

VERIFICHE SLU/SLE - RESISTENZA AL FUOCO

Indice

Premessa

1. G	uida all'installazione	pag.	5
1.1.	Copyright e responsabilità	»	5
1.2.	Requisiti hardware e software	»	5
1.3.	Installazione	»	6
1.4.	Disinstallazione	»	6
1.5.	Attivazione del programma	»	6
	1.5.1. Sistema di protezione	»	6
	1.5.2. Istruzioni per l'attivazione del software	»	7
1.6.	Assistenza tecnica	»	7
2. In	troduzione al software	»	9
2.1.	Generalità	»	9
2.2.	Interfaccia grafica	»	12
3. Gi	uida operativa	»	13
3.1.	Strumenti del menu FILE	»	13
3.2.	Strumenti del menu MATERIALE	»	14
3.3.	Strumenti del menu COEFFICIENTI	»	19
3.4.	Strumenti del menu progetto	»	21
3.5.	Strumenti del menu VISUALIZZA	»	30
	3.5.1. Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	»	35
	3.5.2. Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)	»	42
	3.5.3. Verifiche agli stati limite connessi alle azioni eccezionali		
	di progetto (fuoco)	»	44
3.6.	Strumenti menu GENERA	»	48
3.7.	Strumenti menu AIUTO	»	49
4. Us	so del software	»	51
4.1.	Verifica di una capriata con saettoni	»	51
5. Es	empio relazione di calcolo	»	57

VINCENZO CALVO ELISABETTA SCALORA

Capriate PreWood

VERIFICHE SLU/SLE Resistenza al fuoco





Dario Flaccovio Editore

Capriate PreWood by Vincenzo Calvo, Elisabetta Scalora

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l.

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

ISBN 978-88-579-0214-2 Prima edizione: marzo 2014

Calvo, Vincenzo <1978->

Capriate PreWood : verifiche SLU/SLE, resistenza al fuoco / Vincenzo Calvo, Elisabetta Scalora. - Palermo : D. Flaccovio, 2014. ISBN 978-88-579-0214-2 1. Capriate in legno. I. Scalora, Elisabetta <1981->. 721.5 CDD-22 SBN PAL0266235

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Avvertenze per il libraio

In nessun caso il libraio è autorizzato ad effettuare sostituzione del presente prodotto per lamentati malfunzionamenti del CD/DVD.

Per qualsiasi problema, suggerire all'acquirente di inviare una e-mail all'ufficio assistenza della Dario Flaccovio s.r.l. help@darioflaccovio.it da cui sarà ricontattato nel più breve tempo possibile.

Premessa

Il quadro normativo di riferimento per le strutture in legno è rappresentato in Europa dall'Eurocodice 5 e in Italia dal Decreto Legislativo 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", meglio noto come NTC 2008. Tuttavia, tale norma, da sola, risulta insufficiente per la progettazione delle strutture in legno; difatti, si fa spesso riferimento a normative di comprovata validità per quanto non espressamente specificato in detta norma.

L'Eurocodice 5 (UNI EN 1995-1-2) è attualmente il documento normativo più completo per la progettazione delle strutture in legno; essendo considerato dalle NTC 2008 come norma di comprovata validità, può essere utilizzato adoperando, però, i coefficienti di sicurezza indicati nella normativa italiana. Le capriate sono travature reticolari piane formate da travi rettilinee, chiamate aste, e collegate tra loro mediante cerniere, dette nodi.

Le aste soggette a sforzo normale di trazione sono chiamate *tiranti*, mentre le aste soggette a sforzo normale di compressione sono dette *puntoni*.

La capriata con saettoni, nota anche come capriata Palladiana, è costituita da un triangolo i cui lati inclinati si chiamano puntoni e la base è detta catena. Oltre a questi elementi vi sono le saette e il monaco: le prime sono delle aste aventi inclinazione opposta ai puntoni e hanno lo scopo di ridurre l'inflessione dei puntoni; il monaco, invece, è un'asta verticale che si innesta nel punto di incontro dei puntoni e non deve essere né fissato né appoggiato alla catena.

Il software *PreWood Capriate in legno* è un rapido applicativo finalizzato ad effettuare il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di sicurezza con il metodo degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Esercizio (SLE) ai sensi delle NTC 2008 e con il metodo della sezione ridotta ai sensi dell'Eurocodice 5 (UNI EN 1995-1-2) per le verifiche al fuoco. Il programma consente inoltre la stampa della relazione di calcolo e dei disegni esecutivi.

> Arch. Elisabetta Scalora Ing. Vincenzo Calvo

1. Guida all'installazione

1.1. Copyright e responsabilità

Il software *PreWood Capriate in legno*, essendo un programma per elaboratore, rientra nelle opere di carattere creativo citate nell'art. 1 della Legge 22 aprile 1941 n. 633 "Protezione del diritto d'autore e di altri diritti concessi al suo esercizio"¹. All'utente ne è concesso l'uso su di un unico computer.

La riproduzione del supporto digitale originale è vietata, così come la riproduzione del presente libro senza autorizzazione scritta.

