

VALIDAZIONE SOFTWARE – CAPRIATE LEGNO S.L. Vers.2018 – © SIM srl

Database Materiale Legno

Numero	Classe	Descrizione	Fmk	F30k	F50k
1	C14	Massello C14	14,00	8,00	0,62
2	C16	Massello C16	16,00	10,00	0,52
3	C18	Massello C18	18,00	11,00	0,52
4	C20	Massello C20	20,00	12,00	0,52
5	C24	Massello C24	24,00	14,00	0,52
6	C27	Massello C27	27,00	16,00	0,62
7	C30	Massello C30	30,00	18,00	0,62
8	C35	Massello C35	35,00	21,00	0,62
9	C40	Massello C40	40,00	24,00	0,62
10	C45	Massello C45	45,00	27,00	0,62
11	C50	Massello C50	50,00	30,00	0,62
12	D30	Massiccio D30	30,00	18,00	0,52
13	D35	Massiccio D35	35,00	21,00	0,62
14	D40	Massiccio D40	40,00	24,00	0,62

ASILI

Asila N.	Nodo I	Nodo J	B (cm)	H (cm)
1	1	2	18	16
2	2	3	18	16
3	3	4	18	16
4	4	5	18	16
5	1	6	18	20
6	6	5	18	20
7	3	6	18	19
8	7	6	18	14

CALCOLO

Nodo N.	Fx	Fy	Azto	Dx	Dy	q%
1	0	-16	1	0	-14	
2	0	-26	1	0	-14	
3	0	-16	3	0	-14	
4	0	-26	4	0	-14	
5	0	-16	1	0	0	
6	0	0	6	0	0	
7	0	0	8	0	0	
8	0	0	9	0	0	

VINCOLI

Nodo N.	Vincolo X	Vincolo Y
1	0	1
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	1	1
6	0	0

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Il codice di calcolo utilizzato è un software prodotto dalla S.I.M. srl dal titolo “Capriate in Legno (Stati Limite)” Versione 2018.

Il sottoscritto è autorizzato all’uso dello stesso avendone acquistato la relativa LICENZA D’USO.

Affidabilità dei codici utilizzati

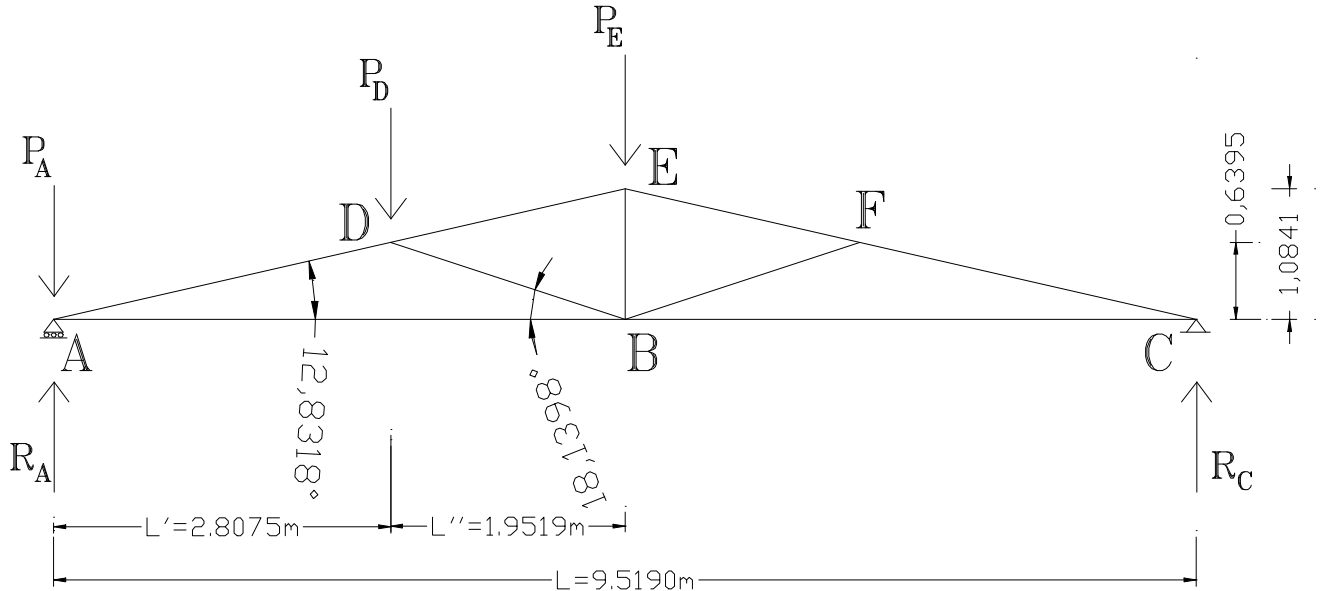
Esaminata preliminarmente la documentazione a corredo del software si è valutata l’affidabilità e l’idoneità dello stesso al caso specifico.

