



Capitolo S.2 del Codice di Prevenzione Incendi:

La Resistenza al Fuoco

ING. DANIELE ANDRIOTTO

26.06.2020

D.M. 18.10.2019

Capitolo S.2: Resistenza al fuoco

La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la *capacità portante delle strutture* in condizioni di incendio nonché la *capacità di compartimentazione*, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli *obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi*.

Obiettivi:

- Sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone
- Tutela dei beni e
- Tutela dell'ambiente

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Il primo passaggio è conoscere la classe di resistenza al fuoco dal garantire

S.2.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

1. La tabella S.2-2 riporta i criteri *generalmente accettati* per l'attribuzione dei singoli livelli di prestazione.

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con profilo di rischio R_{ben} pari ad 1; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio: ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ◦ R_{ben} pari ad 1; • densità di affollamento $\leq 0,2$ persone/m²; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella S.2-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Livelli di prestazione

Ogni struttura deve garantire un Livello di Prestazione minimo.

Il Livello di Prestazione minimo viene stabilito tramite i:

Criteri di attribuzione.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Il primo passaggio è conoscere la classe di resistenza al fuoco dal garantire

Livelli di prestazione I

- compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione;
- adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio:
 - Rbeni pari a I;
 - Rambiente non significativo;
- non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.



DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Il primo passaggio è conoscere la classe di resistenza al fuoco dal garantire

Livelli di prestazione II

- compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;
- strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione;
- adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio:
Rvita compresi in A1, A2, A3, A4; Rbeni pari a I; Rambiente non significativo;
- densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²;
- **non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;**
- aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.



DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Il primo passaggio è conoscere la classe di resistenza al fuoco dal garantire

Livelli di prestazione III

Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.



DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Il primo passaggio è conoscere la classe di resistenza al fuoco dal garantire

Livelli di prestazione IV

- Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.



COME SI DETERMINA LA RESISTENZA AL FUOCO

S.2.10

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

1. I prodotti e gli elementi costruttivi sono classificati in base alle loro caratteristiche di resistenza al fuoco, secondo i simboli e le classi indicate nelle tabelle del presente capitolo, in conformità alle decisioni della Commissione dell'Unione europea 2000/367/CE del 3 maggio 2000, 2003/629/CE del 27 agosto 2003 e 2011/232/UE dell'11 aprile 2011. Ai contenuti di tali decisioni il presente documento aggiunge i richiami ad ulteriori norme.
2. Le prestazioni di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi possono essere determinate in base ai risultati di:
 - a. prove,
 - b. calcoli,
 - c. confronti con tabelle.
3. Le modalità per la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base ai risultati di prove di resistenza al fuoco e di tenuta al fumo sono descritte nel paragrafo S.2.13.
4. Le modalità per la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base ai risultati di calcoli sono descritte nel paragrafo S.2.14.
5. Le modalità per la classificazione di elementi costruttivi in base a confronti con tabelle sono descritte nel paragrafo S.2.15.

RAPIDO CONFRONTO

METODO TABELLARE

- + Rapido
- + Nessuna responsabilità
- Molto cautelativo (maggiori spessori)
- Molto vincolante in funzione della struttura oggetto della tabelle (dimensioni, materiale)
- Metodo non applicabile all'acciaio!!

METODO SPERIMENTALE

- + Rapido
- + Responsabilità limitata (verifica attendibilità e campo di applicazione certificato)
- + Prodotti testati in forno da laboratori autorizzati
- + Applicabile all'acciaio
- Campo di applicazione relativo al test. Limitazione per strutture miste o non standard

METODO ANALITICO

- + Flessibilità massima, applicabile a qualsiasi struttura
- + Spessori adeguati soprattutto in caso di strutture composte e studiate nel loro insieme
- Tempi di lavoro più lunghi

ESEMPIO TABELLARE

Limitazioni da **VERIFICARE** per utilizzare il metodo

S.2.15.4

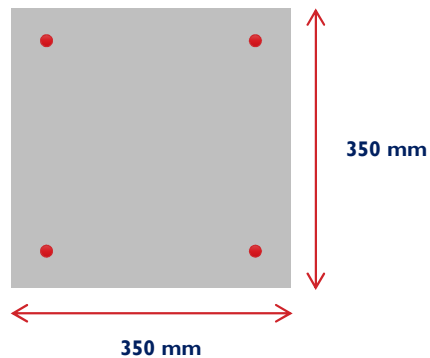
Travi, pilastri e pareti in calcestruzzo armato ordinario e precompresso

1. La tabella S.2-47 riporta i valori minimi espressi in millimetri della larghezza b della sezione, della distanza a dall'asse delle armature longitudinali alla superficie esposta e della larghezza d'anima b_w di travi con sezione con bulbo inferiore sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di travi. Per travi con sezione a larghezza variabile b è la larghezza in corrispondenza della linea media delle armature longitudinali tese.
2. La tabella S.2-48 riporta i valori minimi espressi in millimetri del lato più piccolo b di pilastri a sezione rettangolare oppure del diametro di pilastri a sezione circolare e della distanza a dall'asse delle armature longitudinali alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di pilastri esposti su uno o più lati che rispettano entrambe le seguenti limitazioni:
 - a. lunghezza effettiva del pilastro (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pilastri di piani intermedi) oppure $\leq 4,5$ m (per pilastri dell'ultimo piano o per edifici monopiano);
 - b. area complessiva di armatura $A_s \leq 0,04 A_c$ area della sezione trasversale del pilastro.
3. La tabella S.2-49 riporta i valori minimi (mm) dello spessore s e della distanza a dall'asse delle armature longitudinali alla superficie esposta sufficienti a garantire i requisiti REI o REI-M per le classi indicate di pareti portanti esposte su uno o due lati che rispettano le limitazione: altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) oppure $\leq 4,5$ m (per pareti dell'ultimo piano o per edifici monopiano).
4. La tabella S.2-50 riporta i valori minimi (mm) dello spessore s sufficiente a garantire i requisiti EI o EI-M per le classi indicate di pareti non portanti esposte su un lato che rispettano entrambe le seguenti limitazioni:
 - a. altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) oppure $\leq 4,5$ m (per pareti dell'ultimo piano o per edifici monopiano);
 - b. rapporto tra altezza di libera inflessione e spessore < 40 .

