



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI
SERVIZIO DEL GENIO CIVILE DI ORISTANO

**Interventi straordinari per gli adempimenti sulla sicurezza nei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08, nell'immobile in uso al CFVA (Corpo Forestale e Vigilanza Ambientale), sito in Oristano Via Curreli n.6, Oristano (cod. 220).
- CUP: E15E20004000002. - PROGETTO ESECUTIVO -**

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE LIGNEE



Mario Bosu
29.09.2026
08:44:08
GMT+01:00



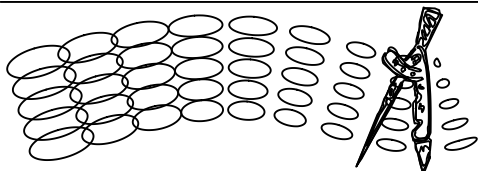
GIANNI PORCU
Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Oristano
Ingegnere
28.09.2026
23:13:38
GMT+02:00

I PROGETTISTI

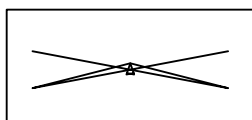
Ing. Mario Bosu
Ing. Gianni Porcu
Arch. Jr. Carlo Orrù

IL R. U. P.

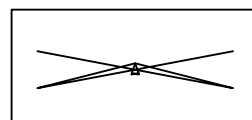
Ing. Stefano Piga



Studio Tecnico Associato degli ingegneri Porcu-Sechi
www.porcusechi.it



STUDIO TECNICO ING. MARIO BOSU
C.so Umberto I, n° 1/b - Ghilarza (OR) - 09074 - 347/70.25.286
bosum@tiscali.it -- mario.bosu@ingpec.eu



30/07/2026

RCS 03

SCALA : _#_

REV. 03

Comune di Oristano
Provincia di Oristano

**RELAZIONE DI VALUTAZIONE DELLA
RESISTENZA AL FUOCO**

OGGETTO: Copertura CFVA Oristano via Curreli

COMMITTENTE: RAS - Servizio Genio Civile di Oristano

UBICAZIONE: Via Curreli

Oristano, 01/04/2026

Il Tecnico

(Gianni Porcu)

Il Direttore dei Lavori

Il Collaudatore

(ing. Mario Bosu)

(_____)

Studio Tecnico degli Ingg. Porcu-Sechi

Via Filippo Brunelleschi, 27 - Oristano
0783 71315 - gianni@porcusechi.it

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

La valutazione della resistenza al fuoco della struttura di copertura viene condotta con la verifica della resistenza in condizioni di **combinazione SLU eccezionale** dei carichi ($G_1 + G_2 + A_d + \sum(\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$), considerando il peso proprio (G_1 : peso proprio trave in legno), carichi permanenti (G_2 : peso proprio pannelli di copertura ed eventuale futuro fotovoltaico), azioni eccezionali di progetto (nel nostro caso pari a 0) e una percentuale ridotta dei carichi variabili ($Q_{k,i}$) secondo coefficienti di combinazione riduttivi $\psi_{2,j}$ della tabella seguente:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nel caso di coperture, come quella in analisi, il coefficiente $\psi_{2,j}$ è pari a 0.

Non si considerano vento o neve simultanei.

In totale si ha un carico di calcolo pari a: $G_1 + G_2 = (0,16 \times 0,24 \times 5000 + 180 + 200)$ N/m = 572 N/m

Per tale carico, considerando le travi con luce 6,80 m, semplicemente poggiate agli estremi, si ha:

$$M_A = QL^2/8 = 3306 \text{ Nm}$$

$$T_1=T_2= QL/2 = 1945 \text{ Nm}$$

Poiché le travi hanno una inclinazione trasversale di 5°, si ha che le due componenti principali delle sollecitazioni sono:

$$M_{Ay} = 3306 \cos(5^\circ) = 3293 \text{ Nm}$$

$$M_{Ax} = 3306 \sin(5^\circ) = 288 \text{ Nm}$$

$$T_{1y} = 1945 \cos(5^\circ) = 1938 \text{ Nm}$$

$$T_{1x} = 1945 \sin(5^\circ) = 170 \text{ Nm}$$

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

Tp	Caratteristiche della sezione			
	B	H	ϕ	A
	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]
Rettangolare	160	240	-	384.00

LEGENDA:

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

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]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
LL GL28h	4'250	4'600	650	28.00	3.50	1.0	0.10	0.80	0	10'500	540	12'600	28.00	22.30
									90	-	-	-	2.50	0.50

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)].

