
- Fiamme dirette (accendini, fiammiferi, candele).
- Micce (carta/stracci, torce autocostruite, candele con segatura/trucioli, candele/lumini, sigarette, micce a lenta) .
- Aspersione di liquido + fiamma.
- Miscela aria gas + fiamma/scintil.
- Dispositivo d'accensione (Meccanismi vari, detonatori, elettrici, orologi/timer, telecomandi, telefoni, radio, sorgenti di calore, reazione chimica con liquidi/solidi pericolosi - carburo di calcio/fosforo/magnesio, con uso di liquidi sicuri a rilascio, corrosivi, per accensione spontanea, ecc.) .



MOVENTI

- Motivi finanziari.**
- Cancellare un altro crimine.**
- Distruggere tracce/documenti.**
- Uccidere, nascondere un omicidio.**
- Suicidarsi.**
- Estorsione, intimidazione.**
- Vendetta, ritorsione.**
- Terrorismo, destabilizzazione, eversione.**
- Disordini civili, politici, sociali.**
- Distruzione, protesta, vandalismo.**
- Mitomania, necessità personali, alienazione.**
- Fastidio, noia.**
- Sbarazzarsi dell'immondizia.**
- Gioco.**



ALTRI MOVENTI DOLOSI

NOIA - Alcuni individui appiccano incendi per pura noia -
Come quelli che spingono i pulsanti di stop dei macchinari o
attivano senza ragione i dispositivi antincendio.

FASTIDIO - Cassonetto sotto casa – Tettoia del vicino che
limita la visuale – Albero che il vicino non vuole tagliare –
Spazzatura nel terreno del vicino – ecc.

DISFARSI DELL'IMMONDIZIA - L'incendio deriva sempre per
l'incapacità a prevedere una idonea tecnica di prevenzione e
controllo del fuoco acceso per bruciare rifiuti (es: presenza di
forte vento, mancanza di mezzi di estinzione, omissione di
idonea vigilanza ecc.) Si identifica come colpa.



ELEMENTI CHE INDUCONO A SOSPETTARE IL DOLO

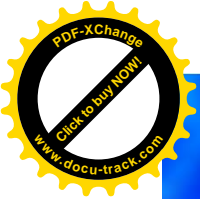
Elementi considerati solo come possibile causa di sospetto e non come prova certa della sussistenza del fatto criminoso:

- Presenza di diversi focolai di incendio;
- Esistenza di precedenti incendi nello stesso fabbricato;
- Esistenza di precedenti incendi nella zona;
- Coinvolgimento della stessa persona in diversi incendi;
- Propagazione dell'incendio in modo innaturale;
- Ritrovamento di sistemi di innesco;
- Incendio stranamente violento;
- Rilevazione di odori sospetti;
- Focolaio di incendio prossimo a costose attrezzature;
- Ritrovamento di oggetti estranei;
- Focolaio di incendio in luogo inusuale;
- Comportamento anormale della dinamica dell'incendio;
- Combustibili presenti in maniera sospetta;
- Non corrispondenza tra carico d'incendio e danni;
- Oggetti fuori posto.



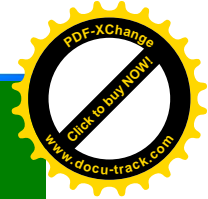
ALTRI ELEMENTI CHE INDUCONO A SOSPETTARE IL DOLO

- **Verificarsi dell'incendio nelle ore centrali della notte (0.00 - 4.00)**
- **Evidente mancanza di inneschi accidentali**
- **Incendio con grande potenza distruttiva e veloce propagazione**
- **Notevole estensione del danno**
- **Segni di effrazione**
- **Finestre, porte, uscite di sicurezza bloccate o chiuse in modo anomalo**
- **Ritrovamento di contenitori di combustibile o sistemi di innesco**
- **Odori sospetti, in particolare di infiammabili (benzina, gasolio, solventi ...)**
- **Incendio a rapido sviluppo in presenza di guardiania, sistemi di rilevazione incendio e/o spegnimento automatico, sistemi antifurto**
- **Segni evidenti di manomissione e/o mancato funzionamento degli impianti antincendio e di sicurezza e/o difficoltà inattese durante l'estinzione**
- **Segnalata e/o accertata fuga di persone e/o automezzi dal luogo del sinistro**



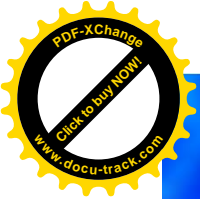
GLI ACCELERANTI

- Benzina
- Miscela benzina-gasolio
- Diluenti per vernici
- Cherosene
- Gasolio
- Alcoli
- Liquori
- Zollette per l'accensione



L'USO DI LIQUIDI INFIAMMABILI

- Gli incendiari meno esperti usano troppo liquido infiammabile con il rischio di:
 - lasciare residui incombusti assorbiti dai materiali, dal terreno, etc.
 - essere coinvolti in una esplosione;
- L'incendiario più esperto dosa la giusta quantità e la corretta collocazione del liquido infiammabile;
- L'incendiario più esperto usa preferibilmente liquidi infiammabili reperiti direttamente sul posto;
- Piuttosto che versare il contenuto di una tanica, l'incendiario sistema materiale combustibile intorno ad una tanica in plastica piena di liquido infiammabile e poi innesca il materiale stesso;



L'USO DI LIQUIDI INFIAMMABILI

- I segni dei liquidi infiammabili versati a terra non sono regolari (pozza), ma hanno la forma di "mano a dita allungate";
- Una pozza di benzina versata a pavimento ha in media uno spessore di 1,5 mm; data la velocità di combustione della benzina pari a circa 2 mm/min, si ha che la pozza brucerà molto velocemente in un tempo inferiore al minuto, tempo sufficiente a innescare altri materiali ma insufficiente a dar fuoco al pavimento stesso;
- I punti "multipli" sono comuni negli incendi dolosi; tuttavia ciò può essere controproducente per l'incendiario per la possibilità che uno dei punti non "parta", per il rischio di esplosione dei vapori che nel frattempo si formano, per la presenza di tracce di liquido che collegano i vari punti.



Metodo di avvio dell'incendio

- Fiamme, candele e torce
- Uso di micce ritardanti (carta igienica imbevuta di accelerante – pirotecniche-)
- Sigarette
- Congegni che producono scintille elettriche
- Ignizione chimica



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dott. Ing. Giuseppe Loberto

giuseppe.loberto@vigfuoco.it



**ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA
SEDE DI FORLÌ**

FACOLTA' DI SCIENZE CRIMINOLOGICHE

FIRE INVESTIGATION

INCENDI DI CAMINI



Docente: Dott. Ing. Giuseppe Loberto

giuseppe.loberto@vigilfuoco.it

INVESTIGAZIONE



ASSUNZIONE D'INFORMAZIONI UTILI PER ESEGUIRE ELABORARE ED APPROFONDIRE LA RICOSTRUZIONE DELLA SCENA E DELLE CONDIZIONI PREESISTENTI AL FINE DI ACCERTARE LA CAUSA TERMICA CHE HA PRODOTTO IL FUOCO O QUANTOMENO FORMULARE UN IPOTESI VEROSIMILE E RAGIONEVOLE SULLA DINAMICA DELL'EVENTO "INNESCO":

CAUSA TERMICA



RISALIRE ALLA CAUSA VUOL DIRE STABILIRE O RICONOSCERE **QUALE E' STATA LA SORGENTE TERMICA** CHE HA PRODOTTO IL CALORE SUFFICIENTE AD ATTIVARE LA COMBUSTIONE DEI MATERIALI CHE PER PRIMA COMINCIARONO A BUCIARE E COME SI E' PROPAGATO



MOTIVAZIONE

SPIEGARE PERCHE' SI E' ATTIVATO
L'INCENDIO E QUAL'E' STATA LA
DINAMICA DEGLI EVENTI DI
PREACCENSIONE

CIRCOSTANZE DELL'EVENTO INCIDENTALE

COMPRENDERE QUALI SIANO STATE:

- COLPA
- DOLO
- MANOMISSIONI
- FENOMENI NATURALI
- EVENTI ACCIDENTALI
- DIFETTI
- GUASTI
- AVARIE DI MECCANISMI
- IMPIANTO VETUSTO
- GIOCO

RESPONSABILITA'

L'INVESTIGATORE ESAMINA - SCARTA - ACCETTA - LA POSSIBILITA' CHE L'INCIDENTE DERIVI DA UN ATTO DI COLPA (IMPERIZIA - IMPRUDENZA E ENEGLIGENZA) O DA ATTO CRIMONOSO (DOLO) ...

OVVERO CHE L'INCEDIO O INCIDENTE SI SIA ORIGINATO O NON PER L'AZIONE DIRETTA O INDIRETTA DELL'UOMO O OMISSIONE

1^ FASE - INVESTIGAZIONE PRELIMINARE

SI GUARDA LO SCENARIO INCIDENTALE:

- DALL'ESTERNO DAL BASSO
- DALL'INTERNO DEL LOCALE OVE E' PRESENTE L'IMPIANTO TERMICO

SI EFFETTUA UN SOPRALLUOGO SUL TETTO E SI ATTUA LO SPEGNIMENTO



2^ FASE INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Dopo lo spegnimento se l'incendio ha coinvolto il tetto si effettua lo smassamento di parte di esso nei pressi del camino

Si valuta la causa dell'incendio ed il punto d'origine dell'incendio della copertura

La zona effettivamente interessata dall'incendio;



2^ FASE INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA

Si valuta la modalità d'installazione del camino e dell'impianto termico se eseguito in conformità alle vigenti norme

Ci si accerta la manutenzione del camino e dell'impianto

Si assumono sommarie informazioni



3^ FASE INVESTIGAZIONE SPECIALISTICA



In caso dell'accertamento del reato d'incendio colposo:

- Verifica di responsabilità
- Si chiede al giudice il sequestro dell'impianto o dell'immobile
- **Comunicazione di notizia di reato**
Si collabora fra forze di polizia giudiziaria
- Accertano elementi utili in merito al comportamento delle persone (azione o omissione);
- **Si acquisiscono agli atti le certificazioni ex legge 46/90 e attuale DM 37/08**

In conclusione della fase investigativa il P.M potrà gestire in vari modi i risultati ottenuti richiedendo: ulteriori indagini - archiviazione - rinvio a giudizio.

SEQUESTRO

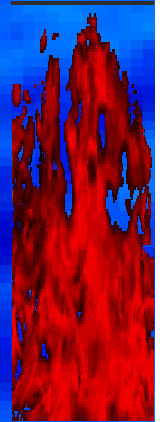


Articolo 423 C.P. : Incendio.

Chiunque cagiona un incendio è punito con la reclusione da 3 a 7 anni. La disposizione precedente si applica anche nel caso di incendio della cosa propria, se dal fatto deriva pericolo per la incolumità pubblica.

Articolo 424 C.P. : Danneggiamento seguito da incendio

- Chiunque , al solo scopo di danneggiare la cosa altrui, appicca il fuoco a una cosa propria o altrui, è punito, se dal fatto sorge pericolo di un incendio, con la reclusione da 6 mesi a 2 anni. Se segue l'incendio si applicano le disposizioni dell'articolo precedente



Articolo 437 C.P.:
Rimozione od omissione dolosa di cautele contro gli infortuni.

- Chiunque omette di collocare impianti, apparecchi, o segnali destinati a prevenire disastri o infortuni, ovvero li rimuove o li danneggia, è punito con la reclusione da 6 mesi a 5 anni.

Articolo 650 c.p.:
Inosservanza dei provvedimenti dell'autorità.

- Chiunque non osserva un provvedimento legalmente dato dall'Autorità per ragione di giustizia o di sicurezza pubblica, o d'ordine pubblico o di igiene è punito , se il fatto non costituisce un più grave reato con l'arresto fino a 3 mesi o con l'ammenda fino a 400.000.

CAUSE INCENDI O INCIDENTI CON CANNE FUMARIE



MANCATA
MANUTENZIONE

SURRISCALDAMENTI

OSTRUZIONI

ERRORI
D'INSTALLAZIONE

MANCATA
COIBENTAZIONE

MANOMISSIONI

CONTATTI
CON MATERIALE
COMBUSTIBILE

COLLEGAMENTO
DIRETTO ALLA GUAINA
BITUMINOSA

I CASI D'INCENDIO DI CAMINO



SURRISCALDAMENTO DEL CAMINO DI UNA STUFA ECONOMICA A CONTATTO CON SOFFITTO IN CANNA



TETTO VENTILATO



INCENDIO DI CAMINETTO



POSA IN OPERA DELLA GUAINA



CAMINO ADERENTE A LUCERNAIO



CAMINO ADERENTE A CANNE



MANCATA MANUTENZIONE



MATERIALE COMBUSTIBILE IN SOFFITTA ADERENTE A CAMINO



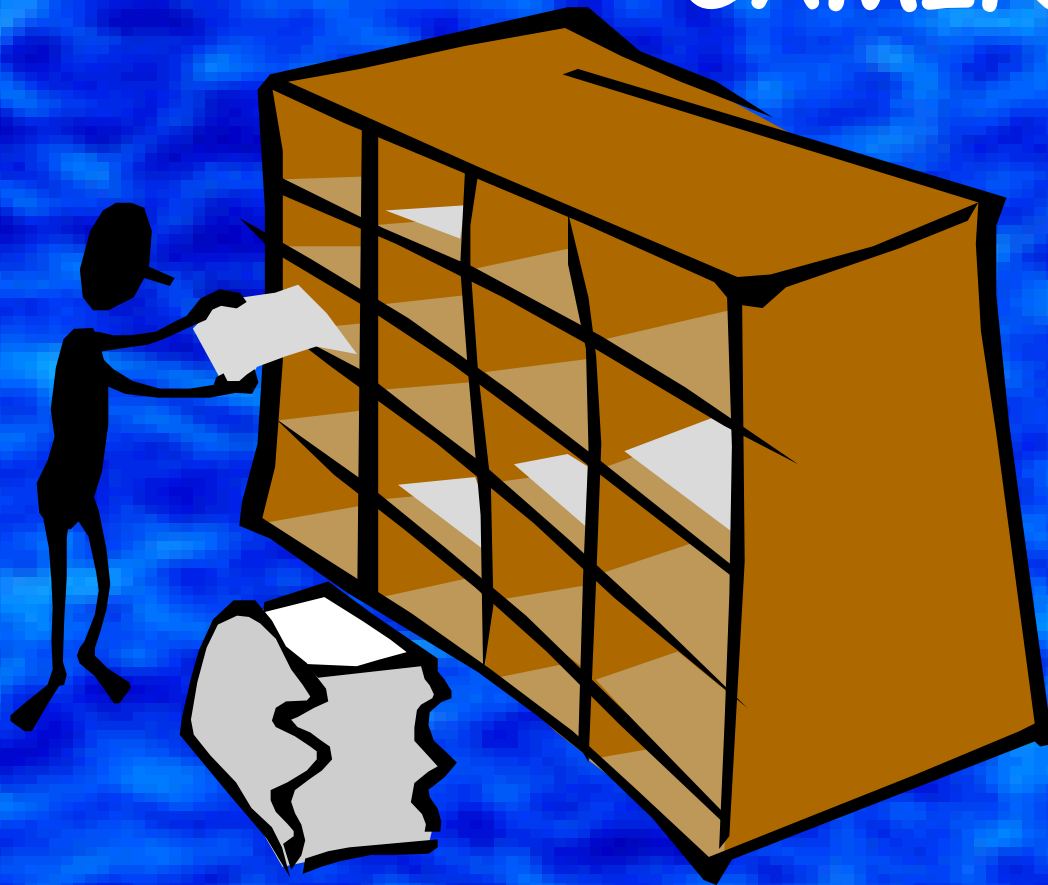
DA GRIGLIA A COTTURA CARNI A CAMINETTO



GUINA BITUMINOSA ADERENTE A CAMINO



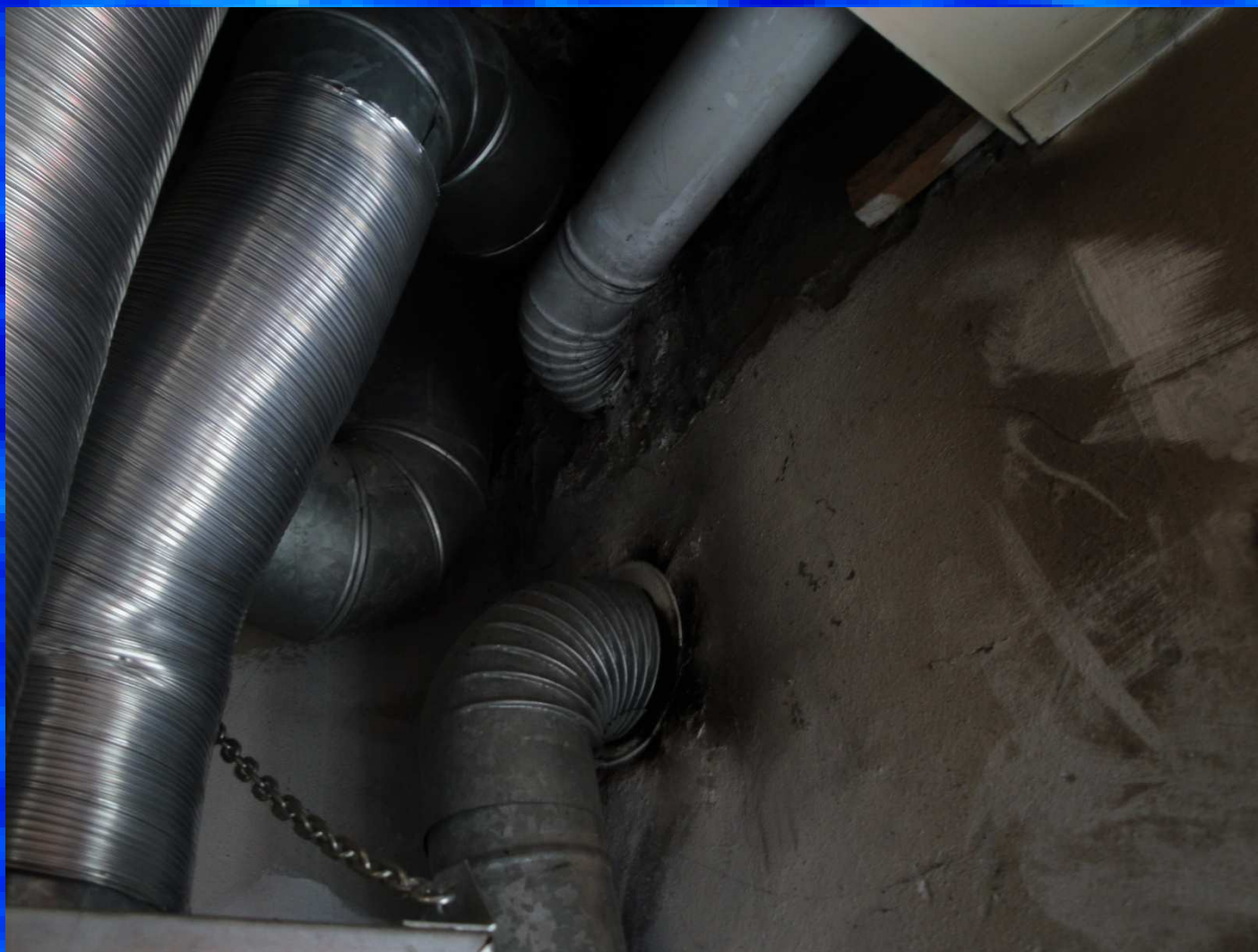
INVESTIGAZIONE SU MONOSSIDO DI CARBONIO O DI MALFUNZIONAMENTO DEI CAMINI



PERDITE DI FUMI E MONOSSIDO IN AMBIENTE



PERDITE DI FUMI E GAS DI COMBUSTIONE IN AMBIENTE



MANOMISSIONE IMPIANTO



OSTRUZIONE DEL CAMINO





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dott. Ing. Giuseppe Loberto

giuseppe.loberto@vigfuoco.it



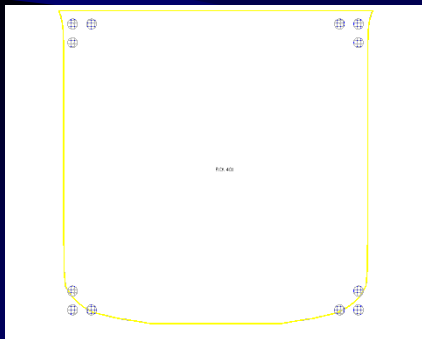
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

INGEGNERIA DELLA SICUREZZA

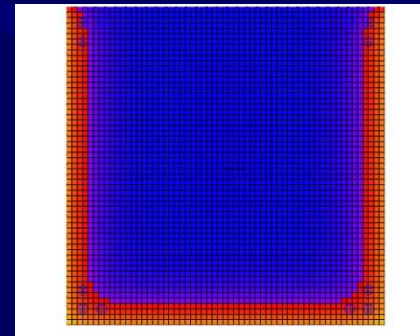
FIRE SAFETY ENGINEER AND FIRE INVESTIGATION

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

APPLICAZIONE AD UN CAPANNONE COINVOLTO IN UN INCENDIO



Dott. Ing. Giuseppe Loberto



PRESENTAZIONE

PARTE
TEORICA
SULLA
RESISTENZA
AL FUOCO

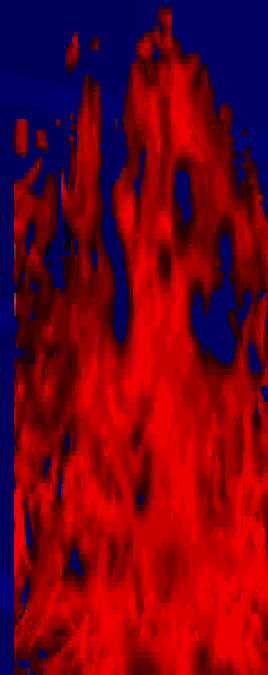


VERIFICA DELLA
RESISTENZA LA
FUOCO CON
CALCOLO
ANALITICO

CONCLUSIONI

IL CASO REALE IN ESAME

CAPANNONE IN CEMENTO ARMATO
PRECOMPRESSO DESTINATO ALLA **PRODUZIONE**
DI SALOTTI, COINVOLTO REALMENTE IN UN
INCENDIO DI TIPO DOLOSO.



OBBIETTIVO DELL'ELABORATO

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO ATTRAVERSO METODO ANALITICO

- Lo studio mette a **confronto**, con l'uso del software "CPI WIN REI PRO B\4\1" della ditta BM Sistemi, la resistenza al fuoco del pilastro attraverso la **curva parametrica reale temperatura-tempo**, del metodo analitico della "safety engineering" tenendo conto della superficie, tra cui quella di ventilazione, **con la curva della ISO 834 (curva standard)**;
- Confronto dei dati del software con i danni realmente subiti dal pilastro sottoposto ad incendio.
- Verifica del copri ferro attraverso il metodo tabellare⁴

STEP E METODOLOGIA DI LAVORO

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

D) Descrizione successione degli eventi, dall'arrivo dei vigili del fuoco all'estinzione dell'incendio, determinando indicativamente il **tempo a cui sono state sottoposte al fuoco le strutture**

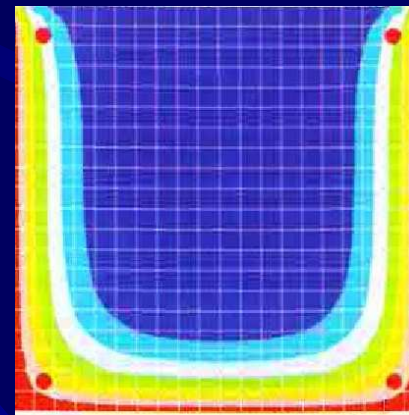
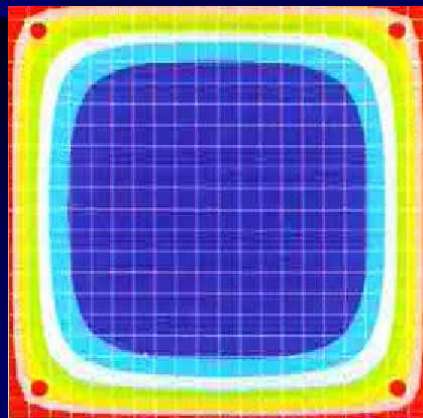


STEP E METODOLOGIA DI LAVORO

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

E) **Raccolta dati** da inserire nel software "CPI WIN REI PRO B\4\1" della ditta BM Sistemi per eseguire la verifica e relazione finale

F) **Realizzazione della relazione di calcolo analitica** di verifica della resistenza al fuoco comprensiva di tabelle, grafici, curve isoterme e sezioni ridotte del pilastro al passo di 15', 30', 45' e 60'.



STEP E METODOLOGIA DI LAVORO

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

G) Riepilogo delle proprietà meccaniche e termiche del calcestruzzo e dell'acciaio da cemento armato.

H) Spiegazione dello "spalling" riscontrato nel pilastro coinvolto nell'incendio.