ESEMPIO TABELLARE

Colonna- R60

Sezione Pilastro in cls



Dimensioni caratteristiche:

- Lato, $B = 35 \text{ cm}$
- Distanza asse dell'armatura dall'intradosso, $a = 2 \text{ cm}$

Classe	Esposto su più lati		Esposto su un lato
30	$B = 200; a = 30$	$B = 300; a = 25$	$B = 160; a = 25$
60	$B = 250; a = 45$	$B = 350; a = 40$	$B = 160; a = 25$
90	$B = 350; a = 50$	$B = 450; a = 40$	$B = 160; a = 25$
120	$B = 350; a = 60$	$B = 450; a = 50$	$B = 180; a = 35$
180	$B = 450; a = 70$	-	$B = 230; a = 55$
240	-	-	$B = 300; a = 70$

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella S.2-45. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

Tabella S.2-48: Pilastri in cemento armato (requisito R)

ESEMPIO TABELLARE

Colonna

Prescrizione da Tab. S.2.48

B = 35 cm OK!

a = 4 cm NO!

Secondo DM, mancano 2 cm di cls, che possono essere sostituiti con 1 cm di intonaco antincendio

Con **1 cm** di intonaco antincendio l'elemento è certificabile **R 60**

ESEMPIO SPERIMENTALE

Colonna

Seguendo i certificati sperimentali dell'intonaco antincendio
(Supponiamo 500°C di temperatura critica armatura)

Tabella 2.1.2.2 Spessore necessario di PROTHERM LIGHT per R60

d (mm)	$\theta_{crit} (^{\circ}\text{C})$							
	300	350	400	450	500	550	600	650
10-14	18	11	9	9	9	9	9	9
15-19	14	9	9	9	9	9	9	9
20-24	10	9	9	9	9	9	9	9
25-29	9	9	9	9	9	9	9	9
30-34	9	9	9	9	9	9	9	
35-39	9	9	9	9	9	9		
40-44	9	9	9	9				
45-49	9	9	9					
50-54	9	9						
55-59	9	9						
60-64	9							

Con **1 cm** di intonaco antincendio l'elemento è
certificabile **R 60**

ESEMPIO SPERIMENTALE

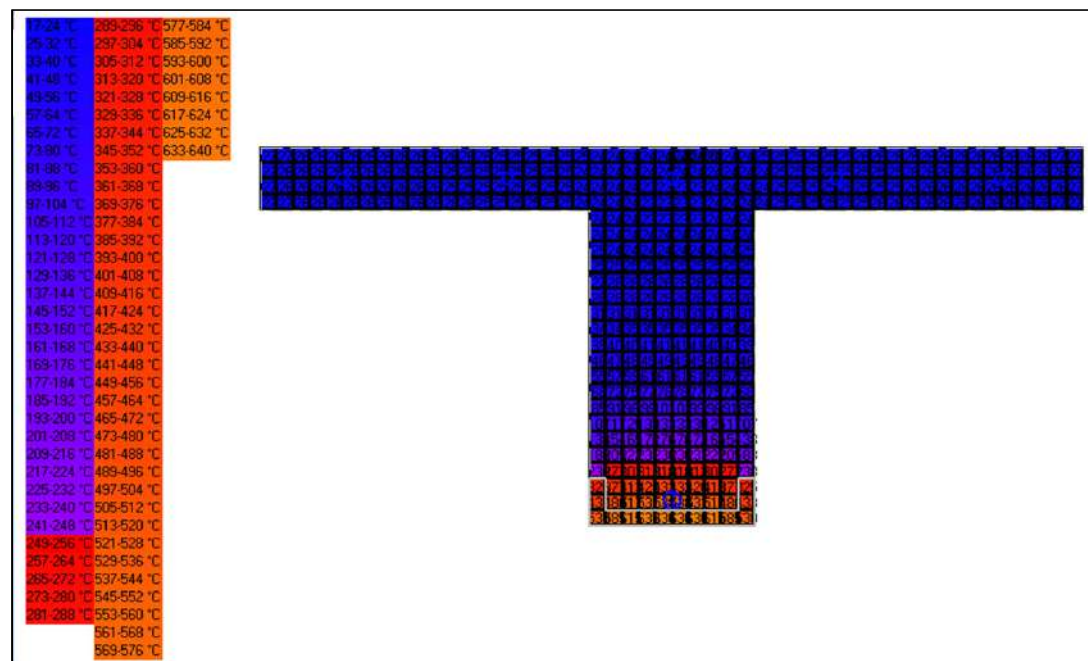
CONCLUSIONI

- Il metodo sperimentale è il medesimo per vernici intumescenti e lastre antincendio
- Lo spessore individuato con lo sperimentale è relativo al solo Intonaco antincendio che è stato preso a titolo di esempio.
- Il metodo analitico per una colonna a sezione quadrata non ha molto senso poiché non si otterrebbero risultati migliorativi

ESEMPIO ANALITICO

Analisi termica

Si precisa che l'analisi deve essere condotta tenendo conto che le proprietà termiche e fisiche (Calore specifico, Conduttività termica, Massa volumica, Dilatazione termica) variano in funzione della temperatura raggiunta e trascurarne gli effetti causa errori non trascurabili.