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:

- G_1 : valore caratteristico delle azioni permanenti;
- G_2 : 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

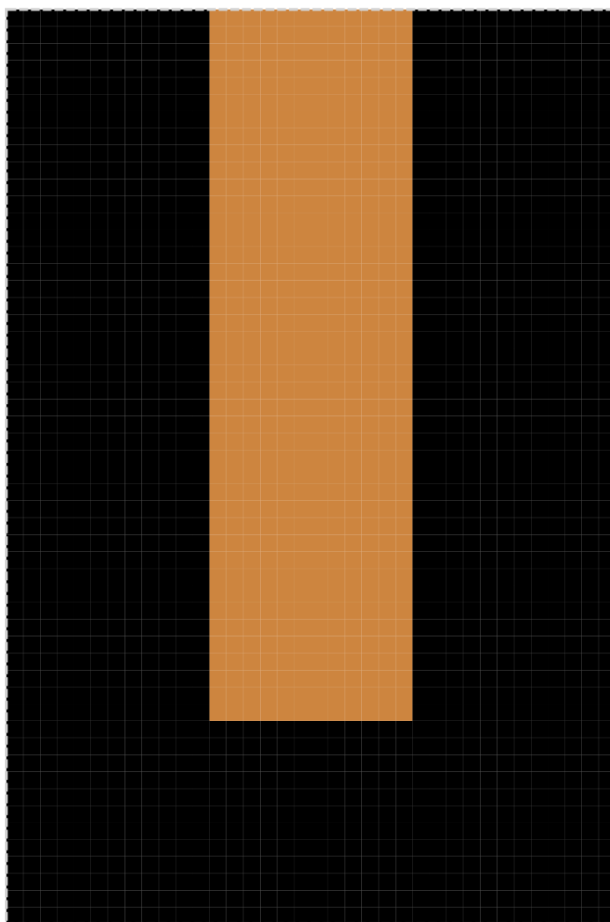
Cmb	SL	Tipo	N	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	M_z	T_x	T_y	N_{eq}	$M_{eq,x}$	$M_{eq,y}$	$Dstr_{MF}$	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[Nm]	[Nm]		
1	ECC	-	0	3293	288	0	1938	170	0	3293	288	-	I

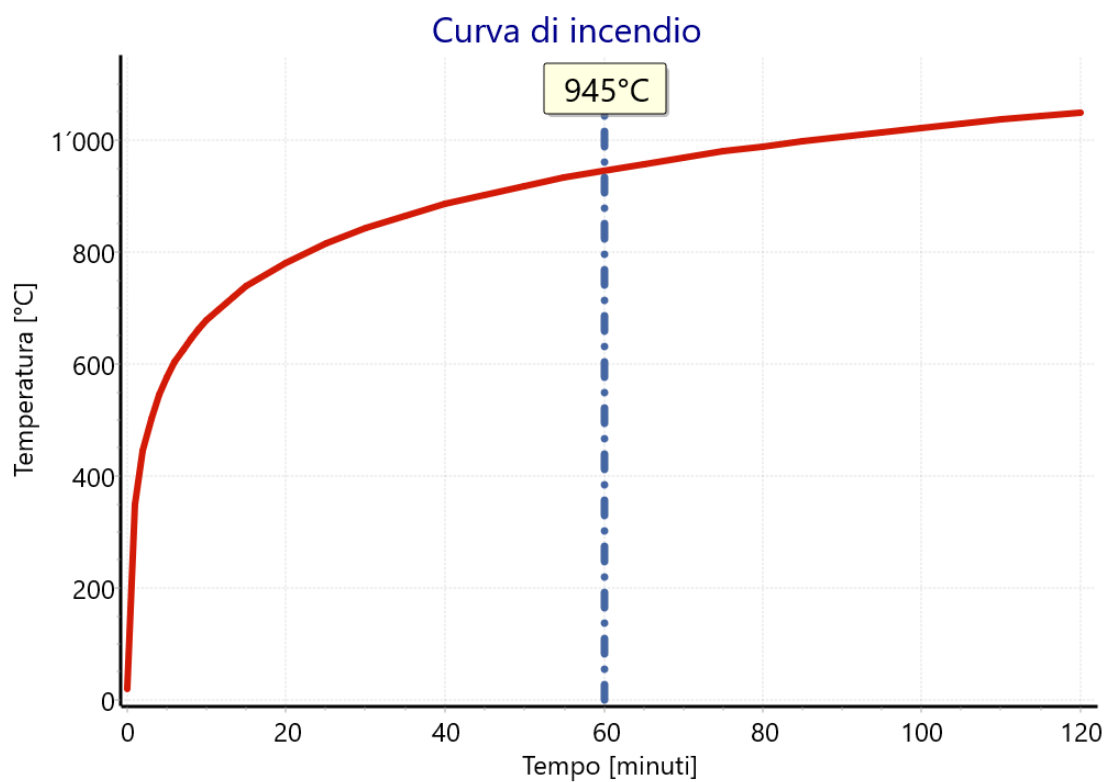
LEGENDA:

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: **92 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