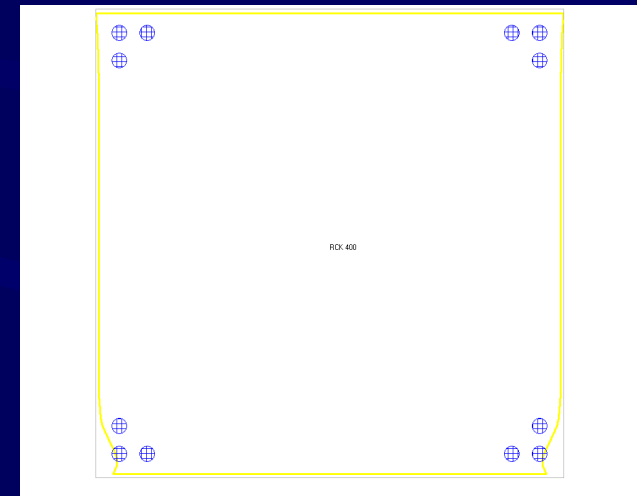
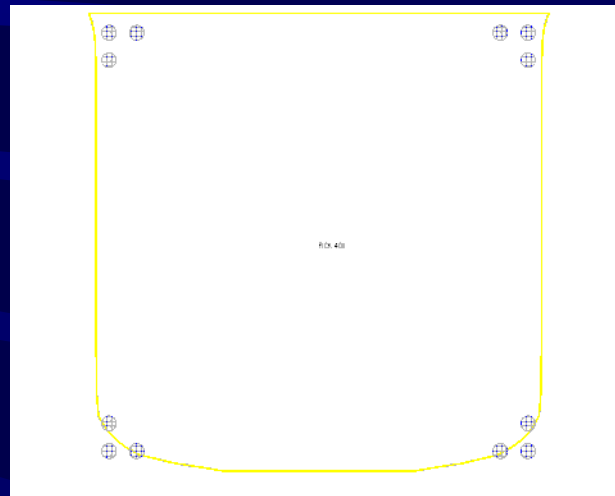
I) Confronto dello spessore del copriferro attraverso il metodo analitico e tabellare



STEP E METODOLOGIA DI LAVORO

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

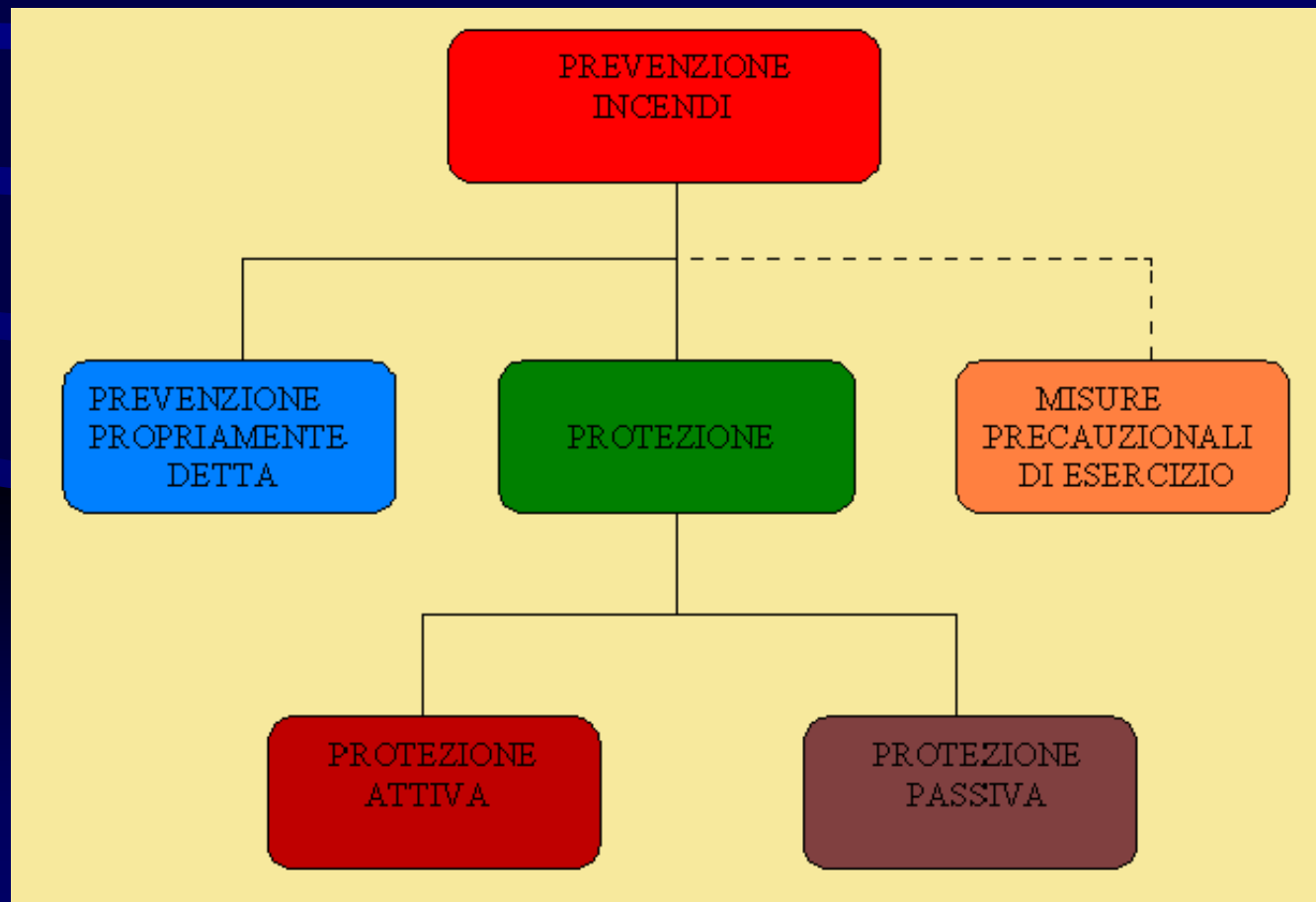
L) Conclusioni paragonando i reali effetti dell'incendio sul pilastro con i risultati dei calcoli analitici e tabellari.



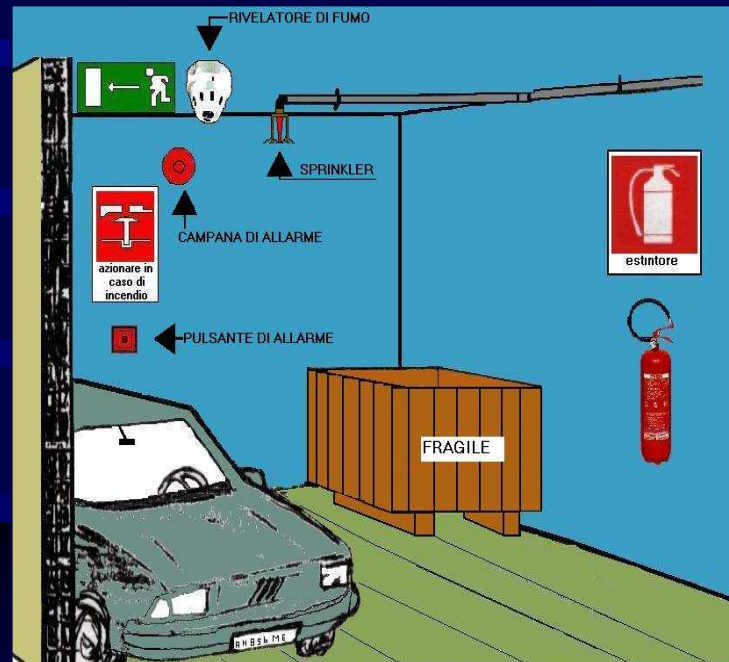
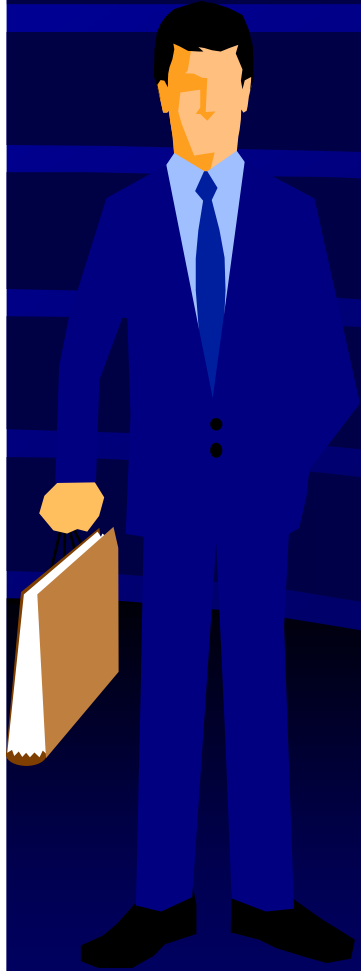
M) Conclusioni sul copriferro e la "fire safety engineering"

PRIMA PARTE: TEORIA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

Per una corretta progettazione bisogna tener conto delle misure di prevenzione e di protezione



SISTEMA DI PROTEZIONE ATTIVA



- L'insieme delle misure di protezione che richiedono l'azione di un uomo o l'azionamento di un impianto, **finalizzate alla precoce rilevazione dell'incendio**, alla segnalazione e all'azione di spegnimento dello stesso.

SISTEMA DI PROTEZIONE ATTIVA

- estintori
- rete idrica antincendi
- impianti di rivelazione automatica d'incendio
- impianti di spegnimento automatici
- dispositivi di segnalazione e d'allarme
- illuminazione di emergenza
- evacuatori di fumo e calore



SISTEMI DI PROTEZIONE PASSIVA

L'insieme delle misure di protezione che non richiedono l'azione dell'uomo o l'azionamento di un impianto.

Hanno come obiettivo la **limitazione degli effetti dell'incendio nello spazio e nel tempo.**



SISTEMI DI PROTEZIONE PASSIVA

- **Compartimentazione**
- **Strutture aventi caratteristiche di resistenza al fuoco commisurate ai carichi d'incendio;**
- **materiali classificati REI;**
- **isolamento dell'edificio;**
- **distanze di sicurezza esterne ed interne;**
- **sistemi di ventilazione;**
- **sistema di vie d'uscita commisurate al massimo affollamento ipotizzabile;**

COMPARTIMENTAZIONE

SONO REALIZZATE CON ELEMENTI STRUTTURALI (ES. MURI) ED ELEMENTI (PORTE) CHE HANNO LA FUNZIONE D'IMPEDIRE LA PROPAGAZIONE DEGLI INCENDI .

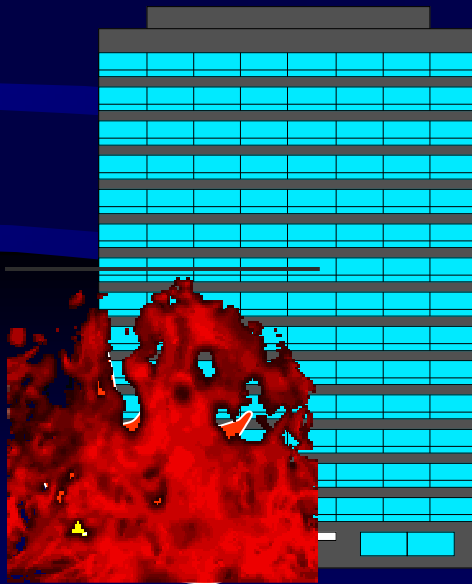


Fig. 2.6 Il significato dei requisiti R.E.I.



Nel caso del poltronificio dovendoci occupare della verifica di resistenza al fuoco di un pilastro tratteremo la protezione passiva.

RESISTENZA AL FUOCO

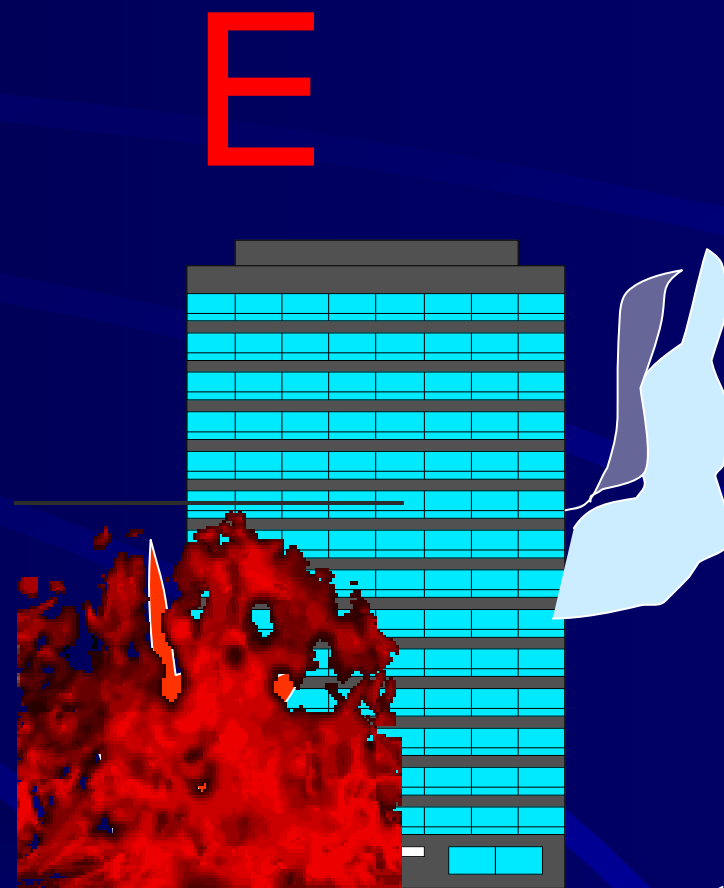


R

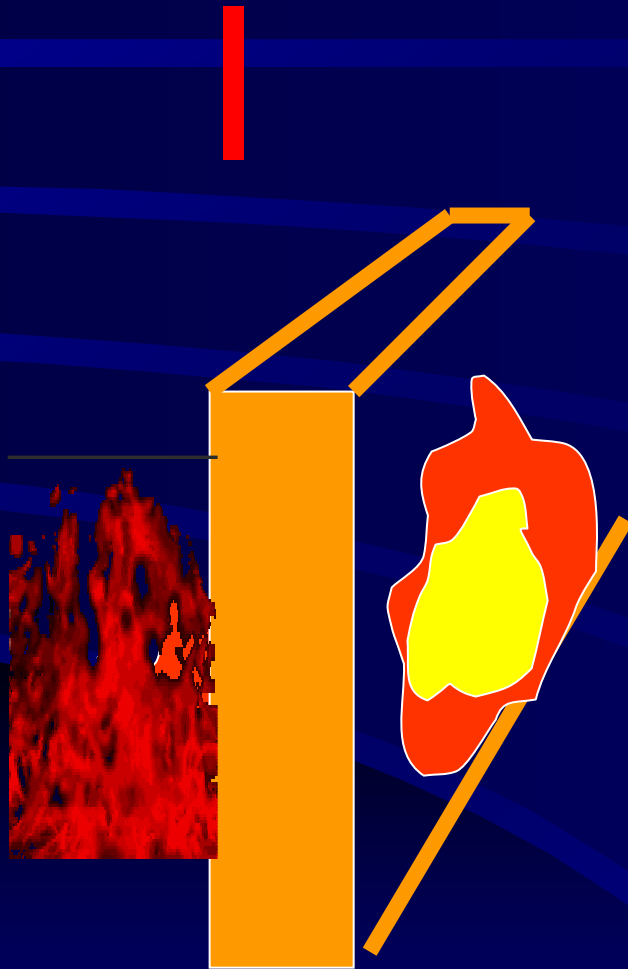
Attitudine degli elementi da costruzione (portante o di tamponamento) a conservare, per un tempo determinato la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico.

TENUTA

Attitudine di un elemento da costruzione a lasciar passare né produrre, se sottoposto all'azione del fuoco, vapori o gas sul lato non esposto.



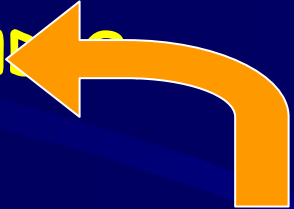
ISOLAMENTO TERMICO



attitudine di
un elemento da
costruzione
a ridurre la
trasmissione
del calore.

DIRETTIVA CE 89/106

I REQUISITI ESSENZIALI PER LE COSTRUZIONI

- 1 RESISTENZA MECCANICA E STABILITÀ;
 - 2 **SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO**
 - 3 IGIENE, SALUTE E AMBIENTE;
 - 4 SICUREZZA NELL'IMPIEGO;
 - 5 PROTEZIONE CONTRO IL RUMORE;
 - 6 RISPARMIO ENERGETICO E RITENZIONE DI CALORE.
- 

LA NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

IN AMBITO EUROPEO

EUROCODICI:

| | |
|-----|---|
| EC1 | AZIONI - ALLA PARTE 2.2 DI EC1 PER LE AZIONI SU STRUTTURE SOTTOPOSTE AD INCENDIO. |
| EC2 | STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO |
| EC3 | STRUTTURE IN ACCIAIO |
| EC4 | STRUTTURE COMPOSTE IN ACCIAIO E CALCESTRUZZO |
| EC5 | STRUTTURE IN LEGNO |
| EC6 | STRUTTURE IN MURATURA |
| EC9 | STRUTTURE IN LEGA DI ALLUMINIO |

IN ITALIA

In Italia la norma comunitaria è stata recepita attraverso due decreti ministeriali pubblicati che trasformano il quadro normativo in materia di resistenza al fuoco dei prodotti da costruzione:

D.M. del 16/02/2007:

"Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

D.M. del 09/03/2007:

"Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco"

Entrambi pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale del
29/03/2007

IL DM 16.02.2007

D.M. 16/02/2007

viene adottato per tutte le costruzioni:

- CIVILI E INDUSTRIALI;
- NUOVE ED ESISTENTI;
- SOGGETTE E NON SOGGETTE AI CONTROLLI DI PREVENZIONE INCENDI.**

Le disposizioni, si applicano alle attività i cui progetti sono presentati dopo l'entrata in vigore del decreto.

GLI OBIETTIVI A GARANZIA DI:

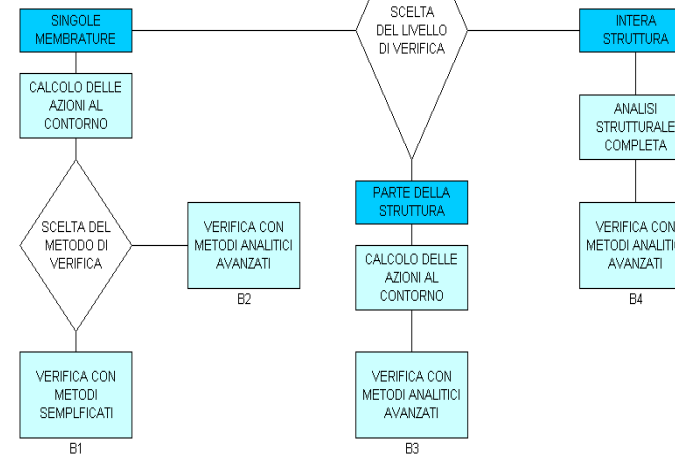
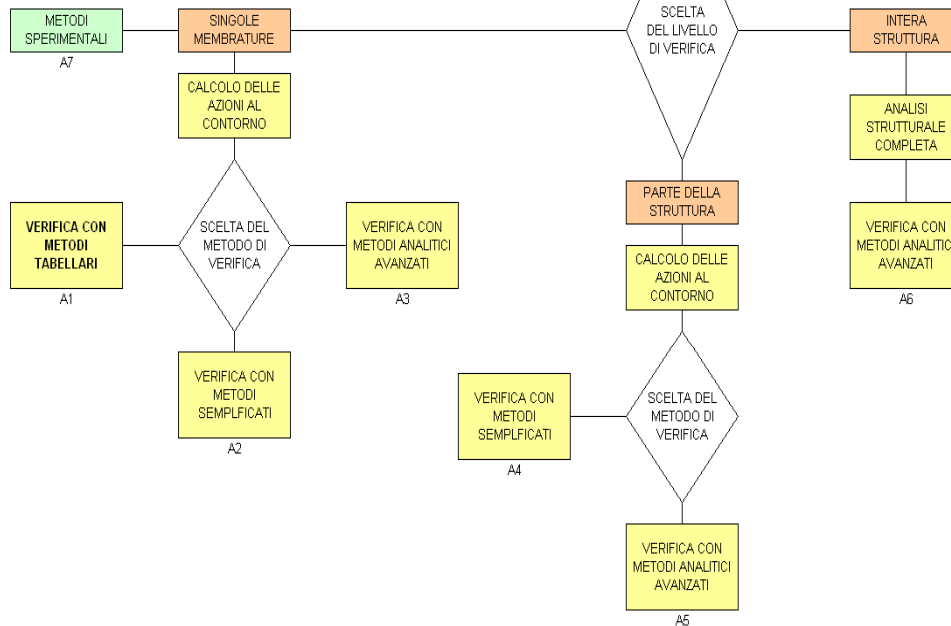
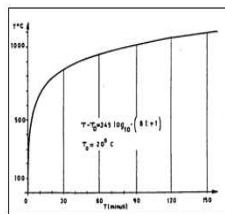
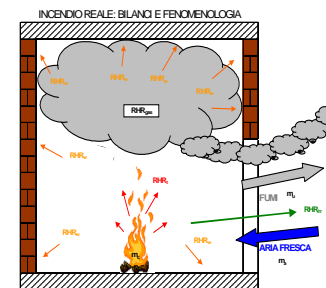
- LA **STABILITÀ** DEGLI ELEMENTI PORTANTI, PER UN TEMPO UTILE AD ASSICURARE IL SOCCORSO AGLI OCCUPANTI;
- LA **LIMITATA PROPAGAZIONE** DEL FUOCO E DEI FUMI, ANCHE RIGUARDO ALLE OPERE VICINE;
- **RAPIDA EVACUAZIONE** DEGLI OCCUPANTI LASCINO L'EDIFICIO INDENNI O CHE GLI STESSI SIANO SOCCORSI IN ALTRO MODO;
- **RAPIDO INTERVENTO DELLE SQUADRE DI SOCCORSO** DI OPERARE IN CONDIZIONI DI SICUREZZA.

METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

APPROCCIO PRESCRITTIVO (CURVE NOMINALI)

APPROCCIO PRESTAZIONALE (CURVE REALI)



MAGGIORI ONERI COMPUTAZIONALI = MAGGIORE RISPARMIO MA MINORE VERSATILITA' DEI PRODOTTI

MAGGIORI ONERI COMPUTAZIONALI = MAGGIORE RISPARMIO MA MINORE VERSATILITA' DEI PRODOTTI

PROCEDURE E METODI IN ITALIA PER VERIFICA "R"

DM 16/02/2007 :

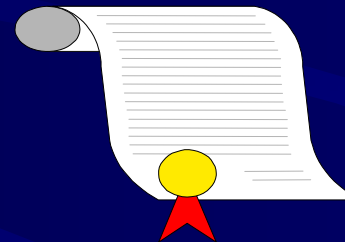
SPERIMENTALE

TABELLARE

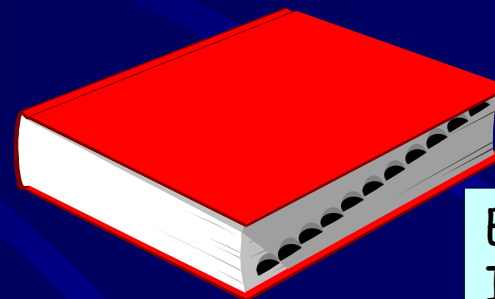
ANALITICI



EN 13501 2-3-4
Norme EN-ENV



DM 16.02.2007



EUROCODIC
I
NORME UNI

METODO SPERIMENTALE

Determinazione dei requisiti "R" di prodotti e elementi costruttivi con prove presso laboratori

PRODOTTI/ELEMENTI
RESISTENTI AL FUOCO (1)

Prodotti ed elementi con requisiti **intrinseci** di resistenza al fuoco (R, E, I, ...).

Il risultato può essere applicato senza ulteriori valutazioni a prodotti ed elementi realizzati all'interno del **campo di applicazione diretta del risultato di prova.**

Necessitano di ulteriori valutazioni per prodotti ed elementi realizzati al di fuori del **campo di applicazione diretta del risultato di prova.**

PRODOTTI CHE
CONTRIBUISCONO ALLA
RESISTENZA AL FUOCO (2)

Prodotti **senza requisiti intrinseci** di resistenza al fuoco **ma che contribuiscono** alla resistenza al fuoco di altri elementi costruttivi. Il risultato della prova corredata una **valutazione analitica**



METODO TABELLARE

NELL'ALLEGATO D DEL D.M.
16/02/2007 SONO RIPORTATE 16
TABELLE, COSÌ SUDDIVISE IN
FUNZIONE DELLE TIPOLOGIE DI
SISTEMI COSTRUTTIVI PRESE IN
CONSIDERAZIONE:

- 4 MURATURE NON PORTANTI IN BLOCCHI;
- 2 SOLETTE PIANE, SOLAI ALLEGGERITI;
- 4 TRAVI, PILASTRI, PARETI IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO E PRECOMPRESSO;
- 6 TRAVI, TIRANTI E COLONNE D'ACCIAIO.

USO DEL SISTEMA TABELLARE:

Le tabelle "propongono delle condizioni sufficienti per la classificazione di elementi costruttivi resistenti al fuoco.

Le tabelle, frutto di sperimentazioni ed elaborazioni numeriche, **non consentono né estrapolazioni, né interpolazioni o modifiche delle condizioni di utilizzo**, ponendo così un limite considerevole alla loro applicazione pratica.

I valori tabellati non sono affatto esaustivi delle possibili tipologie costruttive oggi disponibili.

I METODI TABELLARI

Tabella per fare la verifica al fuoco di murature non portanti con blocchi di laterizio (D.M. 16/2/07).

| MURATURA NON PORTANTE CON BLOCCHI DI LATERIZIO | | | | | |
|--|------------------|---|------------------|---|--|
| | | Blocco con percentuale di foratura >55% | | Blocco con percentuale di foratura < 55 % | |
| Classi (EI) | Intonaco normale | Intonaco protettivo antincendio | Intonaco normale | Intonaco protettivo antincendio | |
| 30 | s = 120 | 80 | 100 | 80 | |
| 60 | s = 150 | 100 | 120 | 80 | |
| 90 | s = 180 | 120 | 150 | 100 | |
| 120 | s = 200 | 150 | 180 | 120 | |
| 180 | s = 250 | 180 | 200 | 150 | |
| 240 | s = 300 | 200 | 250 | 180 | |

METODO ANALITICO

L'unica alternativa alla prova sperimentale, essendo quella tabellare né completa di tutte le possibili gamme di prodotti, né esaustiva nei contenuti.

Il Decreto ne regola le modalità di applicazione all'interno dell'allegato C.

In ambito nazionale, tale opzione era già contemplata per strutture in calcestruzzo, in acciaio e in legno, rispettivamente tramite le norme UNI 9502, UNI 9503 e UNI 9504;

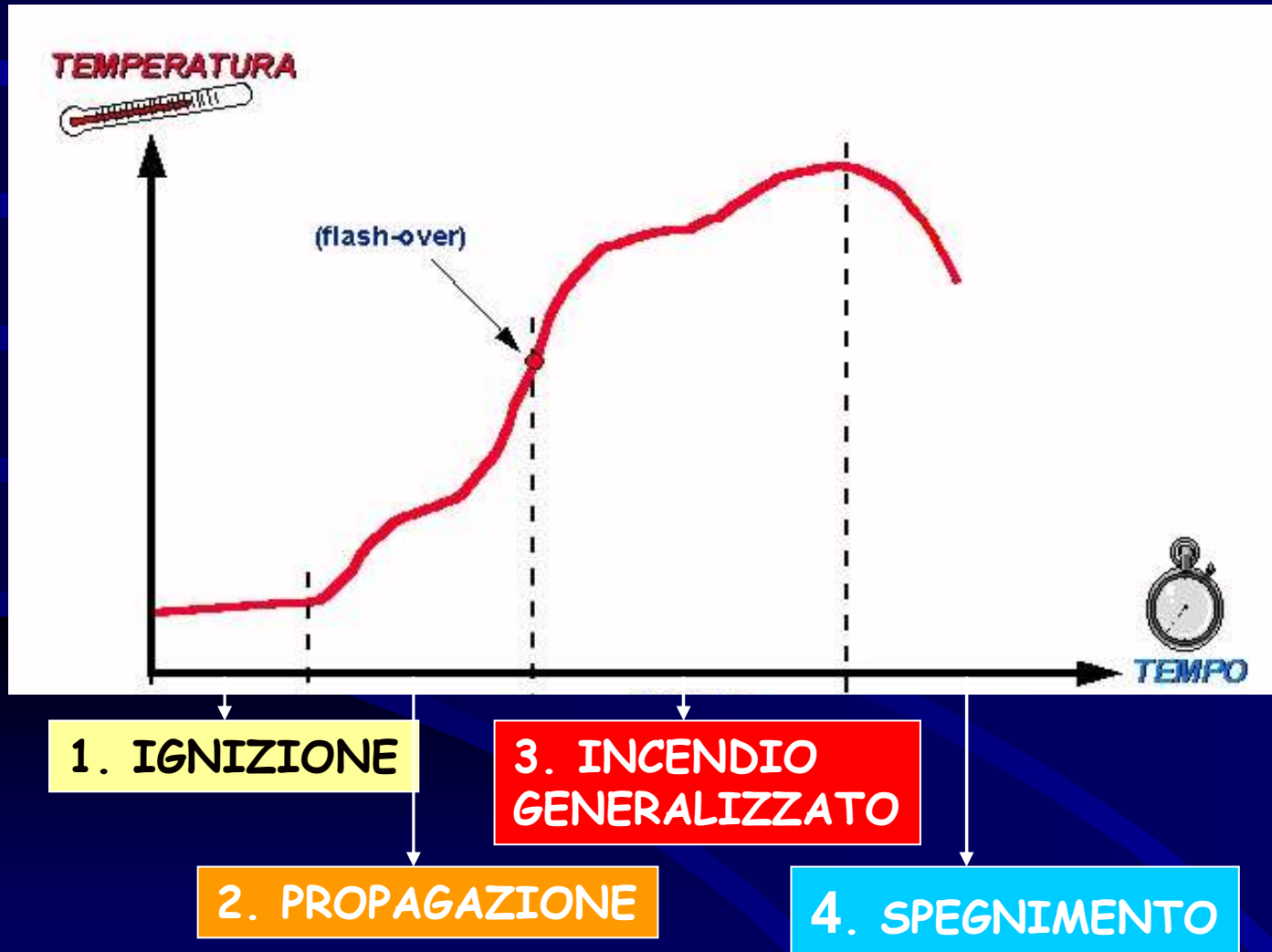
Mancando una specifica norma di riferimento non era fino ad ora possibile applicare questa metodologia alle murature.