ESEMPIO ANALITICO

Combinazione dei carichi

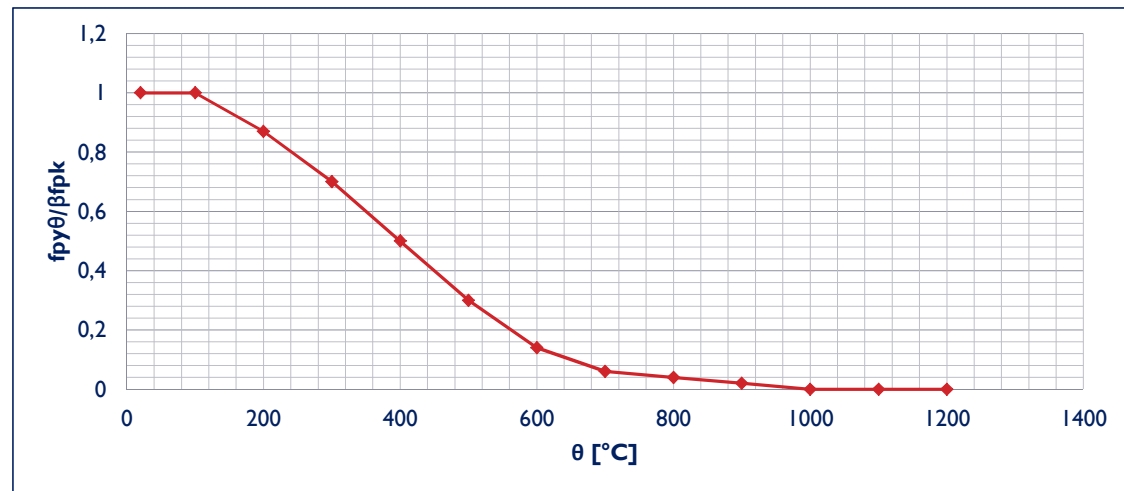
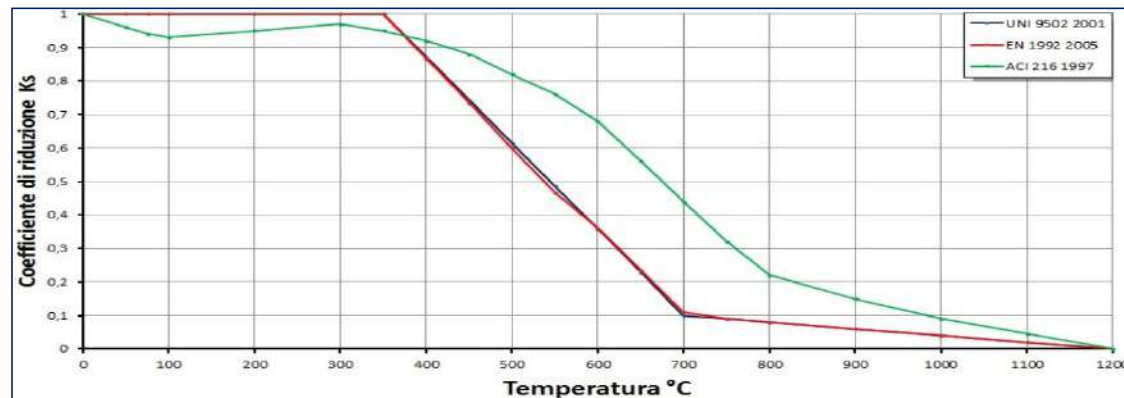
Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali eseguire la verifica della resistenza al fuoco, sono determinate in funzione delle richieste del D.M. 17.01.2018

Verifica di Resistenza al fuoco

Una volta definite le temperature raggiunte dalla sezione in c.a. e dalla armature, è possibile individuarne sia il tasso di degrado e procedere con la verifica di resistenza al fuoco.

ESEMPIO ANALITICO

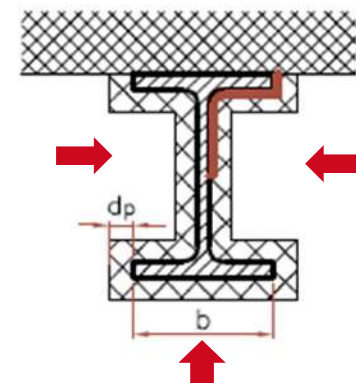
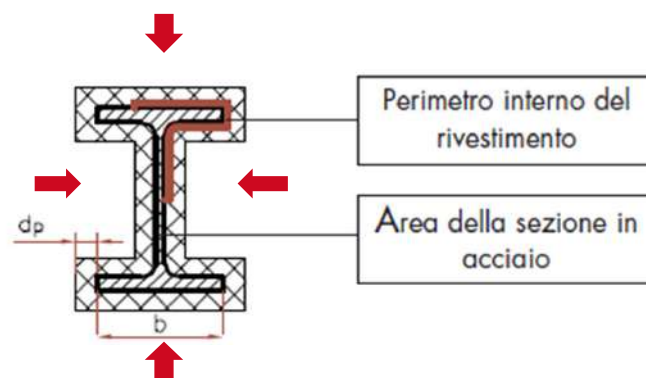
Degrado materiale
Ciascun materiale
degrada in
maniera
propria