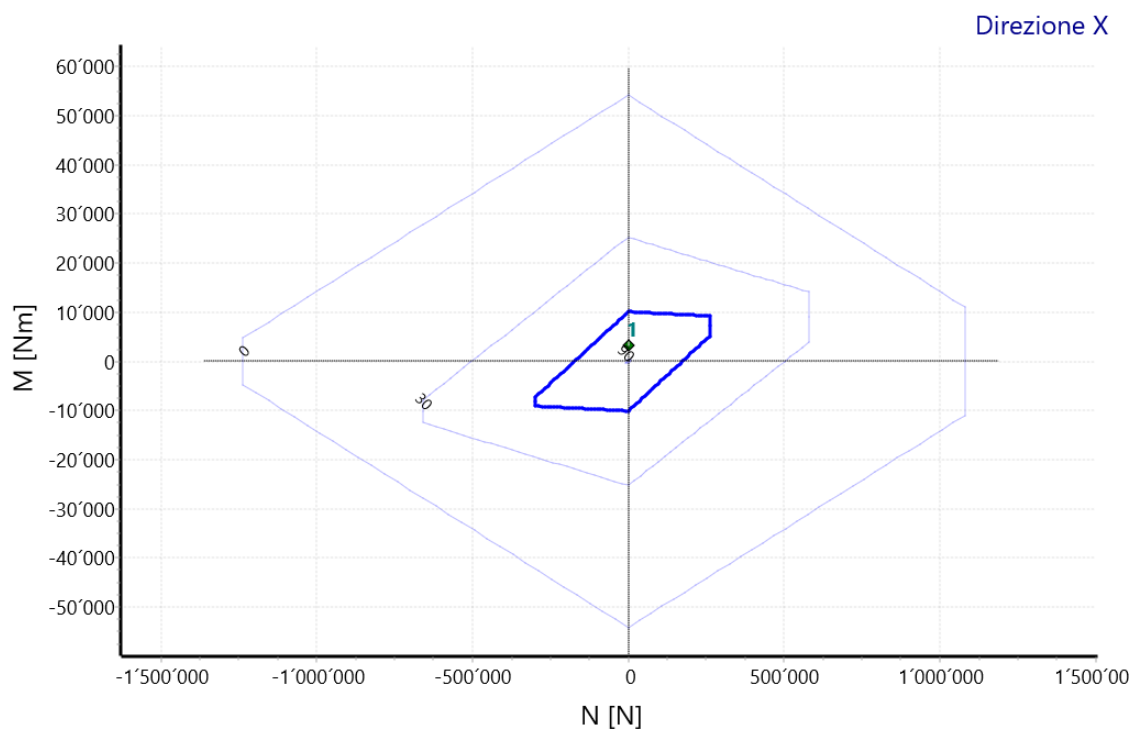
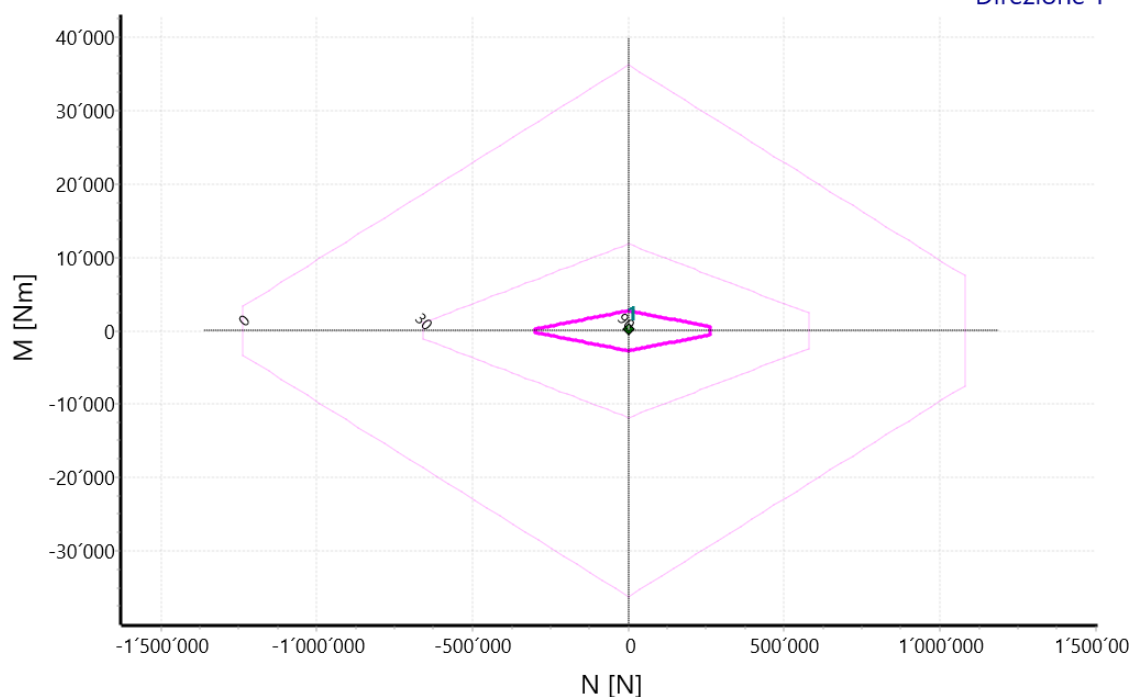