Nel Manuale d’Uso del software è riportata la descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi di calcolo.

Nelle pagine seguenti è riportato un esempio interamente risolto e commentato.

ESEMPIO DI CALCOLO

Al fine di procedere alla validazione del software, si riporta il calcolo della capriata in figura sia con le classiche formule di Tecnica delle Costruzioni (equilibrio ai nodi) che con il software in oggetto.



Poiché la capriata è una struttura reticolare costituita da aste incernierate agli estremi, per la determinazione degli sforzi assiali nelle singole aste (compressione semplice e/o trazione semplice) può ipotizzarsi che il carico trasmesso dal solaio di copertura sia concentrato nei nodi della capriata.

Ipotizzando che i carichi nodali siano pari a:

$$P_A = 21,96 \text{ kN}$$

$$P_D = 37,23 \text{ kN}$$

$$P_E = 45,89 \text{ kN}$$

Che le aste della capriata siano tutte uguali, di sezione pari a $B=16\text{cm.} \times H=20\text{cm.}$ in Legno Lamellare GL24h, avente le seguenti caratteristiche meccaniche

f_{mk}	=	24,00 N/mm ²
f_{c0k}	=	24,00 N/mm ²
f_{c90k}	=	2,70 N/mm ²
f_{t0k}	=	16,50 N/mm ²
f_{t90k}	=	0,40 N/mm ²
f_{vk}	=	2,70 N/mm ²
$E_{0,mean}$	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,05}$	=	9400,00 N/mm ²
$E_{90,mean}$	=	390,00 N/mm ²
$G_{,mean}$	=	720,00 N/mm ²

- METODO DI RISOLUZIONE : TEORICO (EQUILIBRIO NODI)

Calcolo Reazioni Vincolari

Poiché la capriata non è simmetricamente caricata, per la determinazione delle reazioni vincolari si risolve il sistema delle equazioni di equilibrio globale alla traslazione verticale ed alla rotazione attorno al nodo C:

$$\begin{cases} R_A + R_C = P_A + P_D + P_E \\ R_A \cdot L = P_A \cdot L + P_D \cdot (L-L') + P_E \cdot L/2 \end{cases}$$

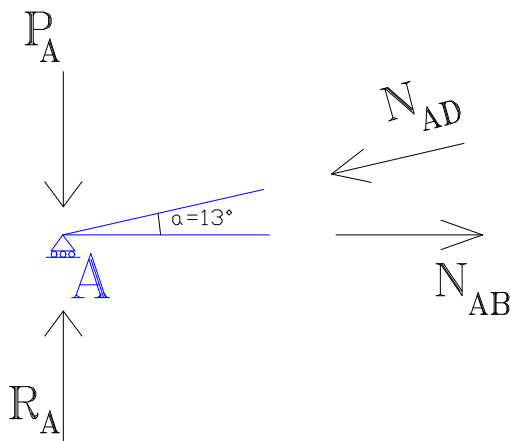
Da cui:

$$R_A = 71,16 \text{ kN}$$

$$R_C = 33,93 \text{ kN}$$

Calcolo Sollecitazioni Assiali Aste

Note le reazioni vincolari, è possibile determinare le sollecitazioni che si ingenerano nelle singole aste, sviluppando i sistemi delle equazioni di equilibrio ai nodi:



Equazioni nodo A

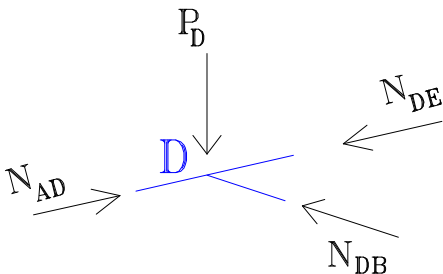
$$\begin{cases} \text{Eq. Vert.} & N_{AD} \cdot \sin(\alpha) = R_A - P_A \\ \text{Eq. Oriz.} & N_{AB} - N_{AD} \cdot \cos(\alpha) = 0 \end{cases}$$

Da cui

$$N_{AD} = 221,50 \text{ kN}$$

$$N_{AB} = 215,97 \text{ kN}$$

Equazioni nodo D

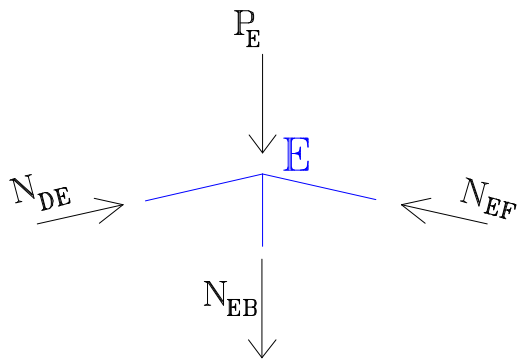


$$\begin{cases} \text{Eq. Vert.} & N_{AD} \cdot \sin(\alpha) + N_{DB} \cdot \sin(\beta) - P_D - N_{DE} \cdot \sin(\alpha) = 0 \\ \text{Eq. Oriz.} & N_{AD} \cdot \cos(\alpha) - N_{DB} \cdot \cos(\beta) - N_{DE} \cdot \cos(\alpha) = 0 \end{cases}$$

Da cui

$$N_{DB} = 70,54 \text{ kN}$$

$$N_{DE} = 152,75 \text{ kN}$$



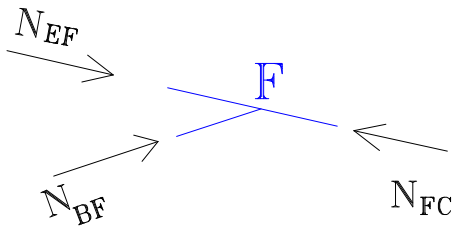
Equazioni nodo E

$$\begin{cases} \text{Eq. Vert.} & N_{DE} \cdot \sin(\alpha) + N_{EF} \cdot \sin(\alpha) - P_E - N_{EB} = 0 \\ \text{Eq. Oriz.} & N_{DE} \cdot \cos(\alpha) - N_{EF} \cdot \cos(\alpha) = 0 \end{cases}$$

Da cui

$$N_{EF} = 152,75 \text{ kN}$$

$$N_{EB} = 21,96 \text{ kN}$$



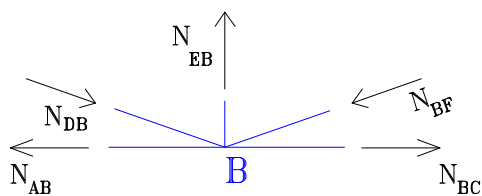
Equazioni nodo F

$$\begin{cases} \text{Eq. Vert.} & N_{EF} \cdot \sin(\alpha) - N_{BF} \cdot \sin(\beta) - N_{FC} \cdot \sin(\alpha) = 0 \\ \text{Eq. Oriz.} & N_{EF} \cdot \cos(\alpha) + N_{BF} \cdot \cos(\beta) - N_{FC} \cdot \cos(\alpha) = 0 \end{cases}$$

Da cui

$$N_{BF} = 0 \text{ kg}$$

$$N_{FC} = 152,75 \text{ kN}$$



Equazioni nodo B

$$\begin{cases} \text{Eq. Vert.} & N_{DB} \cdot \sin(\beta) - N_{EB} + N_{BF} \cdot \sin(\beta) = 0 \\ \text{Eq. Oriz.} & -N_{AB} + N_{DB} \cdot \cos(\beta) - N_{BF} \cdot \cos(\beta) + N_{BC} = 0 \end{cases}$$