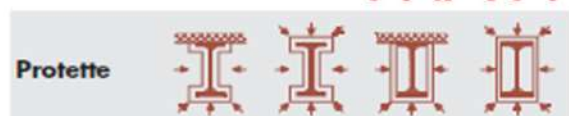
ESEMPIO SPERIMENTALE

PROFILO ACCIAIO IPE 300

Fattore di SEZIONE: A_p/V [m-I] corrisponde al rapporto tra la superficie del profilo esposta al flusso di calore e il volume dell'elemento per unità di lunghezza. (per i profili a sezione costante il fattore di sezione corrisponde al rapporto tra il perimetro della sezione trasversale esposto e l'area della stessa).



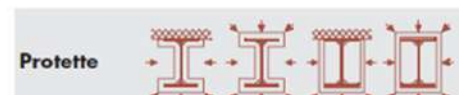
ESEMPIO SPERIMENTALE



IPE

IPE 80 A	437	509	317	389
IPE 80	369	429	270	330
IPE A 100	389	452	286	349
IPE 100	334	387	247	300
IPE A 120	370	428	271	329
IPE 120	311	360	230	279
IPE A 140	354	409	260	314
IPE 140	291	335	215	259
IPE A 160	332	382	245	295
IPE 160	269	310	200	241
IPE A 180	308	354	227	274
IPE 180	253	291	188	226
IPE O 180	226	260	168	202
IPE A 200	283	326	210	253
IPE 200	235	270	176	211
IPE O 200	212	244	158	190

IPE 300	188	216	139	167
IPE O 300	163	187	121	145
IPE A 330	199	228	149	178
IPE 330	175	200	131	157
IPE O 330	152	175	114	137
IPE A 360	185	211	138	165



HE

HE 100 AA	290	355	181	245
HE 100 A	217	264	138	185
HE 100 B	180	218	115	154
HE 100 M	96	116	65	85
HE 120 AA	296	361	182	247
HE 120 A	220	267	137	185
HE 120 B	167	202	106	141
HE 120 M	92	111	61	80
HE 140 AA	281	342	172	233
HE 140 A	208	253	129	174
HE 140 B	155	187	98	130
HE 140 M	88	106	58	76
HE 160 AA	244	297	150	203
HE 160 A	192	234	120	161
HE 160 B	140	169	88	118
HE 160 M	83	100	54	71
HE 180 AA	229	279	141	190
HE 180 A	187	226	115	155
HE 180 B	131	159	83	110
HE 180 M	80	96	52	68
HE 200 AA	211	256	130	175
HE 200 A	174	211	108	145
HE 200 B	122	147	77	102
HE 200 M	76	92	49	65
HE 220 AA	200	242	122	165
HE 220 A	161	195	99	134

ESEMPIO SPERIMENTALE

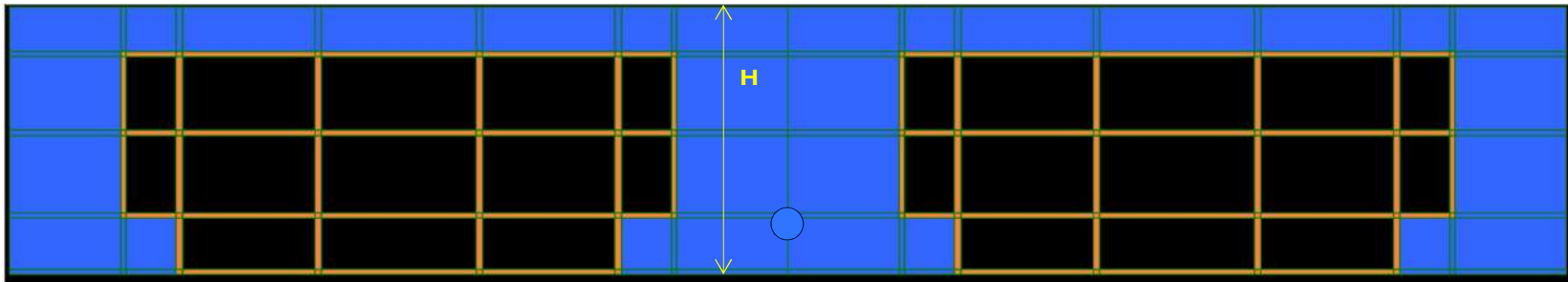
Fattore di SEZIONE: 175 [m⁻¹]

TEMPERATURA CRITICA: 550°C

Classificazione di resistenza al fuoco R60						
Temperatura di progetto (°C)	350	400	450	500	550	600
Fattore di sezione m-1	Spessore del materiale antincendio per mantenere la temperatura al di sotto della temperatura di progetto					
170	19	17	15	12	10	10
175	20	18	15	13	10	10
180	20	18	16	14	11	10
185	21	19	16	14	12	10
190	21	19	17	15	12	10
195	21	20	17	16	13	11
200	22	20	18	16	14	12
205	22	20	19	17	15	13