Diagramma del Dominio di Resistenza

Direzione Y



DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza

N	Dir X		Dir Y	
	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$	$M_{Rd,max}$	$M_{Rd,min}$
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
Tempo = 0min				
-1'236'480	0	0	0	0
-1'236'480	4'746	-4'746	3'297	-3'297
-1'195'264	6'395	-6'395	4'396	-4'396
-1'154'048	8'043	-8'043	5'495	-5'495
-1'112'832	9'692	-9'692	6'595	-6'595
-1'071'616	11'341	-11'341	7'694	-7'694
-1'030'400	12'989	-12'989	8'793	-8'793
-989'184	14'638	-14'638	9'892	-9'892
-947'968	16'286	-16'286	10'991	-10'991
-906'752	17'935	-17'935	12'090	-12'090
-865'536	19'584	-19'584	13'189	-13'189
-824'320	21'232	-21'232	14'288	-14'288
-783'104	22'881	-22'881	15'387	-15'387
-741'888	24'530	-24'530	16'486	-16'486
-700'672	26'178	-26'178	17'585	-17'585
-659'456	27'827	-27'827	18'685	-18'685
-618'240	29'476	-29'476	19'784	-19'784
-577'024	31'124	-31'124	20'883	-20'883
-535'808	32'773	-32'773	21'982	-21'982
-494'592	34'422	-34'422	23'081	-23'081
-453'376	36'070	-36'070	24'180	-24'180
-412'160	37'719	-37'719	25'279	-25'279
-370'944	39'367	-39'367	26'378	-26'378
-329'728	41'016	-41'016	27'477	-27'477
-288'512	42'665	-42'665	28'576	-28'576
-247'296	44'313	-44'313	29'676	-29'676
-206'080	45'962	-45'962	30'775	-30'775
-164'864	47'611	-47'611	31'874	-31'874
-123'648	49'259	-49'259	32'973	-32'973

-82'432	50'908	-50'908	34'072	-34'072
-41'216	52'557	-52'557	35'171	-35'171
0	54'205	-54'205	36'270	-36'270
35'975	52'766	-52'766	35'311	-35'311
71'951	51'327	-51'327	34'351	-34'351
107'926	49'888	-49'888	33'392	-33'392
143'902	48'449	-48'449	32'433	-32'433
179'877	47'010	-47'010	31'473	-31'473
215'853	45'571	-45'571	30'514	-30'514
251'828	44'132	-44'132	29'555	-29'555
287'804	42'693	-42'693	28'595	-28'595
323'779	41'254	-41'254	27'636	-27'636
359'755	39'815	-39'815	26'677	-26'677
395'730	38'376	-38'376	25'717	-25'717
431'706	36'937	-36'937	24'758	-24'758
467'681	35'498	-35'498	23'799	-23'799
503'657	34'059	-34'059	22'839	-22'839
539'632	32'620	-32'620	21'880	-21'880
575'608	31'181	-31'181	20'921	-20'921
611'583	29'742	-29'742	19'961	-19'961
647'559	28'303	-28'303	19'002	-19'002
683'534	26'864	-26'864	18'043	-18'043
719'510	25'425	-25'425	17'083	-17'083
755'485	23'986	-23'986	16'124	-16'124
791'461	22'547	-22'547	15'164	-15'164
827'436	21'108	-21'108	14'205	-14'205
863'412	19'669	-19'669	13'246	-13'246
899'387	18'230	-18'230	12'286	-12'286
935'363	16'791	-16'791	11'327	-11'327
971'338	15'352	-15'352	10'368	-10'368
1'007'314	13'913	-13'913	9'408	-9'408
1'043'289	12'474	-12'474	8'449	-8'449
1'079'265	11'035	-11'035	7'490	-7'490
1'079'265	0	0	0	0
Tempo = 30min				
-659'520	-10'222	-10'222	0	0
-659'520	-7'925	-12'520	1'077	-1'077
-637'536	-6'819	-12'945	1'436	-1'436
-615'552	-5'712	-13'370	1'795	-1'795
-593'568	-4'606	-13'795	2'154	-2'154
-571'584	-3'499	-14'220	2'514	-2'514
-549'600	-2'393	-14'645	2'873	-2'873
-527'616	-1'286	-15'070	3'232	-3'232
-505'632	-180	-15'495	3'591	-3'591
-483'648	927	-15'920	3'950	-3'950
-461'664	2'034	-16'345	4'309	-4'309
-439'680	3'140	-16'770	4'668	-4'668
-417'696	4'247	-17'195	5'027	-5'027
-395'712	5'353	-17'620	5'386	-5'386
-373'728	6'460	-18'045	5'745	-5'745
-351'744	7'566	-18'470	6'104	-6'104
-329'760	8'673	-18'895	6'463	-6'463
-307'776	9'779	-19'320	6'822	-6'822
-285'792	10'886	-19'745	7'181	-7'181
-263'808	11'992	-20'170	7'541	-7'541
-241'824	13'099	-20'595	7'900	-7'900
-219'840	14'205	-21'020	8'259	-8'259
-197'856	15'312	-21'445	8'618	-8'618
-175'872	16'418	-21'870	8'977	-8'977
-153'888	17'525	-22'295	9'336	-9'336
-131'904	18'631	-22'720	9'695	-9'695
-109'920	19'738	-23'146	10'054	-10'054
-87'936	20'845	-23'571	10'413	-10'413
-65'952	21'951	-23'996	10'772	-10'772
-43'968	23'058	-24'421	11'131	-11'131