ORA È CONSENTITO VALUTARE LA RESISTENZA AL FUOCO DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI PORTANTI PER MEZZO DI CALCOLI ANALITICI APPLICANDO LE INDICAZIONI CONTENUTE NELLA "PARTE 1-2: REGOLE GENERALI-PROGETTAZIONE CONTRO L'INCENDIO" DEGLI EUROCODICI STRUTTURALI;

PER PRODOTTI IN LATERIZIO, procedere al calcolo della prestazione al fuoco avvalendosi delle norme EN 1994-1-2, strutture miste acciaio-calcestruzzo (Eurocodice 4) ed EN 1996-1-2, strutture in muratura (Eurocodice 6), una volta definiti i parametri di pertinenza, attraverso la pubblicazione delle appendici nazionali degli Eurocodici stessi.

In attesa di tale adempimento, per la verifica di strutture in calcestruzzo, acciaio e legno, ci si può avvalere ancora delle sopracitate norme UNI.

LA CURVA D'INCENDIO NATURALE DINAMICA DI UN INCENDIO TIPO



VALORE NOMINALE DEL CARICO D'INCENDIO SPECIFICO

$$q_f = \frac{\sum q_i H_i m_i y_i}{A}$$

g_i massa dell' i -esimo degli n materiali combustibili [kg]

H_i potere calorifico inferiore dell' i -esimo materiale combustibile [MJ/kg]

m_i coefficiente che dipende dall'efficienza della combustione del materiale (=1)

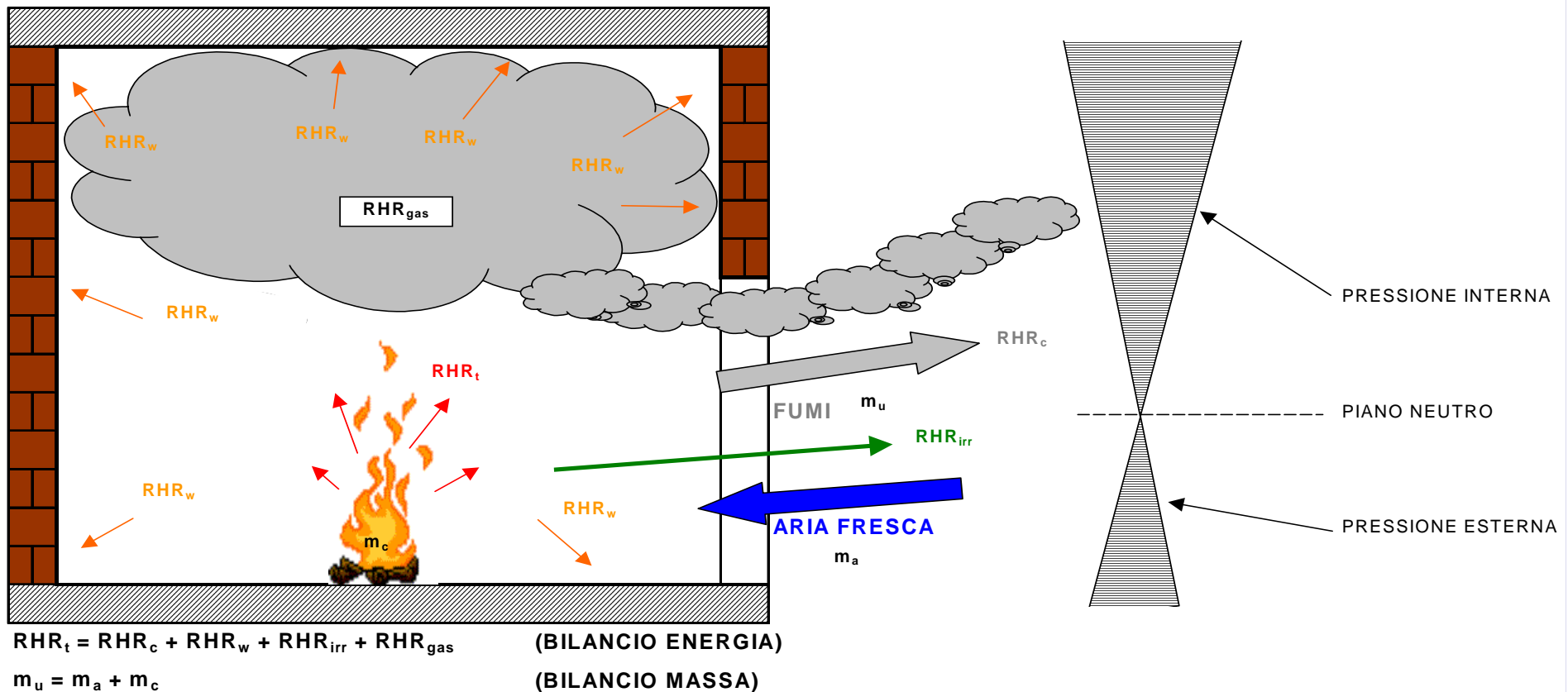
y_i coefficiente che dipende dalla eventuale presenza di contenitori o protezioni che limitano il propagarsi del fenomeno della combustione al materiale i -esimo (valore 0/0.85/1)

A superficie in pianta lorda del compartimento [m²]

RILASCI ENERGIA TERMICA - WATT

| | |
|-------------|--|
| RHR_T | POT. TERMICA TOTALE |
| RHR_c | POT. TERMICA NEI GAS DELLO STRATO CALDO |
| RHR_w | POT. TERMICA TRASFERITA ALLE PARETI |
| RHR_{IRR} | POT. TERMICA PERSA PER IRRAGIAMENTO |
| RHR_{GAS} | POTENZA TERMICA TRASPORTATA DAI GAS |

INCENDIO REALE: BILANCI E FENOMENOLOGIA



CURVE NATURALI RILASCI ENERGIA TERMICA

RHR T

POT. TERMICA TOTALE

RHR C

POT. TERMICA NEI GAS DELLO STRATO CALDO

RHR W

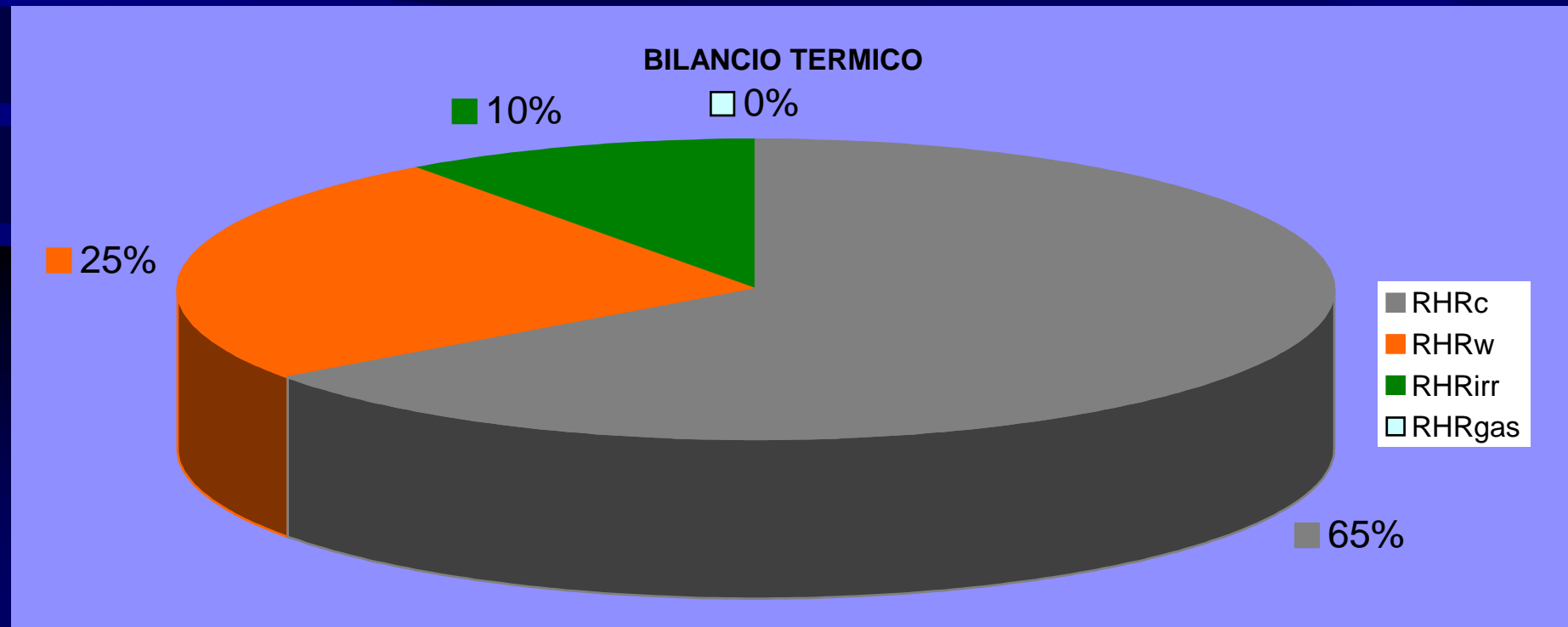
POT. TERMICA TRASFERITA ALLE PARETI

RHR IRR -

POT. TERMICA PERSA PER IRRAGIAMENTO

RHR GAS -

POTENZA TERMICA TRASPORTATA DAI GAS



AZIONI SULLE STRUTTURE SOTTOPOSTE AD INCENDIO

- **AZIONI TERMICHE** (valutazione quantitativa)
che investono le superfici delle strutture

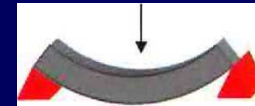
$$\dot{h}_{net, d} = \gamma_{n, c} \dot{h}_{net, c} + \gamma_{n, r} \dot{h}_{net, r}$$

w/mq

- $\dot{h}_{net, d}$ = potenza termica netta agente su struttura soggetta ad incendio
- $\dot{h}_{net, c}$ = flusso netto di potenza termica trasferita
x **convezione**
- $\dot{h}_{net, r}$ = flusso netto di potenza termica trasferita
x **irraggiamento**

AZIONI SULLE STRUTTURE SOTTOPOSTE AD INCENDIO

• AZIONI MECCANICHE



$$\sum \gamma_{GA} G_k + \psi_{1,1} Q_{k1} + \sum \psi_{2,1} Q_{ki} + A_d(t)$$

G = AZIONI PERMANENTI (peso proprio - cedimenti - spinta di terre)

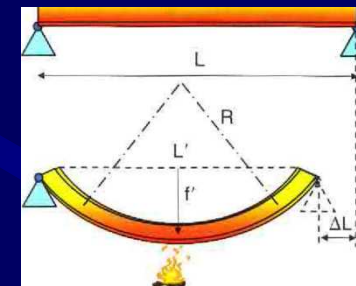
P = AZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Q = AZIONI VARIABILI (sovracc. neve-vento-variazioni termiche amb.)

A = AZIONI INDIRETTE (dilatazioni termiche)

$\gamma_{1,1}$ COEFFICIENTE VALORE FREQUENTE

$\gamma_{2,1}$ COEFFICIENTE VALORE PERMANENTE



MODELLAZIONE INCENDIO

VALORE DELLA TEMPERATURA NEI PRESSI ELEMENTI COSTRUTTIVI

P
i
ù
c
o
m
p
l
e
s
s
a

CURVE NOMINALI
- STANDARD ISO
834
- IDROCARBURI

NON TENGONO
CONTO DELLE
CONDIZIONI REALI
NE VENTILAZIONE

INCENDIO
NOMINALE

TEMPO
EQUIVALENTE

TEMPO DA SOTTOPORRE
STRUTTURA PER EQUIVALENZA
TEMPERATURA CURVA STANDARD
E INCENDIO REALE

MODELLAZIONE
DELL'INCENDIO

CURVE
PARAMETRICHE

**CURVE CHE TENGONO CONTO
CARICO INCENDIO E
VENTILAZIONE**

INCENDIO REALE



INCENDI
LOCALIZZATI

IN COMPARTIMENTI

INCENDI DA
FINESTRE

CALORE DERIVANTE DA FIAMME CHE
ESCONO DALLE FINESTRE DEL
COMPARTO

MODELLI
A ZONE

INCENDI IN COMPARTI O CON DISTRIBUZIONE
UNIFORME DELLA TEMPERATURA DEI GAS CALDI
O CALDO-FREDDO

MODELLI DI
CAMPO

RISOLUZIONE CON EQUAZIONI DI
TERMOFLUIDODINAMICA DI NAVIER -
STOKESE

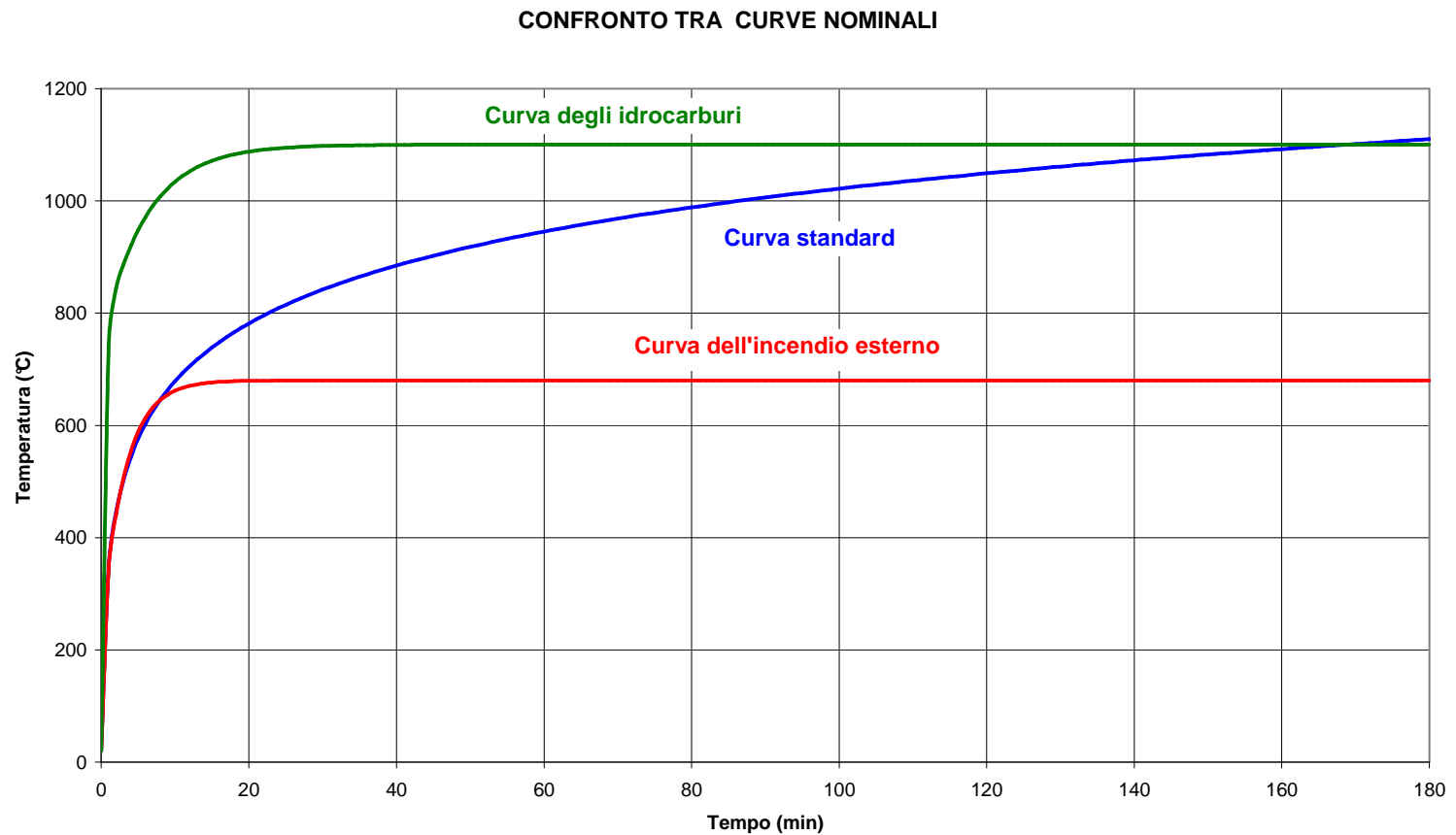
LE CURVE DI INCENDIO NOMINALI

temperatura in prossimità alle strutture
non tengono conto delle condizioni reali ne ventilazione

CURVA STANDARD (ISO 834)

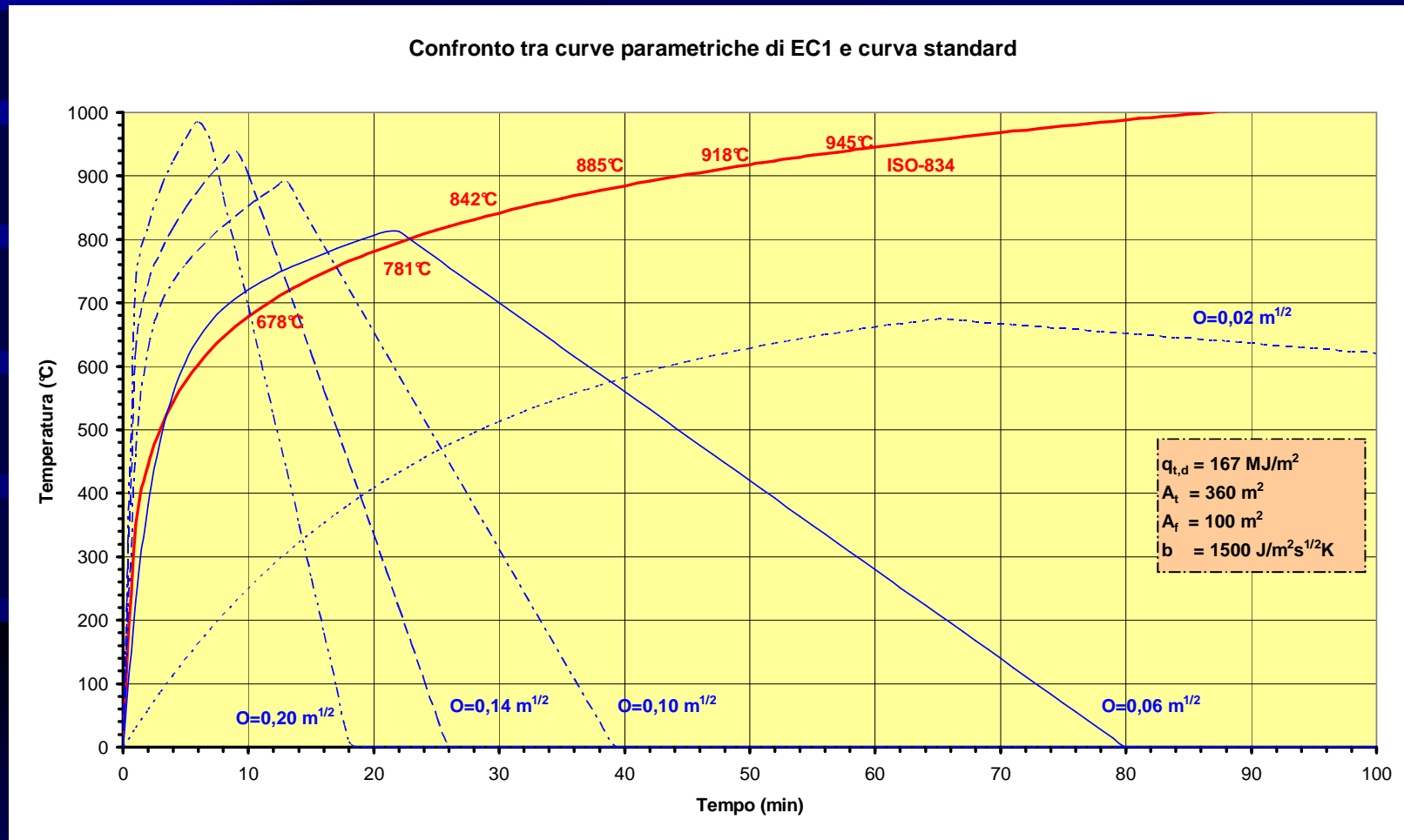
CURVA DEGLI INCENDI ESTERNI

CURVA DEGLI IDROCARBURI



LE CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

modellazione nella fase crescente e decrescente dell'incendio
stima nella fase di post flashover



In funzione dei seguenti fattori:

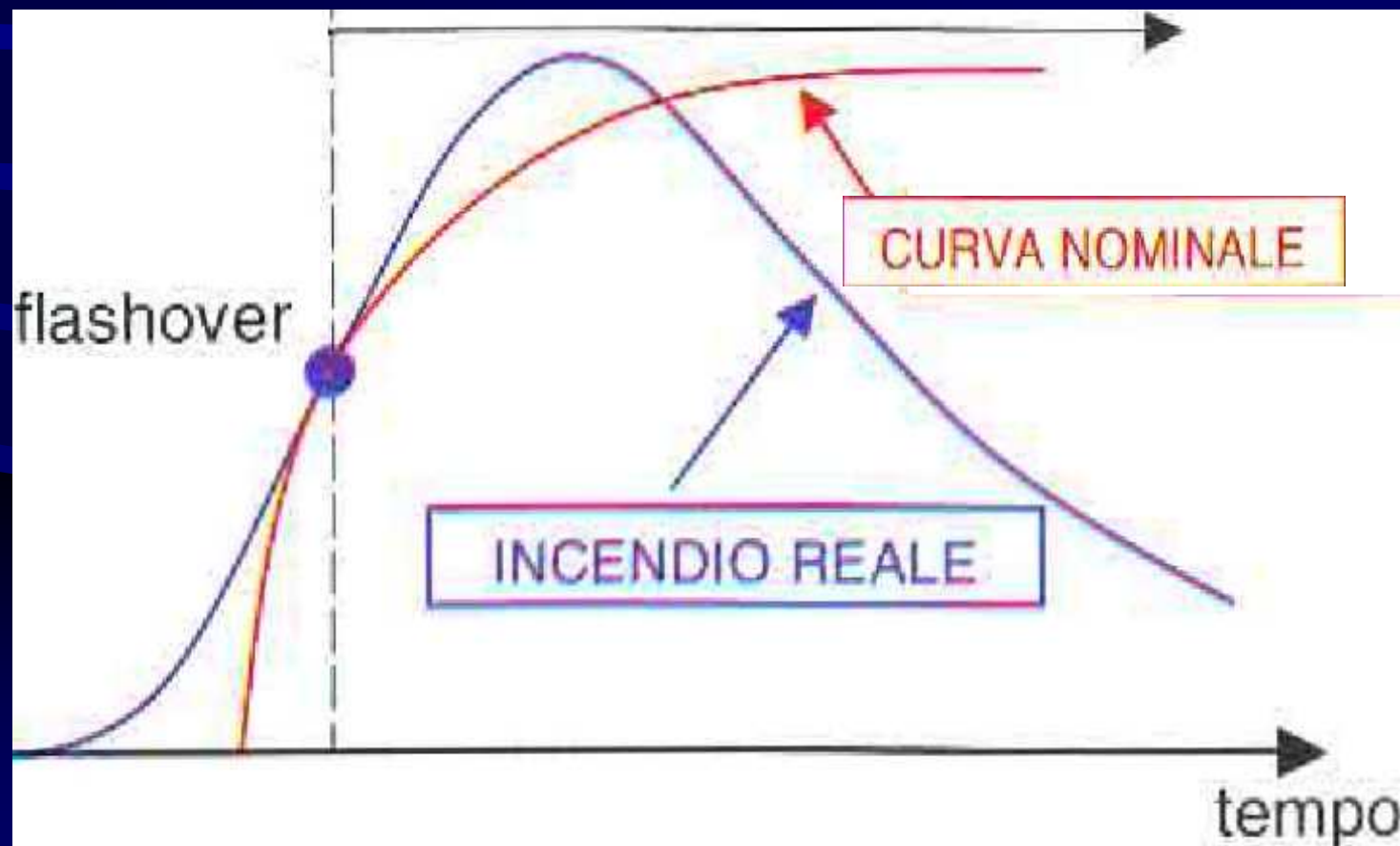
- carico incendio (q)
- Ventilazione (o)
- Proprietà termofisiche delle chiusure del compartimento

Confronto curva stand e
parametriche

RAFFRONTO TRA CURVE INCENDIO NOMINALI E REALI

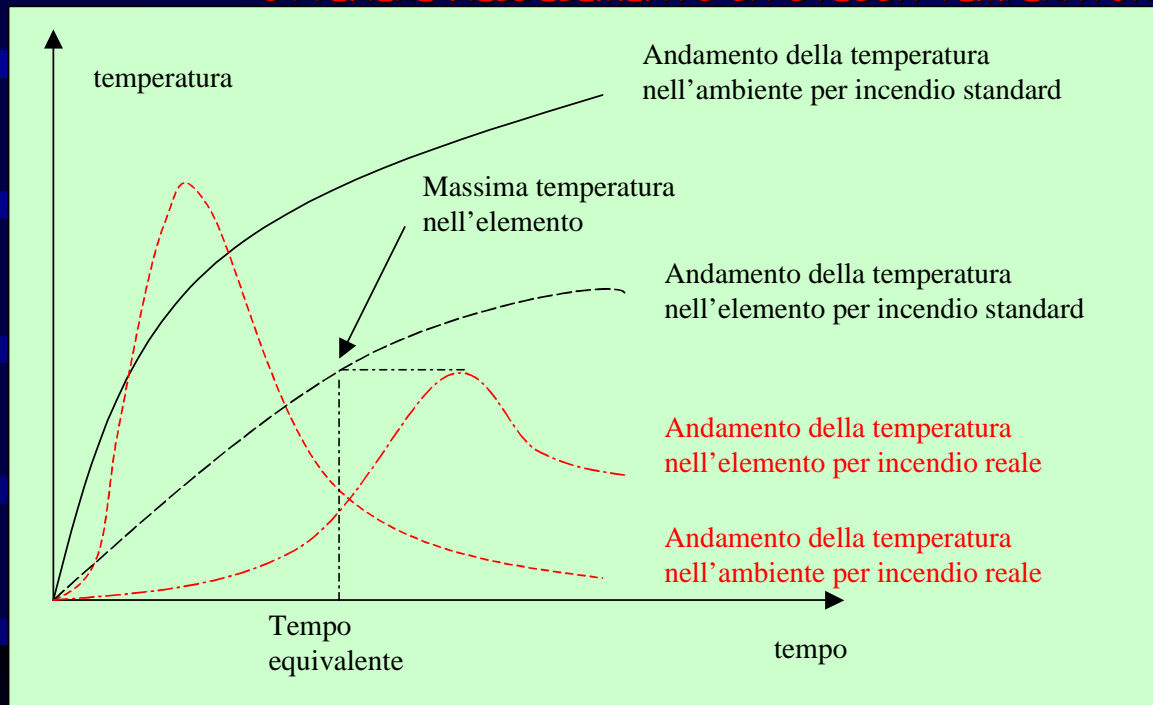
temperatura pre flashover

post flashover



ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA E METODO DEL TEMPO EQUIVALENTE (BOLL CNR192/99)

TEMPO CHE DEVE ESSERE SOTTOPOSTO UN ELEMENTO STRUTTURALE A CURVA ISO 834 PER OTTENERE NELL'ELEMENTO LA STESSA TEMPERATURA CON INCENDIO REALE



$$t_{e,d} = q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f$$

dove:

$t_{e,d}$ tempo equivalente standard di progetto già definito;

$q_{f,d}$ carico di incendio riferito alla superficie del locale;

k_b fattore dipendente dalle proprietà termiche delle pareti di chiusura del locale;

w_f fattore di ventilazione.

$$t_{e,d} < t_{fi,d}$$

$t_{e,d}$ tempo equivalente dell'incendio standard

$t_{fi,d}$ valore di progetto della struttura determinato con incendio standard.