CONFRONTO TABELLARE vs ANALITICO

SOLAIO ALLEGGERITO



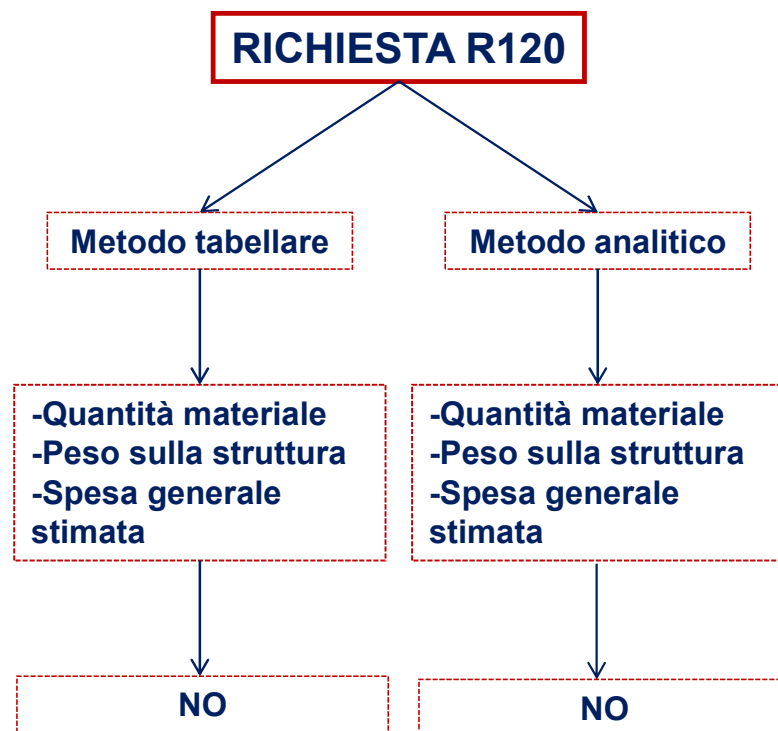
Solaio a travetti in cls, con alleggerimento in laterizio

Dimensioni caratteristiche:

- Altezza Solaio, $H = 24$ cm
- Distanza asse dell'armatura dall'intradosso, $a = 1$ cm