La verifica dell'idoneità del programma e l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. In nessun caso gli sviluppatori del software e i rivenditori potranno essere ritenuti responsabili di qualunque danno diretto o indiretto causato dall'uso del presente software.

1.2. Requisiti hardware e software

Il software *PreWood Capriate in legno* è stato sviluppato su piattaforma Microsoft Windows. I requisiti minimi di sistema per un utilizzo ottimale del programma sono:

- Microsoft Windows XP Service Pack 2, Windows Vista, Windows Seven (32 bit o 64 bit)
- processore 1.00 GHz
- 100 Mb liberi sull'HD
- 512 Mb di RAM
- Microsoft Office Word 2003, Office Word 2007
- Microsoft Office Excel 2003, Office Excel 2007
- Adobe Acrobat Reader

¹ Sono protette ai sensi di questa legge le opere dell'ingegno di carattere creativo che appartengono alla letteratura, alla musica, alle arti figurative, all'architettura, al teatro ed alla cinematografia, qualunque ne sia il modo o la forma di espressione.

Sono altresì protetti i programmi per elaboratore come opere letterarie ai sensi della convenzione di Berna sulla protezione delle opere letterarie ed artistiche ratificata e resa esecutiva con legge 20 giugno 1978, n. 399, nonché le banche di dati che per la scelta o la disposizione del materiale costituiscono una creazione intellettuale dell'autore. Art. 1 Legge 22 aprile 1941 n. 633, "Protezione del diritto d'autore e di altri diritti connessi al suo esercizio". 6

Capriate PreWood

- monitor 1600 × 900 (risoluzione consigliata)
- accesso a Internet e Browser Web (supportati Firefox 4, Opera 10, Safari 5, Chrome 12, Internet Explorer 7).

Per l'installazione del software su sistema operativo Microsoft Windows Vista o Windows Seven è necessario attivare i privilegi di amministratore, quindi aprire la cartella in cui si è installato *PreWood Capriate in legno*, cliccare con il tasto destro del mouse sul file *pwcapriate.exe* e selezionare *Proprietà*; nella scheda compatibilità selezionare *Esegui il programma in modalità compatibilità per: Windows XP (Service pack 2)* ed infine inserire il check su *Esegui il programma come amministratore*.

1.3. Installazione

L'installazione del software si avvia lanciando dal CD allegato il file *pwca-priate.exe*. Dopo aver avviato l'installazione è necessario seguire la procedura guidata. Per avviare il software è sufficiente lanciare il comando contenuto nel seguente percorso di MS Windows: START > TUTTI I PROGRAMMI > FLACCOVIO > PREWOOD CAPRIATE IN LEGNO > *PreWood Capriate in legno.exe*, oppure mediante l'icona di collegamento sul desktop creata in fase di installazione.

1.4. Disinstallazione

La disinstallazione del software *PreWood Capriate in legno* si può eseguire mediante il comando INSTALLAZIONI APPLICAZIONI contenuta nel pannello di controllo di Windows, oppure mediante il seguente percorso di MS Windows: START > TUTTI I PROGRAMMI > FLACCOVIO > PREWOOD CAPRIATE IN LEGNO > LEGNO selezionando il comando *Disinstalla PreWood Capriate in legno*.

1.5. Attivazione del programma

Dopo aver completato con successo l'installazione, per utilizzare il programma sarà necessario eseguire – dallo stesso PC nel quale il programma è stato installato – una procedura di attivazione tramite Internet.

1.5.1. Sistema di protezione

Il programma allegato al testo è protetto con sistema *NET Activation3*[®], sviluppato per contrastare la pirateria nel pieno rispetto dei diritti del consumatore finale, che permette infatti di:

Guida all'installazione = cap 1

- attivare via Internet il programma in qualsiasi momento;
- utilizzare la protezione con le stesse modalità di una chiave hardware, quindi con possibilità di effettuare più installazioni;
- effettuare la registrazione on-line del prodotto, indispensabile per usufruire del servizio di assistenza tecnica gratuita Dario Flaccovio Editore, per i problemi legati alla funzionalità del software.

Per conoscere in dettaglio le diverse possibilità offerte da *NET Activation3*[®] è consigliabile leggere con attenzione il seguente paragrafo.

1.5.2. Istruzioni per l'attivazione del software

Al primo avvio, il programma mostrerà la finestra ATTIVAZIONE GUIDATA, con una nota informativa sulla privacy.

Il mancato consenso al trattamento dei dati, pur consentendo il pieno utilizzo del programma e della esclusiva funzionalità dell'utilizzo della protezione come chiave software, *non consentirà di effettuare una nuova attivazione via Internet in caso di riformattazione o sostituzione del disco fisso.* Effettuata la scelta di cui sopra, si aprirà la finestra ATTIVAZIONE GUIDATA.

- 1. scegliere la opzione: RICHIESTA DI ATTIVAZIONE VIA E-MAIL
- 2. cliccare su avanti
- 3. permettere al sistema di collegarsi ad Internet
- 4. inserire il codice libro, riportato nel libro dietro la bustina del CD
- 5. compilare i dati relativi alla registrazione del prodotto per usufruire della assistenza tecnica gratuita
- 6. all'indirizzo e-mail precedentemente inserito nella maschera di registrazione verrà comunicato il codice numerico per attivare il programma
- 7. attendere il messaggio di corretta effettuazione della attivazione.