Da cui

$$N_{BF} = 0 \text{ kg}$$

$$N_{BC} = 148,94 \text{ kN}$$

Verifica Aste

- per ogni asta soggetta a trazione (TIRANTE), si esegue la verifica allo SLU di Trazione Parallela alla fibratura mediante la relazione:

$$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura;

$f_{t,0,d} = K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

- per ogni asta soggetta a compressione (PUNTONE), si esegue la verifica allo SLU di Compressione Parallela alla fibratura mediante la relazione:

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$$

Essendo per il tipo di legname utilizzato:

$$f_{t,0,d} = 6,83 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 9,93 \text{ N/mm}^2$$

Risulta:

ASTA N.1 - NODI A-D

$$N_{AD}=221,50 \text{ kN} \quad \text{PUNTONE} \quad \sigma_{c,0,d}=N_{AD}/A=221,50/320=0,69 \text{ kN/cm}^2 = 6,90 \text{ N/mm}^2 < f_{cod}$$

ASTA N.2 - NODI D-E

$$N_{DE}=152,75 \text{ kN} \quad \text{PUNTONE} \quad \sigma_{c,0,d}=N_{DE}/A=152,75/320=0,48 \text{ kN/cm}^2 = 4,80 \text{ N/mm}^2 < f_{cod}$$

ASTA N.3 - NODI E-F

$$N_{EF}=152,75 \text{ kN} \quad \text{PUNTONE} \quad \sigma_{c,0,d}=N_{EF}/A=152,75/320=0,48 \text{ kN/cm}^2 = 4,80 \text{ N/mm}^2 < f_{cod}$$

ASTA N.4 - NODI F-C

$$N_{FC}=152,75 \text{ kN} \quad \text{PUNTONE} \quad \sigma_{c,0,d}=N_{FC}/A=152,75/320=0,48 \text{ kN/cm}^2 = 4,80 \text{ N/mm}^2 < f_{cod}$$

ASTA N.5 - NODI D-B

$$N_{DB}=70,54 \text{ kN} \quad \text{PUNTONE} \quad \sigma_{c,0,d}=N_{DB}/A=70,54/320=0,22 \text{ kN/cm}^2 = 2,20 \text{ N/mm}^2 < f_{cod}$$

ASTA N.6 - NODI E-B

$$N_{EB}=21,96 \text{ kN} \quad \text{TIRANTE} \quad \sigma_{t,0,d}=N_{EB}/A=21,96/320=0,07 \text{ kN/cm}^2 = 0,68 \text{ N/mm}^2 < f_{tod}$$

ASTA N.7 - NODI B-F

$$N_{BF}=0,00 \text{ kN} \quad \text{TIRANTE} \quad \sigma_{t,0,d}=N_{BF}/A=0,00/320=0,00 \text{ kN/cm}^2 = 0,00 \text{ N/mm}^2 < f_{tod}$$

ASTA N.8 - NODI A-B

$$N_{AB}=215,97 \text{ kN} \quad \text{TIRANTE} \quad \sigma_{t,0,d}=N_{AB}/A=215,97/320=0,67 \text{ kN/cm}^2 = 6,75 \text{ N/mm}^2 < f_{tod}$$

ASTA N.9 - NODI B-C

$$N_{BC}=148,94 \text{ kN} \quad \text{TIRANTE} \quad \sigma_{t,0,d}=N_{BC}/A=148,94/320=0,46 \text{ kN/cm}^2 = 4,65 \text{ N/mm}^2 < f_{tod}$$

- METODO DI RISOLUZIONE : AUTOMATICO (SOFTWARE "Capriate Legno S.L.")