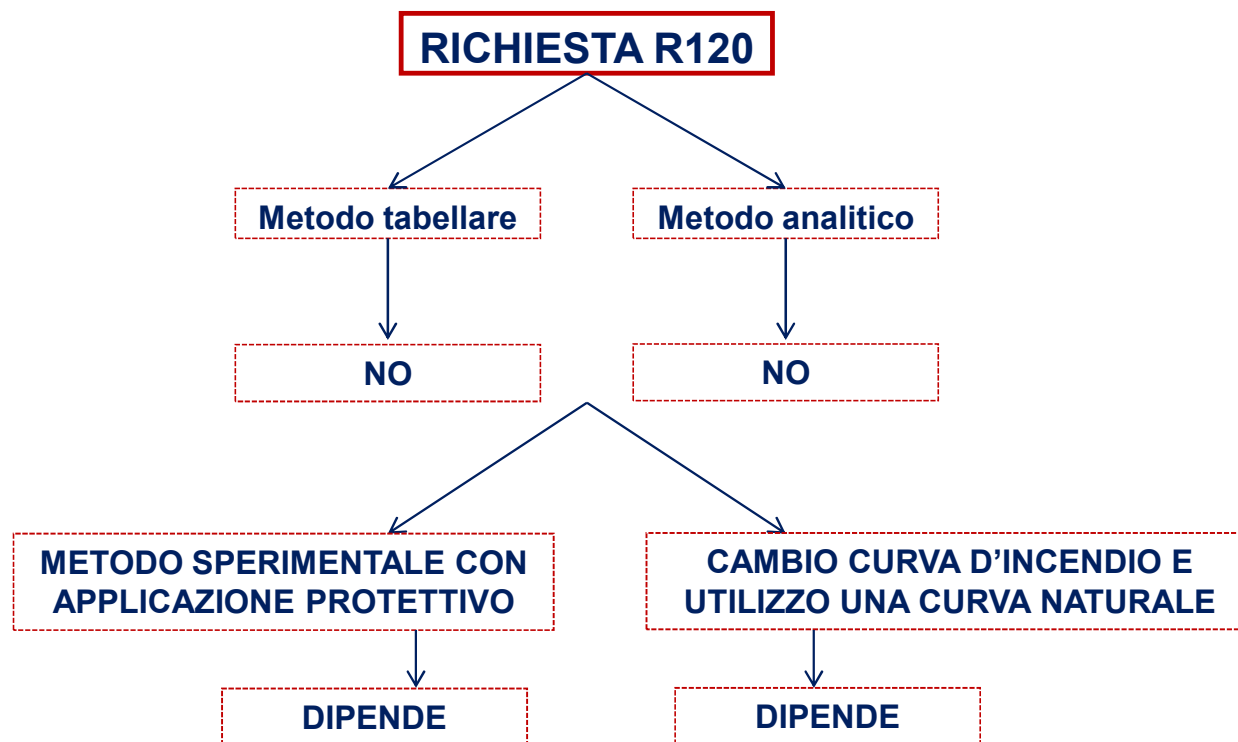
CONFRONTO TABELLARE vs ANALITICO

SOLAIO ALLEGGERITO



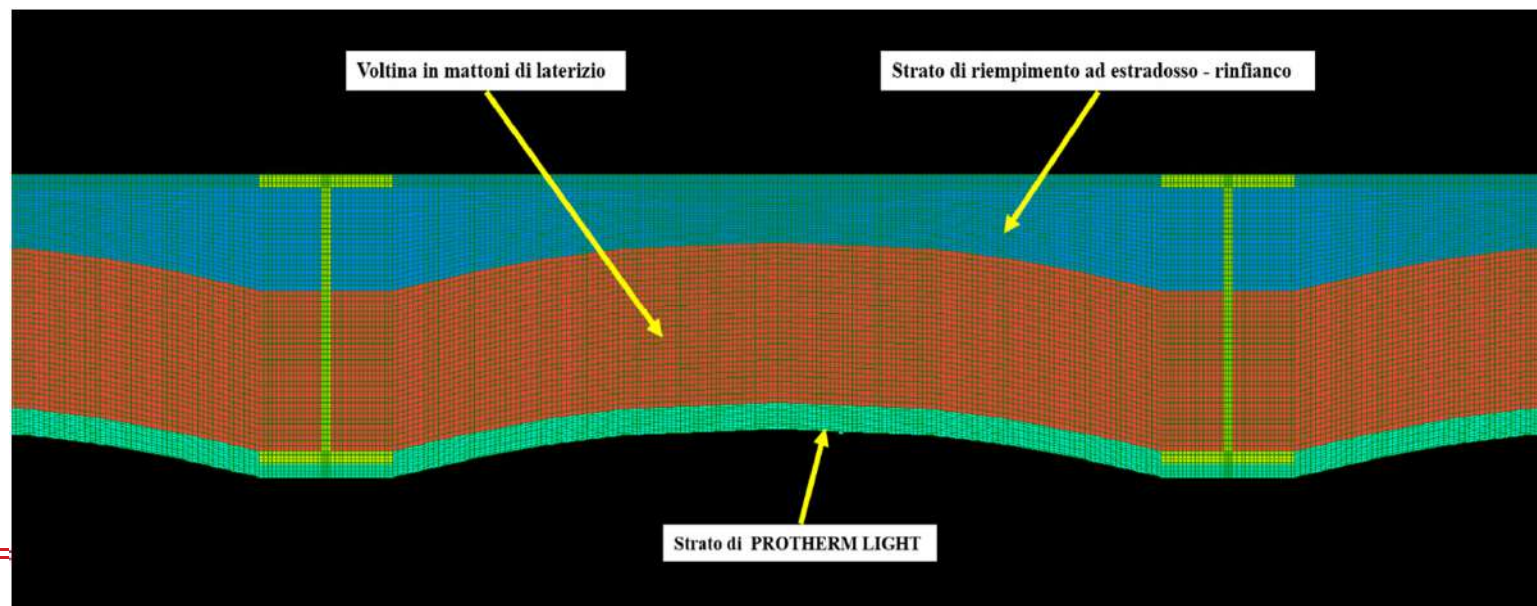
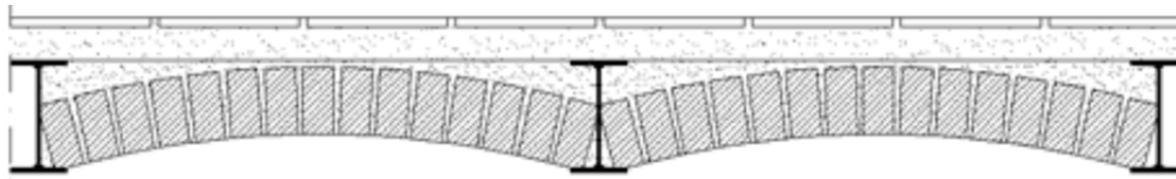
CONFRONTO TABELLARE vs ANALITICO

SOLAIO ALLEGGERITO



ESEMPIO ANALITICO

**Per questa tipologia di solai non è possibile applicare il metodo tabellare e non è possibile applicare il metodo sperimentale
(a meno dell'esistenza di un test su questo specifico solaio)**



ESEMPIO ANALITICO

Analisi termica

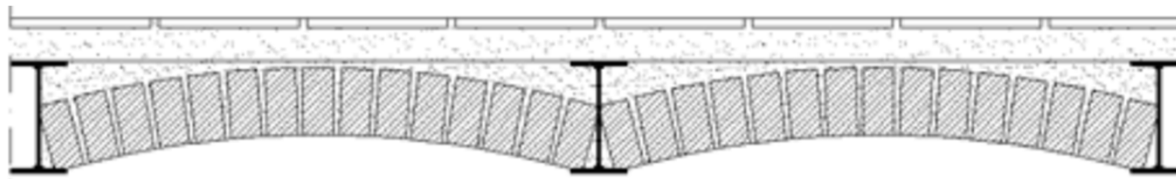
In funzione della curva d'incendio nominale standard.

