

Comune di San Casciano in Val di Pesa

SCUOLA DELL'INFANZIA POSTA NEL CAPOLUOGO

LAVORI DI ADEGUAMENTO ANTINCENDIO
PROGETTAZIONE ESECUTIVA

IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO

Committente: Comune di San Casciano in Val di Pesa
Provincia di Firenze

Indirizzo intervento: Via San Francesco d'Assisi, 26/A

Progettista . STUDIO ASSOCIATO Frusi & Partners Srl
Per. Ind. Marco Torcini - FI 2151
Dott. Ing. Filippo Galletti - 5162

R.U.P Arch. Francesco Pruneti

Oggetto :
Verifica ai fini della "R" della struttura in CA, LEGNO e ACCIAIO

STUDIO ASSOCIATO Frusi & Partners Societ' d'ingegneria S.r.l.

Sede operativa Viale Europa, 133 - 50126 Firenze

Tel. +39 055 331135 Fax. +39 055 3216814

e-mail: tecnico@studioassociatofrusi.com - pec: info@pec.studioassociatofrusi.com - web: www.studioassociatofrusi.com

Sede legale Via P. Toselli, 73 - 50144 Firenze

Iscrizione CCIAA Firenze con Cod. Fisc. e P.Iva: 05909560483

Data: Maggio 2020

Commessa n° 035/20

Scala: - - -

n. Tavola

Rev.

Rev.

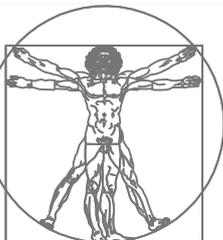
Rev.

Rev.

Rev.

Rev.

ED.01



1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della resistenza al fuoco, relativamente alla capacità portante, di un elemento strutturale in **LEGNO**.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

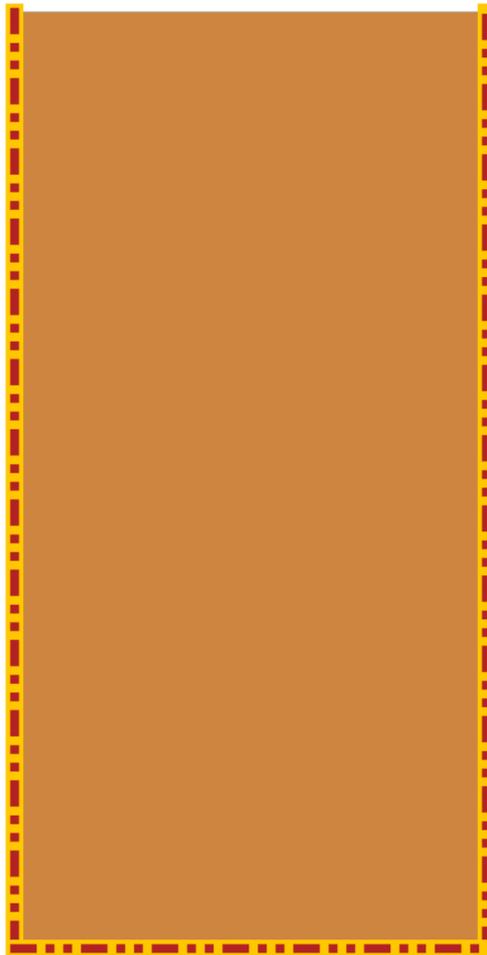
- **Eurocodice 1** - *"Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco"*.
- **Eurocodice 5** - *"Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"*.
- **UNI 9504** - *"Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno"*.
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni"* (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*

3 - GEOMETRIA SEZIONE, ESPOSIZIONE AL FUOCO E CONDIZIONI AL CONTORNO

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica (presenza di materiali isolanti e/o NON strutturali). Sono indicate, inoltre, per ogni lato della sezione, l'esposizione al fuoco e le condizioni al contorno.



Legenda:

- Superficie esposta al fuoco.
- Protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda.
- Protetto con pannelli di legno.

SEZIONE

Caratteristiche della sezione				
Tp	B	H	φ	A
	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
Rettangolare	140	280	-	392.00

LEGENDA:

- Tp** Tipo di sezione.
- B** Base.
- H** Altezza/Lato.
- φ** Diametro.
- A** Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

LEGNO

Caratteristiche legno															
Sigla	γ _k	γ _{mean}	G _{mean}	f _{m,k}	f _{v,k}	γ _M	β _c	V _c	Dir	E _{i,05}	G _{i,05}	E _{i,mean}	F _{c,i,k}	F _{t,i,k}	
	[N/m ³]	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[mm/min]		[N/mm ²]					
LM C14	2'900	3'500	440	14.00	3.00	1.0	0.20	0.80	0	4'700	295	7'000	16.00	8.00	

									90	-	-	-	2.00	0.40
--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	---	---	---	------	------

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
γ_{mean}	Peso specifico medio.
G_{mean}	Modulo elastico tangenziale.
f_{m,k}	Resistenza a Flessione.
f_{v,k}	Resistenza a taglio.
β_c	Coefficiente di imperfezione per la verifica di instabilità.
V_c	Velocità di penetrazione alla carbonizzazione.
Dir	Direzione.
E_{i,05}	Modulo elastico normale caratteristico [i = (0, 90)].
G_{i,05}	Modulo elastico tangenziale caratteristico [i = (0, 90)].
E_{i,mean}	Modulo elastico normale medio [i = (0, 90)].
F_{c,i,k}	Resistenza caratteristica a compressione [i = (0, 90)].
F_{t,i,k}	Resistenza caratteristica a trazione [i = (0, 90)].

CARATTERISTICHE DELLE PROTEZIONI

Caratteristiche delle protezioni

Desc.	t	β	R
	[mm]	[mm/min]	
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70

LEGENDA:

Desc.	Descrizione.
t	Spessore del pannello.
β	Velocità di carbonizzazione del pannello di protezione.
R	Fattore di riduzione della velocità di carbonizzazione.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali eseguire la verifica della resistenza al fuoco, sono state ricavate dalla combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

con:

- G₁: valore caratteristico delle azioni permanenti;
- G₂: valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P Pretensione e precompressione;
- Q_{ki}: valore caratteristico delle azioni variabili;
- A_d: valori di progetto delle azioni derivanti dall'esposizione all'incendio;
- ψ_{2i}: coefficiente che restituisce il valore quasi permanente del carico.

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni

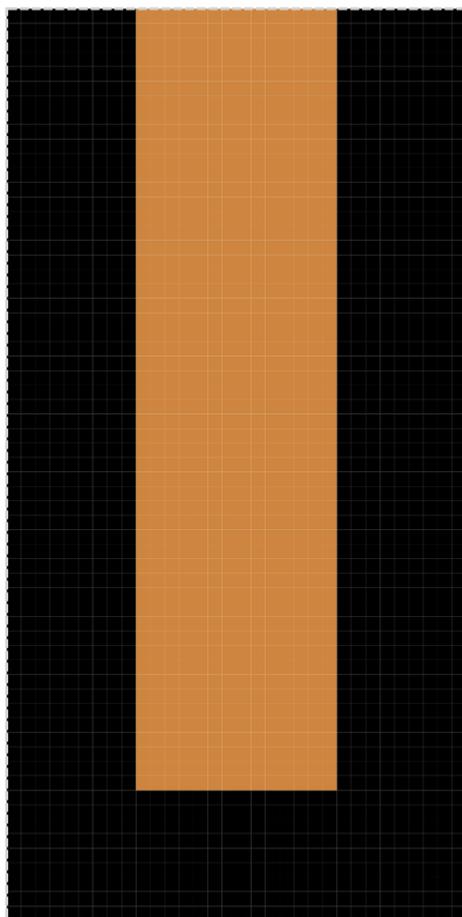
Cmb	SL	Tipo	N	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	M _Z	T _x	T _y	N _{eq}	M _{eq,x}	M _{eq,y}	Dstr _{MF}	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	[Nm]		
2	ECC	-	0	5457	0	0	0	3638	0	5457	0	-	I

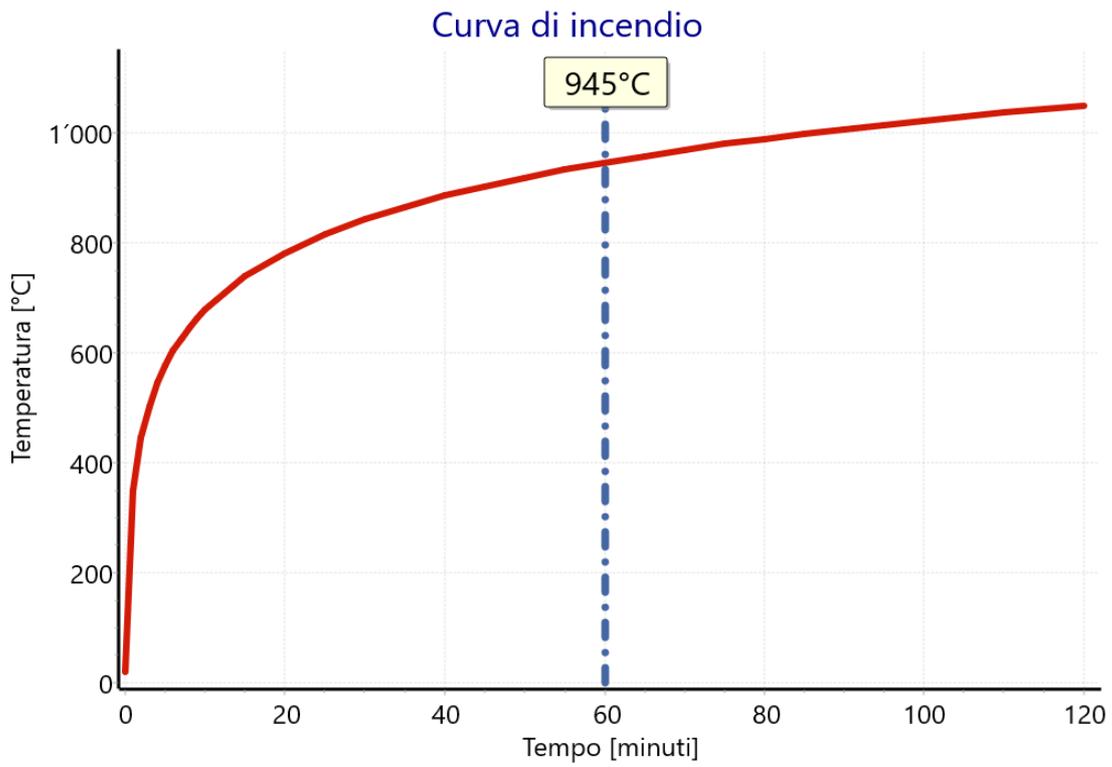
LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).
Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,X}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,Y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_Z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
N_{eq}	Sforzo Normale equivalente.
M_{eq,x}	Momento equivalente intorno a X.
M_{eq,y}	Momento equivalente intorno a Y.
Dstr_{MF}	Distribuzione del momento flettente.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza calcolato alla R richiesta (I=Interno; E=Esterno).

6 - SEZIONE EFFICACE

In corrispondenza della R richiesta (**60min**) la sezione efficace è: **141 cm²**.





7 - VERIFICHE DI RESISTENZA

In corrispondenza della R richiesta (**60min**) si riportano i domini di resistenza in X e Y e le verifiche di resistenza a flessione e taglio e instabilità della sezione oggetto di verifica.