-21'984	24'164	-24'846	11'490	-11'490
0	25'271	-25'271	11'849	-11'849
19'260	24'898	-24'301	11'535	-11'535
38'519	24'526	-23'332	11'220	-11'220
57'779	24'154	-22'362	10'906	-10'906
77'038	23'781	-21'393	10'591	-10'591
96'298	23'409	-20'424	10'277	-10'277
115'557	23'037	-19'454	9'962	-9'962
134'817	22'664	-18'485	9'647	-9'647
154'077	22'292	-17'515	9'333	-9'333
173'336	21'919	-16'546	9'018	-9'018
192'596	21'547	-15'577	8'704	-8'704
211'855	21'175	-14'607	8'389	-8'389
231'115	20'802	-13'638	8'075	-8'075
250'374	20'430	-12'668	7'760	-7'760
269'634	20'058	-11'699	7'445	-7'445
288'893	19'685	-10'730	7'131	-7'131
308'153	19'313	-9'760	6'816	-6'816
327'413	18'941	-8'791	6'502	-6'502
346'672	18'568	-7'821	6'187	-6'187
365'932	18'196	-6'852	5'872	-5'872
385'191	17'824	-5'883	5'558	-5'558
404'451	17'451	-4'913	5'243	-5'243
423'710	17'079	-3'944	4'929	-4'929
442'970	16'707	-2'974	4'614	-4'614
462'230	16'334	-2'005	4'300	-4'300
481'489	15'962	-1'036	3'985	-3'985
500'749	15'589	-66	3'670	-3'670
520'008	15'217	903	3'356	-3'356
539'268	14'845	1'873	3'041	-3'041
558'527	14'472	2'842	2'727	-2'727
577'787	14'100	3'811	2'412	-2'412
577'787	8'955	8'955	0	0
Tempo = 60min				
-297'850	-8'191	-8'191	0	0
-297'850	-7'273	-9'109	248	-248
-287'922	-6'693	-9'142	331	-331
-277'993	-6'114	-9'175	414	-414
-268'065	-5'535	-9'209	496	-496
-258'137	-4'956	-9'242	579	-579
-248'208	-4'377	-9'275	662	-662
-238'280	-3'798	-9'308	745	-745
-228'352	-3'218	-9'341	827	-827
-218'423	-2'639	-9'374	910	-910
-208'495	-2'060	-9'407	993	-993
-198'567	-1'481	-9'440	1'076	-1'076
-188'638	-902	-9'473	1'158	-1'158
-178'710	-323	-9'506	1'241	-1'241
-168'782	256	-9'539	1'324	-1'324
-158'853	836	-9'573	1'407	-1'407
-148'925	1'415	-9'606	1'489	-1'489
-138'997	1'994	-9'639	1'572	-1'572
-129'068	2'573	-9'672	1'655	-1'655
-119'140	3'152	-9'705	1'737	-1'737
-109'212	3'731	-9'738	1'820	-1'820
-99'283	4'311	-9'771	1'903	-1'903
-89'355	4'890	-9'804	1'986	-1'986
-79'427	5'469	-9'837	2'068	-2'068
-69'498	6'048	-9'870	2'151	-2'151
-59'570	6'627	-9'904	2'234	-2'234
-49'642	7'206	-9'937	2'317	-2'317
-39'713	7'785	-9'970	2'399	-2'399
-29'785	8'365	-10'003	2'482	-2'482
-19'857	8'944	-10'036	2'565	-2'565
-9'928	9'523	-10'069	2'648	-2'648