A questo punto l'attivazione è completata.

1.6. Assistenza tecnica

Per l'assistenza tecnica inviare una e-mail all'indirizzo: help@darioflaccovio.it.

2. Introduzione al software

2.1. Generalità

Le capriate sono travature reticolari piane formate da aste e nodi. Le aste soggette a sforzo normale di trazione sono chiamate *tiranti*, mentre le aste soggette a sforzo normale di compressione sono chiamate *puntoni*.

Nello schema statico della capriata riportato in figura 2.1, le aste AC e BC si configurano come puntoni, l'asta AB come catena, l'asta CF costituisce il monaco, che impedisce il contatto diretto dei puntoni; infine, le aste DF e EF rappresentano le saette, che hanno il compito di ridurre l'inflessione dei puntoni: pertanto, il loro inserimento è necessario quando si devono coprire grandi luci.



Figura 2.1. Schema statico

Staticamente, i puntoni e le saette sono soggetti a sforzo normale di compressione, mentre la catena e il monaco a sforzo normale di trazione.

I carichi verticali agenti sulla capriata si scompongono in due componenti, una orizzontale e una verticale. Pertanto, le aste, oltre a essere soggette a sforzi normali, sono soggette anche a flessione.

Il software *PreWood Capriate in legno* è un programma che effettua le verifiche delle seguenti tipologie di capriate: capriata con saettoni o Palladiana (figura 2.2), capriata semplice (figura 2.3) e capriata asimmetrica (figura 2.4). Le verifiche sono eseguite con il metodo degli stati limite ultimi (SLU) e degli stati limite di esercizio (SLE) ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) e con il metodo della sezione ridotta ai sensi della norma UNI EN 1995-1-2 (Eurocodice 5) per le verifiche al fuoco.



Figura 2.2. Capriata con saettoni

La capriata con saettoni è generalmente utilizzata per coprire luci di dimensioni comprese tra i 7 e i 10 metri.



Figura 2.3. Capriata semplice

La capriata semplice è generalmente utilizzata per coprire luci di dimensioni comprese tra i 4 e i 5 metri.



Figura 2.4. Capriata asimmetrica

La capriata asimmetrica è generalmente utilizzata per coprire luci di dimensioni comprese tra i 5 e i 7 metri.

Inseriti i dati geometrici della capriata ed effettuata l'analisi dei carichi, il software provvede: al calcolo delle reazioni vincolari, alla scomposizione dei carichi distribuiti in forze concentrate, al calcolo degli sforzi normali sulle

10

Introduzione al software = cap 2

aste, alla verifica degli elementi che compongono la capriata (puntoni, catena, saette e monaco), alla verifica delle travi secondarie e del tavolato.

Nel dettaglio le verifiche effettuate sui puntoni sono:

- verifica a compressione (SLU)
- verifica a flessione retta (SLU)
- verifica a pressoflessione (SLU)
- verifica a taglio (SLU)
- verifica a instabilità di trave (SLU)
- verifica a instabilità di colonna (SLU)
- verifica a deformazione (SLE)
- verifica al fuoco.

Le verifiche effettuate sulla catena sono:

- verifica a trazione in direzione parallela alla fibratura del legno (SLU)
- verifica al fuoco.

Le verifiche effettuate sulle saette sono:

- verifica a compressione (SLU)
- verifica al fuoco.

Le verifiche effettuate sul monaco sono:

- verifica a trazione in direzione parallela alla fibratura del legno (SLU)
- verifica al fuoco.

Le verifiche effettuate sulle travi secondarie sono:

- verifica a flessione (SLU)
- verifica a taglio (SLU)
- verifica a instabilità di trave (SLU)
- verifica a deformazione (SLE).

Le verifiche effettuate sul tavolato sono:

- verifica a flessione (SLU)
- verifica a taglio (SLU)
- verifica a deformazione (SLE).

Il programma consente inoltre la stampa della relazione di calcolo e dei disegni esecutivi.

2.2. Interfaccia grafica

Il software *PreWood Capriate in legno* ha un'interfaccia grafica semplice e intuitiva, così come si può desumere dalla figura 2.5, ed è costituito dai seguenti elementi:

- barra del titolo: contiene il titolo del programma;
- barra dei menu: raggruppa molteplici comandi ordinati in base alla funzione;
- barra degli strumenti: contiene i comandi necessari per effettuare la verifica di una capriata;
- barra di stato: contiene informazioni, come il nome dei comandi della barra degli strumenti e il nome del file aperto.



Figura 2.5. Finestra principale PreWood Capriate in legno

3. Guida operativa

3.1. Strumenti del menu FILE

Il menu FILE contiene i comandi per la gestione dei documenti, ovvero le operazioni per creare, aprire e salvare un file ed il comando per uscire dal programma.



Figura 3.1. Comandi del menu FILE

NUOVO

Il comando NUOVO azzera tutti i valori inseriti precedentemente dall'utente.