Diagramma del Dominio di Resistenza

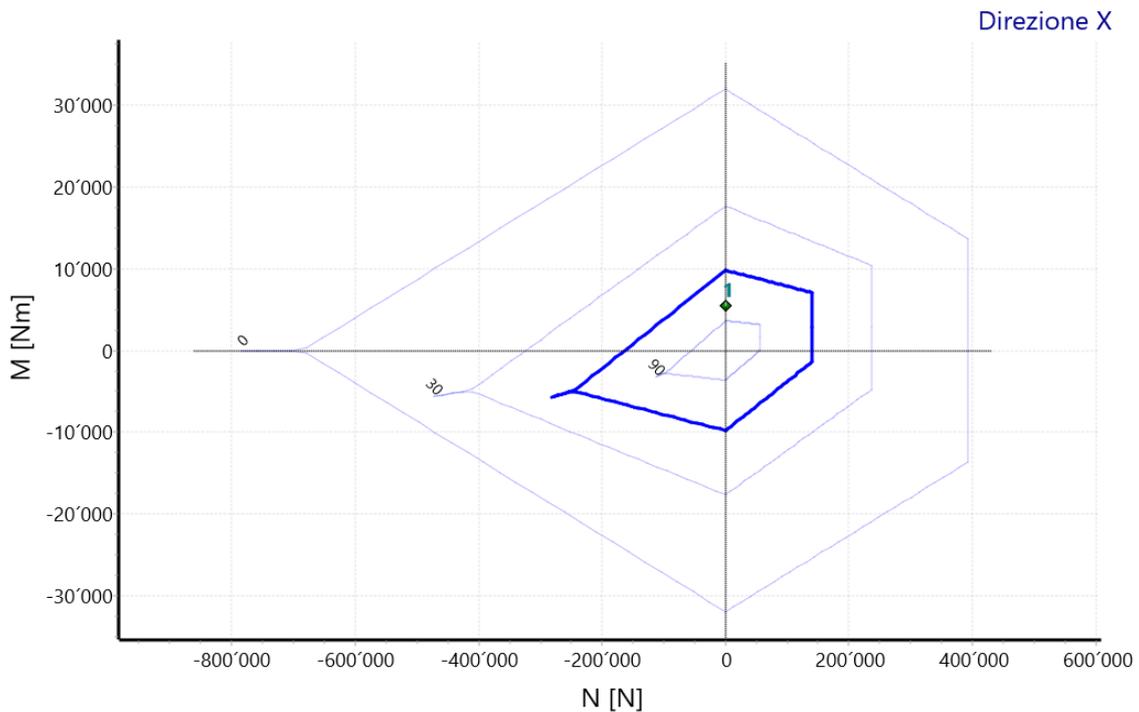
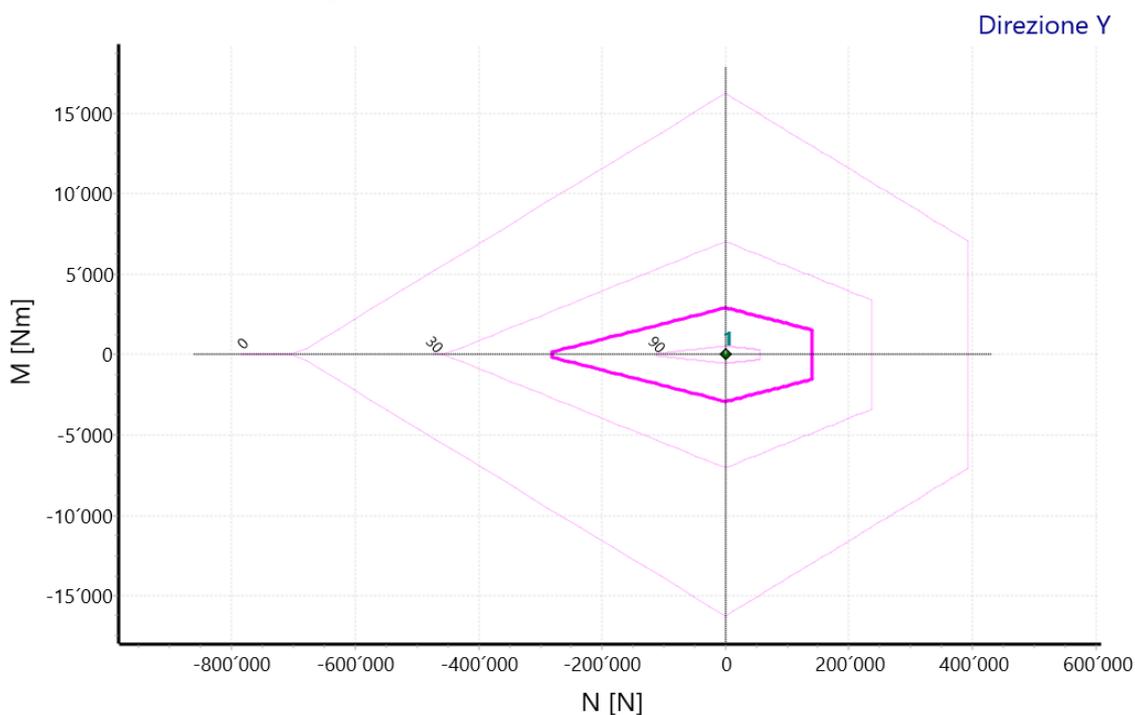


Diagramma del Dominio di Resistenza



DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
	Dir X		Dir Y	
N	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
Tempo = 0min				
-784'000	0	0	0	0
-784'000	0	0	0	0
-757'867	0	0	0	0
-731'733	0	0	0	0
-705'600	0	0	0	0
-679'467	305	-305	375	-375
-653'333	1'524	-1'524	985	-985
-627'200	2'744	-2'744	1'594	-1'594
-601'067	3'964	-3'964	2'204	-2'204
-574'933	5'183	-5'183	2'814	-2'814
-548'800	6'403	-6'403	3'424	-3'424
-522'667	7'622	-7'622	4'034	-4'034
-496'533	8'842	-8'842	4'643	-4'643
-470'400	10'061	-10'061	5'253	-5'253
-444'267	11'281	-11'281	5'863	-5'863
-418'133	12'500	-12'500	6'473	-6'473
-392'000	13'720	-13'720	7'082	-7'082
-365'867	14'940	-14'940	7'692	-7'692
-339'733	16'159	-16'159	8'302	-8'302
-313'600	17'379	-17'379	8'912	-8'912
-287'467	18'598	-18'598	9'522	-9'522
-261'333	19'818	-19'818	10'131	-10'131
-235'200	21'037	-21'037	10'741	-10'741
-209'067	22'257	-22'257	11'351	-11'351
-182'933	23'476	-23'476	11'961	-11'961
-156'800	24'696	-24'696	12'570	-12'570
-130'667	25'916	-25'916	13'180	-13'180
-104'533	27'135	-27'135	13'790	-13'790
-78'400	28'355	-28'355	14'400	-14'400

-52'267	29'574	-29'574	15'010	-15'010
-26'133	30'794	-30'794	15'619	-15'619
0	32'013	-32'013	16'229	-16'229
13'067	31'404	-31'404	15'924	-15'924
26'133	30'794	-30'794	15'619	-15'619
39'200	30'184	-30'184	15'314	-15'314
52'267	29'574	-29'574	15'010	-15'010
65'333	28'964	-28'964	14'705	-14'705
78'400	28'355	-28'355	14'400	-14'400
91'467	27'745	-27'745	14'095	-14'095
104'533	27'135	-27'135	13'790	-13'790
117'600	26'525	-26'525	13'485	-13'485
130'667	25'916	-25'916	13'180	-13'180
143'733	25'306	-25'306	12'875	-12'875
156'800	24'696	-24'696	12'570	-12'570
169'867	24'086	-24'086	12'266	-12'266
182'933	23'476	-23'476	11'961	-11'961
196'000	22'867	-22'867	11'656	-11'656
209'067	22'257	-22'257	11'351	-11'351
222'133	21'647	-21'647	11'046	-11'046
235'200	21'037	-21'037	10'741	-10'741
248'267	20'428	-20'428	10'436	-10'436
261'333	19'818	-19'818	10'131	-10'131
274'400	19'208	-19'208	9'826	-9'826
287'467	18'598	-18'598	9'522	-9'522
300'533	17'988	-17'988	9'217	-9'217
313'600	17'379	-17'379	8'912	-8'912
326'667	16'769	-16'769	8'607	-8'607
339'733	16'159	-16'159	8'302	-8'302
352'800	15'549	-15'549	7'997	-7'997
365'867	14'940	-14'940	7'692	-7'692
378'933	14'330	-14'330	7'387	-7'387
392'000	13'720	-13'720	7'082	-7'082
392'000	0	0	0	0
Tempo = 30min				
-473'458	-5'634	-5'634	0	0
-473'458	-5'634	-5'634	0	0
-457'676	-5'446	-5'446	0	0
-441'894	-5'259	-5'259	224	-224
-426'112	-5'071	-5'071	467	-467
-410'330	-4'714	-5'051	710	-710
-394'548	-3'853	-5'537	953	-953
-378'766	-2'991	-6'024	1'196	-1'196
-362'984	-2'129	-6'510	1'439	-1'439
-347'202	-1'268	-6'996	1'682	-1'682
-331'420	-406	-7'482	1'925	-1'925
-315'638	456	-7'968	2'168	-2'168
-299'856	1'317	-8'454	2'411	-2'411
-284'075	2'179	-8'940	2'654	-2'654
-268'293	3'041	-9'426	2'897	-2'897
-252'511	3'902	-9'912	3'140	-3'140
-236'729	4'764	-10'398	3'383	-3'383
-220'947	5'626	-10'884	3'626	-3'626
-205'165	6'488	-11'370	3'869	-3'869
-189'383	7'349	-11'857	4'113	-4'113
-173'601	8'211	-12'343	4'356	-4'356
-157'819	9'073	-12'829	4'599	-4'599
-142'037	9'934	-13'315	4'842	-4'842
-126'255	10'796	-13'801	5'085	-5'085
-110'473	11'658	-14'287	5'328	-5'328
-94'692	12'519	-14'773	5'571	-5'571
-78'910	13'381	-15'259	5'814	-5'814
-63'128	14'243	-15'745	6'057	-6'057
-47'346	15'104	-16'231	6'300	-6'300
-31'564	15'966	-16'717	6'543	-6'543