0	10´102	-10´102	2´730	-2´730
8´698	10´073	-9´595	2´658	-2´658
17´396	10´044	-9´087	2´585	-2´585
26´094	10´015	-8´580	2´513	-2´513
34´792	9´986	-8´073	2´440	-2´440
43´490	9´957	-7´565	2´368	-2´368
52´188	9´928	-7´058	2´295	-2´295
60´885	9´899	-6´550	2´223	-2´223
69´583	9´870	-6´043	2´150	-2´150
78´281	9´841	-5´536	2´078	-2´078
86´979	9´812	-5´028	2´005	-2´005
95´677	9´783	-4´521	1´933	-1´933
104´375	9´754	-4´014	1´860	-1´860
113´073	9´725	-3´506	1´788	-1´788
121´771	9´696	-2´999	1´716	-1´716
130´469	9´667	-2´491	1´643	-1´643
139´167	9´638	-1´984	1´571	-1´571
147´865	9´609	-1´477	1´498	-1´498
156´563	9´580	-969	1´426	-1´426
165´261	9´551	-462	1´353	-1´353
173´959	9´522	46	1´281	-1´281
182´656	9´493	553	1´208	-1´208
191´354	9´464	1´060	1´136	-1´136
200´052	9´435	1´568	1´063	-1´063
208´750	9´406	2´075	991	-991
217´448	9´377	2´582	918	-918
226´146	9´348	3´090	846	-846
234´844	9´319	3´597	773	-773
243´542	9´290	4´105	701	-701
252´240	9´261	4´612	628	-628
260´938	9´232	5´119	556	-556
260´938	7´175	7´175	0	0
Tempo = 90min				
-10´368	-409	-409	0	0
-10´368	-382	-437	0	0
-10´023	-359	-433	0	0
-9´677	-336	-429	1	-1
-9´332	-313	-424	1	-1
-8´986	-290	-420	1	-1
-8´640	-267	-415	1	-1
-8´295	-244	-411	1	-1
-7´949	-221	-407	1	-1
-7´603	-198	-402	1	-1
-7´258	-175	-398	1	-1
-6´912	-152	-394	1	-1
-6´567	-130	-389	2	-2
-6´221	-107	-385	2	-2
-5´875	-84	-380	2	-2
-5´530	-61	-376	2	-2
-5´184	-38	-372	2	-2
-4´839	-15	-367	2	-2
-4´493	8	-363	2	-2
-4´147	31	-359	2	-2
-3´802	54	-354	3	-3
-3´456	77	-350	3	-3
-3´111	100	-345	3	-3
-2´765	123	-341	3	-3
-2´419	146	-337	3	-3
-2´074	168	-332	3	-3
-1´728	191	-328	3	-3
-1´382	214	-324	3	-3
-1´037	237	-319	3	-3
-691	260	-315	4	-4
-346	283	-310	4	-4
0	306	-306	4	-4

303	310	-286	4	-4
606	314	-266	4	-4
908	318	-246	3	-3
1'211	321	-226	3	-3
1'514	325	-206	3	-3
1'817	329	-186	3	-3
2'119	333	-165	3	-3
2'422	337	-145	3	-3
2'725	341	-125	3	-3
3'028	344	-105	3	-3
3'331	348	-85	3	-3
3'633	352	-65	3	-3
3'936	356	-45	2	-2
4'239	360	-25	2	-2
4'542	364	-5	2	-2
4'845	367	15	2	-2
5'147	371	35	2	-2
5'450	375	55	2	-2
5'753	379	76	2	-2
6'056	383	96	2	-2
6'358	387	116	2	-2
6'661	390	136	2	-2
6'964	394	156	1	-1
7'267	398	176	1	-1
7'570	402	196	1	-1
7'872	406	216	1	-1
8'175	410	236	1	-1
8'478	413	256	1	-1
8'781	417	276	1	-1
9'083	421	296	1	-1
9'083	358	358	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	384	1	0	15.08	x-x	3293	54205
					y-y	288	36270
30	205	1	0	6.79	x-x	3293	25271
					y-y	288	11849
60	92	1	0	2.50	x-x	3293	10102
					y-y	288	2730
90	3	1	0	0.01	x-x	3293	306
					y-y	288	4
120	0	1	0	0.00	x-x	3293	0
					y-y	288	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	383	1	35.49	1.23	1.00	0	4.03	0.000	x-x	1'938	0.113
									y-y	170	0.010
30	204	1	18.93	1.32	1.00	0	4.03	0.000	x-x	1'938	0.212
									y-y	170	0.019
60	92	1	8.55	1.56	1.00	0	4.03	0.000	x-x	1'938	0.469
									y-y	170	0.041
90	3	1	0.30	2.00	1.00	0	4.03	0.000	x-x	1'938	13.475
									y-y	170	1.182
120	0	1	0.00	1.00	1.00	0	4.03	-	x-x	1'938	40.250
									y-y	170	40.250

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]			
6.80	6.80	6.80	4	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	383	1	15.08	1.00	35.29	0.00	32.20	1.00	x-x	1.10	0.16	2.14
									y-y	1.10	0.36	0.28
30	204	1	6.79	1.00	35.42	0.00	32.20	1.00	x-x	1.10	0.06	4.62
									y-y	1.10	0.27	0.86
60	92	1	2.50	1.00	35.42	0.00	32.20	0.97	x-x	1.10	0.02	11.55
									y-y	1.10	0.22	3.74
90	3	1	0.00	1.00	35.42	0.00	32.20	0.00	x-x	1.10	0.00	381.12
									y-y	1.10	0.17	2'683.24
120	0	1	0.00	1.00	32.20	322.00	32.20	0.00	x-x	1.00	1.00	322.00
									y-y	1.00	1.00	322.00

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.