APRI

Il comando APRI consente di aprire un documento precedentemente salvato: tramite esso viene visualizzata una finestra in cui selezionare il file con i dati da caricare.

Capriate PreWood

	🗠 Apri	
	Seleziona il file da aprire	
	esempio 1.coa2	*
	Prova.coa2	
		-
Figura 3.2	File: Prova.coa2	Apri Annulla
Apri file		

SALVA

Il comando salva permette il salvataggio dei dati inseriti nel programma. Una volta selezionato, si deve assegnare un nome al documento e, per completare l'operazione, si deve cliccare su ARCHIVIA.

	🗠 Salva		
Figura 3.3 Salva file	Nome File	esempio 2	Archivia

ESCI

Il comando ESCI determina la chiusura del programma.

3.2. Strumenti del menu MATERIALE

Il menu MATERIALE contiene i comandi inerenti al tipi di legno da adoperare ai fini del calcolo.

Il software contiene di default un archivio di diversi tipi di legnami che sono stati ricavati dalle norme UNI e più precisamente:

- tabella 3.2 UNI EN 338:2009 per il legno massiccio di conifera e pioppo;
- tabella 3.3 UNI EN 1194:2000 per il legno massiccio di latifoglia;
- tabella 3.4 UNI EN 1194:2000 per il legno lamellare incollato di conifera.

L'archivio dei legnami può essere incrementato dall'utente mediante il comando AGGIUNGI NUOVO.

I comandi MAT. CAPRIATA, MAT. TRAVI SECONDARIE E MAT. TAVOLATO consentono di scegliere il tipo di legno da utilizzare per la capriata, per le travi secondarie e per il tavolato.

14

Guida operativa = cap 3



Figura 3.4. Comandi del menu MATERIALE

AGGIUNGI NUOVO

Il comando AGGIUNGI NUOVO apre una scheda in cui bisogna digitare la descrizione del materiale.

Per un corretto funzionamento del software la descrizione deve essere inserita seguendo la dicitura di questo esempio: *"Lamellare incollato classe di resistenza GL36c"* oppure *"Legno massiccio di conifera e pioppo classe di resistenza C24"*, modificando opportunamente la classe di resistenza.

🗠 Crea un nuovo materiale	
Dati del materiale	
Descrizione	
fm,k (MPa)	Classe di servizio I
ft,0k (MPa)	Kmod?
fc,0,k (MPa)	γm?
fc,90k (MPa)	pmed (Kg/mc)
fv,k (MPa)	
E0,med (N/mmq)	
E0,05 (N/mmq)	
	en e

Figura 3.5. Crea un nuovo materiale

```
Capriate PreWood
```

Il passo successivo consiste nell'inserimento dei valori dei parametri di resistenza, dei moduli di elasticità e della massa volumica media del legno:

- resistenza a flessione f_{mk}
- resistenza a trazione parallela alla fibra $f_{t,0,k}$
- resistenza a compressione parallela alla fibra $f_{c\,0\,k}$
- resistenza a compressione perpendicolare alla fibra $f_{c.90k}$
- resistenza a taglio f_{vk}
- modulo di elasticità parallelo $E_{0.05}$
- modulo di elasticità medio parallelo $E_{0,med}$
- massa volumica media del legno ρ_{med} .

Successivamente si deve inserire la *classe di servizio*, che tiene conto della sensibilità del legno alle variazioni di umidità e dell'influenza di questa sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità. Cliccando sull'icona [?] viene visualizzata una finestra interattiva che riporta la Tabella 4.4.II delle NTC 2008; selezionando con un click la classe di servizio desiderata questa viene riportata automaticamente nella finestra della creazione del materiale.

i di servizio	
bella 4.4.11 -Classi di	servizio
Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	É caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Figura 3.6. Classi di servizio

Infine, è necessario inserire il coefficiente k_{mod} e il coefficiente γ_m .

Il coefficiente k_{mod} è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura¹ sui parametri della resistenza; per una scelta oculata si può consultare la Tabella 4.4.IV delle NTC 2008 cliccando sull'icona [?].

¹ k_{mod} coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri della resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di k_{mod} sono forniti nella Tab. 4.4.IV. Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata. § 4.4.6 del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni, noto con l'acronimo NTC 2008.

16

Il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale γ_m dipende dal tipo di materiale e dalla combinazione di carico considerata; per la combinazione fondamentale assume valore 1,45 per il legno lamellare e 1,50 per il legno massiccio. Cliccando sull'icona [?] viene visualizzata la Tabella 4.4.III delle NTC 2008, dove si può selezionare il coefficiente parziale corrispondente al tipo di materiale utilizzato.