Utilizzando il software in oggetto, con i seguenti dati:

The screenshot displays the software interface for 'Capriate Legno S.L.' with the following data tables:

NODI

Nodo N.	X [m.]	Y [m.]
1	0,000	0,000
2	4,760	0,000
3	9,520	0,000
4	2,810	0,640
5	4,760	1,080
6	6,710	0,640

ASTE

Asta N.	Nodo I	Nodo J	B [cm]	H [cm]
1	1	4	16	20
2	4	5	16	20
3	5	6	16	20
4	4	3	16	20
5	4	2	16	20
6	5	2	16	20
7	2	6	16	20
8	1	2	16	20
9	2	3	16	20

CARICHI

Nodo	Fx	Fy
1	0	-21,96
2	0	0
3	0	0
4	0	-37,23
5	0	-45,88
6	0	0

VINCOLI

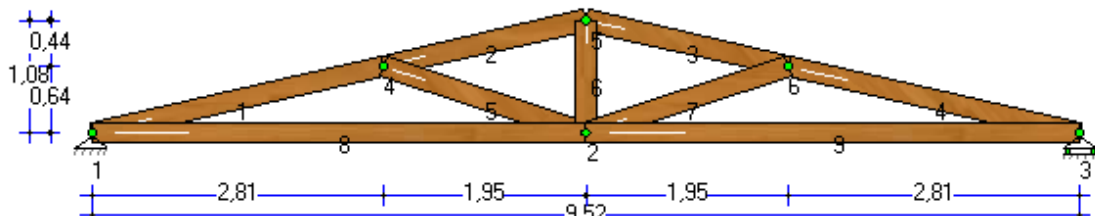
Nodo N.	Vincolo X	Vincolo Y
1	1	1
2	0	0
3	0	1
4	0	0
5	0	0
6	0	0

The 'Modifica Asta N. 1' dialog box shows the following properties:

- Nodo Iniziale: 1, Nodo Finale: 4
- Sezione: Tipo Sezione: Rettangolare, Materiale: Lamellare GL24h, Numero: 18
- B (cm): 16, H (cm): 20, A (cm²): 320,00
- Iy (cm⁴): 10666,67, Wy (cm³): 1066,67, Iy (cm): 5,77
- Rmax: 300, % Rid. Sez.: 0

The 3D model shows a timber truss with a central vertical post and diagonal bracing. Dimensions are indicated as 2.81m, 1.95m, and 0.64m.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE



NODI CAPRIATA

Nodo N.	Ascissa X(m.)	Ordinata Y(m.)
1	0,00	0,00
2	4,76	0,00
3	9,52	0,00
4	2,81	0,64
5	4,76	1,08
6	6,71	0,64

ASTE CAPRIATA

Asta N.	Nodo i	Nodo j	Base(cm.)	Altezza(cm.)	Area (cmq)	Iy (cm4)	Wy (cm3)
1	1	4	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
2	4	5	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
3	5	6	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
4	6	3	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
5	4	2	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
6	5	2	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
7	2	6	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
8	1	2	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67
9	2	3	16,00	20,00	320,00	10666,67	1066,67

MATERIALE ASTE

Descrizione: Lamellare GL24h

fmk	=	24,00 N/mm ²
fc0k	=	24,00 N/mm ²
fc90k	=	2,70 N/mm ²
ft0k	=	16,50 N/mm ²
ft90k	=	0,40 N/mm ²
fvk	=	2,70 N/mm ²
E0,mean	=	11600,00 N/mm ²
E0,05	=	9400,00 N/mm ²
E90,mean	=	390,00 N/mm ²
G,mean	=	720,00 N/mm ²