PROPRIETA' DEL CLS (EC2) A CALDO

RESISTENZA A COMPRESSIONE

RESISTENZA A TRAZIONE

DENSITÀ

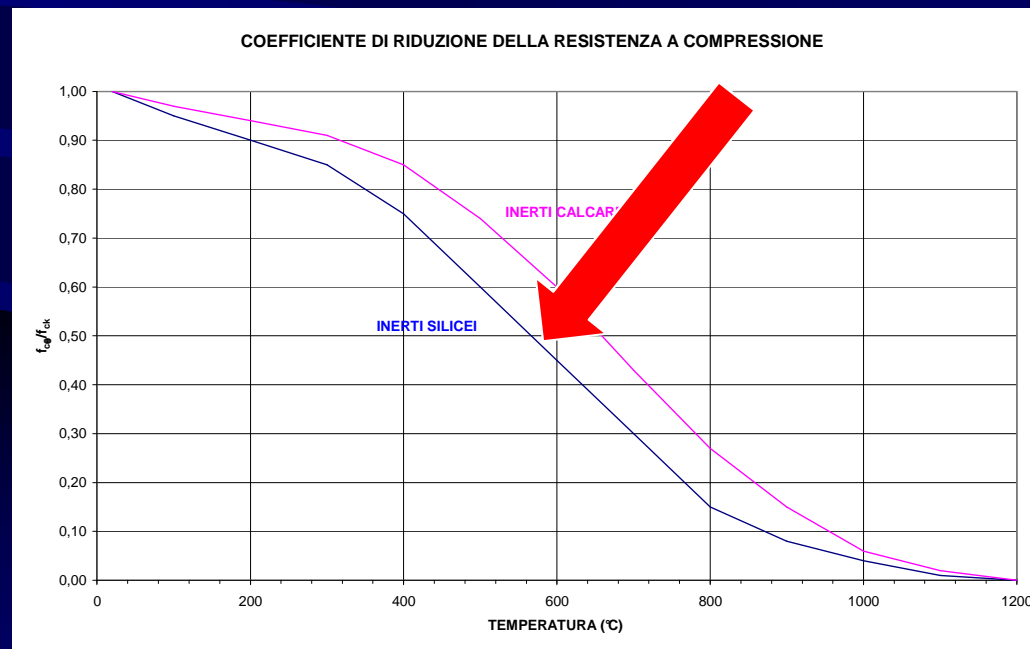
MODULO DI ELASTICITÀ LONGITUDINALE

DILATAZIONE TERMICA

CALORE SPECIFICO

CONDUCIBILITÀ TERMICA

PER IL CALCESTRUZZI EC2 LA VARIAZIONE A COMPRESSIONE VARIA IN RELAZIONE ALLA LORO COMPOSIZIONE DEGLI INERTI SE SILICEI O CALCAREI.



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA A **COMPRESSIONE** DEL CLS MEDIANTE IL RISPETTIVO COEFF. DI RIDUZ

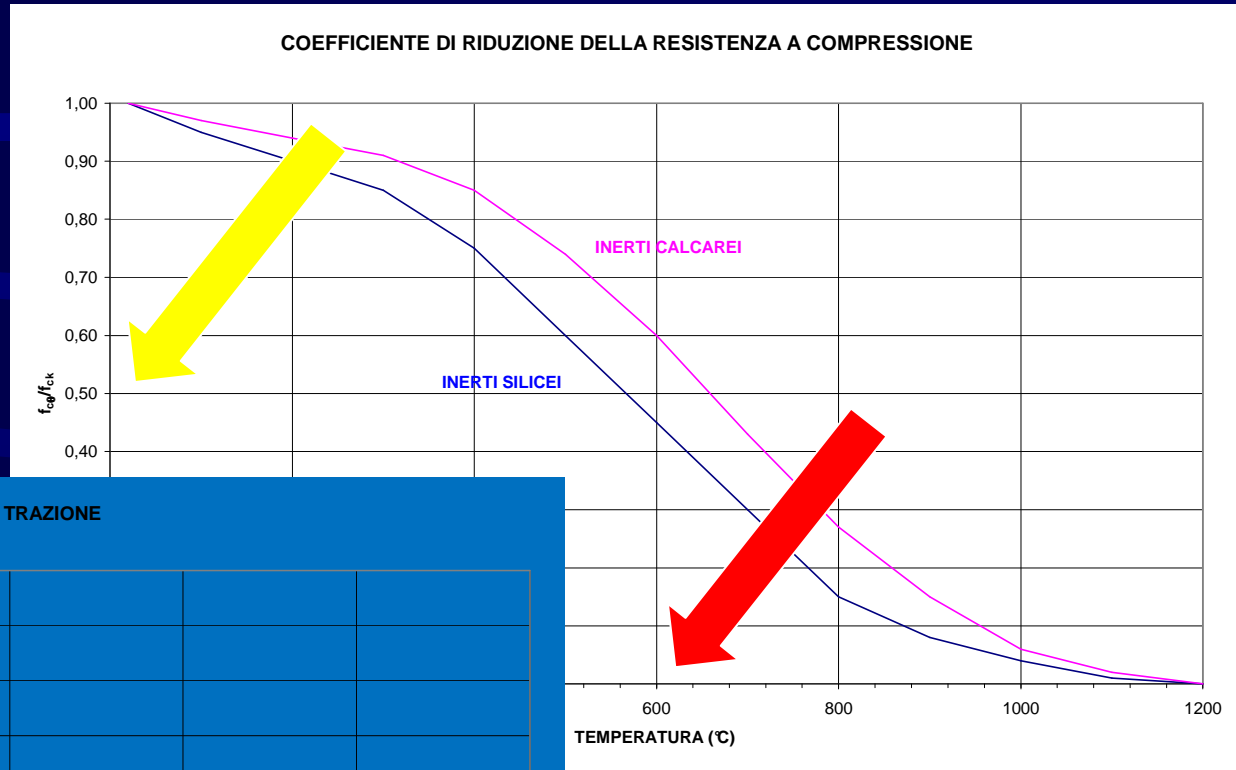
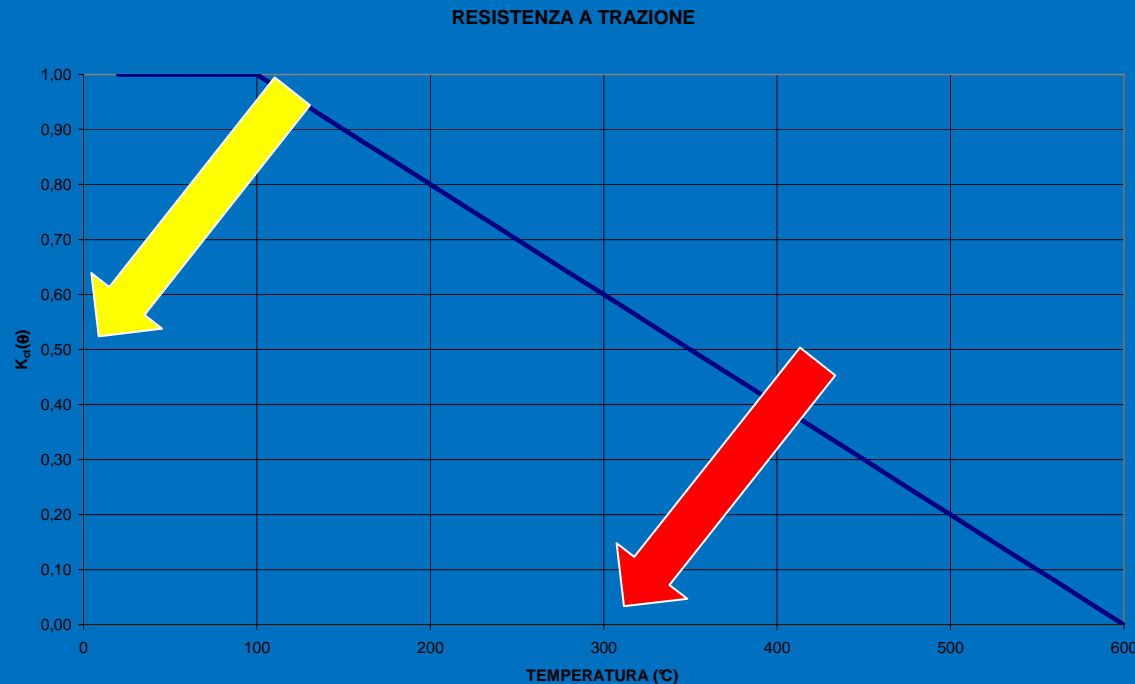
A 600° LA RESISTENZA SI DIMEZZA

DOPO IL RAFFREDDAMENTO IL CLS "FISSA" LA MINIMA RESISTENZA RAGGIUNTA 39

PROPRIETA' DEL CLS A CALDO

DOPO IL RAFFREDDAMENTO IL CLS "FISSA" LA MINIMA RESISTENZA RAGGIUNTA

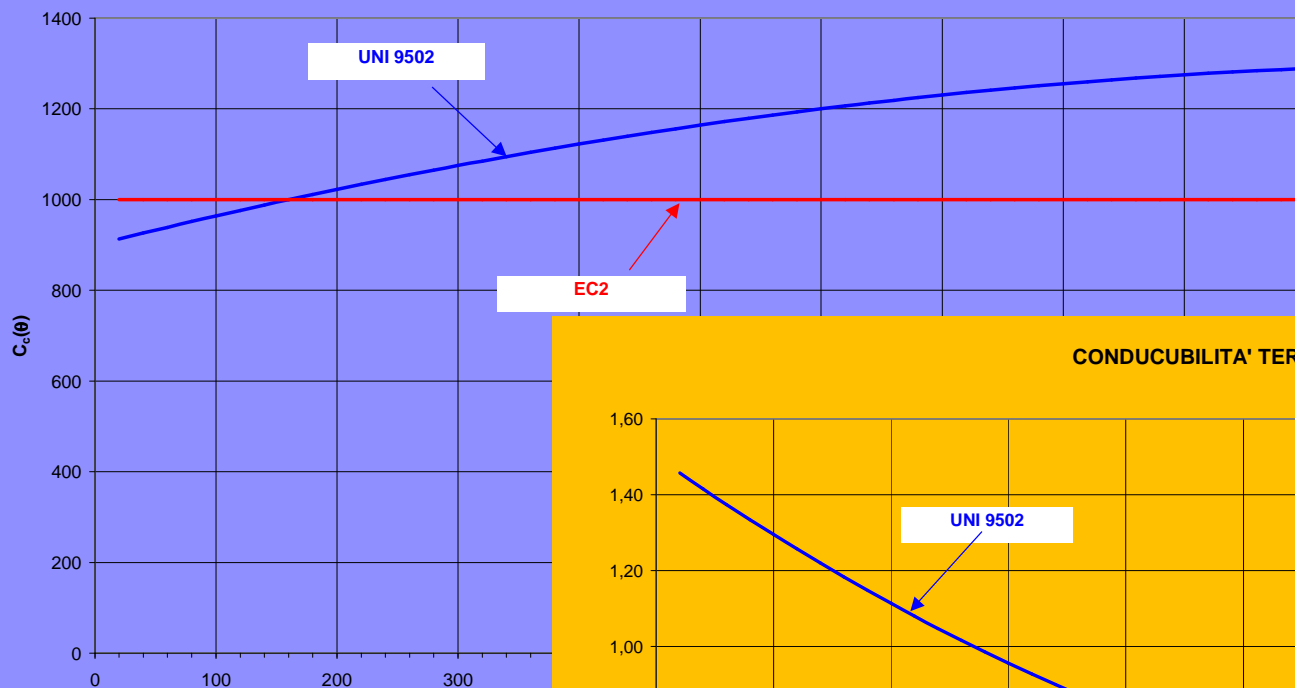
ANDAMENTO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE DEL CLS MEDIANTE IL RISPETTIVO COEFF. DI RIDUZ



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA A COMPRESIONE DEL CLS MEDIANTE IL RISPETTIVO COEFF. DI RIDUZ

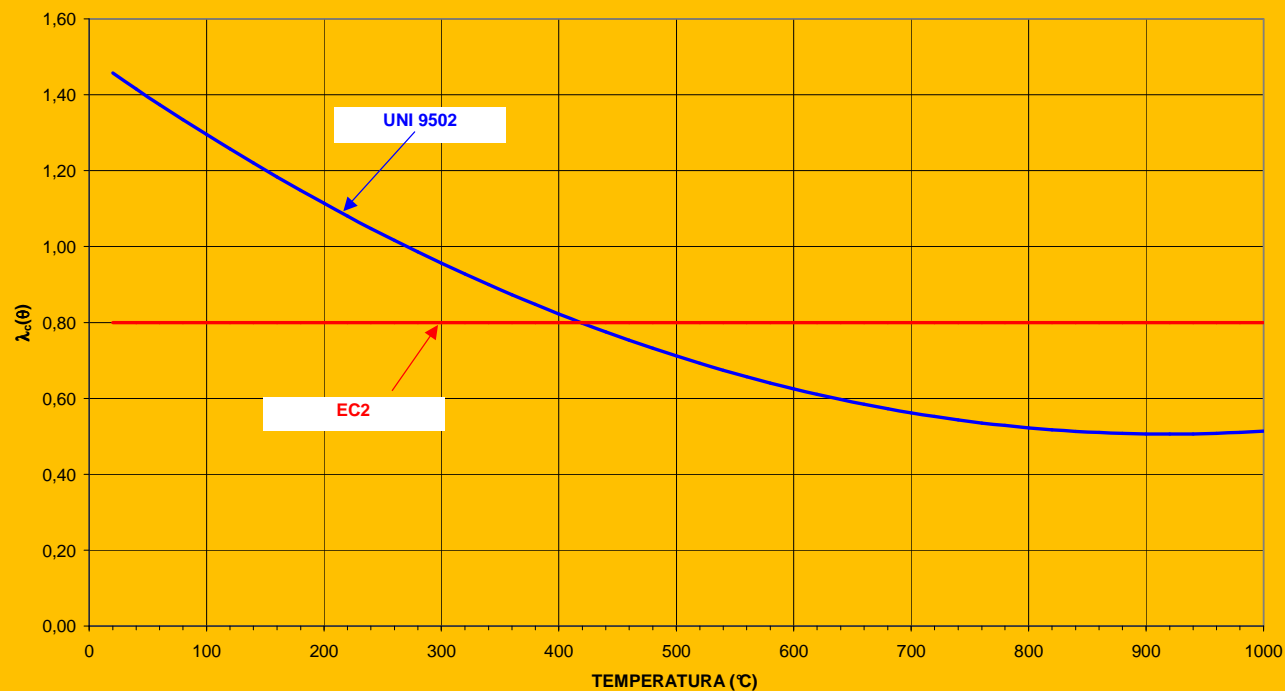
LE PRINCIPALI PROPRIETA' A CALDO DEL CLS

CALORE SPECIFICO



ANDAMENTO DELLA CONDUCEBILITA' TERMICA IN BASE AL MIX. EURO CODICE EN 1992-1-2-

CONDUCIBILITA' TERMICA



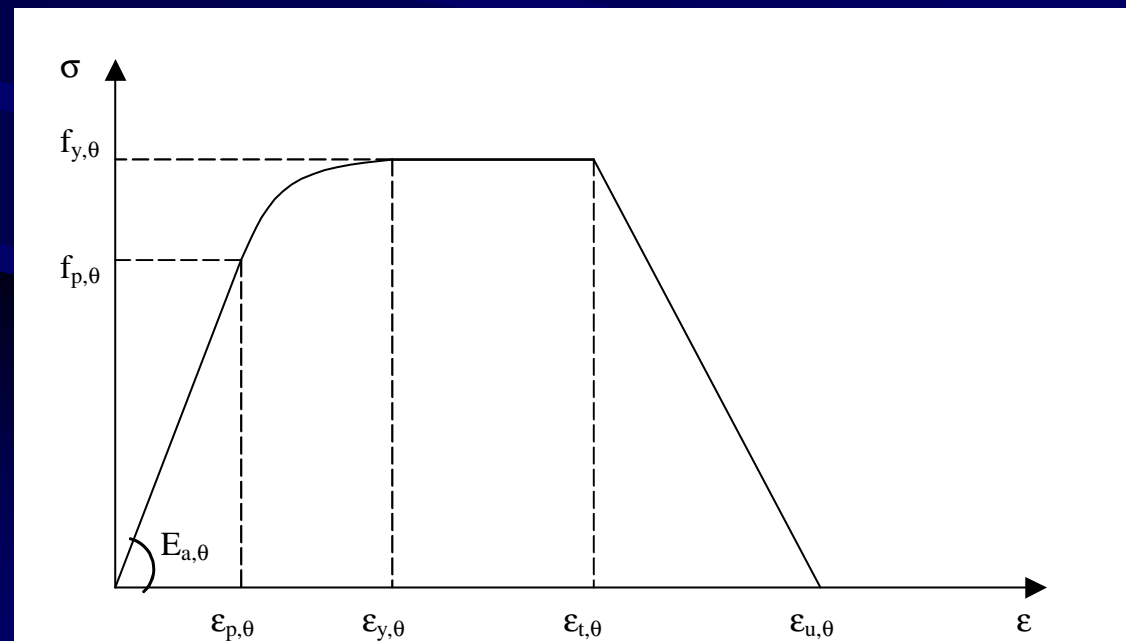
CALORE SPECIFICO
QUANTITA' ENERGIA CHE DEVE ASSORBIREUNITA' DI MASSA PER SUBIRE UN INCREMENTO DI 1°. E.U. EN 1993-1-2

ACCIAIO (EC3) TENSIONI - DEFORMAZIONI A CALDO

DEFORMAZIONE DELL'ACCIAIO ALLE ALTE TEMPERATURE È CARATTERIZZATO DA:

1 - UNA FASE ELASTICA LINEARE DEFINITA DAL MODULO DI ELASTICITÀ ($E_{a,q}$) E DAL LIMITE DI PROPORZIONALITÀ ($f_{p,q}$) IN CORRISPONDENZA DELLA DEFORMAZIONE ($e_{p,q}$)

2 - UNA FASE ANELASTICA CHE CONDUCE ALLO SNERVAMENTO RAPPRESENTATO DALLA TENSIONE ($f_{y,q}$)

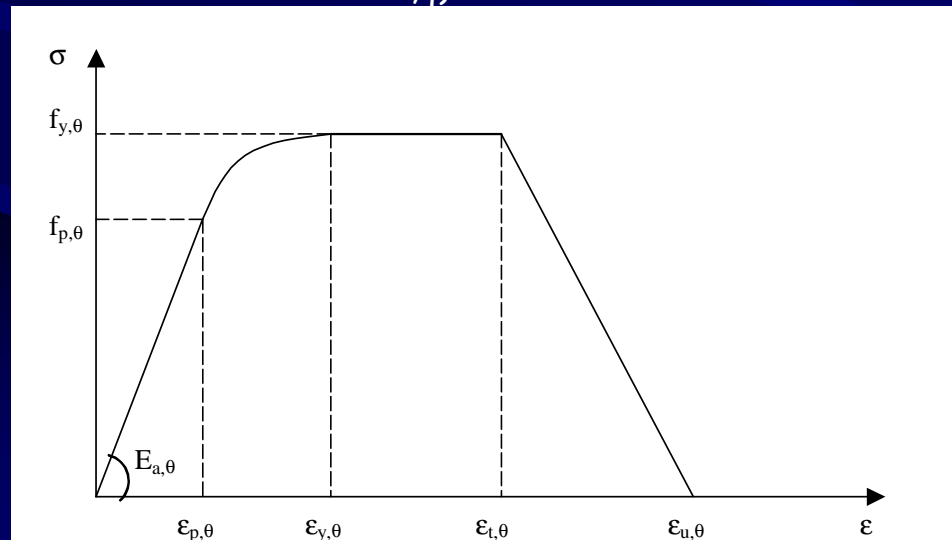


ACCIAIO (EC3) TENSIONI - DEFORMAZIONI A CALDO

3 - UNA FASE DI SNERVAMENTO TRA DEFORMAZIONE ($e_{y,q}$) DI SNERVAMENTO) E ($e_{t,q}$) DI ROTTURA CONVENZIONALE

IL MATERIALE INIZIA A DEFORMARSI PLASTICAMENTE, PASSANDO DA UN COMPORTAMENTO ELASTICO REVERSIBILE AD UN COMPORTAMENTO PLASTICO CARATTERIZZATO DALLO SVILUPPO DI DEFORMAZIONI **IRREVERSIBILI** CHE NON CESSANO AL VENIR MENO DELLA CAUSA SOLLECITANTE.

4 - UNA FASE DI DECREMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE FINO ALLA DEFORMAZIONE ULTIMA ($e_{u,q}$)

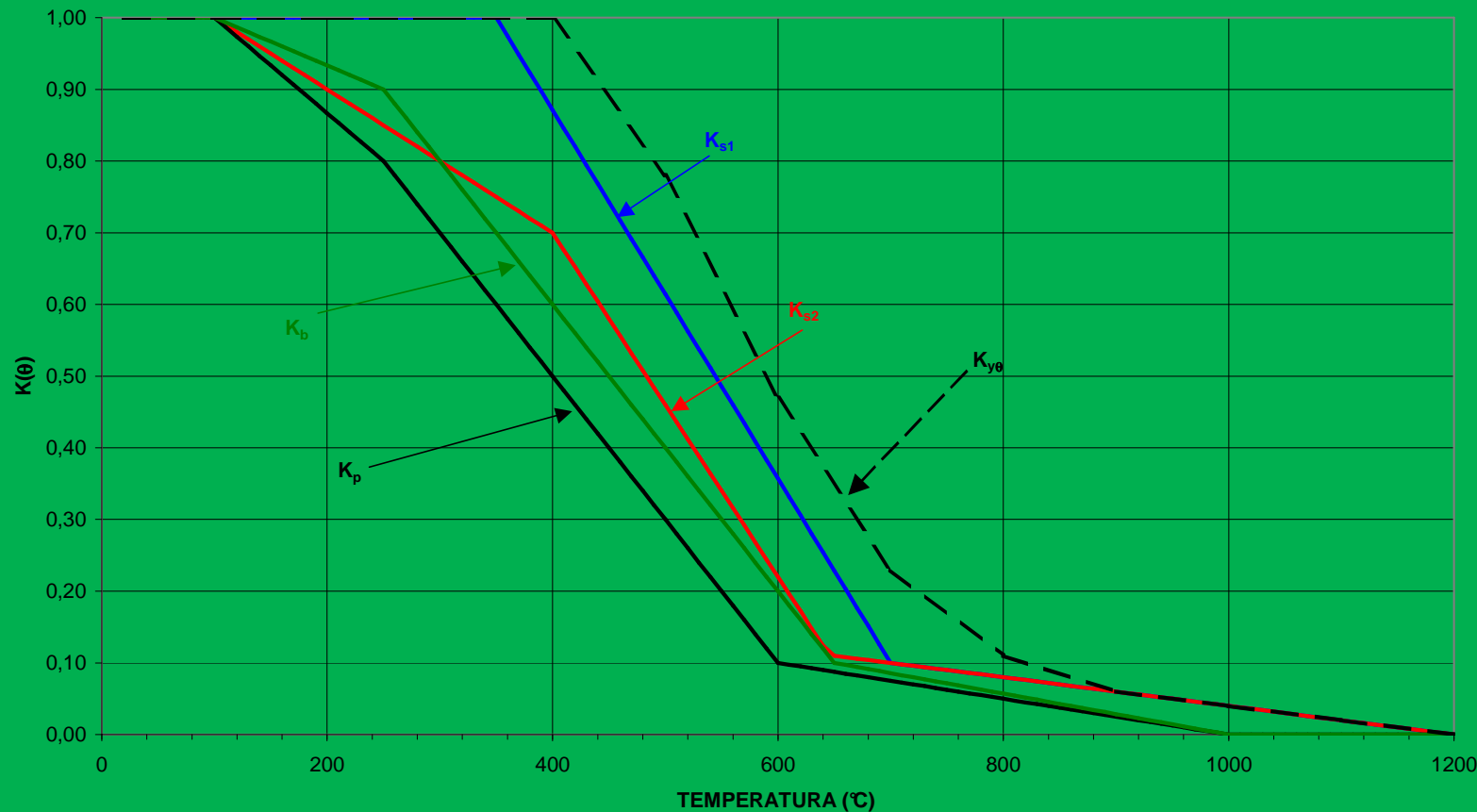


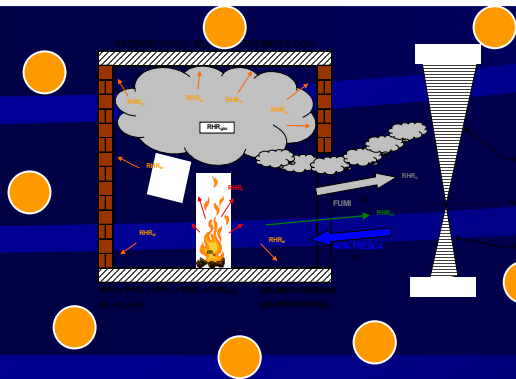
LA RESISTENZA A TRAZIONE A CALDO DELL'ACCIAIO

DOPO IL RAFFREDDAMENTO L'ACCIAIO NON FISSA MA RECUPERA LA RESISTENZA

RESISTENZA A TRAZIONE

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA DELL'ACCIAIO EURO CODICE EN 1993-1-2-