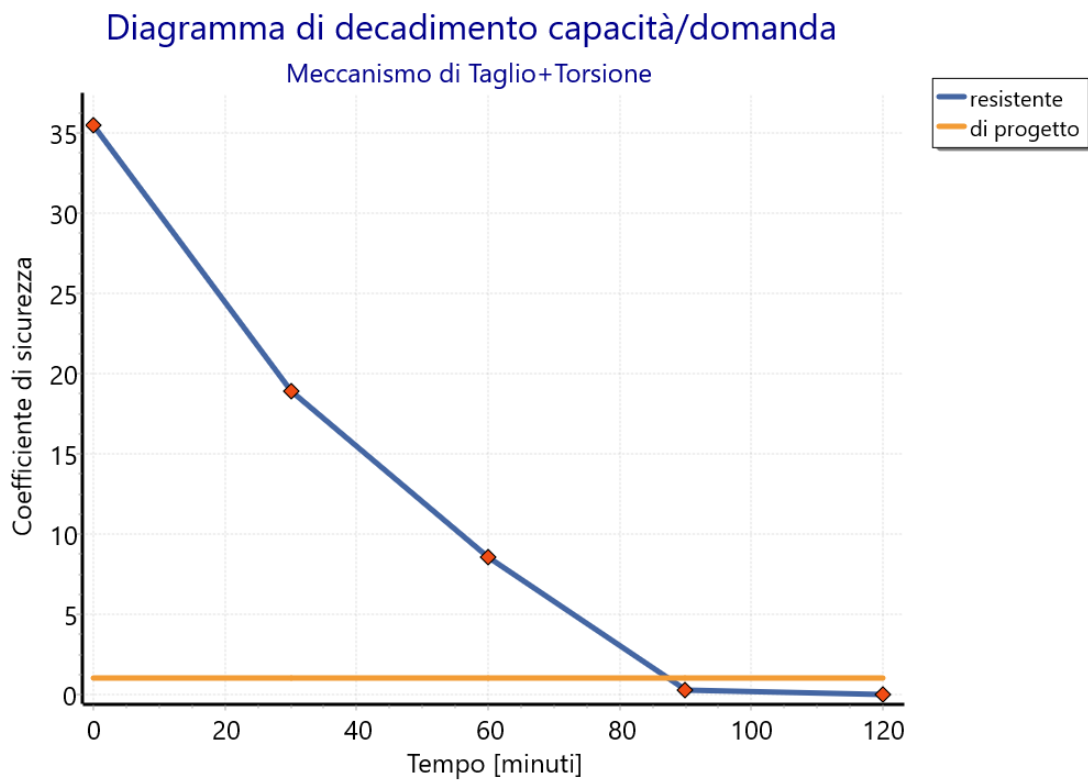
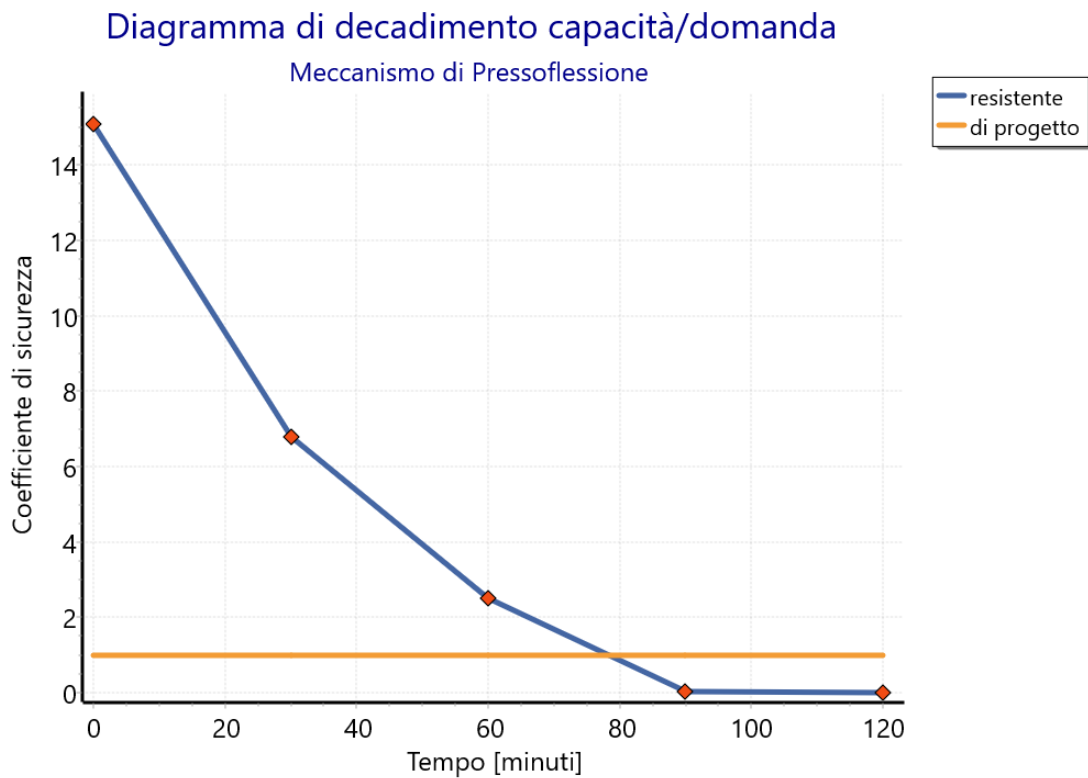
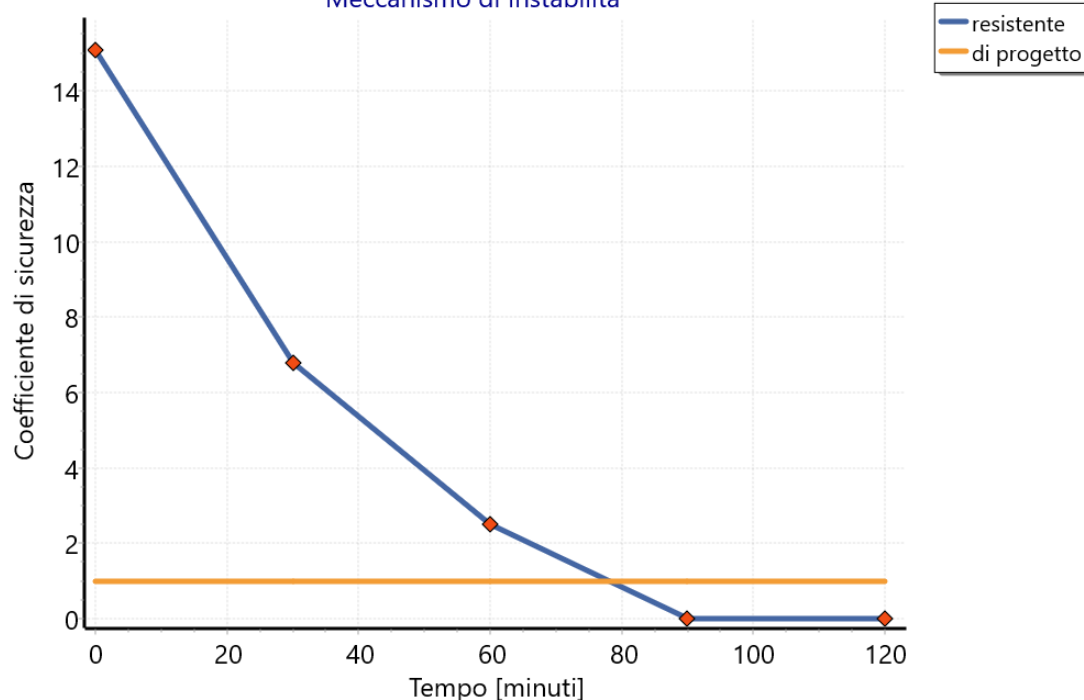