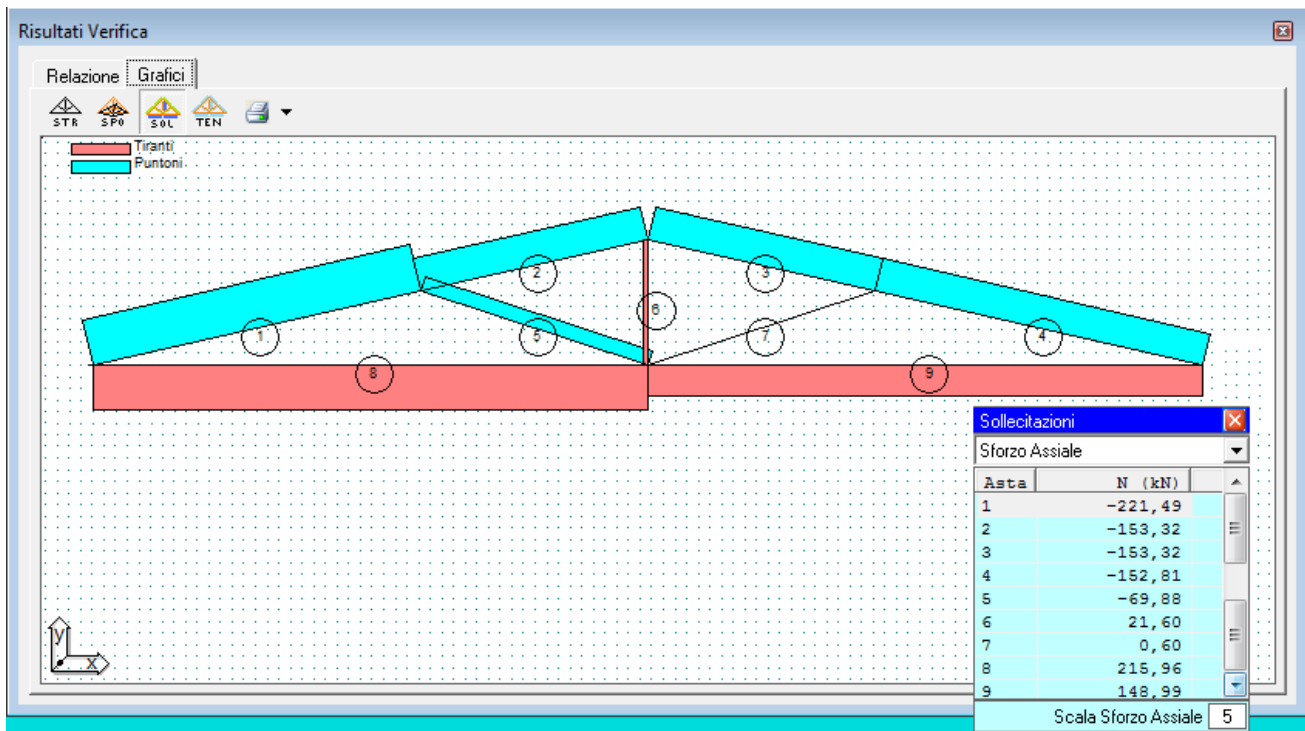
VINCOLI ESTERNI

Nodo N.	Spost. X	Spost. Y
1	Bloccato	Bloccato
3	Libero	Bloccato

CARICHI NODALI

Nodo N.	Forza Dir. X (kN)	Forza Dir. Y (kN)
1	0,00	-21,96
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	-37,23
5	0,00	-45,89
6	0,00	0,00

Si ottiene:



RISULTATI DI CALCOLO - METODO DEGLI SPOSTAMENTI

SPOSTAMENTI

x1= 0,00 mm.
 y1= 0,00 mm.
 x2= 2,77 mm.
 y2= -20,61 mm.
 x3= 4,68 mm.
 y3= 0,00 mm.
 x4= 3,03 mm.
 y4= -21,05 mm.
 x5= 2,07 mm.
 y5= -20,54 mm.
 x6= 1,85 mm.
 y6= -17,78 mm.

REAZIONI VINCOLARI

NODO N. 1 Rx= 0,00 kN Ry= 71,15 kN
 NODO N. 3 Rx= 0,00 kN Ry= 33,93 kN

VERIFICHE S.L.U.

S.L.U. di COMPRESSIONE/TRAZIONE (parallela alle fibrature)

Asta N.	Materiale	Forza Assiale	S.L	γ_M	Verifica
1	Lamellare GL24h	221,49 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 6,92 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
2	"	153,32 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 4,79 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
3	"	153,32 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 4,79 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
4	"	152,81 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 4,78 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
5	"	69,88 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 2,18 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
6	"	21,60 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 0,68 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
7	"	0,60 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 0,02 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
8	"	215,96 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 6,75 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
9	"	148,99 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 4,66 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$

CONCLUSIONI

Dal confronto dei risultati ottenuti con il metodo teorico ed il software in oggetto, si evince che essi sono in accordo, a meno di errori di arrotondamento.