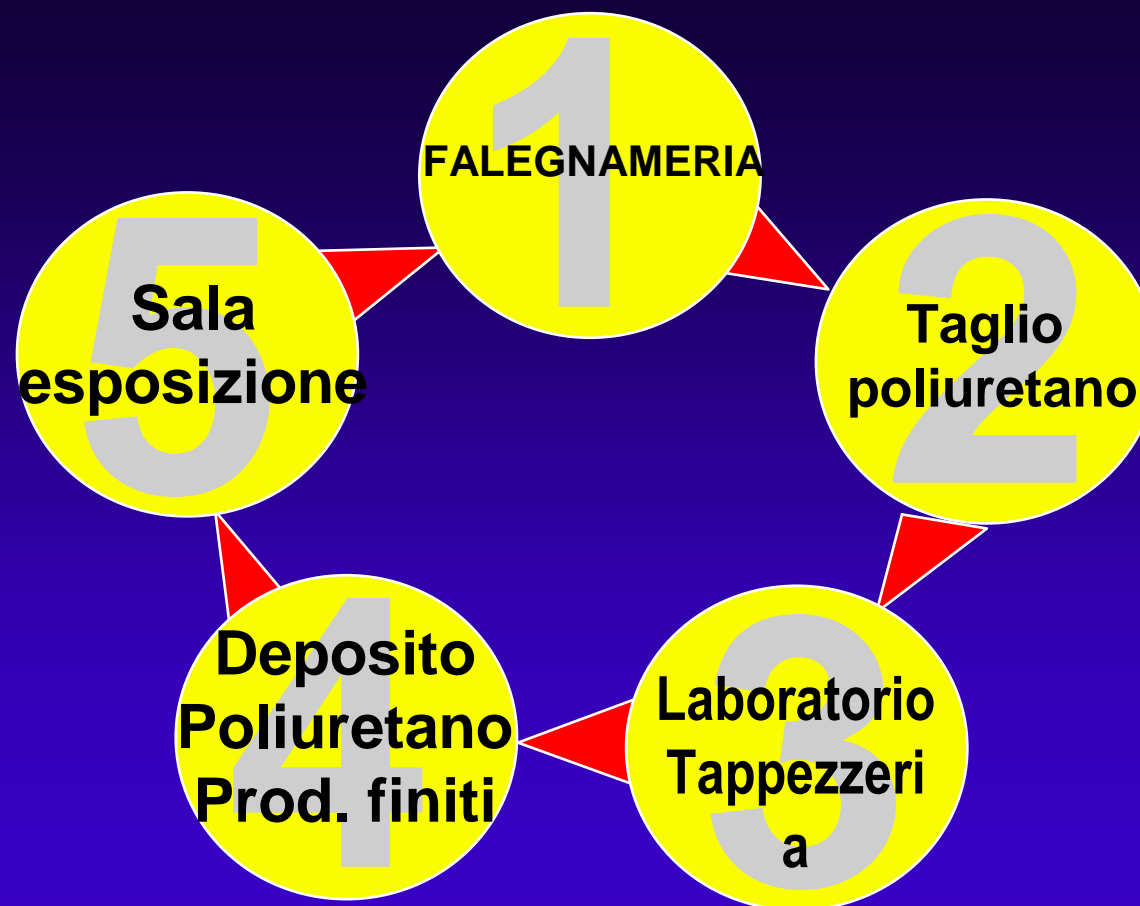




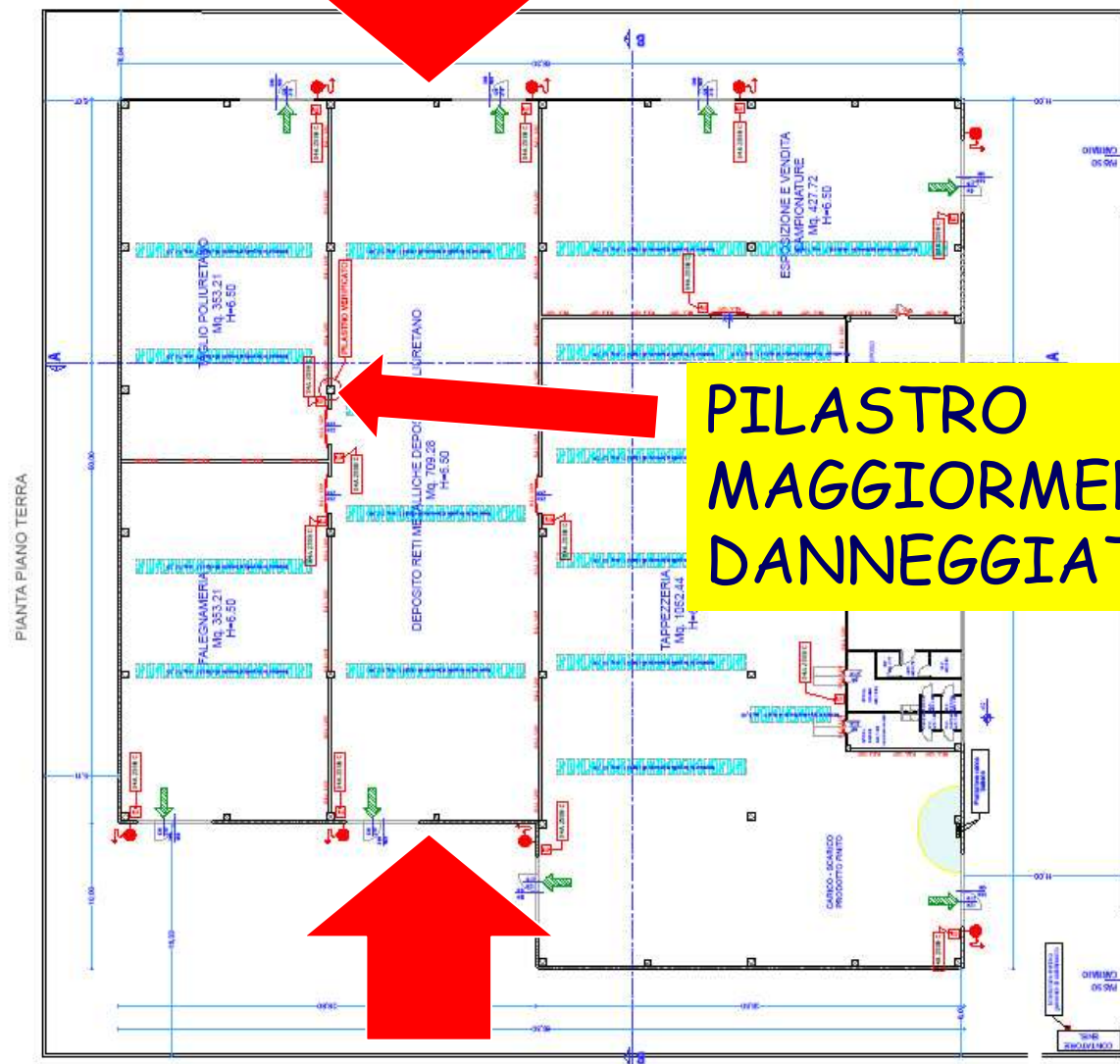
IL
CASO:

INCENDIO DI UN
CAPANNONE
PREFABBRICATO IN
CEMENTO ARMATO
DESTINATO A
SALOTTIFICIO

LAY OUT POLTRONIFICIO



PLANIMETRIA



PILASTRO
MAGGIORMENTE
DANNEGGIATO

LE STRUTTURE

STRUTTURE PREFABBRICATE C.A.P. PORTANTI R 60'
VERIFICATE CON PROCEDIMENTO ANALITICO UNI 9502

PILASTRI

SEZIONE QUADRATA IN C.A.V. CON
ARMATURA ACCIAIO FEB44 K

TRAVI

TIPO "TSP" IN C.A.P.
ARMATURA ADERENTE IN
ACCIAIO ARMONICO
QUALIFICATO E
STABILIZZATO

TRAVI

TIPO "TH100" PER SOSTENERE
TRAVI DI COPERTURA

TAMPONAMENTO INTERNO
E COMPARTIMENTAZIONI
PANNELLI CARTONGESSO REI 120

TAMPONAMENTO ESTERNO
IN C.A.P. DA 24 CM

COPERTURA

TIPO "ALIAN" IN
C.A.P. COIBENTAZIONE PANNELLI
FIBROCEMENTO CON POLISTIROLO

TRAVI "ANCORA"

SOSTENERE TRAVI DI COPERTURA

CLASSE DEI REPARTI IN RELAZIONE AL CARICO D'INCENDIO

Gestione della
sicurezza di cui al
D.Lvo 81/08

PROTEZIONE PASSIVA
INTERNA
PANNELLATURA REI 120

R 15

-FALEGNAMERIA
-TAGLIO PLIURETANO
-TAPPEZZERIA
-ESPOSIZIONE E
VENDITA

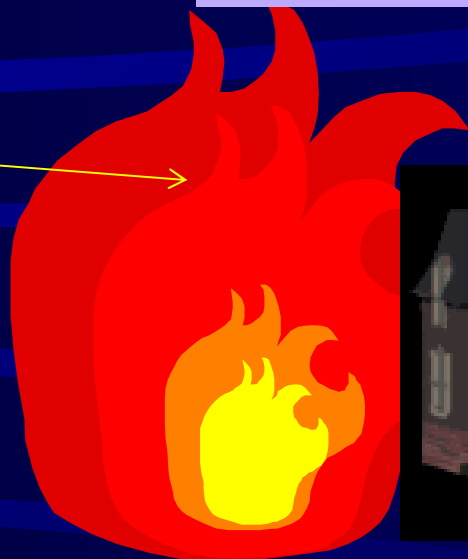
R 60
DEPOSITO
POLIURETANO

PROTEZIONE ATTIVA
-IMPIANTO RILEVAZIONE FUMI
- ESTINTORI
--IMPIANTO ANTINCENDIO

STRUTTURE ESTERNE R 60

DESCRIZIONE DEGLI EVENTI

Ore 19,50
uscita
ultimo
dipendente



Ore 20,00
Chiamata
115



ORE 20,06
Arrivo dei vvf

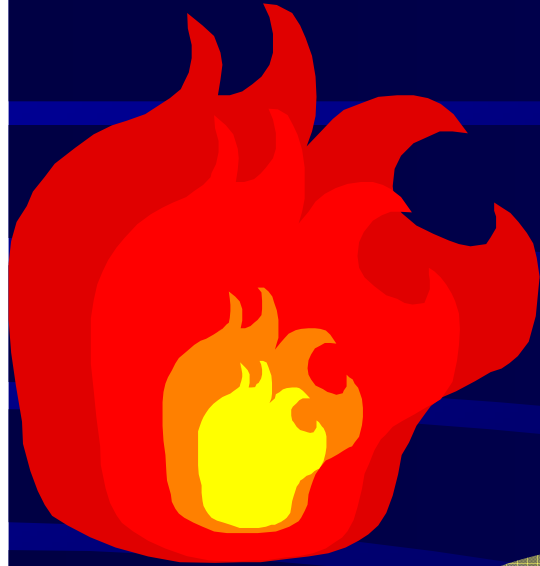
Attacco incendio
nel reparto
deposito
poliuretano in
fase
"propagazione"

Ore 20,50
Spegnimento
dell'incendio



FIRE INVESTIGATION

INCENDIO DOLOSO



SEGNI
D'EFFRAZIONE
SULLE PORTE

PIU'
FOCOLAI
NEL
REPARTO

REPERTAMENTO
ED ANALISI
CHIMICHE

RITROVAMENTO
ACCELERANTI
IDROCARBURI

STEP APPLICAZIONE DEL SOFTWARE DELLA "BM SISTEMI"

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

- 1_**Analisi del caso** in esame valutando un'ipotesi di propagazione dell'incendio studiando la geometria dei locali, le proprietà dei materiali della struttura, le proprietà dei materiali combustibili;
- 2_Inserimento nel programma di disegno della **geometria del pilastro**: dimensioni, ferri, staffe;
- 3_Passaggio al programma di calcolo ed **inserimento dei dati**;

STEP APPLICAZIONE DEL SOFTWARE DELLA "BM SISTEMI"

VERIFICA SULLA RESISTENZA AL FUOCO DI UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO

- 4_ Calcolo del carico d'incendio per la costruzione della curva reale temperatura-tempo;
- 5_ Calcolo della distribuzione della temperatura nell'elemento strutturale (modellazione dell'incendio);
- 6_ Calcolo agli stati limite per la verifica di stabilità globale;
- 7_ Realizzazione calcoli con curva ISO 834;
- 8_ Produzione della relazione;

DATI GENERALI INSERITI NEL SOFTWARE CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON
VALUTAZIONE METODO ANALITICO

DATI DEL COMPARTO INCENDIATO

- SUPERFICIE MQ 709,28
- ALTEZZA M 6,5
- VENTILAZIONE:
 - N° 2 PORTONI (5,00 X 4,50) CAD= MQ 45
 - N° 2 FINESTRONI (7,00 X 1,50) CAD= MQ 21
 - N° 4 SHED COPERTURA(12,00 X 1,50) CAD= MQ 72
- MATERIALE COMBUSTO POLIURETANO
- QUANTITÀ KG 6500

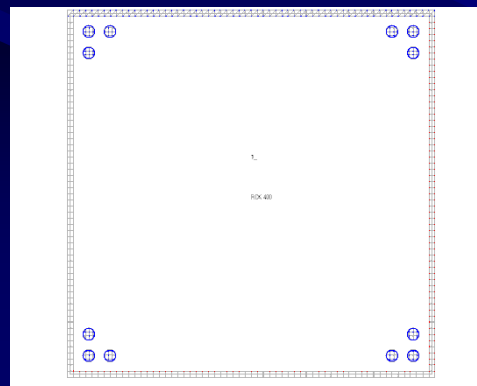
PILASTRO - DATI INERENTI IL CALCESTRUZZO

- TIPO INERTE
 - DIMENSIONI PILASTRO
 - ALTEZZA
 - RCK DI OMOGENEIZZAZIONE
 - EL. CALCESTRUZZO
 - MOD EL. ACC. PREC.
 - FCTK
 - GAMMA C
 - FCD
 - FCTD
- | | MATERIALE CALCAREO |
|--|--------------------|
| | 59 X 59 CM |
| | 650 CM |
| | [KG/CMQ] 400 |
| | [KG/CMQ] 360000 |
| | [KG/CMQ] 2100000 |
| | (KG/CMQ)22.041 |
| | 1.200 |
| | (KG/CMQ)276.667 |
| | (KG/CMQ) 18.368 |



PILASTRO - DATI INERENTI L'ARMATURA

- ARMATURA FEB44K N° 12 DEL DIAMETRO 2 CM
- STAFFE DIAMETRO 6 CM
- PASSO STAFFE 15 CM
- COPRI FERRO 2 CM
- DISTANZA COPRI FERRO DAL CENTRO BARRA 4 CM
- LIVELLO ARMATURE $\gamma = 1$ MINUTI PASSO DI CALCOLO 15
- DEFORMAZIONE ACCIAIO TIPOLOGIA LENTA



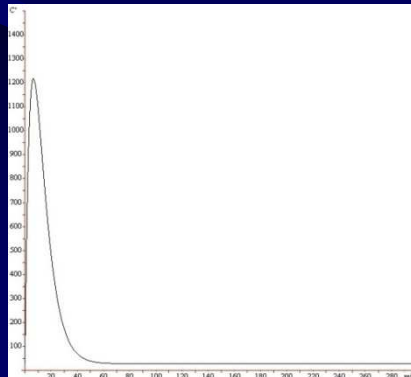
PILASTRO - ALTRI DATI

SOLLECITAZIONI SUL PILASTRO:

| | |
|---|----------------|
| • PARAMETRI (N - M - T) N (COMPRESSIONE) | [KG]-41221 |
| • CAMPO DI ROTTURA | 1 |
| • POSIZIONE ASSE NEUTRO DAL LEMBO DI ROTTURA | [CM] 500.00 |
| • AREA CALCESTRUZZO COMPRESSO A ROTTURA | [CMQ] 3353.68 |
| • SFORZO CALCESTRUZZO A ROTTURA | [KG] 0.00 |
| • RISULTANTE DELLE FORZE INTERNE | [KG] -0.09 |
| • SFORZO NORMALE ULTIMO | [KG] 124366.27 |
| • SFORZO DI ESERCIZIO | [KG] -41221.00 |
| • COEFFICIENTE DI SICUREZZA | 3.02 |

PILASTRO - ALTRI DATI

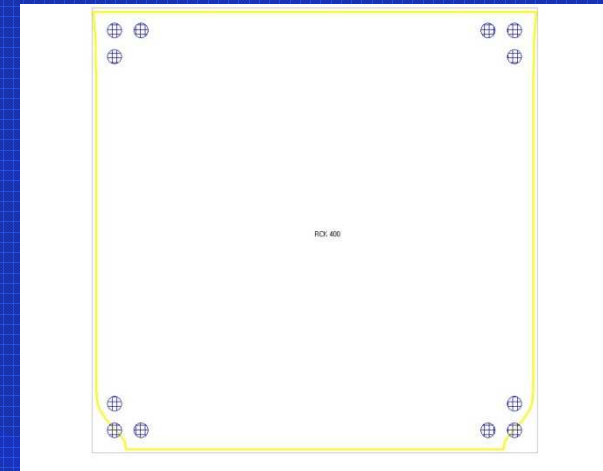
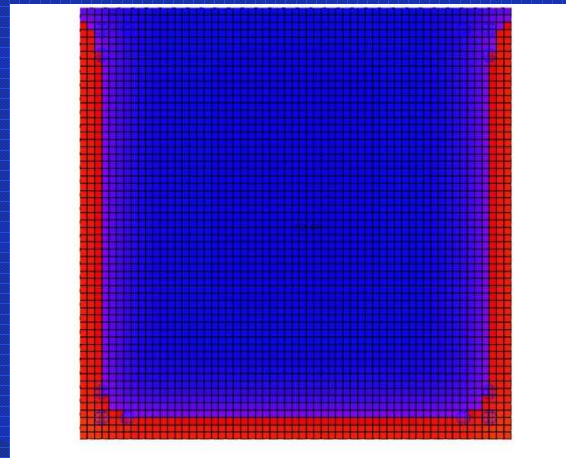
- **CALCOLO TEMPERATURA:** PASSO 15' - 30' - 45' - 60'
- **MESH (DISCRETIZZAZIONE SEZIONE):** 10 MM
- **DURATA INCENDIO:** 55 MINUTI
-
- **METODO RISOLUZIONE:**
CURVA TEMPO-TEMPERATURA INCENDIO DI TIPO REALE



VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

CALCOLO ESEGUITO CON SOFTWARE
CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

PILASTRO MAGGIORMENTE DANNEGGIATO NEL REPARTO DEPOSITO POLIURETANO



VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

CALCOLO ESEGUITO CON SOFTWARE
CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

RIFERIMENTO NORMATIVO:

- **UNI 9502** seconda edizione (maggio 2001) "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso
- UNI ENV 1991-2-2 **EUROCODICE 1** "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture -Parte 2.2: Azioni sulle strutture - Azioni sulle strutture esposte al fuoco"
- UNI ENV 1992-1-2 **EUROCODICE 2** "Progettazione delle strutture in calcestruzzo -Parte 1.2: Regole generali - Progettazione della resistenza all'incendio"

VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

CALCOLO ESEGUITO CON SOFTWARE
CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

SCOPO RELAZIONE TECNICA DI VERIFICA:

**VALUTAZIONE ANALITICA DELLA
RESISTENZA AL FUOCO, IN
MERITO ALLE CAPACITÀ
PORTANTI, DELL'ELEMENTO
STRUTTURALE IN C.A. (C.A.P.)
NELLA FATTISPECIE IL PILASTRO
MAGGIORMENTE DANNEGGIATO
NELL'INCENDIO DI
SALOTTIFICIO.**



VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

CALCOLO ESEGUITO CON SOFTWARE
CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

SCOPO RELAZIONE TECNICA DI VERIFICA:

- La valutazione della resistenza al fuoco, in accordo con quanto richiesto dalla UNI-CNVVF 9502 articolata mediante la successione dei seguenti passi:
- 1) DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE DI **TEMPERATURA** NELL'ELEMENTO STRUTTURALE AL VARIARE DEL TEMPO DI ESPOSIZIONE;
- 2) DETERMINAZIONE DELLA VARIAZIONE DELLE **PROPRIETÀ MECCANICHE** DEI MATERIALI COSTRUTTIVI AL VARIARE DELLA TEMPERATURA;
- 3) VERIFICA DELLA **CAPACITÀ PORTANTE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI COLLASSO** CON IL METODO SEMIPROBABILISTICO AGLI STATI LIMITI;

VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

CALCOLO ESEGUITO CON SOFTWARE
CPI WIN REI PRO B/4/1 DELLA DITTA B.M. SISTEMI

VERIFICA RESISTENZA AL FUOCO:

- Le azioni sull'elemento strutturale sono state determinate in funzione della UNI-CNVVF 9502, rappresentate dalla più gravosa delle condizioni:

$$F_{fi,d} = \gamma_{G,A} * G_K + \psi_{1,1} * Q_{K,1} + \sum \psi_{2,i} * Q_{K,i} + \sum A_d(t)$$

- $F_{fi,d}$ Azione di calcolo

- G_K valore caratteristico delle azioni permanenti

- $Q_{K,1}$ Valore caratteristico dell'azione variabile considerata come principale

- $Q_{K,i}$ Valore caratteristico delle altre azioni variabili

- $A_d(t)$ Valori di progetto delle azioni derivanti dall'esposizione all'incendio

- $\gamma_{G,A}$ Coefficiente parziale di sicurezza per le azioni permanenti per situazioni eccezionali (in caso di incendio è posto pari a 1)

- $\psi_{1,1}$ Coefficiente di combinazione relativo all'azione variabile considerata come principale

- $\psi_{2,i}$ Coefficiente di combinazione generico delle azioni variabili secondarie.

VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

1° STEP DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE DI TEMPERATURA CON EQUAZIONE DI FOURIER

$$\rho_c \times c_c \times \frac{\partial \vartheta_c}{\partial t} = \text{div}(\lambda_c(\vartheta_c)) \times (\text{grad}(\vartheta_c)) + W$$

la formula è stata modificata aggiungendo W dove:

| | |
|---|-------------------------------|
| $\lambda_c(\theta_c)$ = conduttività termica del conglomerato cementizio | [W/m °C] |
| $\lambda_c(\theta_c) = 1.5 - 0.26 \times (\theta_c / 120) + 0.017 (\theta_c / 120)^2$ | [W/m °C] |
| $c_c(\theta_c)$ = calore specifico | [J/Kg °C] |
| $c_c(\theta_c) = 900 + 80 (\theta_c / 120) - 4 (\theta_c / 120)^2$ | [J/Kg °C] |
| $\rho_c(\theta_c)$ = massa volumica | [Kg/m ³] |
| $\rho_c(\theta_c) = 2300$ | per $\theta_c < 100^\circ$ |
| $\rho_c(\theta_c) = 2250$ | per $\theta_c \geq 100^\circ$ |
| θ_c | [°C] |

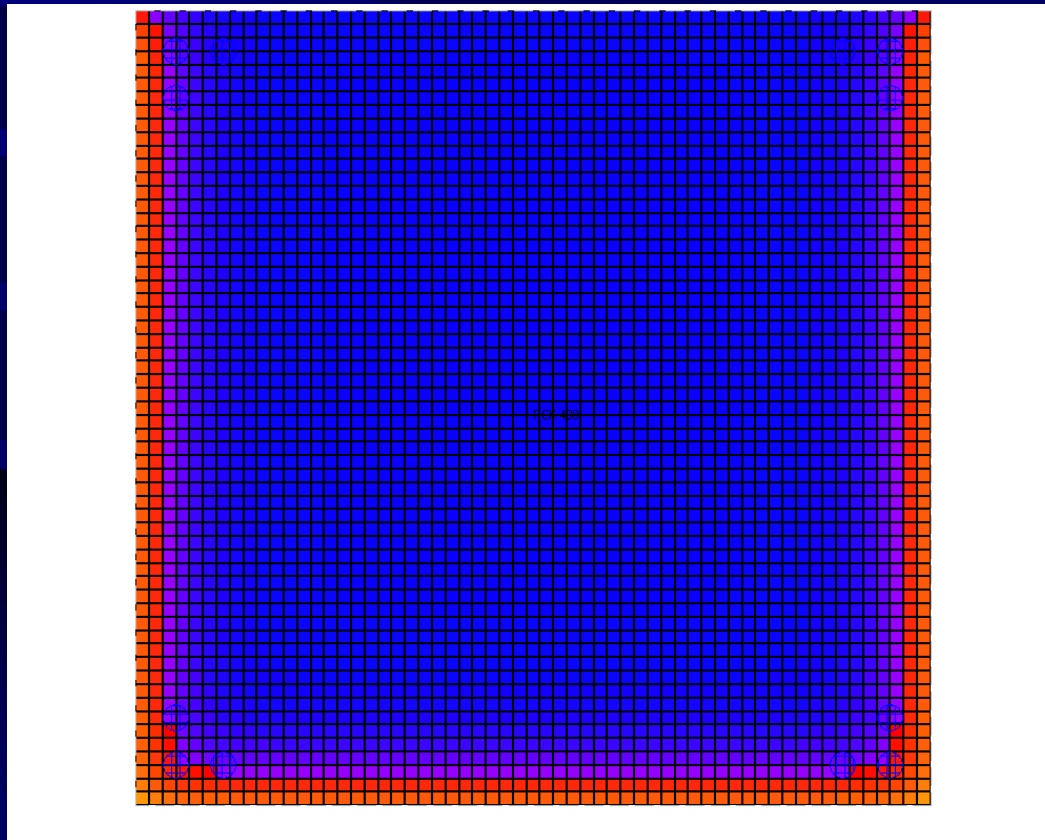
W è la potenza generata nell'unità di volume

I FATTORI CHE DETERMINANO
LA DISTRIBUZIONE DEL CALORE
ALL'INTERNO DELL'ELEMENTO
SONO:

- Geometria dell'elemento
- Esposizione al fuoco
- Proprietà fisiche del cls
- Massa volumica
- Calore specifico
- termica
- Contenuto d'acqua
- Dissipazione energia termica
- Eventuali protezioni termiche della sezione o di parte di essa

DISCRETIZZAZIONE

IL PILASTRO E' STATO SUDDIVO IN 3481 MASH
(ELEMENTI FINITI) DI DIMENSIONI 10 CM X 10 CM



IMPOSTAZIONE DEI FRONTI ADIABATICI DI FUOCO E IMPOSTAZIONE DI R 60

ESPOSTO ALL'INCENDIO SU TRE LATI DEL PILASTRO

1 Disegno

2 Fronti di fuoco

3 Sinistro Alto ?

4 Destro Basso ?

5 Impostazione manuale fronti di fuoco ?

6 Impostazione manuale fronte non esposto direttamente ?

7 Impostazione manuale fronte associato ad altro compartimento ?

8 Impostazione manuale elemento di protezione

Annulla impostazione fronti

Mostra griglia

Legenda Fronti

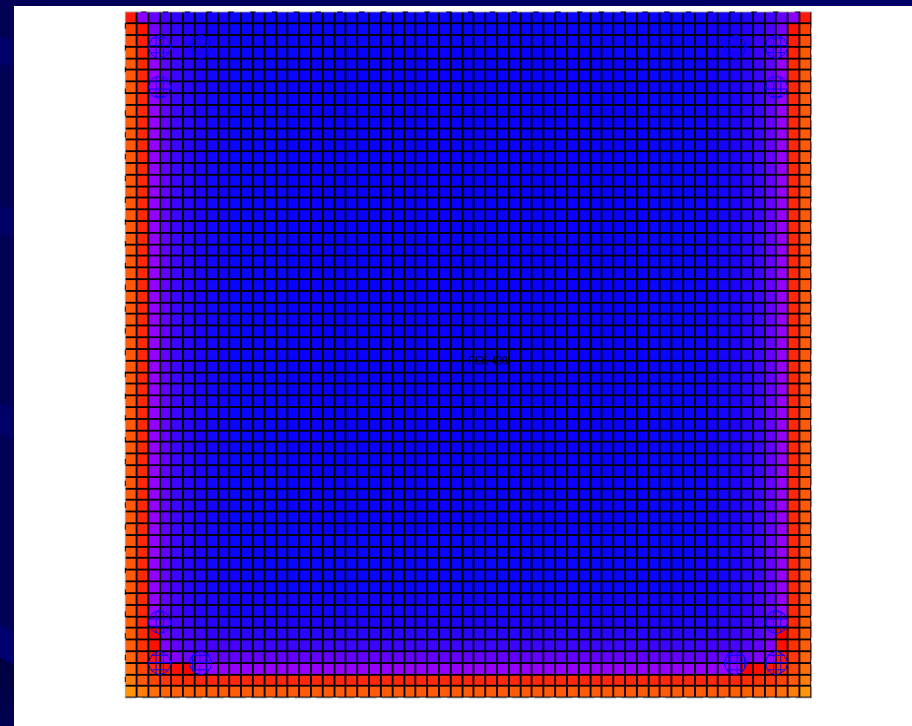
Direttamente esposto al fuoco

Non esposto direttamente al fuoco

Associato ad altro compartimento

Resistenza elemento di protezione

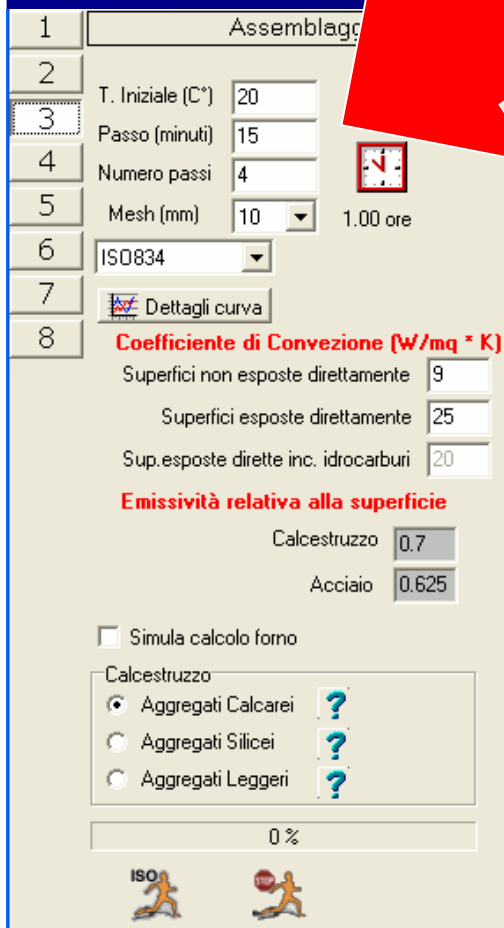
| | | | |
|----|-----|-----|-----|
| 15 | 30 | 45 | 60 |
| 90 | 120 | 180 | 240 |



IMPOSTAZIONE DEL PASSO

INTERVELLO TEMPORALE DEL CALCOLO TEMPERATURE

CALCOLATO:
15 - 30 - 45 - 60 MINUTI




1 Assemblaggio

2

3 T. Iniziale (C°) 20

4 Passo (minuti) 15

5 Numero passi 4 

6 Mesh (mm) 10 1.00 ore

7 ISO834

8 Dettagli curva

Coefficiente di Convezione (W/mq * K)

Superfici non esposte direttamente 9

Superfici esposte direttamente 25

Sup.esposte dirette inc. idrocarburi 20

Emissività relativa alla superficie

Calcestruzzo 0.7

Acciaio 0.625

Simula calcolo forno

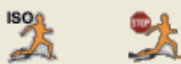
Calcestruzzo

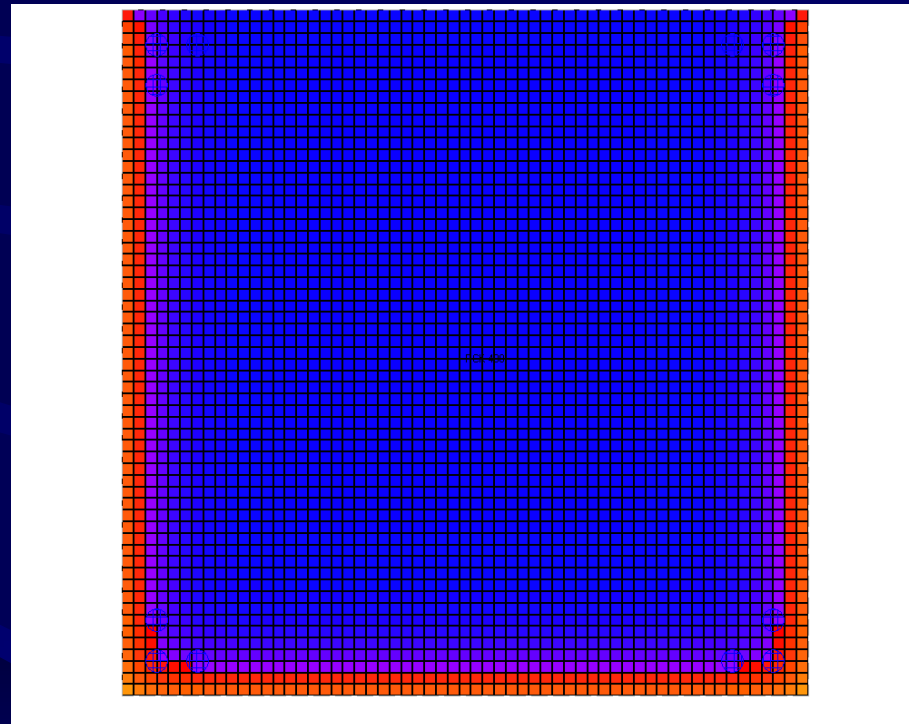
Aggregati Calcarei ?