-15'782	16'828	-17'203	6'786	-6'786
0	17'690	-17'690	7'029	-7'029
7'891	17'447	-17'259	6'907	-6'907
15'782	17'203	-16'828	6'786	-6'786
23'673	16'960	-16'397	6'664	-6'664
31'564	16'717	-15'966	6'543	-6'543
39'455	16'474	-15'535	6'421	-6'421
47'346	16'231	-15'104	6'300	-6'300
55'237	15'988	-14'674	6'178	-6'178
63'128	15'745	-14'243	6'057	-6'057
71'019	15'502	-13'812	5'935	-5'935
78'910	15'259	-13'381	5'814	-5'814
86'801	15'016	-12'950	5'692	-5'692
94'692	14'773	-12'519	5'571	-5'571
102'582	14'530	-12'089	5'449	-5'449
110'473	14'287	-11'658	5'328	-5'328
118'364	14'044	-11'227	5'206	-5'206
126'255	13'801	-10'796	5'085	-5'085
134'146	13'558	-10'365	4'963	-4'963
142'037	13'315	-9'934	4'842	-4'842
149'928	13'072	-9'503	4'720	-4'720
157'819	12'829	-9'073	4'599	-4'599
165'710	12'586	-8'642	4'477	-4'477
173'601	12'343	-8'211	4'356	-4'356
181'492	12'100	-7'780	4'234	-4'234
189'383	11'857	-7'349	4'113	-4'113
197'274	11'614	-6'918	3'991	-3'991
205'165	11'370	-6'488	3'869	-3'869
213'056	11'127	-6'057	3'748	-3'748
220'947	10'884	-5'626	3'626	-3'626
228'838	10'641	-5'195	3'505	-3'505
236'729	10'398	-4'764	3'383	-3'383
236'729	2'817	2'817	0	0
Tempo = 60min				
-281'534	-5'715	-5'715	0	0
-281'534	-5'715	-5'715	152	-152
-272'150	-5'525	-5'525	244	-244
-262'765	-5'334	-5'334	336	-336
-253'381	-5'144	-5'144	428	-428
-243'996	-4'859	-5'047	520	-520
-234'612	-4'295	-5'231	612	-612
-225'228	-3'730	-5'415	704	-704
-215'843	-3'165	-5'599	796	-796
-206'459	-2'600	-5'782	888	-888
-197'074	-2'035	-5'966	980	-980
-187'690	-1'470	-6'150	1'072	-1'072
-178'305	-905	-6'334	1'164	-1'164
-168'921	-340	-6'518	1'256	-1'256
-159'536	225	-6'702	1'348	-1'348
-150'152	790	-6'886	1'440	-1'440
-140'767	1'355	-7'070	1'532	-1'532
-131'383	1'920	-7'254	1'624	-1'624
-121'998	2'485	-7'438	1'716	-1'716
-112'614	3'050	-7'622	1'808	-1'808
-103'229	3'615	-7'806	1'900	-1'900
-93'845	4'180	-7'990	1'992	-1'992
-84'460	4'745	-8'174	2'084	-2'084
-75'076	5'309	-8'358	2'176	-2'176
-65'691	5'874	-8'542	2'268	-2'268
-56'307	6'439	-8'725	2'360	-2'360
-46'922	7'004	-8'909	2'452	-2'452
-37'538	7'569	-9'093	2'544	-2'544
-28'153	8'134	-9'277	2'636	-2'636
-18'769	8'699	-9'461	2'728	-2'728
-9'384	9'264	-9'645	2'819	-2'819

0	9'829	-9'829	2'911	-2'911
4'692	9'737	-9'547	2'865	-2'865
9'384	9'645	-9'264	2'819	-2'819
14'077	9'553	-8'982	2'773	-2'773
18'769	9'461	-8'699	2'728	-2'728
23'461	9'369	-8'417	2'682	-2'682
28'153	9'277	-8'134	2'636	-2'636
32'846	9'185	-7'852	2'590	-2'590
37'538	9'093	-7'569	2'544	-2'544
42'230	9'001	-7'287	2'498	-2'498
46'922	8'909	-7'004	2'452	-2'452
51'615	8'817	-6'722	2'406	-2'406
56'307	8'725	-6'439	2'360	-2'360
60'999	8'633	-6'157	2'314	-2'314
65'691	8'542	-5'874	2'268	-2'268
70'384	8'450	-5'592	2'222	-2'222
75'076	8'358	-5'309	2'176	-2'176
79'768	8'266	-5'027	2'130	-2'130
84'460	8'174	-4'745	2'084	-2'084
89'153	8'082	-4'462	2'038	-2'038
93'845	7'990	-4'180	1'992	-1'992
98'537	7'898	-3'897	1'946	-1'946
103'229	7'806	-3'615	1'900	-1'900
107'922	7'714	-3'332	1'854	-1'854
112'614	7'622	-3'050	1'808	-1'808
117'306	7'530	-2'767	1'762	-1'762
121'998	7'438	-2'485	1'716	-1'716
126'690	7'346	-2'202	1'670	-1'670
131'383	7'254	-1'920	1'624	-1'624
136'075	7'162	-1'637	1'578	-1'578
140'767	7'070	-1'355	1'532	-1'532
140'767	2'857	2'857	0	0
Tempo = 90min				
-112'190	-3'220	-3'220	0	0
-112'190	-3'220	-3'220	65	-65
-108'451	-3'113	-3'113	80	-80
-104'711	-3'005	-3'005	96	-96
-100'971	-2'898	-2'898	112	-112
-97'232	-2'756	-2'825	128	-128
-93'492	-2'510	-2'857	143	-143
-89'752	-2'264	-2'888	159	-159
-86'013	-2'018	-2'919	175	-175
-82'273	-1'772	-2'951	190	-190
-78'533	-1'525	-2'982	206	-206
-74'794	-1'279	-3'014	222	-222
-71'054	-1'033	-3'045	238	-238
-67'314	-787	-3'077	253	-253
-63'575	-541	-3'108	269	-269
-59'835	-295	-3'139	285	-285
-56'095	-49	-3'171	300	-300
-52'356	197	-3'202	316	-316
-48'616	443	-3'234	332	-332
-44'876	689	-3'265	348	-348
-41'136	935	-3'296	363	-363
-37'397	1'181	-3'328	379	-379
-33'657	1'427	-3'359	395	-395
-29'917	1'673	-3'391	410	-410
-26'178	1'919	-3'422	426	-426
-22'438	2'166	-3'454	442	-442
-18'698	2'412	-3'485	457	-457
-14'959	2'658	-3'516	473	-473
-11'219	2'904	-3'548	489	-489
-7'479	3'150	-3'579	505	-505
-3'740	3'396	-3'611	520	-520
0	3'642	-3'642	536	-536

1'870	3'626	-3'519	528	-528
3'740	3'611	-3'396	520	-520
5'610	3'595	-3'273	512	-512
7'479	3'579	-3'150	505	-505
9'349	3'563	-3'027	497	-497
11'219	3'548	-2'904	489	-489
13'089	3'532	-2'781	481	-481
14'959	3'516	-2'658	473	-473
16'829	3'501	-2'535	465	-465
18'698	3'485	-2'412	457	-457
20'568	3'469	-2'289	450	-450
22'438	3'454	-2'166	442	-442
24'308	3'438	-2'043	434	-434
26'178	3'422	-1'919	426	-426
28'048	3'406	-1'796	418	-418
29'917	3'391	-1'673	410	-410
31'787	3'375	-1'550	402	-402
33'657	3'359	-1'427	395	-395
35'527	3'344	-1'304	387	-387
37'397	3'328	-1'181	379	-379
39'267	3'312	-1'058	371	-371
41'136	3'296	-935	363	-363
43'006	3'281	-812	355	-355
44'876	3'265	-689	348	-348
46'746	3'249	-566	340	-340
48'616	3'234	-443	332	-332
50'486	3'218	-320	324	-324
52'356	3'202	-197	316	-316
54'225	3'187	-74	308	-308
56'095	3'171	49	300	-300
56'095	1'610	1'610	0	0

LEGENDA:

Dir	Direzione.
N	Sforzo Normale di progetto.
M_{Rd,max}	Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
M_{Rd,min}	Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE DEVIATA ALLO SLU

Pressoflessione Deviata allo Stato Limite Ultimo

T	A _{eff}	Cmb	N _{Ed}	CS	Dir	M _{Ed}	M _{Rd}
[min]	[cm ²]		[N]			[Nm]	[Nm]
0	392	1	0	5.87	x-x	5457	32013
					y-y	0	16229
30	237	1	0	3.24	x-x	5457	17690
					y-y	0	7029
60	141	1	0	1.80	x-x	5457	9829
					y-y	0	2911
90	56	1	0	0.67	x-x	5457	3642
					y-y	0	536
120	0	1	0	0.00	x-x	5457	0
					y-y	0	0

LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed}	Sollecitazioni di progetto.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
Dir	Direzione.
M_{Rd}	Momento resistente in direzione X(Y).

VERIFICA A TAGLIO+TORSIONE

Verifiche a Taglio+Torsione

T	A _{eff}	Cmb	CS	K _{shd}	K _{mod}	T _{Ed}	F _{vd}	τ _{T,Ed}	Dir	V _{Ed}	τ _{V,Ed}
[min]	[cm ²]					[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N]	[N/mm ²]
0	392	2	18.05	1.30	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000
									y-y	3'638	0.208

30	236	2	10.90	1.42	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000
									y-y	3'638	0.344
60	140	2	6.48	1.61	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000
									y-y	3'638	0.579
90	56	2	2.58	2.00	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000
									y-y	3'638	1.452
120	0	2	0.00	1.00	1.00	0	3.75	-	x-x	0	0.000
									y-y	3'638	37.500

LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
K_{shd}	Coefficiente che tiene conto della forma della sezione.
K_{mod}	Coefficiente di riduzione per Classe di Servizio e di Durata del carico.
T_{Ed}	Momento torcente di progetto.
F_{vd}	Tensione resistente di calcolo a taglio.
τ_{T,Ed}	Tensione tangenziale di calcolo per torsione.
Dir	Direzione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
τ_{v,Ed}	Tensione tangenziale di calcolo per taglio.

DATI ELEMENTO PER INSTABILITÀ

Dati elemento per instabilità					
L _N	LLi _x	LLi _y	n	β _x	β _y
[m]	[m]	[m]			
6.00	6.00	6.00	-	1.00	1.00

LEGENDA:

L_N	Luce Netta.
LLi_x	Lunghezza libera di inflessione in direzione X.
LLi_y	Lunghezza libera di inflessione in direzione Y.
n	Numero di ritegni torsionali(compresi gli estremi).
β_x	Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione in direzione x.
β_y	Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione in direzione y.

VERIFICA INSTABILITÀ

Verifiche instabilità a pressoflessione deviata												
T	A _{eff}	Cmb	CS	K _{mod}	F _{md}	σ _{c,0d}	F _{c,0d}	K _{crit,m}	Dir	K _h	K _{crit,c}	σ _{md}
[min]	[cm ²]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					[N/mm ²]
0	392	2	5.87	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.12	2.98
									y-y	1.01	0.44	0.00
30	236	2	3.24	1.00	17.50	0.00	20.00	0.94	x-x	1.00	0.05	5.40
									y-y	1.10	0.38	0.00
60	140	2	1.25	1.00	17.50	0.00	20.00	0.62	x-x	1.00	0.02	9.72
									y-y	1.21	0.33	0.00
90	56	2	0.01	1.00	17.50	0.00	20.00	0.13	x-x	1.00	0.00	26.22
									y-y	1.30	0.29	0.00
120	0	2	0.00	1.00	17.50	200.00	20.00	0.00	x-x	1.00	1.00	175.00
									y-y	1.00	1.00	175.00

LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
K_{mod}	Coefficiente di riduzione per Classe di Servizio e di Durata del carico.
F_{md}	Tensione resistente per Flessione rispetto alla direzione locale.
σ_{c,0d}	Tensione di progetto a compressione in direzione parallela alla fibratura.
F_{c,0d}	Tensione resistente a compressione in direzione parallela alla fibratura.
K_{crit,m}	Coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità laterale.
Dir	Direzione.
K_h	Coefficiente di amplificazione della resistenza per flessione e trazione.
K_{crit,c}	Coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità da sforzo normale.
σ_{md}	Tensione per Momento di progetto rispetto alla direzione locale.