Kmod								
Tabella 4.4.IV -Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno								
	Riferimento		Classe di durata del carico					
Materiale			di servizio	Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	EN 14081-1		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Legno lamellare incollato	EN 14080		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
		Parti 1, 2, 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Compensato	EN 636	Parti 2, 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
Pannello di scaglie orientate (OSB)		OSB/3 - OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	EN 312	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
Pannello di particelle		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
(truciolare)		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre,	EN 622-2	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
alta densità	211 022-2	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
B	EN 622-3	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Pannello di fibre, media densità (MDF)			2		•		0,45	0,80
	EN 622-5	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MDF.HLS	2		-	-	0,45	0,80

Figura 3.7. Valori di ${\rm k}_{\rm mod}$ per legno e prodotti strutturali a base di legno

Stati limite ultimi	γм
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

Figura 3.8. Coefficienti parziali $\gamma_{\rm M}$ per le proprietà dei materiali

Dopo aver compilato tutti i campi, per aggiungere il materiale creato è necessario cliccare sull'icona di conferma.

MAT. CAPRIATA, MAT. TRAVI SECONDARIE E MAT. TAVOLATO

I comandi MAT. CAPRIATA, MAT. TRAVI SECONDARIE E MAT. TAVOLATO aprono rispettivamente delle finestre contenenti una listbox dalla quale scegliere, dall'archivio dei legnami, il tipo di legno da utilizzare.

空 Capriate i	n legno	And the second se	
File M	ateriale Coefficienti	Progetto Visualizza Genera ?	
1	CAPRIATA		
	Seleziona il tipo di le		
	Descrizione	Conifera classe di resistenza C20.ptec	A
12	6 1 0Y - >	Conifera classe di resistenza C22.ptec	
10100	m,k (N/mmq)	Confera classe di resistenza C24.ptec L'amellare incollato classe di resistenza GI 24e ptec	
	fc,0,k (MPa)	Lamellare incollato classe di resistenza GL24c.ptec	
14	fv.k (N/mmg)	Lamellare incollato classe di resistenza GL28c.ptec	
1.00	Variat	Lamellare incollato classe di resistenza GL28h.ptec	
	Kmod	Lamellare incollato classe di resistenza GL32c.ptec	
	E0,med (N/mmq)	Lamellare incollato classe di resistenza GL36c.ptec	
10000		Lamellare incollato classe di resistenza GL36h.ptec	
		Legno di abete categoria S2 - classe di resistenza C24.ptec	
		Legno di confera o nionno classe di resistenza C18.ptec	
		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C16.ptec	E
st.		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C18.ptec	
上出る		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C20.ptec	
-100		Legno di confera o pioppo classe di resistenza C22 ptec	
		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C27.ptec	
		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C30.ptec	
		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C35.ptec	
		Legno di confera o pioppo classe di resistenza C40,ptec	
9		Legno di conifera o pioppo classe di resistenza C50.ptec	
		Legno di latifoglie classe di resistenza D18.ptec	
- Le		Legno di latifoglie classe di resistenza D24.ptec	
DXF		Legno di latifoglie classe di resistenza D30.ptec	
Seleziona il	materiale da utilizzare per la	^{caprial} Legno di latifoglie classe di resistenza D40.ptec	

Figura 3.9. Listbox con i tipi di legnami

空 Capriate in I	legno						×
File Mat	eriale Coefficienti Proge	tto Visualizza	Genera ?				
	CAPRIATA Seleziona il tipo di legno	Lamellare incoll	ato classe di resistenza G	L24c.ptec		•	
	Descrizione	Lamellare in	collato classe di resisten:	za GL24c	Classe di servizio I		
550	fm,k (N/mmq)	24.00	pmed (Kg/mc)	350			
н	fc,0,k (MPa)	21.00	ft,0k (MPa)	14.0			
154	fv,k (N/mmq)	2.7	fc,90k (MPa)	24	Ste has	2	
	Kmod	0.70	γm	1.45			
	E0,med (N/mmq)	11600	E0,05 (N/mmq)	9400			
Seleziona il m	ateriale da utilizzare per la capriata	- File: esempio	1.cob				

Figura 3.10. Materiale capriata



3.3. Strumenti del menu COEFFICIENTI

Il menu COEFFICIENTI contiene i comandi inerenti ai coefficienti di sicurezza e ai coefficienti di combinazione.



Figura 3.11. Strumenti del menu COEFFICIENTI

COEFF. DI SICUREZZA

Il comando coeff. Di sicurezza apre una finestra che riporta la Tabella 2.6.1 delle NTC 2008, che fornisce i valori dei coefficienti γ_{GI} , γ_{G} e γ_{Oi} .

		Coefficiente YF	EQU	Al STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	γοι	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali(1)	favorevoli sfavorevoli	YG2	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	γοι	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

Figura 3.12. Consultazione della Tabella 2.6.I delle NTC 2008 per i coefficienti parziali di sicurezza

Nelle verifiche agli stati limite ultimi (SLU) si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU;
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR;
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU della Tabella 2.6.I delle NTC 2008, dove:

- γ_{GI} è il coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- γ_{G2} è il coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_{Oi}^{02} è il coefficiente parziale delle azioni variabili.

COEFF. DI COMBINAZIONE

Il comando COEFF. DI COMBINAZIONE apre una finestra interattiva che riporta la Tabella 2.5.I delle NTC 2008, nella quale l'utente deve selezionare la categoria e le azioni variabili.