Aggregati Silicei ?

Aggregati Leggeri ?

0 %

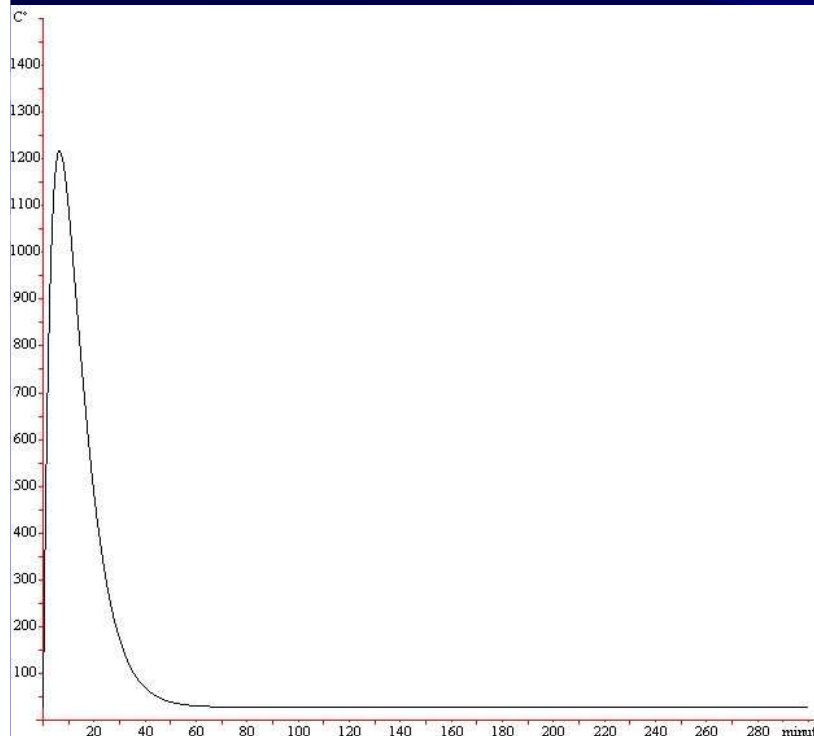
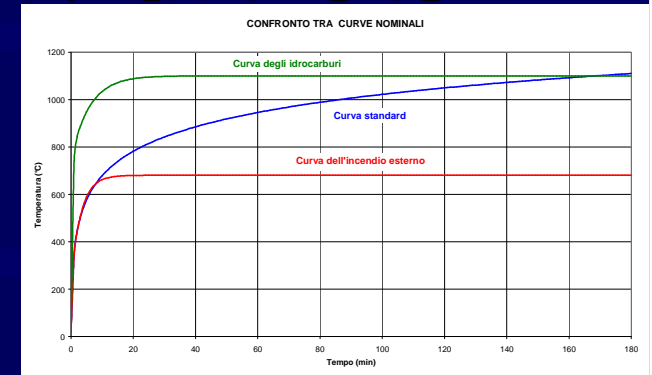
ISO 



CONSIDERANDO CLS CON
AGGREGATI CALCAREI

VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL PILASTRO CON VALUTAZIONE METODO ANALITICO

**METODO DI RISOLUZIONE:
SCELTA INCENDIO REALE CON CURVA TEMP. TEMPO REALE**



INCENDIO REALE (metodo CNR)

Questa curva è consigliata esclusivamente per verificare l'elemento strutturale in esercizio, cioè nelle condizioni reali di posa in opera e con il carico di incendio dell'edificio

Il calcolo dell'andamento della temperatura viene effettuato considerando i quantitativi di materiale combustibile presente all'interno del locale

2° STEP VERIFICA STATO DI SOLLECITAZIONE MECCANICA PER CLS ED ARMATURA

Impostazione valori caratteristiche della sollecitazione

| N. sollecitazione | N (Kg) | M (Kg m) | T (Kg) | Descrizione Sezione |
|-------------------|--------|----------|--------|----------------------------------|
| 1 | 0 | 4996 | 7255 | Sezione con Ascissa (cm): 90.00 |
| 2 | 0 | 5791 | 7183 | Sezione con Ascissa (cm): 100.00 |
| 3 | 0 | 8415 | 4811 | Sezione con Ascissa (cm): 150.00 |
| 4 | 0 | 4362 | -4800 | Sezione con Ascissa (cm): 900.00 |
| 5 | 0 | 3770 | -4872 | Sezione con Ascissa (cm): 910.00 |
| 6 | 0 | 0 | 6460 | Sezione con Ascissa (cm): 970.00 |

Armature

Dati Armature a taglio (Piegati)
 Nessun ferro piegato definito
 Intervallo di verifica in [cm] con presenza di piegati: 90

Dati Armature a taglio (Staffe)
 Angolo Staffa (g/360): 90
 Diametro Staffa (mm): 10
 Ric. staffe (cm): 3
 Passo Staffa (cm): 10
 fyk Staffa (Kg/cmq): 4400

Elenco Staffe: Staffa N. 2

Numero Bracci: 2

Coordinate Rettangolo Sezione
 X Sup. Sx: -20 X Inf. Dx: 35
 Y Sup. Sx: 70 Y Inf. Dx: 50
 X Inf. Sx: -20 X Sup. Dx: 35
 Y Inf. Sx: 50 Y Sup. Dx: 70

Azzera

Temp. staffe
 Max Media Anima

"N [KG]":

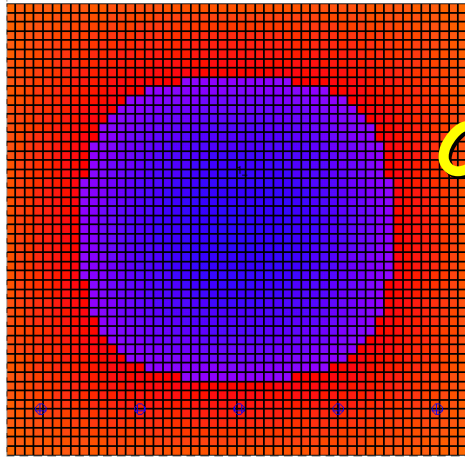
VALORE DELLO SFORZO NORMALE ESTERNO IN KG, NEGATIVO PERCHÈ DI COMPRESSIONE;

"M [KGM]":

VALORE DEL MOMENTO FLETTENTE ESTERNO IN KGM, POSITIVO SE TENDE LE FIBRE INFERIORI, NEGATIVO SE TENDE QUELLE SUPERIORI;

"T [KG]":

VALORE DEL TAGLIO IN KG, POSITIVO SE DALL'ALTO VERSO IL BASSO, NEGATIVO SE DAL BASSO VERSO L'ALTO.



CALCOLO DELLE ISOTERME

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 144 | 151 | 160 | 170 | 181 | 193 | 208 | 224 | 242 | 262 | 284 | 308 | 335 | 364 | 396 | 431 | 468 | 508 | |
| 153 | 160 | 168 | 178 | 188 | 201 | 215 | 230 | 248 | 268 | 289 | 313 | 339 | 368 | 399 | 433 | 470 | 509 | |
| 163 | 170 | 177 | 187 | 197 | 209 | 223 | 238 | 255 | 274 | 295 | 319 | 344 | 372 | 403 | 436 | 472 | 510 | |
| 174 | 181 | 188 | 197 | 207 | 219 | 232 | 247 | 264 | 282 | 302 | 325 | 350 | 377 | 407 | 439 | 474 | 512 | |
| 187 | 193 | 201 | 209 | 219 | 230 | 243 | 257 | 273 | 291 | 311 | 332 | 357 | 383 | 412 | 443 | 477 | 514 | |
| 191 | 198 | 205 | 215 | 223 | 232 | 243 | 255 | 268 | 284 | 301 | 320 | 341 | 364 | 390 | 417 | 448 | 481 | 516 |
| 191 | 198 | 205 | 215 | 223 | 232 | 243 | 255 | 268 | 284 | 301 | 320 | 341 | 364 | 390 | 417 | 448 | 481 | 516 |
| 206 | 214 | 221 | 230 | 238 | 247 | 257 | 269 | 281 | 296 | 312 | 330 | 350 | 373 | 397 | 424 | 453 | 485 | 519 |
| 235 | 242 | 248 | 255 | 263 | 273 | 284 | 296 | 310 | 325 | 342 | 361 | 382 | 405 | 431 | 459 | 489 | 522 | |
| 257 | 261 | 267 | 274 | 282 | 291 | 301 | 312 | 325 | 339 | 355 | 373 | 393 | 415 | 439 | 465 | 494 | 525 | |
| 279 | 284 | 289 | 295 | 302 | 311 | 320 | 330 | 342 | 355 | 370 | 387 | 405 | 426 | 448 | 472 | 499 | 528 | |
| 304 | 308 | 313 | 318 | 325 | 332 | 341 | 350 | 361 | 373 | 387 | 402 | 419 | 437 | 458 | 481 | 505 | 532 | |
| 331 | 335 | 339 | 344 | 350 | 356 | 364 | 373 | 382 | 393 | 405 | 419 | 434 | 451 | 469 | 490 | 512 | 537 | |
| 361 | 364 | 368 | 372 | 377 | 383 | 390 | 397 | 405 | 415 | 426 | 437 | 451 | 465 | 482 | 500 | 520 | 542 | |
| 393 | 396 | 399 | 403 | 407 | 412 | 417 | 424 | 431 | 439 | 448 | 458 | 469 | 482 | 496 | 511 | 528 | 547 | |
| 428 | 430 | 433 | 436 | 439 | 443 | 448 | 453 | 459 | 465 | 472 | 481 | 490 | 500 | 511 | 524 | 538 | 553 | |
| 466 | 468 | 470 | 472 | 474 | 477 | 481 | 485 | 489 | 494 | 499 | 505 | 512 | 520 | 528 | 538 | 548 | 560 | |
| 507 | 508 | 509 | 510 | 512 | 514 | 516 | 519 | 522 | 525 | 528 | 532 | 537 | 542 | 547 | 553 | 560 | 568 | |

“ **VISUALIZZAZIONE DELLE MESH** ” : NELLE QUALI È STATA SUDDIVISA LA SEZIONE.

“ **VISUALIZZAZIONE DELLE TEMPERATURE NELLE MESH** ”

“ **VISUALIZZAZIONE DELLE ISOTERME** ” VARIAMENTE COLORATE IN FUNZIONE DELLE TEMPERATURE.

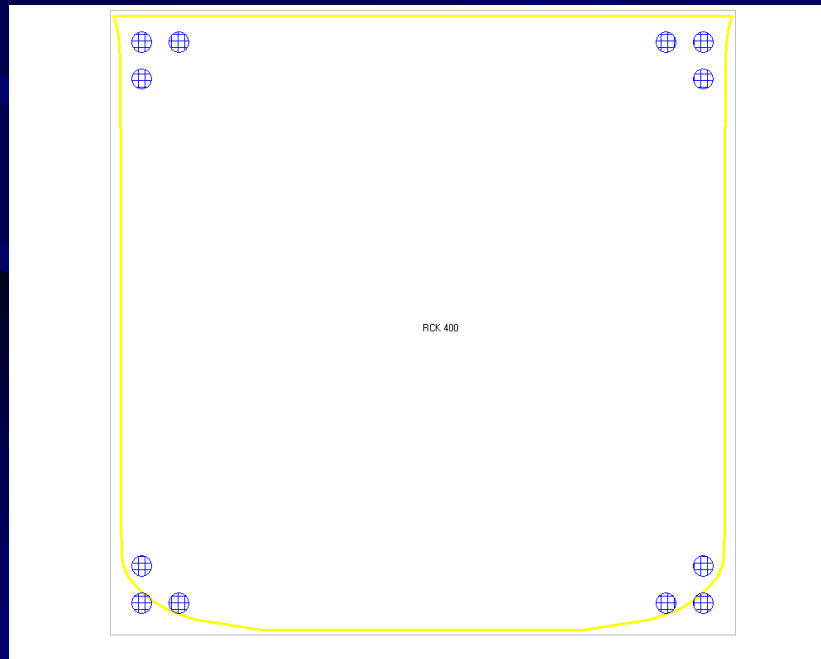
“ **VISUALIZZAZIONE DELLE ISOTERME E DELLE TEMPERATURE** COLORATE IN FUNZIONE DELLE TEMPERATURE ALL'INTERNO DELLE SINGOLE MESH.

“ **VISUALIZZAZIONE DELLE TEMPERATURE NELLE ARMATURE** AL PASSO DI CALCOLO IMPOSTATO

VISUALIZZAZIONE DELLA SEZIONE RIDOTTA

"VISUALIZZAZIONE DELLA SEZIONE RIDOTTA":

DELLA IPOTETICA SEZIONE RIDOTTA A CAUSA DELL'INCENDIO, CIOÈ DELLA SEZIONE IPOTETICA SULLA QUALE SONO EFFETTUATI I CALCOLI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU);



3° STEP - VERIFICA STATI LIMITI ULTIMI

ESAMINA IN CAMPI DI ROTTURA DELLA SEZIONE PER OGNI LIVELLO DI ARMATURA, PER LA COSTRUZIONE DEI RELATIVI DOMINI DI ROTTURA.

ANALIZZA:

"CAMPO DI ROTTURA" DELLA SEZIONE.

"DEFORMAZIONE ACCIAIO": INDICA IN % LA DEFORMAZIONE DELL'ACCIAIO A ROTTURA CON L'INDICAZIONE DEL TIPO DI ARMATURA E NEL CASO DI ARMATURA TESA È INDICATA ANCHE LA TENSIONE DI TIRO

"DEFORMAZIONE CLS": DEFORMAZIONE DEL CLS A ROTTURA CON LE AREE CALCOLATE

"AREA CLS COMPRESSO" : L'AREA TOTALE A ROTTURA DEL CLS, CONTROLLABILE ESEGUENDO LA SOMMATORIA DELLE AREE DELLE SINGOLE

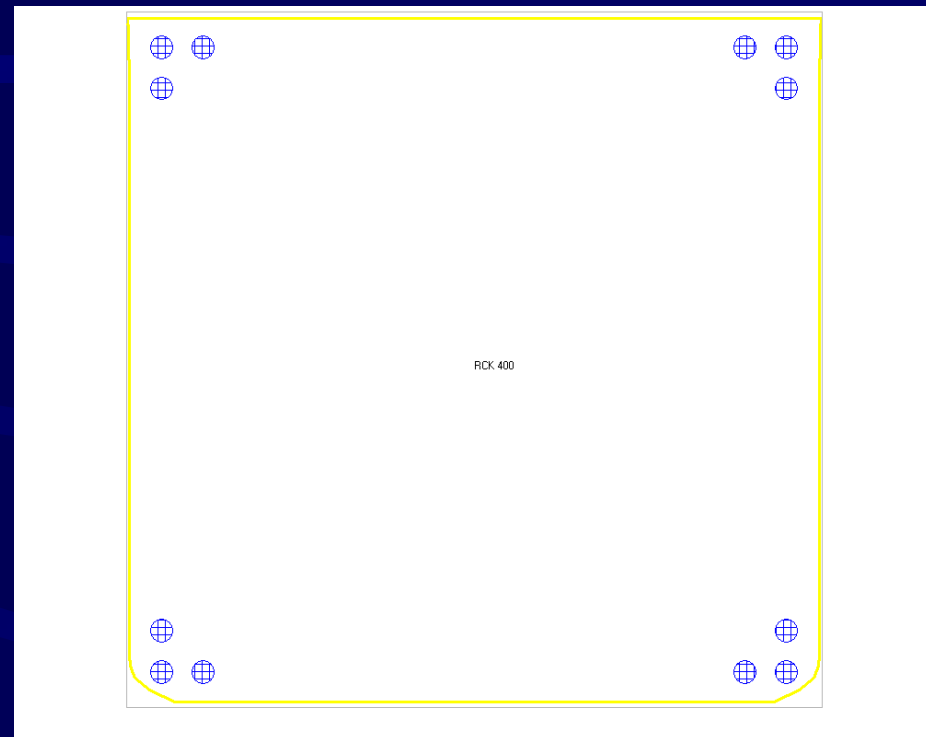
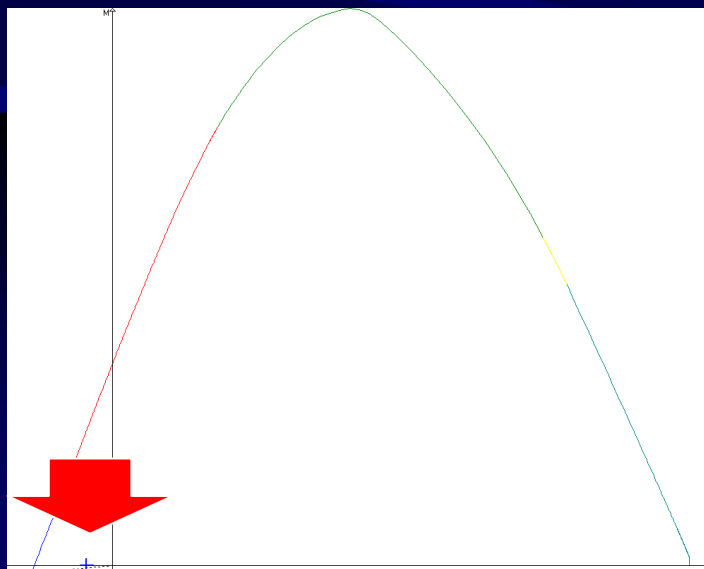
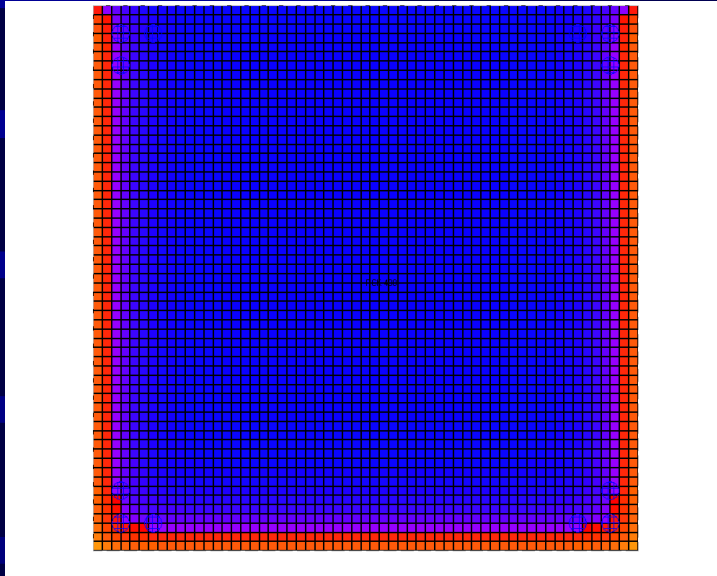
"SFORZO CLS": IN KG DELL'AREA DI CLS.

"TENSIONE ACCIAIO" : IN OGNI ARMATURA SIA LENTA CHE TESA

"SFORZO ACCIAIO": È LA SOMMATORIA DELLE TENSIONI MOLTIPLICATE⁷² PER LE AREE DELLE VARIE ARMATURE.

VERIFICHE CURVA INCENDIO REALE

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 15' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

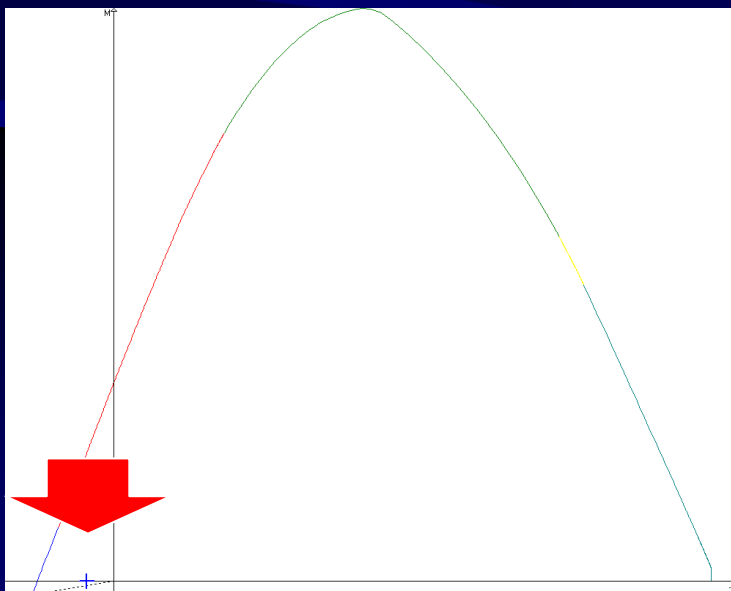
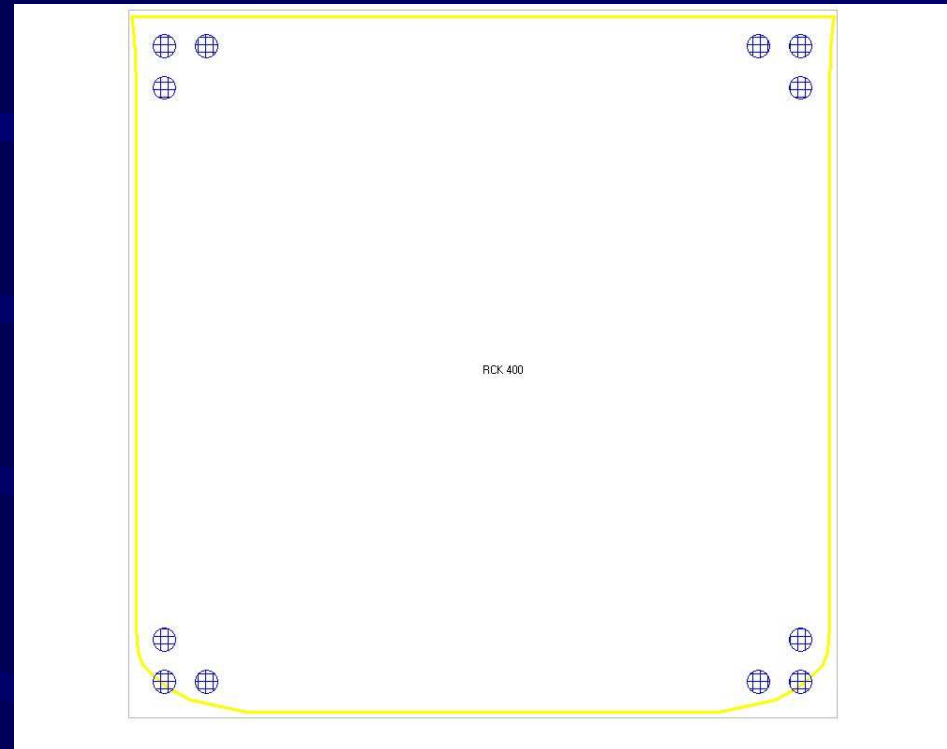
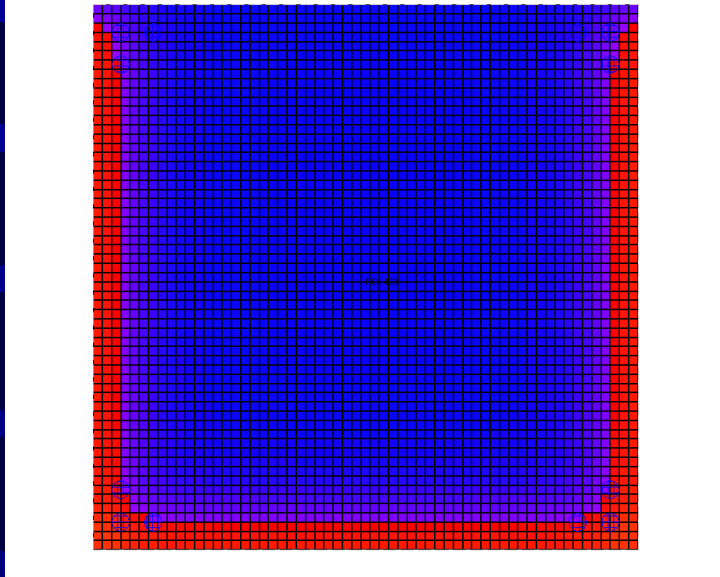
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA INCENDIO REALE