Come risultato di sintesi si riportano le curve di decadimento per ogni singolo meccanismo.

Diagramma di decadimento capacità/domanda

Meccanismo di Pressoflessione

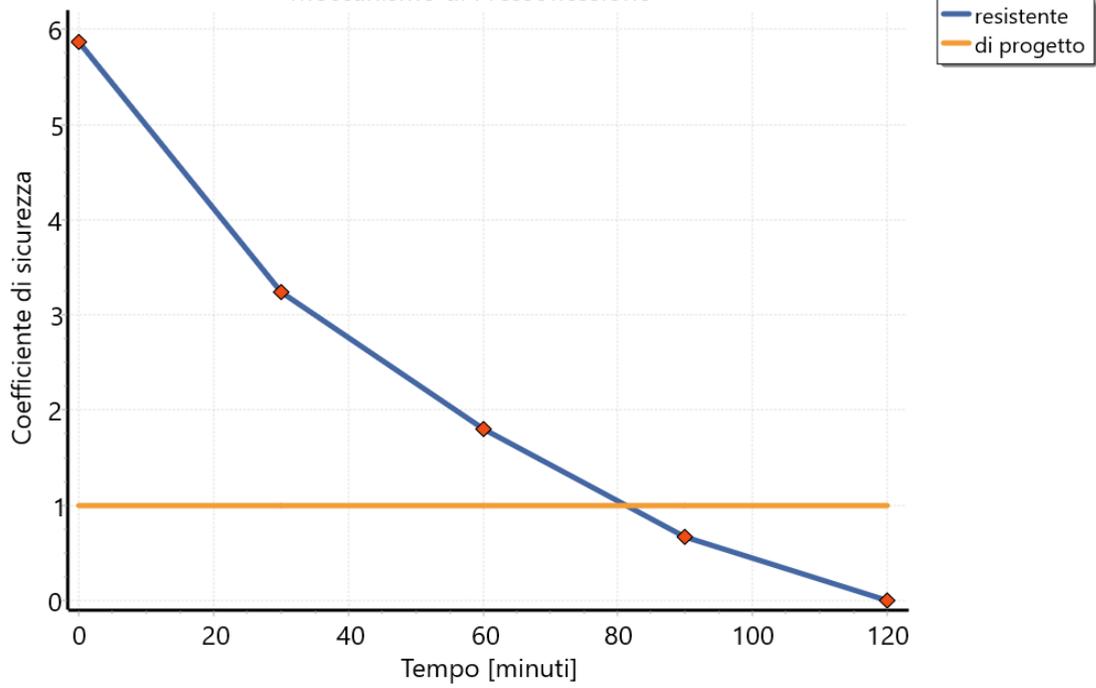


Diagramma di decadimento capacità/domanda

Meccanismo di Taglio+Torsione

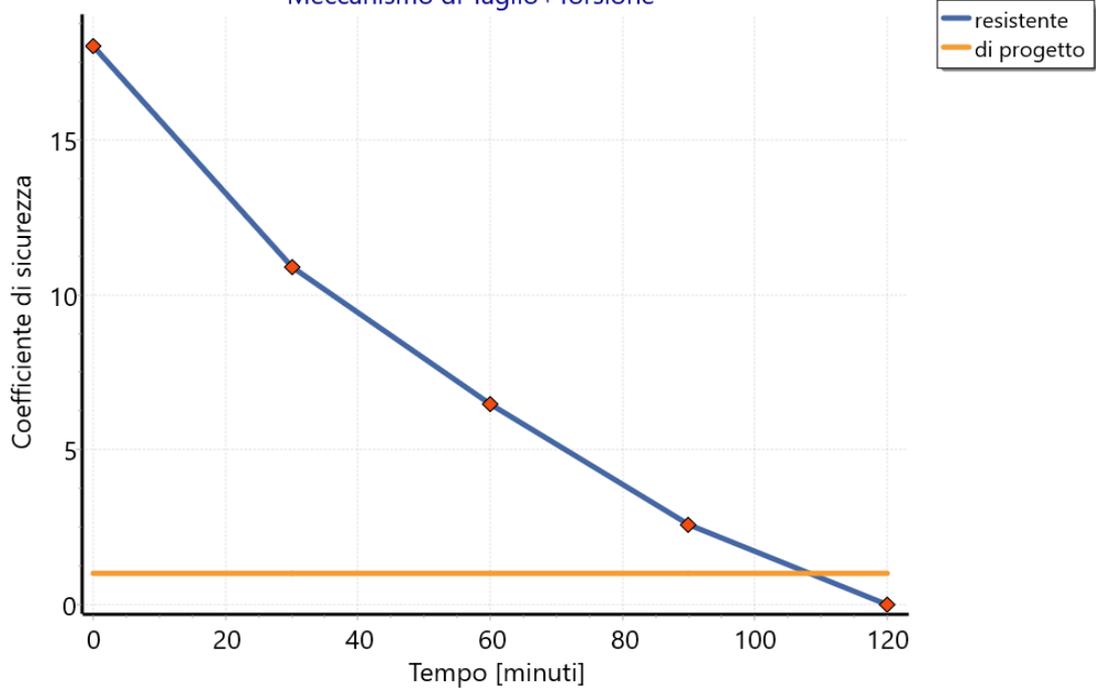
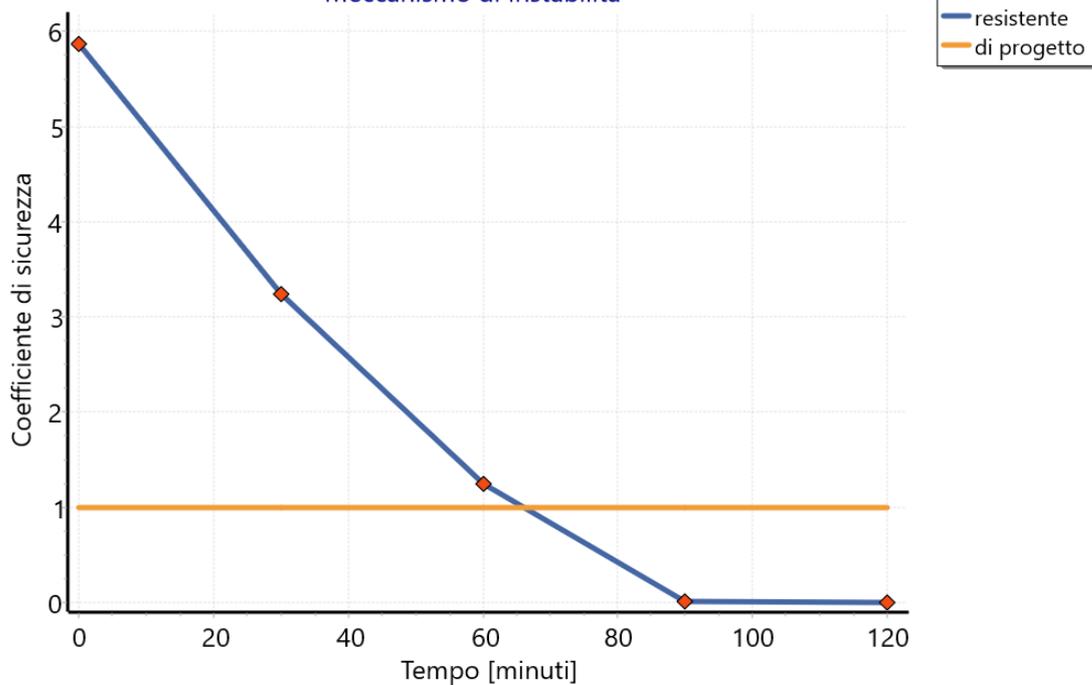


Diagramma di decadimento capacità/domanda

Meccanismo di Instabilità



Esito della verifica: la verifica alla R richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

8 - METODOLOGIA DI CALCOLO

Si riassume, in punti, la metodologia con cui è eseguito il calcolo, in termini di tempo, della resistenza strutturale dell'elemento:

- per il calcolo della Sezione Resistente considerata nei vari meccanismi è stato considerato il "Metodo della sezione trasversale ridotta" (§ 4.2.2 - EC5), secondo il quale la sezione trasversale efficace si ottiene riducendo la sezione trasversale iniziale per la profondità di carbonizzazione efficace (d_{eff}) data da:

$$d_{eff} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \text{ (relazione 4.1 - EC5).}$$

Dove:

$d_{char,n}$ = profondità di carbonizzazione convenzionale;

k_0 = coefficiente che assume i valori:

	k_0
$t < 20 \text{ min}$	$t/20$
$t \geq 20 \text{ min}$	1,0

$d_0 = 7 \text{ mm}$.

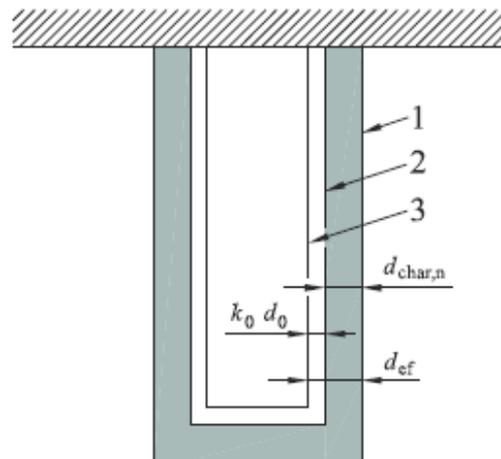
A seconda della presenza o meno di protezioni sul contorno della sezione resistente, la profondità di carbonizzazione convenzionale ($d_{char,n}$) assume i seguenti valori:

- Sezioni NON protette** (per tutto il tempo di esposizione)

$$d_{char} = \beta \cdot t;$$

con:

β = velocità di carbonizzazione;



Legenda

- 1 Superficie iniziale dell'elemento
- 2 Limite della sezione trasversale residua
- 3 Limite della sezione trasversale efficace

t = tempo di esposizione.

- **Sezioni inizialmente protette con "vernice ignifuga o impregnazione profonda"**

$$d_{char} = \alpha \cdot \beta \cdot t;$$

con:

α = fattore di riduzione della velocità di carbonizzazione.

- **Sezioni inizialmente protette con "pannello di Legno"**

Per superfici protette da rivestimenti in legno si assume che:

- la carbonizzazione viene posticipata all'istante t_{ch} dato da:

$$t_{ch} = h_p / \beta_p \text{ (tempo di inizio carbonizzazione - relazione 3.10 - EC5)}$$

con:

h_p = spessore del pannello;

β = velocità di carbonizzazione del pannello.

- l'inizio della carbonizzazione (t_{ch}) coincide l'istante in cui avviene la rottura della protezione (t_f). Quindi $t_{ch} = t_f$ ed inoltre:

$$d_{char} = 0 \quad \text{per} \quad t < t_f (= t_{ch}).$$

- dopo la rottura della protezione e fino al tempo t_a la velocità di carbonizzazione della sezione senza protezione viene moltiplicata per 2. Quindi:

$$d_{char} = 2 \cdot \beta \cdot (t - t_{ch}) \quad \text{per} \quad t_{ch} \leq t \leq t_a.$$

Il tempo t_a è dato dalla relazione (3.8 - EC5):

$$t_a = \min \begin{cases} 2 \cdot t_f & \text{(a);} \\ \frac{25}{2 \cdot \beta} + t_f & \text{(b).} \end{cases}$$

- per $t > t_a$ la velocità di carbonizzazione ritorna ad essere quella della sezione senza protezione. Quindi:

$$d_{char} = \beta \cdot (t - t_a) \quad \text{per} \quad t > t_a.$$

- per ogni meccanismo resistente il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza al tempo considerato;
- appena per un Meccanismo Resistente tale Coefficiente di Sicurezza diventa unitario, quel tempo viene adoperato per definire la Resistenza in termini di tempo dell'elemento strutturale (**60min**).