Combinazione dei carichi

Combinazione eccezionale da D.M. 17.01.2018

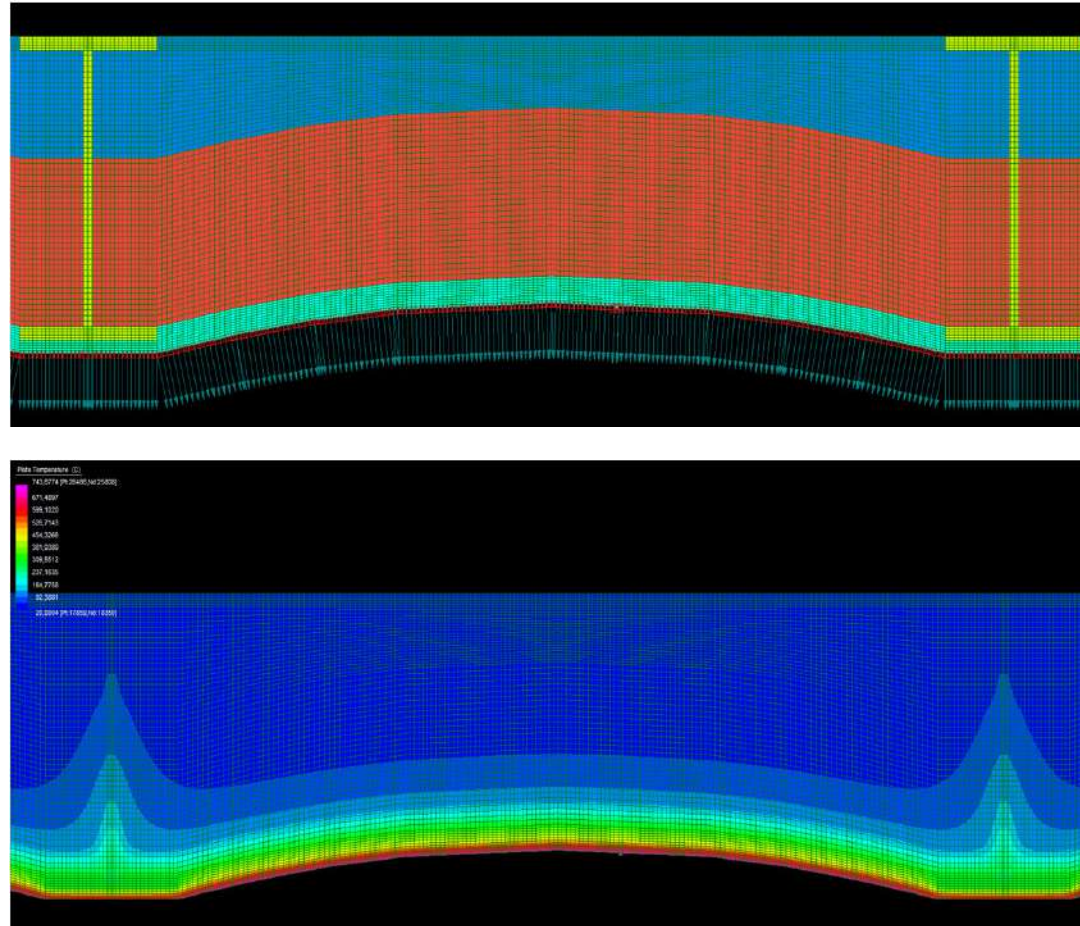
Verifica di Resistenza al fuoco

Su singoli elementi perché concesso tramite applicazione della curva nominale standard (arco + trave)



ESEMPIO ANALITICO

- Modellazione FEM
- Analisi termica
- Analisi dei carichi
- Analisi del degrado
- Verifica sul singolo elemento



ESEMPIO COMPILAZIONE CERT REI

MOD.PIN 2.2 – 2018_ CERT.REI

PAG. 1 DI 2

Rif. Pratica VV.F. n.

CERTIFICAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DI PRODOTTI/ELEMENTI COSTRUTTIVI IN OPERA (CON ESCLUSIONE DELLE PORTE E DEGLI ELEMENTI DI CHIUSURA)

Il sottoscritto professionista antincendio			
	Titolo professionale	Cognome	Nome
iscritto al		della Provincia di	
	ordine / collegio professionale		con numero
iscritto negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 16 comma 4 del DLgs 139/06			
			n° codice iscrizione M.I.
con ufficio in			
		via - piazza	n. civico
c.a.p.	comune	provincia	telefono
	indirizzo di posta elettronica		indirizzo di posta elettronica certificata

ai sensi e per gli effetti dell'art.4 comma 4 del D.P.R. 01/08/2011 n. 151, nell'ambito delle competenze tecniche della propria qualifica professionale, dopo avere eseguito i necessari **sopralluoghi e verifiche** atti ad accertare le caratteristiche tecniche di prodotti/elementi costruttivi presenti presso l'attività:

ESEMPIO COMPILAZIONE CERT REI

[Edificio industriale prefabbricato in c.a. e c.a.p.]			
identificazione dell'edificio, complesso, etc.			
[Piano Terra]			
piano, locale, e quanto altro necessario per una corretta individuazione			
sito in	[Viale del]	[]	[]
	via – piazza	n. civico	c.a.p.
[]	comune	provincia	telefono
di proprietà di	[]	ditta, società, ente, impresa, etc.	
con sede in	[]	[]	[]
	via – piazza	n. civico	c.a.p.
[]	comune	provincia	telefono

CERTIFICA LA RESISTENZA AL FUOCO

dei prodotti/elementi costruttivi portanti (principali e secondari) e/o separanti riscontrati in opera nel seguito specificati, e per essi attesta che la resistenza al fuoco si estende anche alle loro unioni, ai rispettivi dettagli e particolari costruttivi. Gli elementi costruttivi di cui al presente certificato sono elencati nella tabella della pagina successiva assieme all'elenco di tutta la documentazione resasi necessaria per la valutazione suddetta.