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 30' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

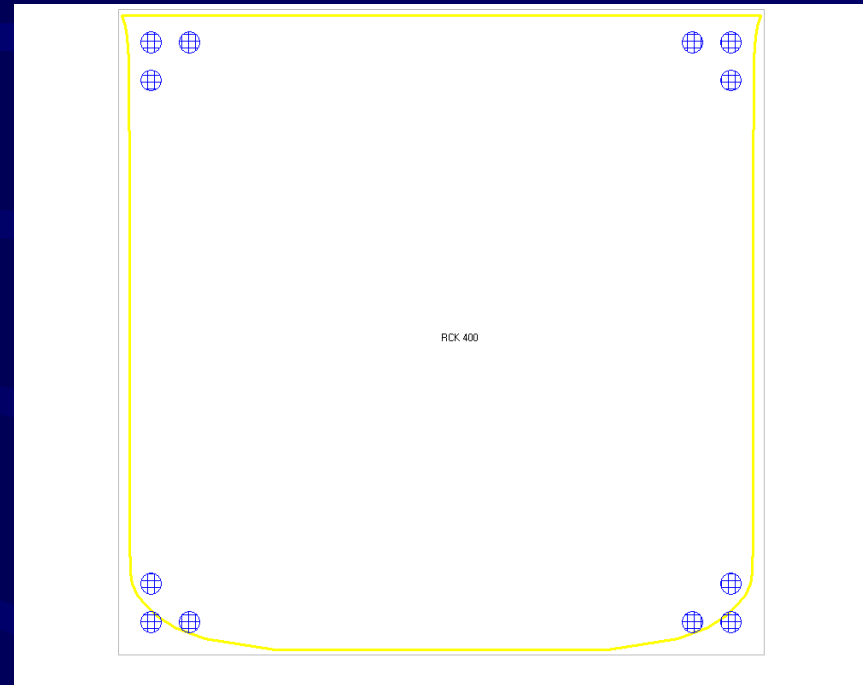
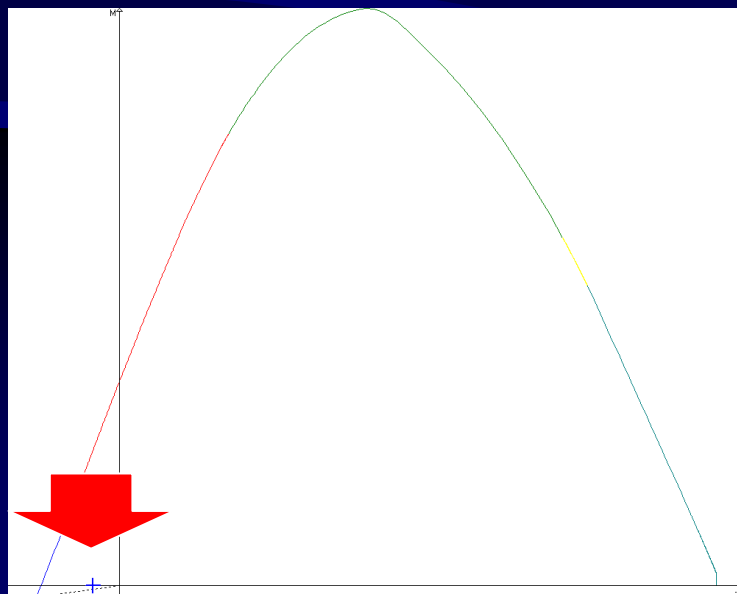
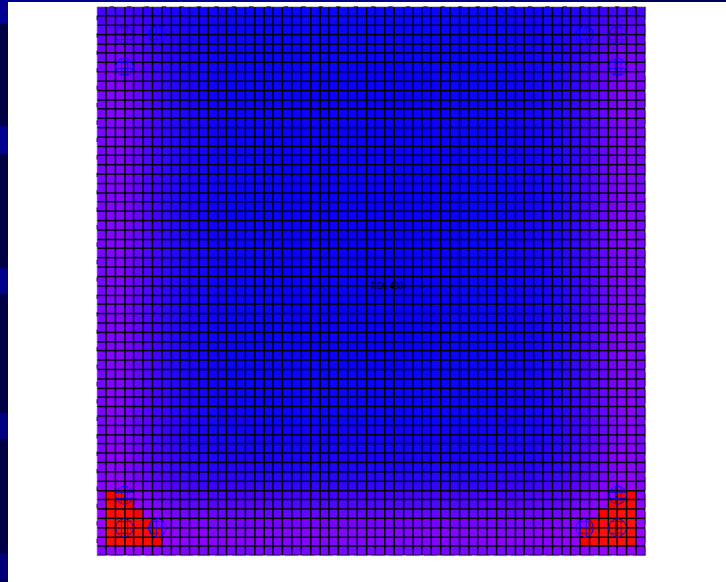
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA INCENDIO REALE

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 45' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

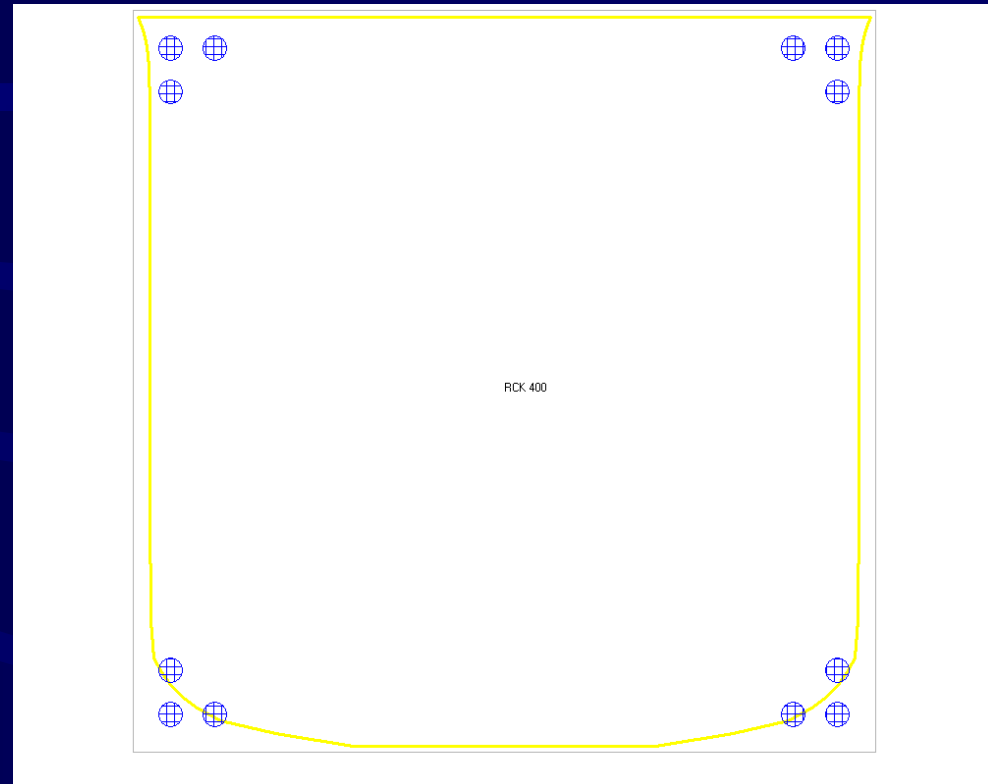
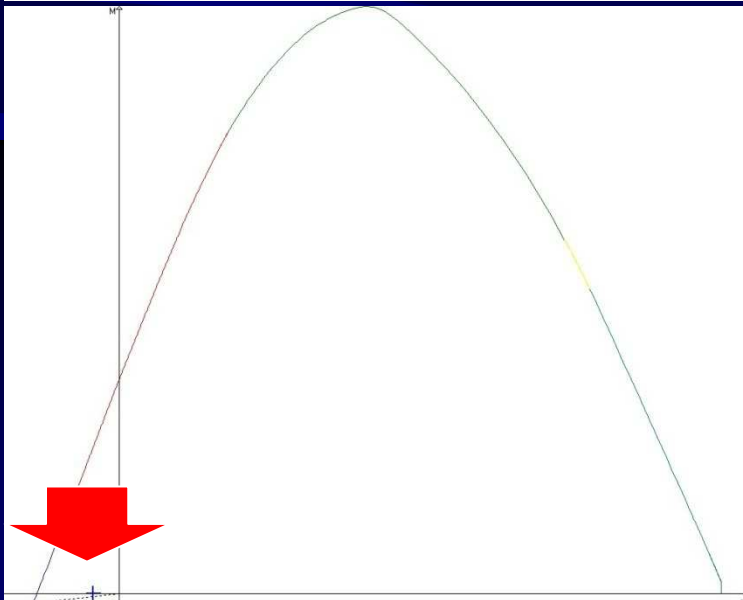
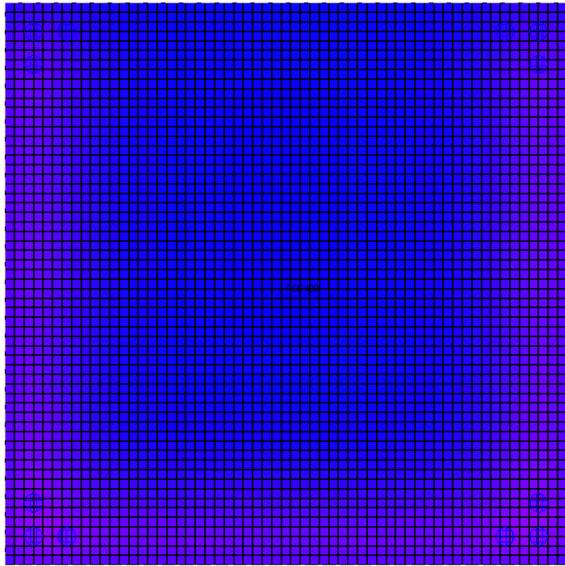
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA INCENDIO REALE

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 60' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

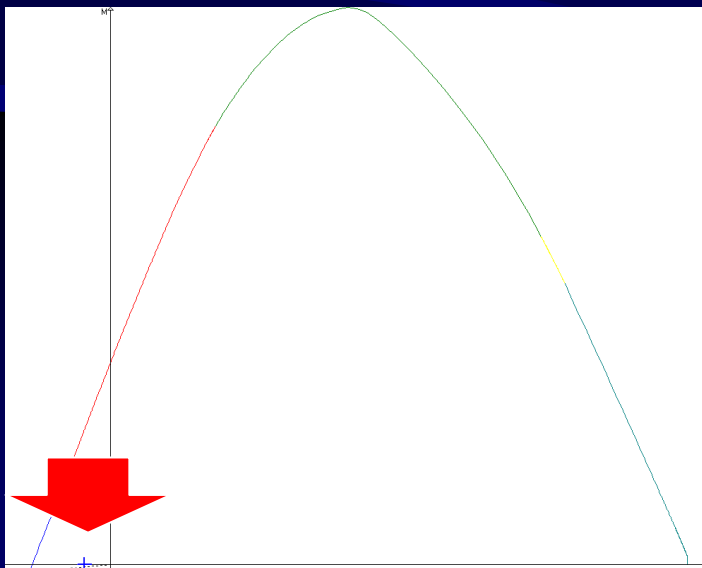
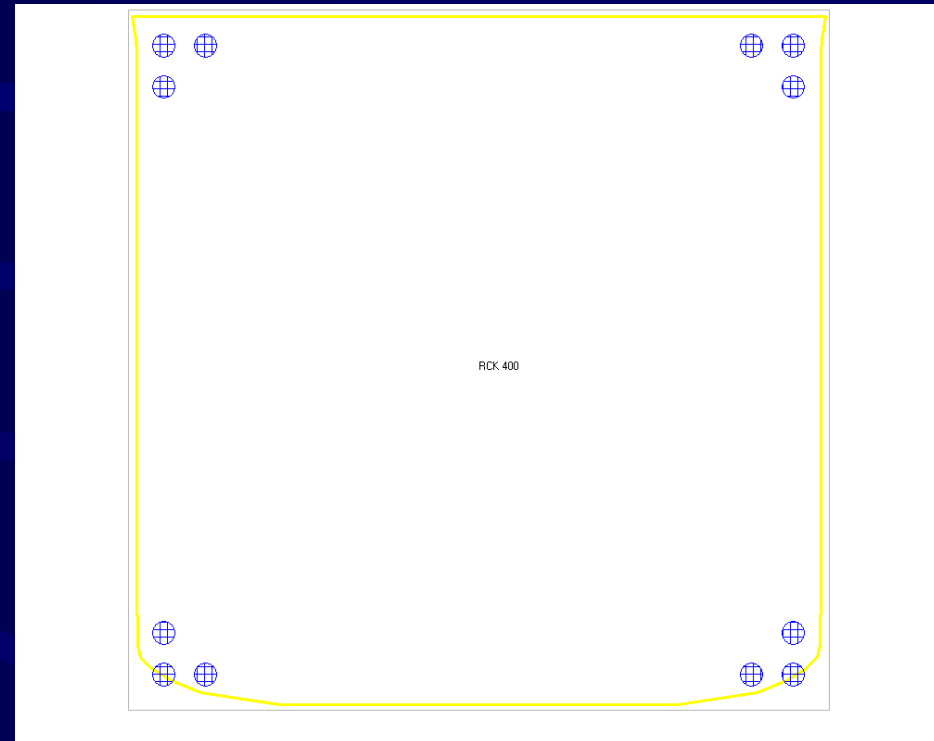
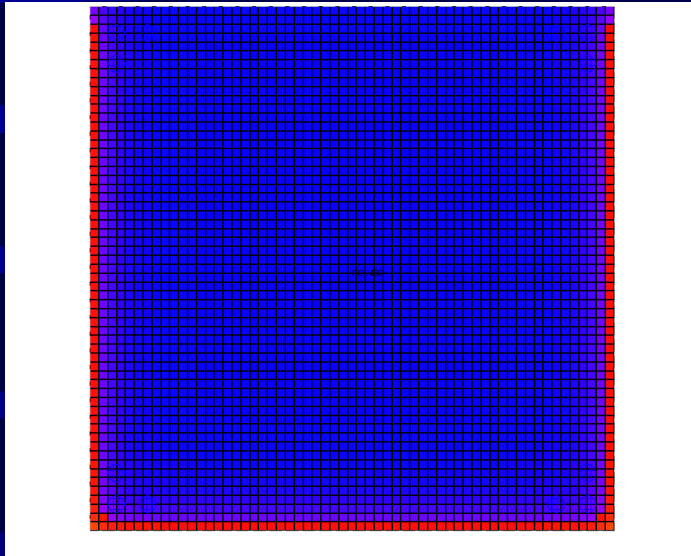
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA I STANDARD ISO 834

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 15' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

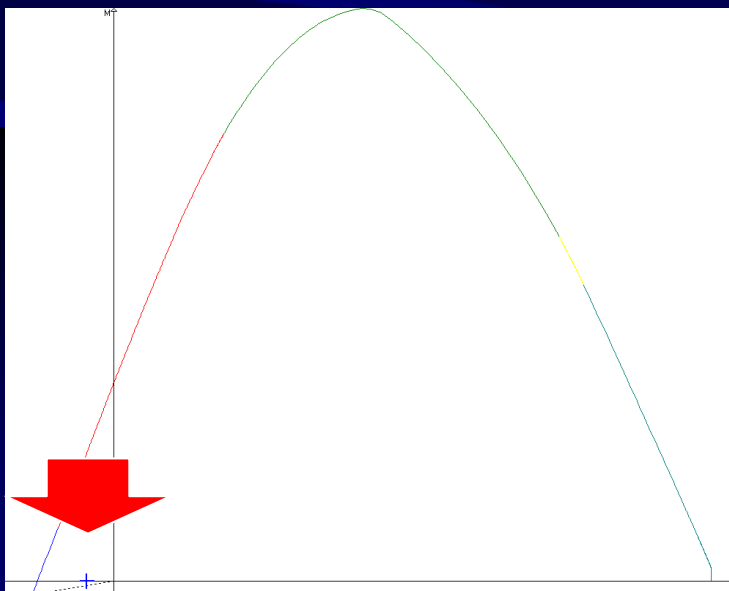
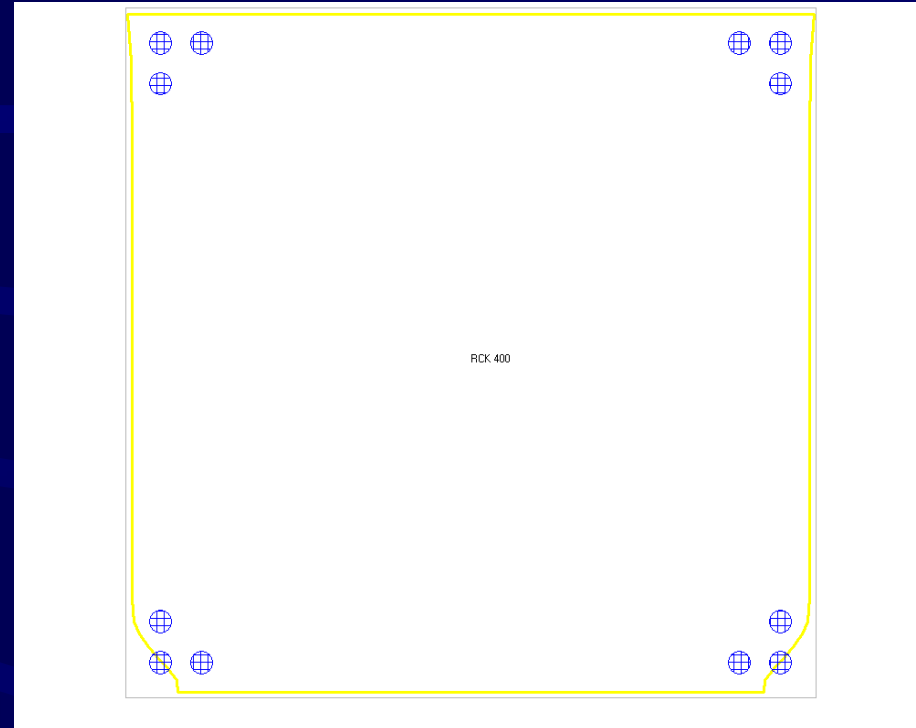
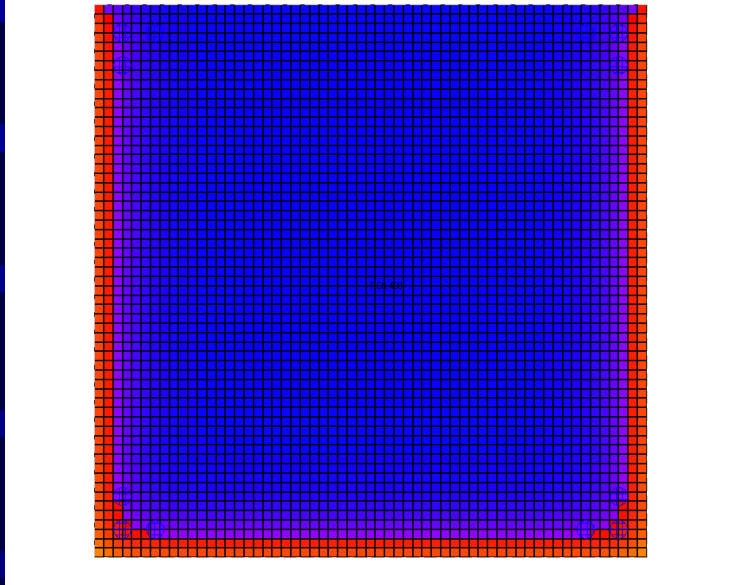
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA I STANDARD ISO 834

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 30' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

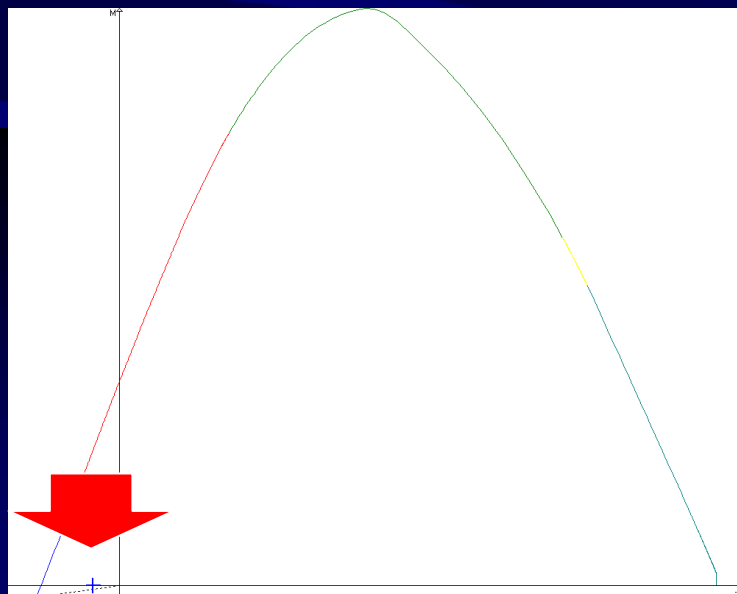
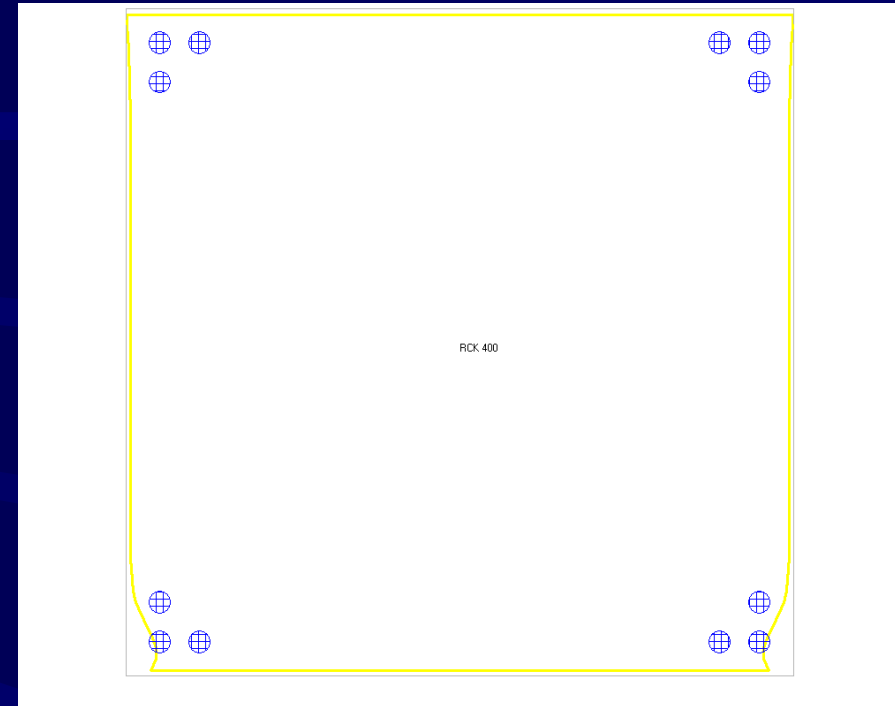
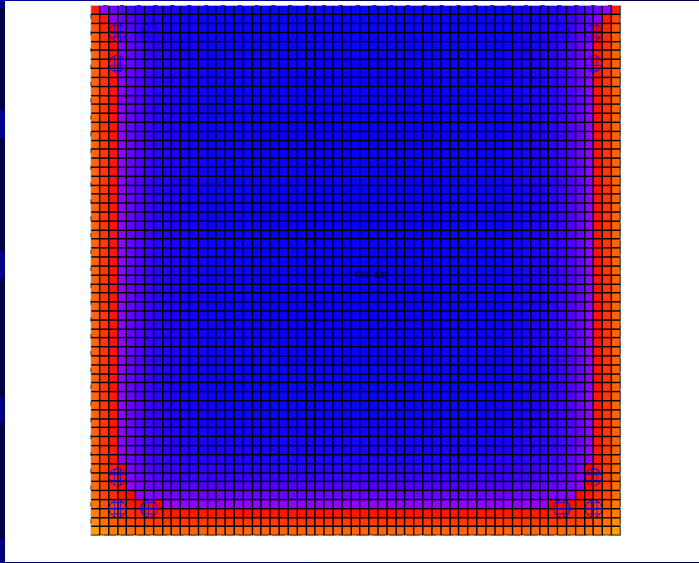
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA I STANDARD ISO 834

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 45' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

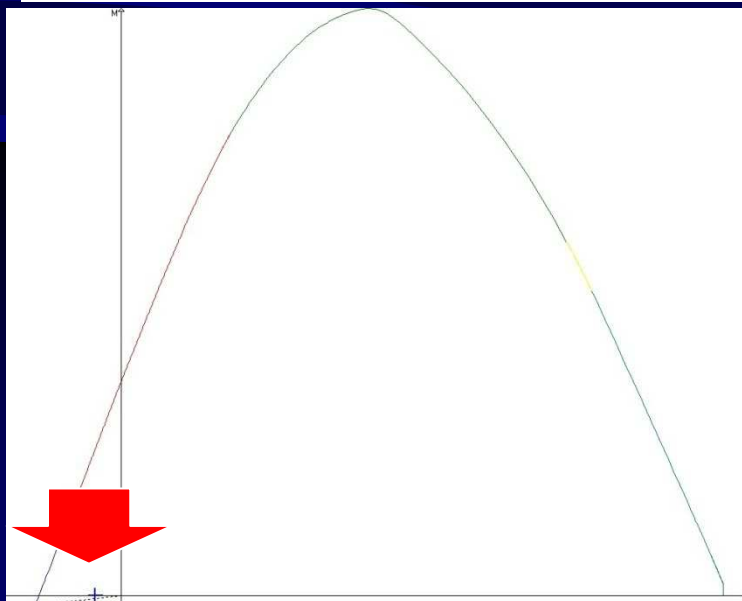
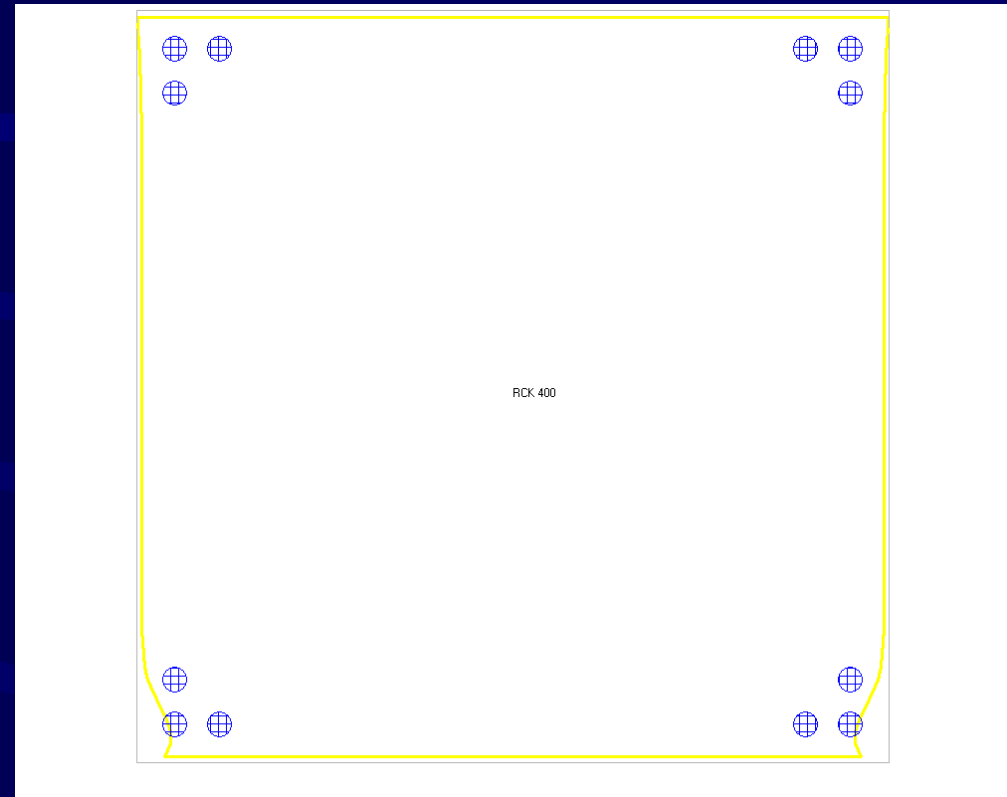
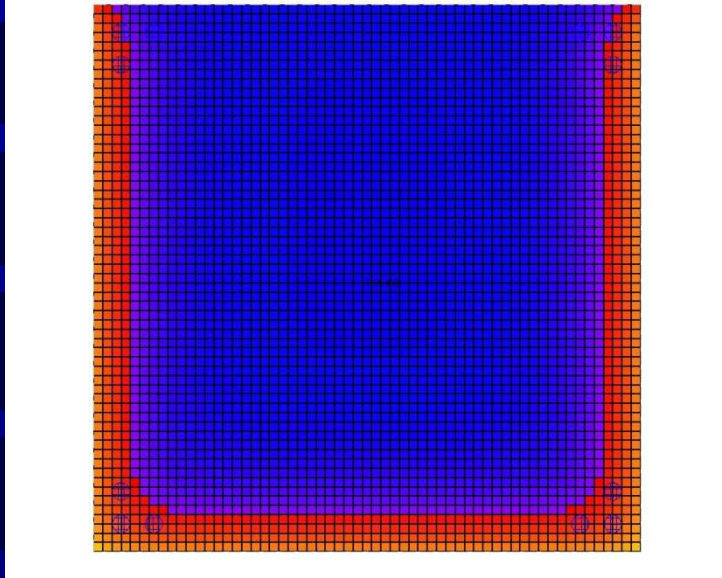
Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