Nel caso delle capriate:

- categoria H Coperture
- vento
- neve a quota ≤ 1000 m s.l.m. oppure neve a quota > 1000 m s.l.m.

Categoria/Azione variabile	Woi	WII	V
Categoria A Ambienti per uso residenziale	0,7	0,5	0,
Categorie B Uffici	0,7	0,5	0,
Categoria C Ambienti suscettibbili di affollamento	0,7	0,7	0,
Categorie D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,
Categorie E Bibblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 K.N)	0,7	0,7	0,
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 KN)	0,7	0,5	0,
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,
Vento	0,6	0,2	0,
Neve a quota $\leq 1000 \text{ m s.l.m.}$	0,5	0,2	0,
Neve a quota > 1000 m s.l.m.	0,7	0,5	0,
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,

Figura 3.13. Valori dei coefficienti di combinazione conformemente alla Tabella 2.5.I delle NTC 2008

Selezionate queste voci, il software riconosce i corrispettivi coefficienti di combinazione ψ_{0j} , $\psi_{1j} \in \psi_{2j}$, e calcola le seguenti combinazioni delle azioni per gli stati limite ultimi e per gli stati limite di esercizio:

20

Guida operativa = cap 3

- combinazione fondamentale, impiegata per gli SLU;
- combinazione frequente, impiegata per gli SLE;
- combinazione quasi permanente, impiegata per gli SLE;
- combinazione eccezionale, impiegata per gli SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto (incendio).

3.4. Strumenti del menu PROGETTO

Il menu PROGETTO contiene i comandi necessari per l'esecuzione della verifica di una capriata in legno e per la generazione della relazione di calcolo:

- DATI GENERALI
- DATI GEOMETRICI
- ANALISI DEI CARICHI
- EFFETTUA LE VERIFICHE.



Figura 3.14. Strumenti del menu PROGETTO

DATI GENERALI

La finestra che viene visualizzata lanciando il comando DATI GENERALI ha un'interfaccia divisa in due parti (figura 3.15): i dati del tecnico, ovvero il titolo di studio, il nome e il cognome, l'indirizzo dello studio tecnico e i recapiti (numero di telefono e/o indirizzo e-mail) e i dati dell'opera da realizzare, ovvero il Comune e la Provincia in cui si trova la copertura da verificare, l'oggetto dei lavori e l'oggetto della relazione di calcolo.

Capriate	PreWood

Per completare l'inserimento è necessario cliccare sull'icona di conferma.

🕑 Dati_Generali	×
Dati del Progettista	
TITOLO, NOME E COGNOME:	
INDIRIZZO:	
RECAPITI:	
Dati del Progetto	
COMUNE DI	PROVINCIA DI
OGGETTO DEI LAVORI:	
RELAZIONE DI CALCOLO DI	

Figura 3.15. Dati generali

DATI GEOMETRICI

Il comando DATI GEOMETRICI apre la finestra contenente i dati di progetto (figura 3.16).

Capriate in legno						
File Materiale Coefficienti Progetto Visualizza Genera ?						
DATI GEOMETRICI	DATI GEOMETRICI					
Luce 8 (m) Angolo falde	26,5 (°) Interasse cap.	200 (cm) Spessore muri 40 (cm)				
Dati geometrici della catena	Dati geometrici dei puntoni	Dati geometrici travi secondarie				
b1 16 (cm)	b2 16 (cm)	b3 12 (cm) Interasse 70 (cm)				
h1 20 (cm)	h2 20 (cm)	h3 12 (cm)				
Dati geometrici saette	Dati geometrici monaco	Dati geometrici tavolato				
b4 12 (cm)	b5 12 (cm)	Spessore tavolato 2,5 (cm)				
h4 12 (cm)	h5 12 (cm)	Carico Incendio				
AD 190 (cm)	CF 190 (cm)	Valore del Carico 1 (KN/mq)				
AD 190 (cm) CF 190 (cm) Valore del Carico 1 (KN/mq) Image: Construction of the secondarie Travisecondarie Travisecondarie						



22

I dati da inserire sono:

- luce, ovvero la lunghezza della catena, distanza AB come in figura 3.16;
- angolo di inclinazione delle falde;
- interasse capriata, ovvero la distanza tra due capriate;
- spessore dei muri su cui poggia la capriata;
- dimensioni della sezione trasversale della catena, dove b indica la base e h l'altezza della sezione;
- dimensioni della sezione trasversale dei puntoni;
- dimensioni della sezione trasversale delle saette;
- distanza AD (figura 3.16), necessaria per il corretto posizionamento delle saette sui puntoni;
- · dimensioni della sezione trasversale del monaco;
- distanza CF (figura 3.16), necessaria per il corretto posizionamento delle saette sul monaco;
- interasse travi secondarie, ovvero la distanza tra due travi secondarie;
- dimensioni della sezione trasversale delle travi secondarie;
- spessore del tavolato;
- valore del carico incendio.

ANALISI DEI CARICHI

Il comando ANALISI DEI CARICHI consente di definire i carichi agenti sulla struttura.