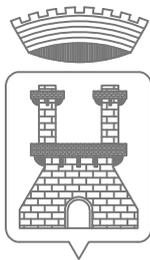
9 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-FUOCO
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza al fuoco per Windows
Numero di serie	19099999
Intestatario Licenza	VERSIONE TRIAL (in prova per 30 giorni)
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

, 29/05/2020

Il Tecnico

...



Comune di San Casciano in Val di Pesa

SCUOLA DELL'INFANZIA POSTA NEL CAPOLUOGO

LAVORI DI ADEGUAMENTO ANTINCENDIO
PROGETTAZIONE ESECUTIVA

IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO

Committente: Comune di San Casciano in Val di Pesa
Provincia di Firenze

Indirizzo intervento: Via San Francesco d'Assisi, 26/A

Progettista . STUDIO ASSOCIATO Frusi & Partners Srl
Per. Ind. Marco Torcini - FI 2151
Dott. Ing. Filippo Galletti - 5162

R.U.P Arch. Francesco Pruneti

Oggetto :
Verifica ai fini della "R" della struttura in CA, LEGNO e ACCIAIO

STUDIO ASSOCIATO Frusi & Partners Societ' d'ingegneria S.r.l.

Sede operativa Viale Europa, 133 - 50126 Firenze

Tel. +39 055 331135 Fax. +39 055 3216814

e-mail: tecnico@studioassociatofrusi.com - pec: info@pec.studioassociatofrusi.com - web: www.studioassociatofrusi.com

Sede legale Via P. Toselli, 73 - 50144 Firenze

Iscrizione CCIAA Firenze con Cod. Fisc. e P.Iva: 05909560483

Data: Maggio 2020

Commessa n° 035/20

Scala: - - -

n. Tavola

Rev.

Rev.

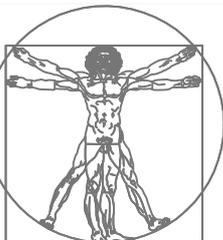
Rev.

Rev.

Rev.

Rev.

ED.01



1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della resistenza al fuoco, relativamente alla capacità portante, di un elemento strutturale in **LEGNO**.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

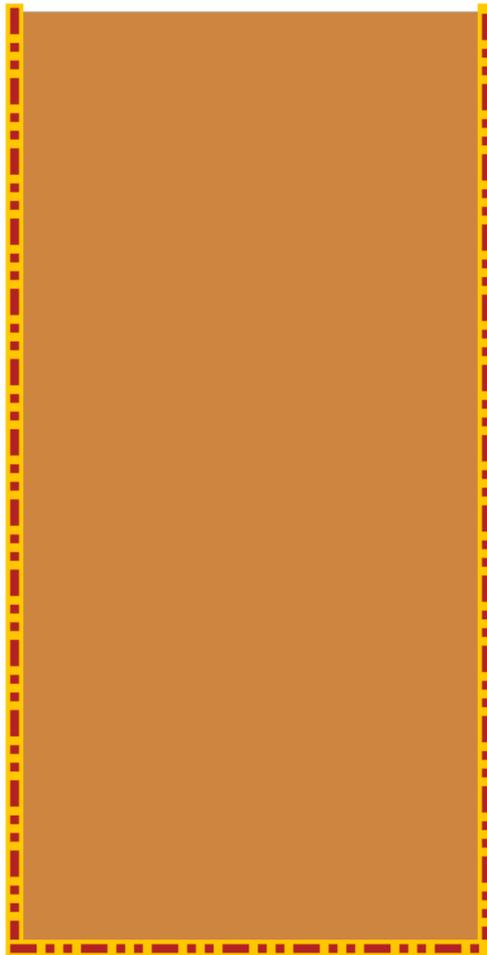
- **Eurocodice 1** - *"Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco"*.
- **Eurocodice 5** - *"Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"*.
- **UNI 9504** - *"Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno"*.
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni"* (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*

3 - GEOMETRIA SEZIONE, ESPOSIZIONE AL FUOCO E CONDIZIONI AL CONTORNO

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica (presenza di materiali isolanti e/o NON strutturali). Sono indicate, inoltre, per ogni lato della sezione, l'esposizione al fuoco e le condizioni al contorno.



Legenda:

- Superficie esposta al fuoco.
- Protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda.
- Protetto con pannelli di legno.

SEZIONE

Caratteristiche della sezione				
Tp	B	H	φ	A
	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
Rettangolare	160	320	-	512.00

LEGENDA:

- Tp** Tipo di sezione.
- B** Base.
- H** Altezza/Lato.
- φ** Diametro.
- A** Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

LEGNO

Caratteristiche legno														
Sigla	γ _k	γ _{mean}	G _{mean}	f _{m,k}	f _{v,k}	γ _M	β _c	V _c	Dir	E _{i,05}	G _{i,05}	E _{i,mean}	F _{c,i,k}	F _{t,i,k}
	[N/m ³]	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[mm/min]		[N/mm ²]				
LM C14	2'900	3'500	440	14.00	3.00	1.0	0.20	0.80	0	4'700	295	7'000	16.00	8.00

									90	-	-	-	2.00	0.40
--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	---	---	---	------	------

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
γ_{mean}	Peso specifico medio.
G_{mean}	Modulo elastico tangenziale.
f_{m,k}	Resistenza a Flessione.
f_{v,k}	Resistenza a taglio.
β_c	Coefficiente di imperfezione per la verifica di instabilità.
V_c	Velocità di penetrazione alla carbonizzazione.
Dir	Direzione.
E_{i,05}	Modulo elastico normale caratteristico [i = (0, 90)].
G_{i,05}	Modulo elastico tangenziale caratteristico [i = (0, 90)].
E_{i,mean}	Modulo elastico normale medio [i = (0, 90)].
F_{c,i,k}	Resistenza caratteristica a compressione [i = (0, 90)].
F_{t,i,k}	Resistenza caratteristica a trazione [i = (0, 90)].

CARATTERISTICHE DELLE PROTEZIONI

Caratteristiche delle protezioni

Desc.	t	β	R
	[mm]	[mm/min]	
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70
protetto con vernice ignifuga o impregnazione profonda	-	-	0.70

LEGENDA:

Desc.	Descrizione.
t	Spessore del pannello.
β	Velocità di carbonizzazione del pannello di protezione.
R	Fattore di riduzione della velocità di carbonizzazione.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali eseguire la verifica della resistenza al fuoco, sono state ricavate dalla combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

con:

- G₁: valore caratteristico delle azioni permanenti;
- G₂: valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P Pretensione e precompressione;
- Q_{ki}: valore caratteristico delle azioni variabili;
- A_d: valori di progetto delle azioni derivanti dall'esposizione all'incendio;
- ψ_{2i} : coefficiente che restituisce il valore quasi permanente del carico.

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni

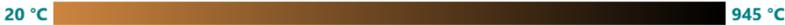
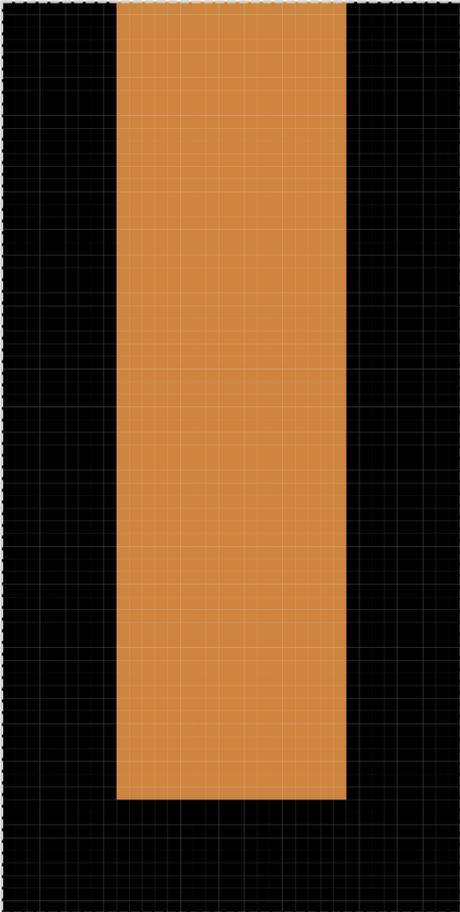
Cmb	SL	Tipo	N	M _{Ed,X}	M _{Ed,Y}	M _Z	T _x	T _y	N _{eq}	M _{eq,x}	M _{eq,y}	Dstr _{MF}	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	[Nm]		
1	ECC	-	47320	0	0	0	0	0	47320	0	0	-	I

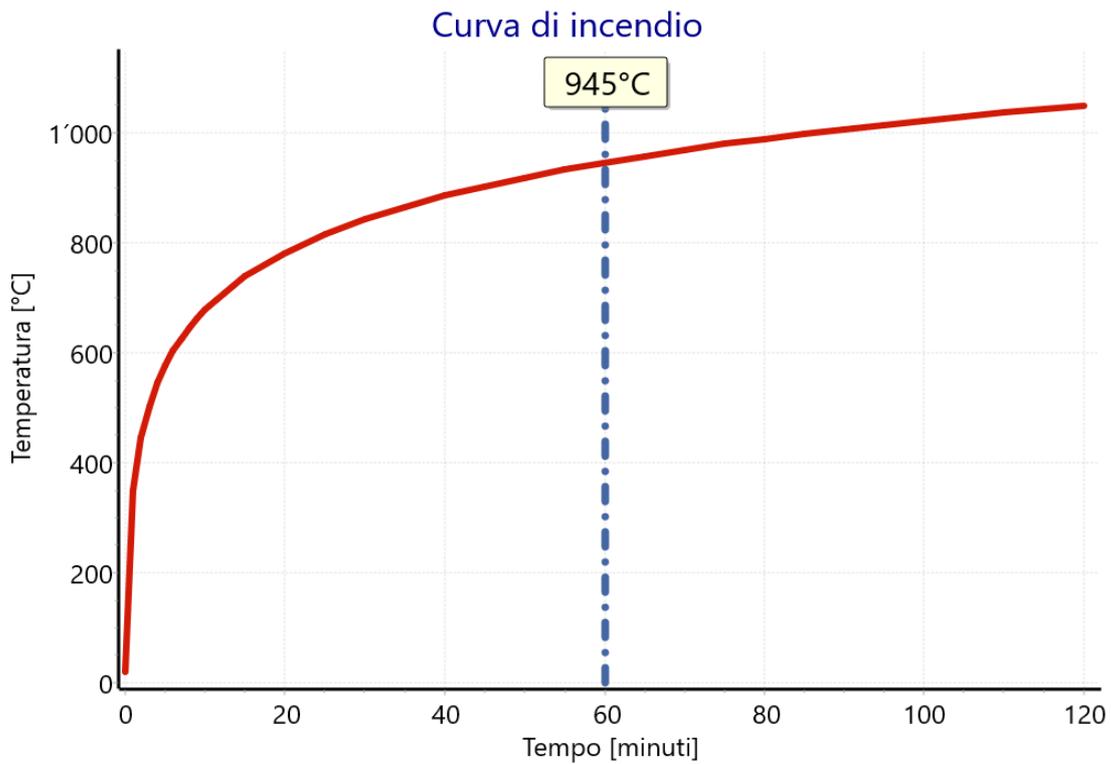
LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).
Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,X}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,Y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_Z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
N_{eq}	Sforzo Normale equivalente.
M_{eq,x}	Momento equivalente intorno a X.
M_{eq,y}	Momento equivalente intorno a Y.
Dstr_{MF}	Distribuzione del momento flettente.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza calcolato alla R richiesta (I=Interno; E=Esterno).