Sforzo Acciaio a rottura

VERIFICHE CURVA I STANDARD ISO 834

ISOTERME - SEZIONE - CURVE AL PASSO DI 60' DI 60'



VERIFICATO (N DIVERSO DA 0)

Deformazione Acciaio teso

Deformazione calcestruzzo compresso

Tensione Acciaio a rottura

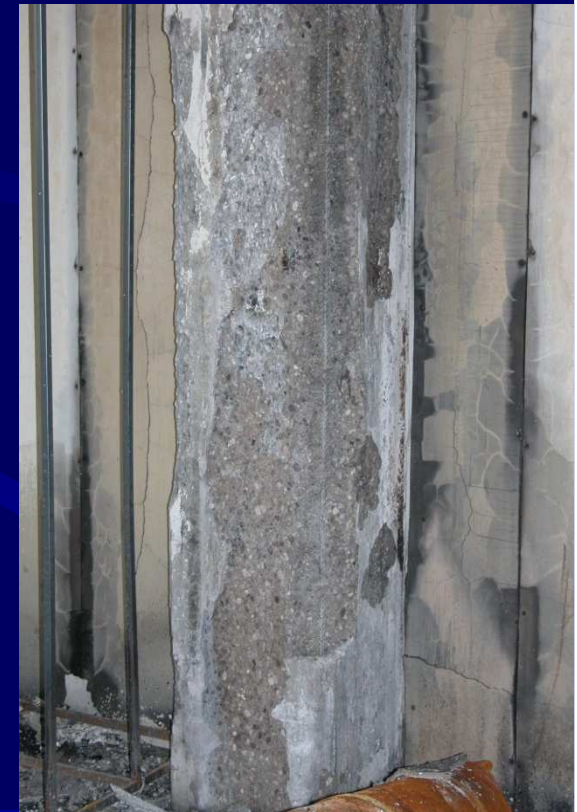
Sforzo Acciaio a rottura

LO SPALLING DEL CALCESTRUZZO

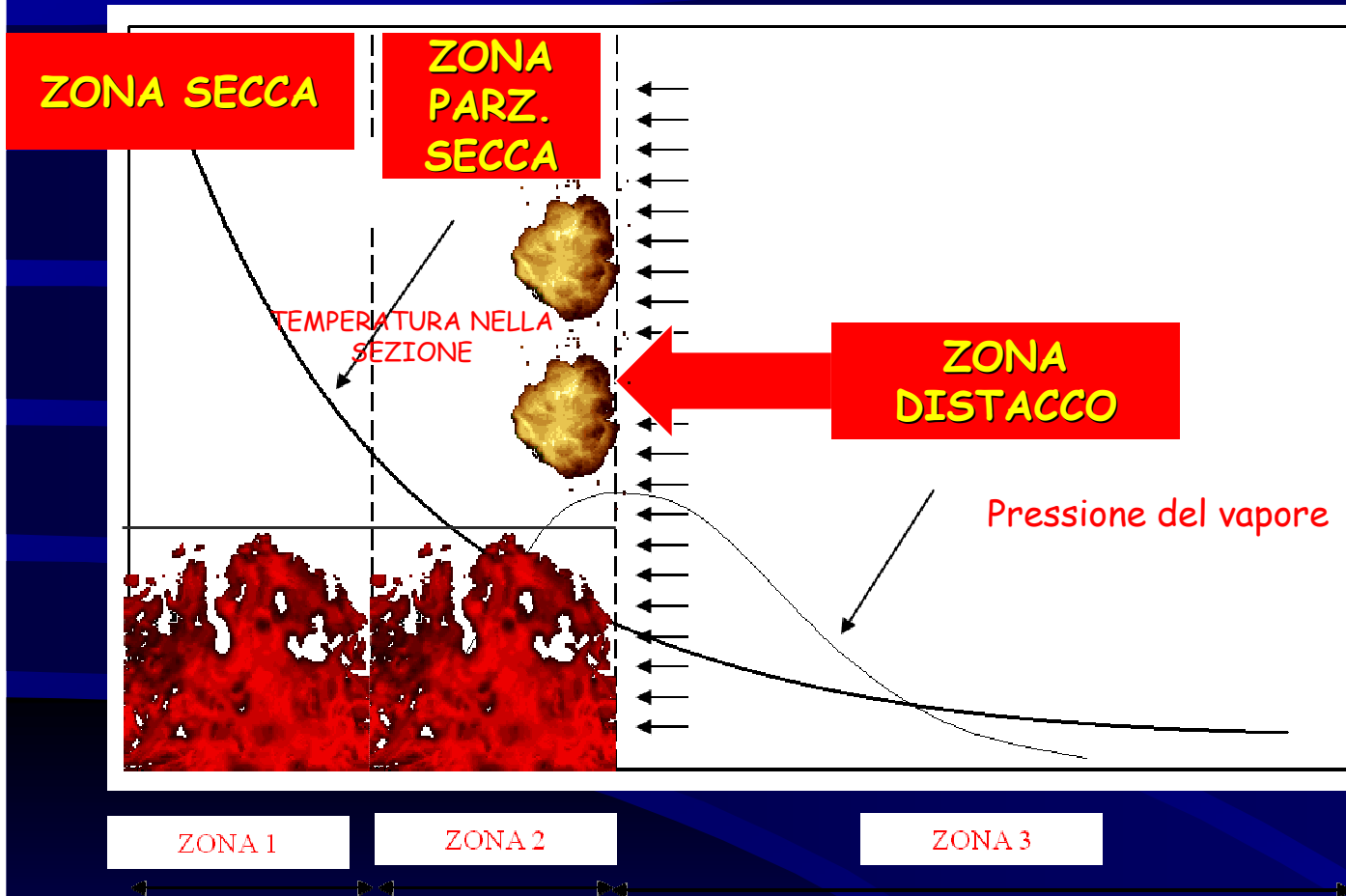
ESPULSIONE VIOLENTA DI PARTI DI CALCESTRUZZO A CAUSA DELL'INCREMENTO DI PRESSIONE DEL VAPORE ACQUEO INTRAPPOLATO NELLA MATRICE DEL MATERIALE DOVUTO ALLE ALTE TEMPERATURE.

IL FENOMENO È OSSERVABILE A PARTIRE DA TEMPERATURE NEL MATERIALE DI CIRCA 300 °C.

| | |
|--------------------|--|
| A partire da 100°C | - EVAPORAZIONE DELL'ACQUA DAI PORI GROSSI. |
| Da 150°C a 180°C | - ESPULSIONE DELL'ACQUA NON COMBINATA. - LA PASTA CEMENTIZIA SI CONTRAE E GLI INERTI SI ESPANDONO: NASCONO FORTI COAZIONI INTERNE. |
| Da 300°C a 500°C | - SI DISSOCIA L'IDROSSIDO DI CALCIO: $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$ |
| A partire da 500°C | - TRASFORMAZIONE DI FASE DEL QUARZO CON AUMENTO DI VOLUME. |
| Oltre 700°C | - TRASFORMAZIONE DELLE FASI DEGLI IDRATI DI CALCIO SILICATO. |
| Oltre 800°C | - DECARBONATAZIONE DEL CALCARE: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ |
| Da 1150°C a 1200°C | - IL CALCESTRUZZO INIZIA A FONDERE. |
| Oltre 1300°C | - IL CALCESTRUZZO È ALLO STATO LIQUIDO. |



LO SPALLING DEL CALCESTRUZZO



VERIFICA COPRIFERRO PILASTRO R'60 E CONCLUSIONI

METODO
TABELLARE
D.M 16.02.2007

4,5 CM

ANALITICO
EUROCODICE 2

3,00 CM

CONFRONTANDO IL METODO ANALITICO, IN CUI IL PILASTRO RISULTA VERIFICATO R 60' UTILIZZATO UN COPRI FERRO DI 3 CM (DALL'INTERASSE DEL FERRO), ED IL METODO TABELLARE DEL DM 16 FEBBRAIO 2007 IN CUI IL COPRIFERRO DI PROGETTO PER UN PILASTRO ANALOGO A QUELLO IN ESAME È DI 4.5 CM, SI PUÒ AFFERMARE CHE ATTRAVERSO LA PROGETTAZIONE **COL METODO ANALITICO SI PREVEDONO MINORI COSTI DA PARTE DEL COSTRUTTORE.**

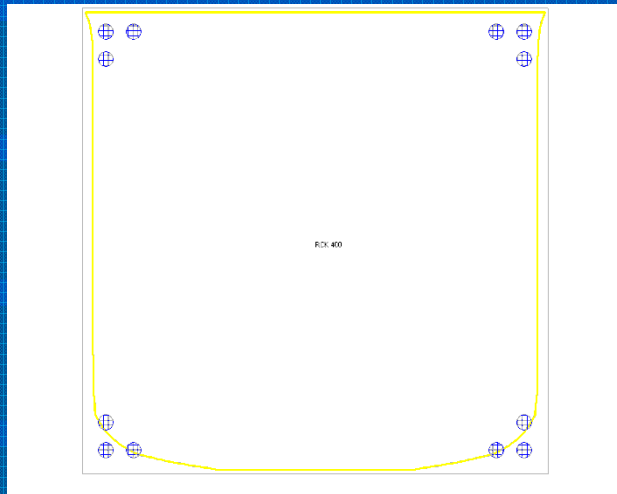
CONCLUSIONI



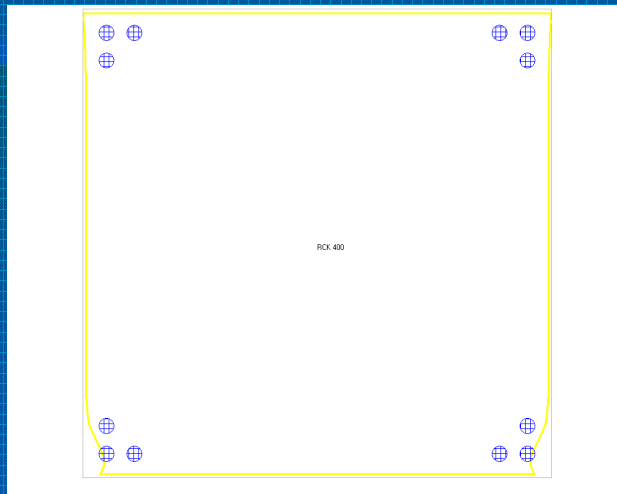
CONCLUSIONE 1

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI :

SPALLING



REALE



ISO
834

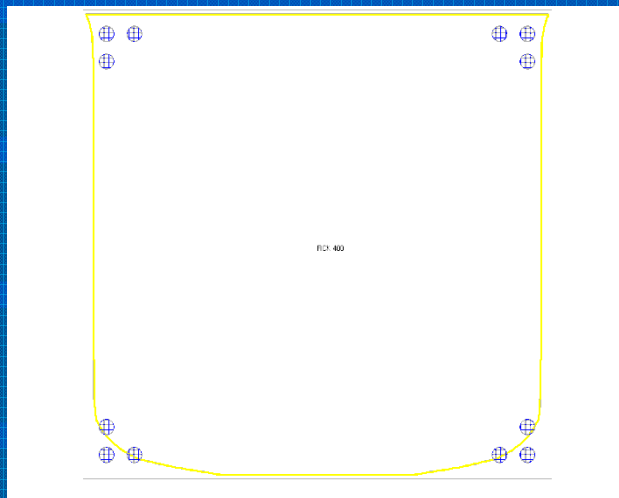
I fenomeni di spalling sono presenti in ambedue le casistiche in quanto le isoterme in corrispondenza della sezione ridotta superano le temperature critiche del calcestruzzo, quindi l'acqua in forma molecolare presente all'interno del clinker torna allo stato gassoso con una repentina espansione frantumando il copriferro dei pilastri.



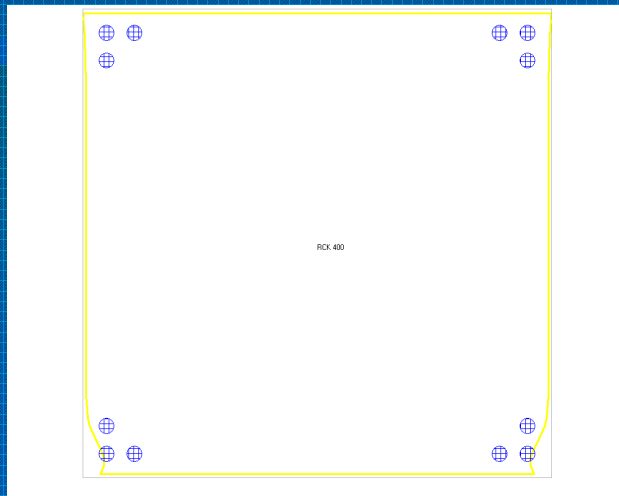
CONCLUSIONE 2

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI:

FERRI



REALE



ISO
834

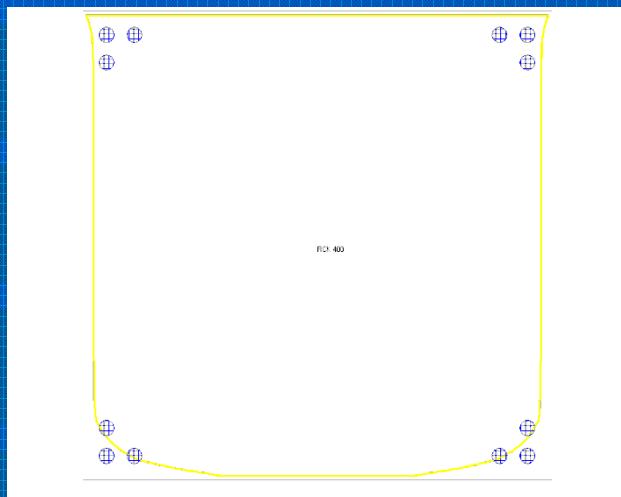
I ferri FeB44K non risultano completamente scoperti, di conseguenza l'acciaio non giunge mai alla temperatura critica di plasticizzazione conservando le sue proprietà elastiche.



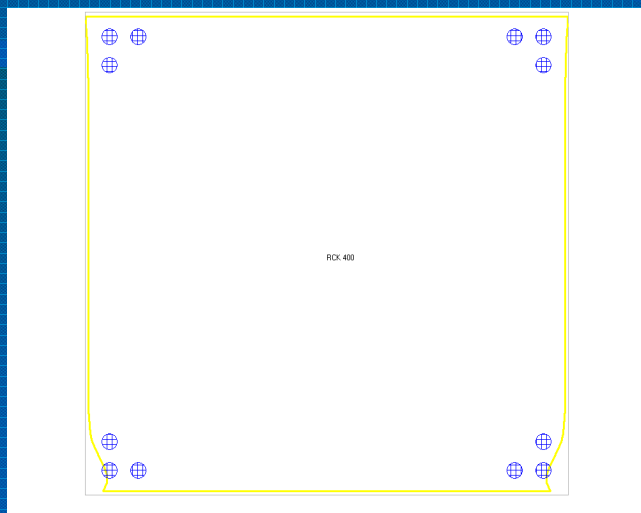
CONCLUSIONE 3

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI :

COLLASSO

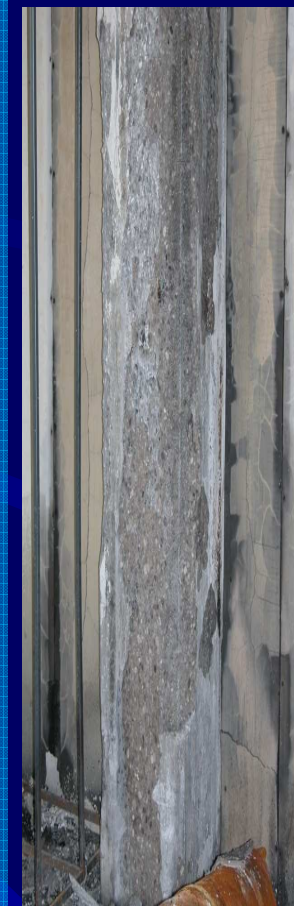


REALE



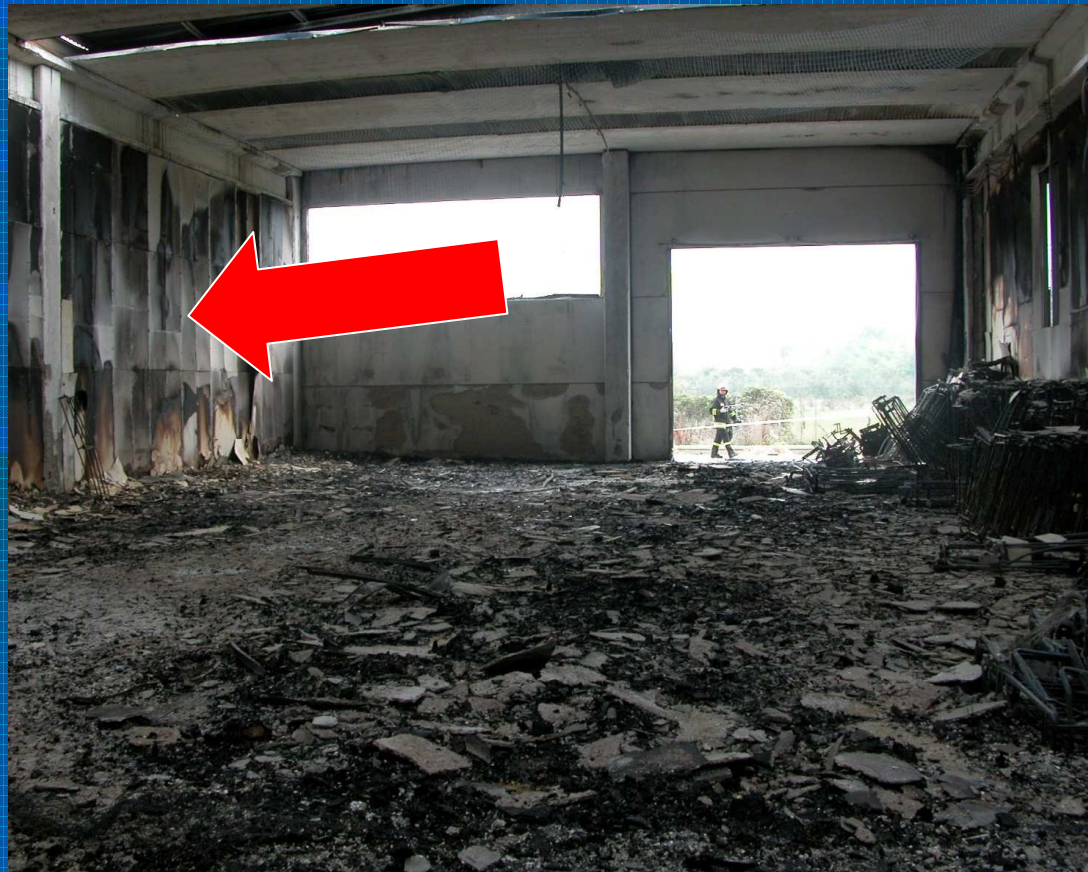
ISO
834

Globalmente la struttura non raggiunge mai il punto di collasso in quanto **conserva le caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni di progetto**



CONCLUSIONE 4

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI :

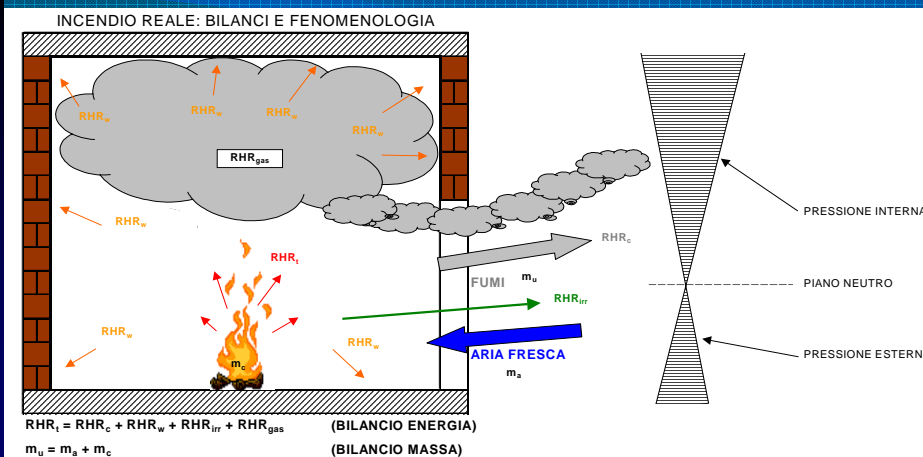
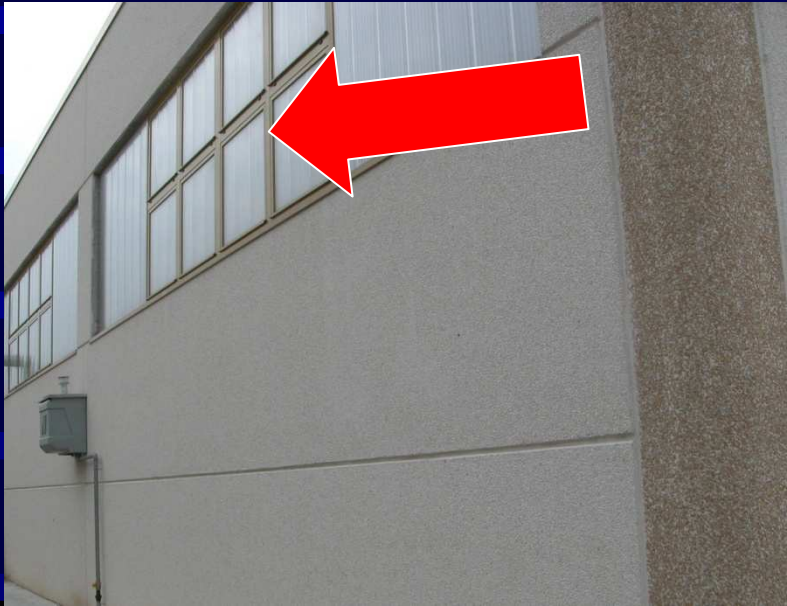


COMPARTIMENTAZIONE

La parete in cartongesso REI 120' pur sollecitata dal fuoco ha mantenuto le sue proprietà compartimentando le due zone senza far propagare l'incendio

CONCLUSIONE 5

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI :



FATTORI INCENDIO

L'incendio è stato governato dal **CARICO D'INCENDIO** per l'elevato potere calorifico del poliuretano.

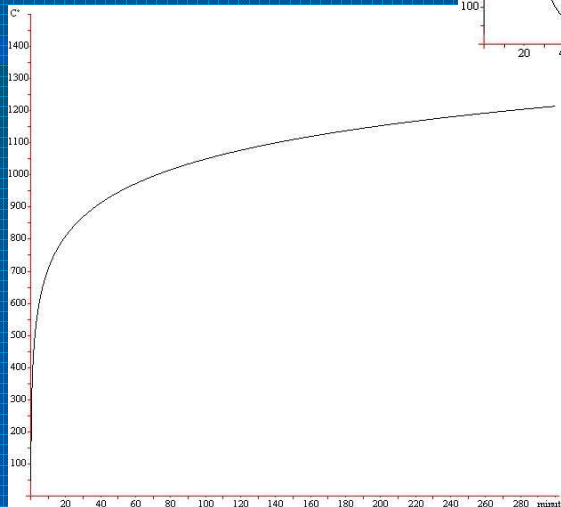
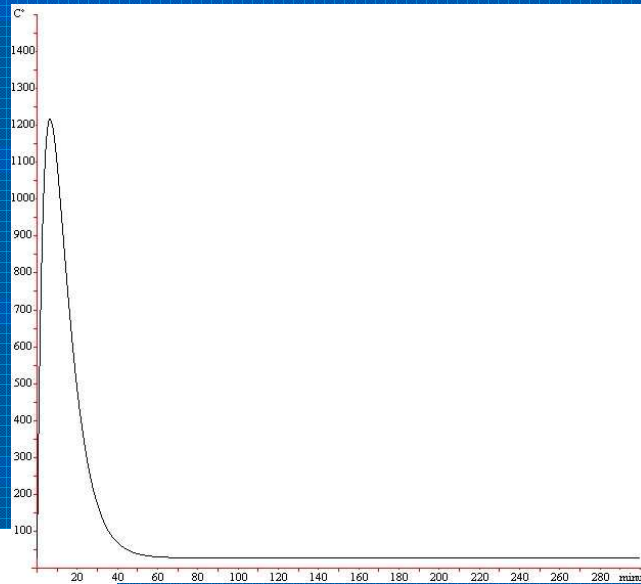
Successivamente alla fase di ignizione l'incendio è stato governato dalla **VENTILAZIONE** presenza di aperture in policarbonato di classe di reazione al fuoco 1, sia sul tetto che sulle pareti, che hanno permesso un maggiore afflusso di aria che ha portato rapidamente alla fase di flash-over (600°C).

CONCLUSIONE 6

CONFRONTANDO I CALCOLI ANALITICI CON INCENDIO REALE E CURVA STANDARD ISO 834 SI GIUNGE ALLE SEGUENTI CONCLUSIONI:

CURVA REALE:

repentino innalzamento della temperatura e della sua potenza termica (RHR) consumando in poco tempo il combustibile.



CURVA ISO834:

tipo logaritmica la temperatura cresce gradatamente con l'aumentare del tempo.

INCENDIO E CURVE

CASO INCENDIO DOLOSO:

L'accelerante ha consentito uno sviluppo più repentino delle fiamme con una rapida propagazione al materiale depositato sia per irraggiamento che per convezione dovuto alle diverse aperture dello stabile.

Ciò ha ridotto la fase di ignizione.



FINE PRESENTAZIONE

giuseppe.loberto@vigilfuoco.it