Il sottoscritto dichiara che la presente certificazione si basa sulle reali caratteristiche riscontrate in opera e relative a:

- numero e posizione
- geometria
- materiali costitutivi
- condizioni di incendio
- condizioni di carico e di vincolo
- caratteristiche e modalità di posa di eventuali protettivi.

La presente certificazione è composta da n. [3] pagine e da n. [1] tavole grafiche riepilogative, siglate dal sottoscritto, nelle quali è indicata la specifica posizione di tutti gli elementi identificati nelle successive tabelle.

ESEMPIO COMPILAZIONE CERT REI

numero identificativo	elemento tipo e sua posizione ¹	classe di resistenza al fuoco
[PIL]	[PILASTRO PREFABBRICATO]	[R90]
sintetica descrizione dell'elemento tipo² [Trattasi di pilastro tipo prefabbricato in cemento armato. Lo schema statico assunto è di semplice incastro alla base. Esso sostiene il peso proprio, trave e solaio e il manto di copertura. Le caratteristiche geometriche e resistenti sono state desunte dagli elaborati grafici del progetto delle strutture originale a firma dell'Ing. Franco Comini. Come richiesto dalle N.T.C. 2018 sono inoltre state eseguite misurazioni in campo con pacometro. Il calcolo della classe di resistenza al fuoco è di tipo tabellare con riferimento al decreto ministeriale 9 Marzo 2007. Il pilastro ha sezione 50x50.]		
tipo di valutazione condotta		
☐ metodo sperimentale	☒ metodo tabellare (da D.M. 16/2/2007)	☐ metodo analitico
Elenco allegati ³:		
[Relazione Tecnica]		
☐		
☐		

ESEMPIO COMPILAZIONE CERT REI

- La certificazione deve essere predisposta per gruppi di elementi riconducibili ad un elemento tipo.
- L'individuazione degli elementi tipo deve tenere conto delle effettive **differenze funzionali** degli elementi costruttivi che rappresentano (elementi portanti, separanti, portanti e separanti), di quelle **tipologiche** (travi, pilastri, solai, muri, ecc.), di quelle **costruttive** (elementi di acciaio, di calcestruzzo, di laterizio, di legno, ecc.), della **metodologia di valutazione adottata** (sperimentale, analitica, tabellare) e della **classe di resistenza al fuoco richiesta**.
- La descrizione dell'elemento tipo deve almeno riportare le **dimensioni significative**, i **materiali componenti**, lo **schema statico** (se elemento strutturale) e i **sistemi protettivi** se presenti.

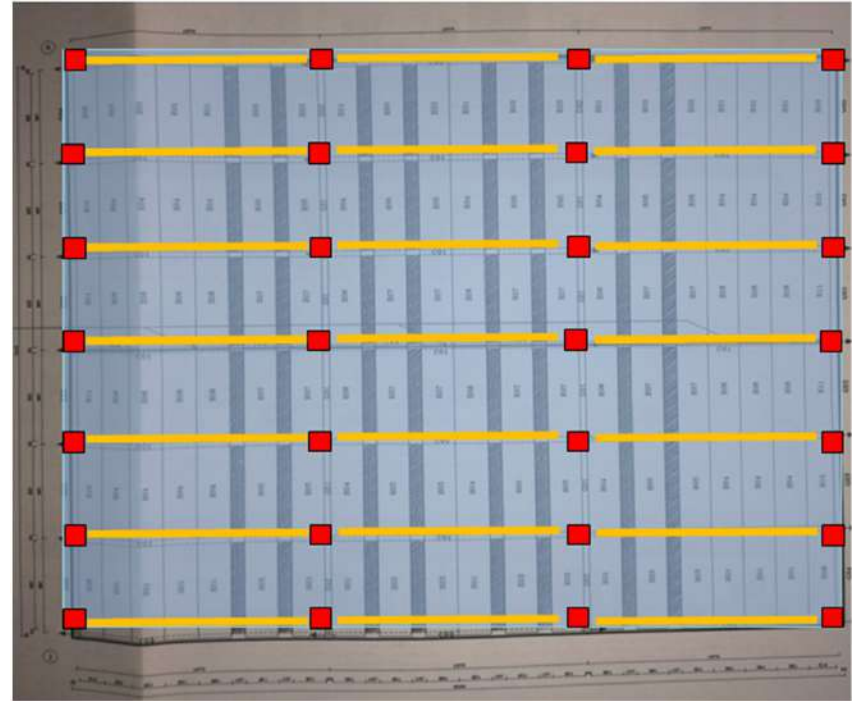
- **ALLEGATI:**

Relazioni di calcolo integrali, rapporti di classificazione relativi a prove di laboratorio condotte in conformità al DM 16.02.2007, ovvero rapporti di prova relativi a prove condotte in conformità alla circolare n. 91 del 14.09.1961, eventuali estratti dei fascicoli tecnici resi disponibili dai produttori in conformità all'allegato B del DM 16.02.2007 punto B.8; quanto altro richiamato dalla presente certificazione.

Tali allegati, consegnati al titolare dell'attività, fanno parte del fascicolo da rendere disponibile presso l'indirizzo indicato nella Segnalazione Certificata di Inizio Attività

ESEMPIO COMPILAZIONE CERT REI

- La certificazione deve essere accompagnata da **elaborato grafico** con indicazione spaziale della collocazione della tipologia del NUMERO IDENTIFICATIVO nominata nel certificato stesso.
- Nel caso presente l'elemento rosso rappresenta la collocazione dei pilastri identificati con numero identificativo PIL e certificati R90.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