6 - SEZIONE EFFICACE

In corrispondenza della R richiesta (**60min**) la sezione efficace è: **220 cm²**.





7 - VERIFICHE DI RESISTENZA

In corrispondenza della R richiesta (**60min**) si riportano i domini di resistenza in X e Y e le verifiche di resistenza a flessione e taglio e instabilità della sezione oggetto di verifica.

Diagramma del Dominio di Resistenza

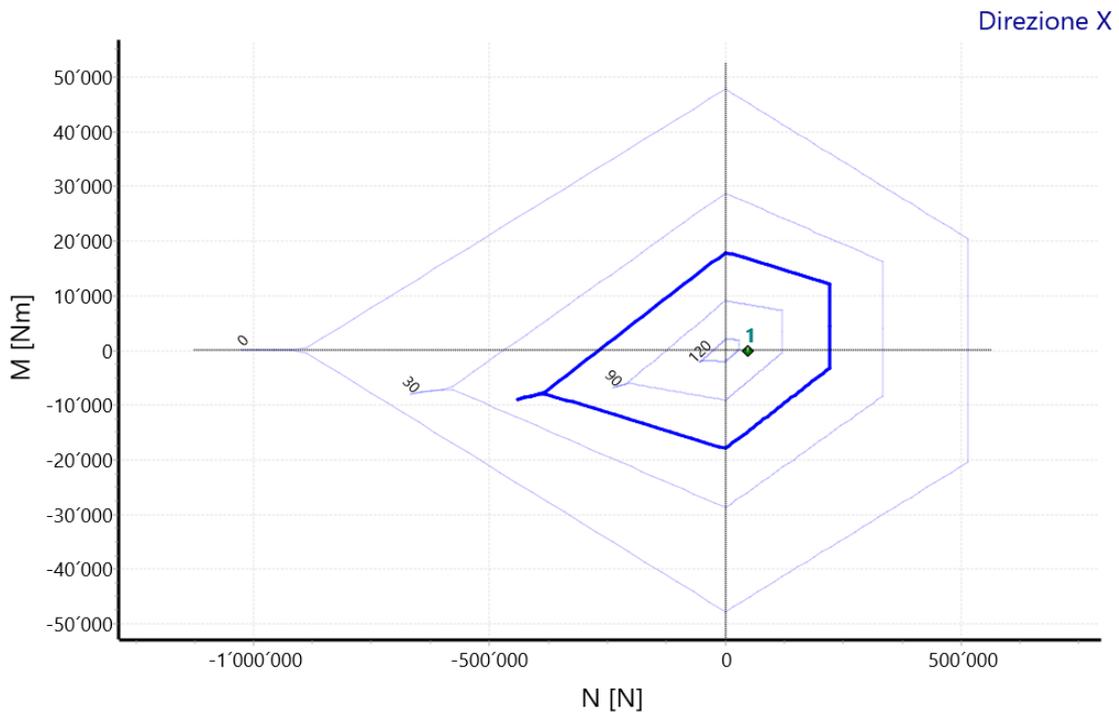
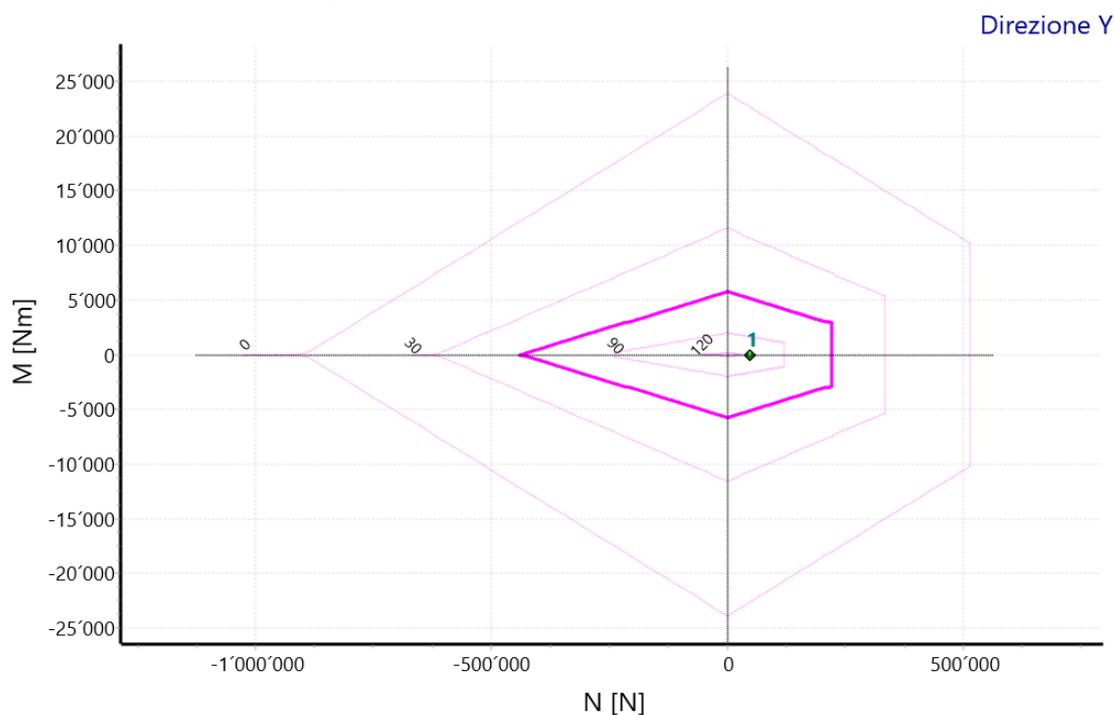


Diagramma del Dominio di Resistenza



DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
	Dir X		Dir Y	
N	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
Tempo = 0min				
-1'024'000	0	0	0	0
-1'024'000	0	0	0	0
-989'867	0	0	0	0
-955'733	0	0	0	0
-921'600	0	0	0	0
-887'467	455	-455	228	-228
-853'333	2'276	-2'276	1'138	-1'138
-819'200	4'096	-4'096	2'048	-2'048
-785'067	5'916	-5'916	2'958	-2'958
-750'933	7'737	-7'737	3'868	-3'868
-716'800	9'557	-9'557	4'779	-4'779
-682'667	11'378	-11'378	5'689	-5'689
-648'533	13'198	-13'198	6'599	-6'599
-614'400	15'019	-15'019	7'509	-7'509
-580'267	16'839	-16'839	8'420	-8'420
-546'133	18'660	-18'660	9'330	-9'330
-512'000	20'480	-20'480	10'240	-10'240
-477'867	22'300	-22'300	11'150	-11'150
-443'733	24'121	-24'121	12'060	-12'060
-409'600	25'941	-25'941	12'971	-12'971
-375'467	27'762	-27'762	13'881	-13'881
-341'333	29'582	-29'582	14'791	-14'791
-307'200	31'403	-31'403	15'701	-15'701
-273'067	33'223	-33'223	16'612	-16'612
-238'933	35'044	-35'044	17'522	-17'522
-204'800	36'864	-36'864	18'432	-18'432
-170'667	38'684	-38'684	19'342	-19'342
-136'533	40'505	-40'505	20'252	-20'252
-102'400	42'325	-42'325	21'163	-21'163

-68'267	44'146	-44'146	22'073	-22'073
-34'133	45'966	-45'966	22'983	-22'983
0	47'787	-47'787	23'893	-23'893
17'067	46'876	-46'876	23'438	-23'438
34'133	45'966	-45'966	22'983	-22'983
51'200	45'056	-45'056	22'528	-22'528
68'267	44'146	-44'146	22'073	-22'073
85'333	43'236	-43'236	21'618	-21'618
102'400	42'325	-42'325	21'163	-21'163
119'467	41'415	-41'415	20'708	-20'708
136'533	40'505	-40'505	20'252	-20'252
153'600	39'595	-39'595	19'797	-19'797
170'667	38'684	-38'684	19'342	-19'342
187'733	37'774	-37'774	18'887	-18'887
204'800	36'864	-36'864	18'432	-18'432
221'867	35'954	-35'954	17'977	-17'977
238'933	35'044	-35'044	17'522	-17'522
256'000	34'133	-34'133	17'067	-17'067
273'067	33'223	-33'223	16'612	-16'612
290'133	32'313	-32'313	16'156	-16'156
307'200	31'403	-31'403	15'701	-15'701
324'267	30'492	-30'492	15'246	-15'246
341'333	29'582	-29'582	14'791	-14'791
358'400	28'672	-28'672	14'336	-14'336
375'467	27'762	-27'762	13'881	-13'881
392'533	26'852	-26'852	13'426	-13'426
409'600	25'941	-25'941	12'971	-12'971
426'667	25'031	-25'031	12'516	-12'516
443'733	24'121	-24'121	12'060	-12'060
460'800	23'211	-23'211	11'605	-11'605
477'867	22'300	-22'300	11'150	-11'150
494'933	21'390	-21'390	10'695	-10'695
512'000	20'480	-20'480	10'240	-10'240
512'000	0	0	0	0
Tempo = 30min				
-665'858	-7'924	-7'924	0	0
-665'858	-7'924	-7'924	0	0
-643'662	-7'660	-7'660	0	0
-621'467	-7'395	-7'395	0	0
-599'272	-7'131	-7'131	337	-337
-577'077	-6'593	-7'141	752	-752
-554'881	-5'233	-7'973	1'168	-1'168
-532'686	-3'874	-8'804	1'584	-1'584
-510'491	-2'514	-9'636	2'000	-2'000
-488'296	-1'154	-10'467	2'416	-2'416
-466'100	206	-11'299	2'831	-2'831
-443'905	1'566	-12'131	3'247	-3'247
-421'710	2'926	-12'962	3'663	-3'663
-399'515	4'285	-13'794	4'079	-4'079
-377'319	5'645	-14'625	4'495	-4'495
-355'124	7'005	-15'457	4'910	-4'910
-332'929	8'365	-16'289	5'326	-5'326
-310'734	9'725	-17'120	5'742	-5'742
-288'538	11'085	-17'952	6'158	-6'158
-266'343	12'444	-18'783	6'573	-6'573
-244'148	13'804	-19'615	6'989	-6'989
-221'953	15'164	-20'446	7'405	-7'405
-199'757	16'524	-21'278	7'821	-7'821
-177'562	17'884	-22'110	8'237	-8'237
-155'367	19'243	-22'941	8'652	-8'652
-133'172	20'603	-23'773	9'068	-9'068
-110'976	21'963	-24'604	9'484	-9'484
-88'781	23'323	-25'436	9'900	-9'900
-66'586	24'683	-26'268	10'316	-10'316
-44'391	26'043	-27'099	10'731	-10'731