CARICHI SULLA STRUTTURA

La finestra CARICHI SULLA STRUTTURA è suddivisa in tre schede, che si consiglia di aprire in sequenza:

- carichi permanenti non strutturali (figura 3.17)
- carichi variabili di breve durata (figura 3.18)
- carichi istantanei (figura 3.19).

L'utente, nella scheda PERMANENTI NON STRUTTURALI, deve selezionare i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione², come ad esempio il coibente termico, l'impermeabilizzante, le tegole, etc., indicati con il simbolo G_2 . Nel caso in cui si debba inserire un carico che non è menzionato nella lista dei carichi permanenti non strutturali, l'utente può aggiungere il valore di tale carico in corrispondenza della voce CARICO AGGIUNTIVO UTENTE.

² Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti. § 3.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

24

Capriate PreWood

Carichi sulla struttura	-		×
Permanenti non strutturali	Variabili breve durata	Istantanei	
G2 (KN/mq)			
Intonaco (s=1,5 c	m)		0,3
Malta di allettamer	nto (s=3,0 cm)		0,5
Pavimento utente.			0,5
Coibente termico.			0,1
Impermeabilizzant	e		0,3
✓ Tegole			0,6
Tramezzi			0,4
Carico aggiuntivo	utente		0,0
			Sector 1

Figura 3.17 Analisi dei carichi – Permanenti non strutturali

Carichi sulla struttura			
Permanenti non strutturali Variabili breve durata Istantanei			
- Qn,k (KN/mq)	Ripartiti (KN/mq)	Concentrati (KN)	
O Ambienti ad uso residenziale o uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	
 Uffici aperti al pubblico (ospedali, ristoranti, bar, scuole) 	3,00	2,00	
 Balconi, ballatoi, sale convegni, cinema, negozi 	4,00	4,00	
 Musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie 	5,00	5,00	
O Uffici aperti al pubblico (ospedali, ristoranti, bar, scuole)	3,00	2,00	
 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini 	5,00	5,00	
 Bibblioteche, archivi, magazzini, laboratori 	6,00	6,00	
 Ambienti ad uso industriale: da valutare 	0,00	0,00	
○ Rimesse e parcheggi P <= 30 KN	2,50	10,00	
○ Rimesse e parcheggi P>= 30 KN da valutare	0,00	0,00	
Coperture e sottotetti accessibili a sola manutenzione	0,50	1,20	
 Coperture praticabbili 	0,00	0,00	
 Coperture speciali 	0,00	0,00	

Figura 3.18 Carichi sulla struttura – Variabili di breve durata

25

Guida operativa = cap 3

Nella scheda VARIABILI DI BREVE DURATA (figura 3.18) sono riportati i valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edifici (Tabella 2.1.II delle NTC 2008). Trattandosi di capriate, è impostato di default il carico corrispondente alla destinazione d'uso dell'opera "coperture e sottotetti accessibili a sola manutenzione", a cui corrisponde un carico verticale uniformemente distribuito pari a 0,50 kN/m².

Infine, la finestra ISTANTANEI (figura 3.19) contiene i valori dell'azione della neve e del vento. In questa scheda si può scegliere se effettuare il calcolo considerando l'azione del vento oppure l'azione sismica, posta pari al 33% dei carichi agenti sulla struttura.

Nel caso in cui l'utente sia già in possesso dei valori dell'azione della neve e del vento può inserirli nelle textbox corrispondenti; in caso contrario, può calcolarli cliccando su CALCOLA.

🗠 Carichi sulla struttura		×	
Permanenti non strutturali Variabili breve d	urata Istantanei		
Neve: Qn,k (KN/mq), Vento: Qn,k (KN	/mq)		
✓ Azione della neve	Calcola	0,10	
✓ Azione del vento	Calcola	0,10	
Selezionare quale azione inserire			
 Vento Sisma (SLU Cs- 	=0,33; SLE CS=0,1)		
			Figure 0.40
			Figura 3.19
		~	
ľ			struttura – Istantanei

CALCOLA AZIONE DELLA NEVE

Il comando CALCOLA corrispondente alla scritta "azione della neve" consente di determinare il carico dovuto alla neve (Q_{k2}). Nella finestra relativa al calcolo si devono inserire i seguenti dati:

Capriate PreWood

- · altezza sul livello del mare;
- angolo della falda (inserito automaticamente dal programma in funzione dei dati geometrici inseriti in precedenza, ma sempre modificabile dall'utente);
- zona di carico da neve, l'utente deve selezionare, in base al colore della regione in cui si ricade la capriata da verificare, il numero corrispondente;
- · coefficiente di esposizione;
- · coefficiente termico.

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona³. Le NTC 2008 individuano nel territorio italiano tre zone di carico da neve, indicate in figura 3.20.



Figura 3.20. Calcolo dell'azione della neve

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'a-rea in cui sorge l'opera.

I valori consigliati del coefficiente di esposizione⁴ C_{F} per diverse classi di to-

³ Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. § 3.4.2 del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.

⁴ Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Se non

pografia sono forniti nella Tabella 3.4.1. delle NTC 2008. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_F = 1$.