Diagramma di decadimento capacità/domanda

Meccanismo di 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:

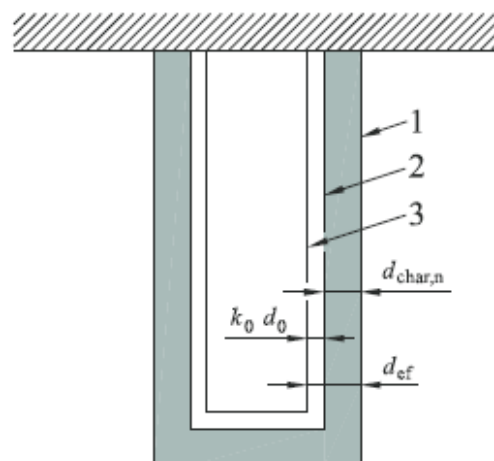
	k_0
$t < 20 \text{ min}$	$t/20$
$t \geq 20 \text{ min}$	1,0

$d_0 = 7 \text{ mm}$.

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)

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



Legenda

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

con:

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

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

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

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:

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

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 $t_{\text{ch}} = t_f$ ed inoltre:

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

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

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

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:

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

- 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	Calculus-FUOCO
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza al fuoco per Windows
Numero di serie	19099999

Comune di Oristano, 01/04/2026

Il Tecnico

Ing. Gianni Porcu