-22'195	27'402	-27'931	11'147	-11'147
0	28'762	-28'762	11'563	-11'563
11'098	28'346	-28'082	11'355	-11'355
22'195	27'931	-27'402	11'147	-11'147
33'293	27'515	-26'723	10'939	-10'939
44'391	27'099	-26'043	10'731	-10'731
55'488	26'683	-25'363	10'523	-10'523
66'586	26'268	-24'683	10'316	-10'316
77'683	25'852	-24'003	10'108	-10'108
88'781	25'436	-23'323	9'900	-9'900
99'879	25'020	-22'643	9'692	-9'692
110'976	24'604	-21'963	9'484	-9'484
122'074	24'189	-21'283	9'276	-9'276
133'172	23'773	-20'603	9'068	-9'068
144'269	23'357	-19'923	8'860	-8'860
155'367	22'941	-19'243	8'652	-8'652
166'464	22'525	-18'564	8'445	-8'445
177'562	22'110	-17'884	8'237	-8'237
188'660	21'694	-17'204	8'029	-8'029
199'757	21'278	-16'524	7'821	-7'821
210'855	20'862	-15'844	7'613	-7'613
221'953	20'446	-15'164	7'405	-7'405
233'050	20'031	-14'484	7'197	-7'197
244'148	19'615	-13'804	6'989	-6'989
255'245	19'199	-13'124	6'781	-6'781
266'343	18'783	-12'444	6'573	-6'573
277'441	18'367	-11'764	6'366	-6'366
288'538	17'952	-11'085	6'158	-6'158
299'636	17'536	-10'405	5'950	-5'950
310'734	17'120	-9'725	5'742	-5'742
321'831	16'704	-9'045	5'534	-5'534
332'929	16'289	-8'365	5'326	-5'326
332'929	3'962	3'962	0	0
Tempo = 60min				
-440'334	-8'939	-8'939	0	0
-440'334	-8'939	-8'939	0	0
-425'657	-8'641	-8'641	165	-165
-410'979	-8'343	-8'343	358	-358
-396'301	-8'045	-8'045	551	-551
-381'623	-7'576	-7'918	743	-743
-366'945	-6'595	-8'303	936	-936
-352'268	-5'613	-8'689	1'129	-1'129
-337'590	-4'632	-9'074	1'322	-1'322
-322'912	-3'650	-9'460	1'515	-1'515
-308'234	-2'669	-9'846	1'707	-1'707
-293'556	-1'687	-10'231	1'900	-1'900
-278'878	-706	-10'617	2'093	-2'093
-264'201	276	-11'002	2'286	-2'286
-249'523	1'257	-11'388	2'478	-2'478
-234'845	2'238	-11'773	2'671	-2'671
-220'167	3'220	-12'159	2'864	-2'864
-205'489	4'201	-12'544	3'057	-3'057
-190'812	5'183	-12'930	3'249	-3'249
-176'134	6'164	-13'315	3'442	-3'442
-161'456	7'146	-13'701	3'635	-3'635
-146'778	8'127	-14'086	3'828	-3'828
-132'100	9'109	-14'472	4'021	-4'021
-117'423	10'090	-14'857	4'213	-4'213
-102'745	11'072	-15'243	4'406	-4'406
-88'067	12'053	-15'629	4'599	-4'599
-73'389	13'035	-16'014	4'792	-4'792
-58'711	14'016	-16'400	4'984	-4'984
-44'033	14'997	-16'785	5'177	-5'177
-29'356	15'979	-17'171	5'370	-5'370
-14'678	16'960	-17'556	5'563	-5'563

0	17'942	-17'942	5'755	-5'755
7'339	17'749	-17'451	5'659	-5'659
14'678	17'556	-16'960	5'563	-5'563
22'017	17'363	-16'470	5'466	-5'466
29'356	17'171	-15'979	5'370	-5'370
36'695	16'978	-15'488	5'274	-5'274
44'033	16'785	-14'997	5'177	-5'177
51'372	16'592	-14'507	5'081	-5'081
58'711	16'400	-14'016	4'984	-4'984
66'050	16'207	-13'525	4'888	-4'888
73'389	16'014	-13'035	4'792	-4'792
80'728	15'821	-12'544	4'695	-4'695
88'067	15'629	-12'053	4'599	-4'599
95'406	15'436	-11'562	4'502	-4'502
102'745	15'243	-11'072	4'406	-4'406
110'084	15'050	-10'581	4'310	-4'310
117'423	14'857	-10'090	4'213	-4'213
124'761	14'665	-9'599	4'117	-4'117
132'100	14'472	-9'109	4'021	-4'021
139'439	14'279	-8'618	3'924	-3'924
146'778	14'086	-8'127	3'828	-3'828
154'117	13'894	-7'637	3'731	-3'731
161'456	13'701	-7'146	3'635	-3'635
168'795	13'508	-6'655	3'539	-3'539
176'134	13'315	-6'164	3'442	-3'442
183'473	13'123	-5'674	3'346	-3'346
190'812	12'930	-5'183	3'249	-3'249
198'150	12'737	-4'692	3'153	-3'153
205'489	12'544	-4'201	3'057	-3'057
212'828	12'352	-3'711	2'960	-2'960
220'167	12'159	-3'220	2'864	-2'864
220'167	4'469	4'469	0	0
Tempo = 90min				
-237'390	-6'813	-6'813	0	0
-237'390	-6'813	-6'813	201	-201
-229'477	-6'586	-6'586	260	-260
-221'564	-6'359	-6'359	320	-320
-213'651	-6'132	-6'132	380	-380
-205'738	-5'818	-5'991	439	-439
-197'825	-5'245	-6'111	499	-499
-189'912	-4'671	-6'230	558	-558
-181'999	-4'098	-6'349	618	-618
-174'086	-3'524	-6'468	678	-678
-166'173	-2'951	-6'587	737	-737
-158'260	-2'378	-6'707	797	-797
-150'347	-1'804	-6'826	856	-856
-142'434	-1'231	-6'945	916	-916
-134'521	-657	-7'064	976	-976
-126'608	-84	-7'184	1'035	-1'035
-118'695	490	-7'303	1'095	-1'095
-110'782	1'063	-7'422	1'155	-1'155
-102'869	1'636	-7'541	1'214	-1'214
-94'956	2'210	-7'660	1'274	-1'274
-87'043	2'783	-7'780	1'333	-1'333
-79'130	3'357	-7'899	1'393	-1'393
-71'217	3'930	-8'018	1'453	-1'453
-63'304	4'504	-8'137	1'512	-1'512
-55'391	5'077	-8'257	1'572	-1'572
-47'478	5'650	-8'376	1'631	-1'631
-39'565	6'224	-8'495	1'691	-1'691
-31'652	6'797	-8'614	1'751	-1'751
-23'739	7'371	-8'733	1'810	-1'810
-15'826	7'944	-8'853	1'870	-1'870
-7'913	8'518	-8'972	1'929	-1'929
0	9'091	-9'091	1'989	-1'989

3'957	9'031	-8'804	1'959	-1'959
7'913	8'972	-8'518	1'929	-1'929
11'870	8'912	-8'231	1'900	-1'900
15'826	8'853	-7'944	1'870	-1'870
19'783	8'793	-7'657	1'840	-1'840
23'739	8'733	-7'371	1'810	-1'810
27'696	8'674	-7'084	1'780	-1'780
31'652	8'614	-6'797	1'751	-1'751
35'609	8'555	-6'511	1'721	-1'721
39'565	8'495	-6'224	1'691	-1'691
43'522	8'435	-5'937	1'661	-1'661
47'478	8'376	-5'650	1'631	-1'631
51'435	8'316	-5'364	1'602	-1'602
55'391	8'257	-5'077	1'572	-1'572
59'348	8'197	-4'790	1'542	-1'542
63'304	8'137	-4'504	1'512	-1'512
67'261	8'078	-4'217	1'482	-1'482
71'217	8'018	-3'930	1'453	-1'453
75'174	7'958	-3'643	1'423	-1'423
79'130	7'899	-3'357	1'393	-1'393
83'087	7'839	-3'070	1'363	-1'363
87'043	7'780	-2'783	1'333	-1'333
91'000	7'720	-2'497	1'304	-1'304
94'956	7'660	-2'210	1'274	-1'274
98'913	7'601	-1'923	1'244	-1'244
102'869	7'541	-1'636	1'214	-1'214
106'826	7'482	-1'350	1'184	-1'184
110'782	7'422	-1'063	1'155	-1'155
114'739	7'362	-776	1'125	-1'125
118'695	7'303	-490	1'095	-1'095
118'695	3'406	3'406	0	0
Tempo = 120min				
-57'026	-2'116	-2'116	0	0
-57'026	-2'116	-2'116	15	-15
-55'125	-2'045	-2'045	19	-19
-53'224	-1'975	-1'975	23	-23
-51'323	-1'904	-1'904	26	-26
-49'422	-1'814	-1'853	30	-30
-47'521	-1'666	-1'860	34	-34
-45'620	-1'517	-1'868	37	-37
-43'720	-1'369	-1'875	41	-41
-41'819	-1'221	-1'882	45	-45
-39'918	-1'072	-1'890	48	-48
-38'017	-924	-1'897	52	-52
-36'116	-775	-1'904	56	-56
-34'215	-627	-1'912	59	-59
-32'315	-479	-1'919	63	-63
-30'414	-330	-1'927	67	-67
-28'513	-182	-1'934	70	-70
-26'612	-33	-1'941	74	-74
-24'711	115	-1'949	78	-78
-22'810	263	-1'956	81	-81
-20'909	412	-1'963	85	-85
-19'009	560	-1'971	89	-89
-17'108	709	-1'978	92	-92
-15'207	857	-1'985	96	-96
-13'306	1'005	-1'993	100	-100
-11'405	1'154	-2'000	103	-103
-9'504	1'302	-2'007	107	-107
-7'603	1'451	-2'015	111	-111
-5'703	1'599	-2'022	114	-114
-3'802	1'747	-2'029	118	-118
-1'901	1'896	-2'037	122	-122
0	2'044	-2'044	125	-125
950	2'040	-1'970	124	-124

1'901	2'037	-1'896	122	-122
2'851	2'033	-1'822	120	-120
3'802	2'029	-1'747	118	-118
4'752	2'026	-1'673	116	-116
5'703	2'022	-1'599	114	-114
6'653	2'018	-1'525	113	-113
7'603	2'015	-1'451	111	-111
8'554	2'011	-1'376	109	-109
9'504	2'007	-1'302	107	-107
10'455	2'004	-1'228	105	-105
11'405	2'000	-1'154	103	-103
12'356	1'996	-1'080	102	-102
13'306	1'993	-1'005	100	-100
14'256	1'989	-931	98	-98
15'207	1'985	-857	96	-96
16'157	1'982	-783	94	-94
17'108	1'978	-709	92	-92
18'058	1'974	-634	90	-90
19'009	1'971	-560	89	-89
19'959	1'967	-486	87	-87
20'909	1'963	-412	85	-85
21'860	1'960	-338	83	-83
22'810	1'956	-263	81	-81
23'761	1'952	-189	79	-79
24'711	1'949	-115	78	-78
25'662	1'945	-41	76	-76
26'612	1'941	33	74	-74
27'562	1'938	108	72	-72
28'513	1'934	182	70	-70
28'513	1'058	1'058	0	0

LEGENDA:

Dir	Direzione.
N	Sforzo Normale di progetto.
M_{Rd,max}	Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
M_{Rd,min}	Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE DEVIATA ALLO SLU

Pressoflessione Deviata allo Stato Limite Ultimo

T	A _{eff}	Cmb	N _{Ed}	CS	Dir	M _{Ed}	M _{Rd}
[min]	[cm ²]		[N]			[Nm]	[Nm]
0	512	1	47320	10.82	x-x	0	47787
					y-y	0	23893
30	333	1	47320	6.18	x-x	0	-28762
					y-y	0	11563
60	220	1	47320	3.72	x-x	0	-17942
					y-y	0	5755
90	119	1	47320	1.82	x-x	0	-9091
					y-y	0	1989
120	29	1	47320	0.40	x-x	0	-2044
					y-y	0	125

LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed}	Sollecitazioni di progetto.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
Dir	Direzione.
M_{Rd}	Momento resistente in direzione X(Y).

VERIFICA A TAGLIO+TORSIONE

Verifiche a Taglio+Torsione

T	A _{eff}	Cmb	CS	K _{shd}	K _{mod}	T _{Ed}	F _{Vd}	τ _{T,Ed}	Dir	V _{Ed}	τ _{V,Ed}
[min]	[cm ²]					[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N]	[N/mm ²]
0	511	1	-	1.30	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000
									y-y	0	0.000
30	332	1	-	1.40	1.00	0	3.75	0.000	x-x	0	0.000

										y-y	0	0.000
60	220	1	-	1.53	1.00	0	3.75	0.000		x-x	0	0.000
										y-y	0	0.000
90	118	1	-	1.87	1.00	0	3.75	0.000		x-x	0	0.000
										y-y	0	0.000
120	28	1	-	2.00	1.00	0	3.75	0.000		x-x	0	0.000
										y-y	0	0.000

LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
K_{shd}	Coefficiente che tiene conto della forma della sezione.
K_{mod}	Coefficiente di riduzione per Classe di Servizio e di Durata del carico.
T_{Ed}	Momento torcente di progetto.
F_{vd}	Tensione resistente di calcolo a taglio.
τ_{T,Ed}	Tensione tangenziale di calcolo per torsione.
Dir	Direzione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
τ_{V,Ed}	Tensione tangenziale di calcolo per taglio.

DATI ELEMENTO PER INSTABILITÀ

Dati elemento per instabilità					
L _N	LL _{i,x}	LL _{i,y}	n	β _x	β _y
[m]	[m]	[m]			
3.50	2.80	2.80	-	0.80	0.80

LEGENDA:

L_N	Luce Netta.
LL_{i,x}	Lunghezza libera di inflessione in direzione X.
LL_{i,y}	Lunghezza libera di inflessione in direzione Y.
n	Numero di ritegni torsionali(compresi gli estremi).
β_x	Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione in direzione x.
β_y	Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione in direzione y.

VERIFICA INSTABILITÀ

Verifiche instabilità a pressoflessione deviata												
T	A _{eff}	Cmb	CS	K _{mod}	F _{md}	σ _{c,0d}	F _{c,0d}	K _{crit,m}	Dir	K _h	K _{crit,c}	σ _{md}
[min]	[cm ²]				[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					[N/mm ²]
0	511	1	-	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.60	0.00
									y-y	1.00	0.93	0.00
30	332	1	-	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.34	0.00
									y-y	1.06	0.91	0.00
60	220	1	-	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.18	0.00
									y-y	1.14	0.90	0.00
90	118	1	-	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.06	0.00
									y-y	1.27	0.88	0.00
120	28	1	-	1.00	17.50	0.00	20.00	1.00	x-x	1.00	0.00	0.00
									y-y	1.30	0.86	0.00

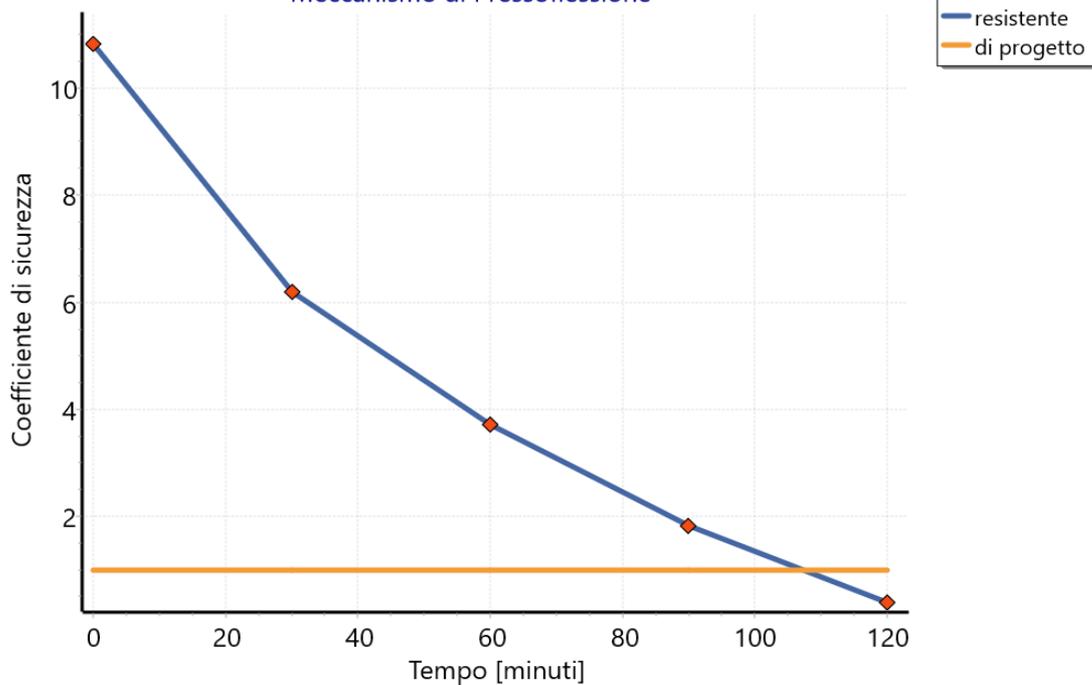
LEGENDA:

T	Tempo di esposizione all'incendio.
A_{eff}	Area efficace della sezione per ogni step strutturale.
Cmb	Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
K_{mod}	Coefficiente di riduzione per Classe di Servizio e di Durata del carico.
F_{md}	Tensione resistente per Flessione rispetto alla direzione locale.
σ_{c,0d}	Tensione di progetto a compressione in direzione parallela alla fibratura.
F_{c,0d}	Tensione resistente a compressione in direzione parallela alla fibratura.
K_{crit,m}	Coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità laterale.
Dir	Direzione.
K_h	Coefficiente di amplificazione della resistenza per flessione e trazione.
K_{crit,c}	Coefficiente riduttivo della tensione critica per instabilità da sforzo normale.
σ_{md}	Tensione per Momento di progetto rispetto alla direzione locale.

Come risultato di sintesi si riportano le curve di decadimento per ogni singolo meccanismo.

Diagramma di decadimento capacità/domanda

Meccanismo di Pressoflessione



Esito della verifica: la verifica alla R richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

8 - METODOLOGIA DI CALCOLO

Si riassume, in punti, la metodologia con cui è eseguito il calcolo, in termini di tempo, della resistenza strutturale dell'elemento:

- per il calcolo della Sezione Resistente considerata nei vari meccanismi è stato considerato il "Metodo della sezione trasversale ridotta" (§ 4.2.2 - EC5), secondo il quale la sezione trasversale efficace si ottiene riducendo la sezione trasversale iniziale per la profondità di carbonizzazione efficace (d_{eff}) data da:

$$d_{eff} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \text{ (relazione 4.1 - EC5).}$$

Dove:

$d_{char,n}$ = profondità di carbonizzazione convenzionale;

k_0 = coefficiente che assume i valori:

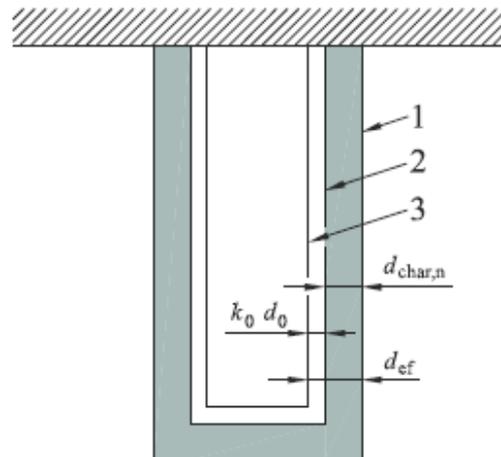
	k_0
$t < 20 \text{ min}$	$t/20$
$t \geq 20 \text{ min}$	1,0

$d_0 = 7 \text{ mm}$.

A seconda della presenza o meno di protezioni sul contorno della sezione resistente, la profondità di carbonizzazione convenzionale ($d_{char,n}$) assume i seguenti valori:

- Sezioni NON protette** (per tutto il tempo di esposizione)

$$d_{char} = \beta \cdot t;$$



Legenda

- Superficie iniziale dell'elemento
- Limite della sezione trasversale residua
- Limite della sezione trasversale efficace

con:

β = velocità di carbonizzazione;
 t = tempo di esposizione.

- **Sezioni inizialmente protette con "vernice ignifuga o impregnazione profonda"**

$$d_{char} = \alpha \cdot \beta \cdot t;$$

con:

α = fattore di riduzione della velocità di carbonizzazione.

- **Sezioni inizialmente protette con "pannello di Legno"**

Per superfici protette da rivestimenti in legno si assume che:

- la carbonizzazione viene posticipata all'istante t_{ch} dato da:

$$t_{ch} = h_p / \beta_p \text{ (tempo di inizio carbonizzazione - relazione 3.10 - EC5)}$$

con:

h_p = spessore del pannello;
 β = velocità di carbonizzazione del pannello.

- l'inizio della carbonizzazione (t_{ch}) coincide l'istante in cui avviene la rottura della protezione (t_f). Quindi $t_{ch} = t_f$ ed inoltre:

$$d_{char} = 0 \quad \text{per} \quad t < t_f (= t_{ch}).$$

- dopo la rottura della protezione e fino al tempo t_a la velocità di carbonizzazione della sezione senza protezione viene moltiplicata per 2. Quindi:

$$d_{char} = 2 \cdot \beta \cdot (t - t_{ch}) \quad \text{per} \quad t_{ch} \leq t \leq t_a.$$

Il tempo t_a è dato dalla relazione (3.8 - EC5):

$$t_a = \min \begin{cases} 2 \cdot t_f & \text{(a);} \\ \frac{25}{2 \cdot \beta} + t_f & \text{(b).} \end{cases}$$

- per $t > t_a$ la velocità di carbonizzazione ritorna ad essere quella della sezione senza protezione. Quindi:

$$d_{char} = \beta \cdot (t - t_a) \quad \text{per} \quad t > t_a.$$

- per ogni meccanismo resistente il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza al tempo considerato;
- appena per un Meccanismo Resistente tale Coefficiente di Sicurezza diventa unitario, quel tempo viene adoperato per definire la Resistenza in termini di tempo dell'elemento strutturale (**90min**).

9 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-FUOCO
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza al fuoco per Windows
Numero di serie	19099999
Intestatario Licenza	VERSIONE TRIAL (in prova per 30 giorni)
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

, 29/05/2020

Il *Tecnico*

...