	-	
Topografia	Topografia Descrizione	
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costru- zioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1,1

Il coefficiente termico⁵ C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione; generalmente si assume $C_t = 1$.

Inseriti tutti i dati e cliccato sull'icona "calcola", il programma riporta il valore dell'azione della neve sulla finestra ISTANTANEI.

CALCOLA AZIONE DEL VENTO

Il comando CALCOLA corrispondente alla scritta "azione del vento" consente di determinare il carico dovuto al vento (Q_{k3}) . Nella finestra relativa al calcolo si devono inserire i seguenti dati:

- altezza dell'edificio;
- altezza sul livello del mare;
- angolo della falda (inserito automaticamente dal programma in funzione dei dati geometrici inseriti in precedenza, ma sempre modificabile dall'utente);
- zona;
- · classe di rugosità;
- distanza dalla costa;
- coefficiente dinamico.

Il software per determinare la velocità di rifermento⁶ necessita dei parametri v_{b0} , a_0 , k_a , i quali dipendono dalla scelta della zona; pertanto, l'utente dovrà

diversamente indicato, si assumerà $C_F = 1.$ § 3.4.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

⁵ Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_i = 1. \ S \ 3.4.4 \ del \ D.M.$ 14 gennaio 2008.

⁶ La velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. § 3.3.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Capriate PreWood

selezionare, dalla listbox corrispondente, la regione in cui sorge la costruzione in esame.

Per la scelta della classe di rugosità si ricorda che una costruzione può dirsi ubicata in classe A o B solo se la situazione che contraddistingue la classe permane intorno alla costruzione per almeno 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, si deve assegnare la classe più sfavorevole.

Il valore del coefficiente dinamico⁷ C_d può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Una volta inseriti tutti i dati e cliccato sull'icona calcola, il programma riporta il valore dell'azione del vento sulla finestra ISTANTANEI.

Altezza edificio 4 (m)	Altezza sul livello del mare as 50 (m)	Angolo falda 26,5 (*)
Selezionare la zona		
4 - Sicilia e Provincia di Reggio Calabria		
Selezionare la classe di rugosi	tà	
B - Aree urbane (non di classe A), subu	bane industriali e boschive	
Distanza dalla costa		

Figura 3.21. Calcolo dell'azione del vento

Dopo aver selezionato e calcolato tutti i carichi da considerare ai fini della verifica, l'utente deve cliccare sull'icona di conferma presente nella finestra CARICHI SULLA STRUTTURA.

EFFETTUA LE VERIFICHE

Dopo aver inserito tutti i dati e aver effettuato l'analisi dei carichi si può procedere alle verifiche selezionando dal menu PROGETTO il comando EFFETTUA LE VERIFICHE. Se l'esito delle verifiche è positivo viene visualizzata una finestra contenente la scritta "verifiche effettuate con successo".

⁷ Il coefficiente dinamico tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. *§ 3.3.8 del D.M. 14 gennaio 2008.*

VERIFICHE EFFETTUATE CON SUCCESSO

Figura 3.22 Esito delle verifiche positivo

In caso contrario, viene visualizzata una finestra con scritto: "le verifiche non sono andate a buon fine, controllare le verifiche e ridimensionare gli elementi non verificati".

×	
LE VERIFICHE NON SONO ANDATE A BUON FINE CONTROLLA LE VERIFICHE E RIDIMENSIONA GLI ELEMENTI NON VERIFICATI	Figura 3.23
ОК	Esito delle verifiche negativo

Selezionato ok (figura 3.23), il software apre la finestra relativa alle verifiche e l'utente dovrà apportare le dovute modifiche agli elementi che non soddisfano le verifiche.

CAMBIA TIPOLOGIA CAPRIATA

Il menu PROGETTO, infine, contiene il comando CAMBIA TIPOLOGIA CAPRIATA mediante il quale l'utente può cambiare la tipologia della capriata; selezionando tale comando viene visualizzata una finestra contenente tre immagini che riproducono le seguenti tipologie di capriate:

- capriata con saettoni
- capriata semplice
- capriata asimmetrica.

La scelta della tipologia costruttiva della capriata si effettua cliccando sull'immagine raffigurante il tipo di capriata da verificare; dopo aver effettuato la scelta, il software ricarica l'interfaccia grafica con la nuova tipologia considerata.

Guida operativa = cap 3

Capriate PreWood



Figura 3.24. Scelta tipologia costruttiva della capriata

3.5. Strumenti del menu VISUALIZZA

Il menu VISUALIZZA contiene tutti i comandi per controllare i valori ottenuti dal calcolo:



Figura 3.25. Menu VISUALIZZA

Guida operativa = cap 3

- SFORZI SULLE ASTE
- COMBINAZIONI DI CARICO
- VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO
- VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO
- VERIFICHE AL FUOCO
- SFORZI SULLE ASTE

Il comando SFORZI SULLE ASTE consente di visualizzare un riepilogo dei carichi agenti sulla struttura, dei valori delle forze concentrate sui nodi, le reazioni vincolari e gli sforzi di compressione e trazione sulle aste.

Le azioni di progetto sono indicate con $P \in Q$. Il simbolo P rappresenta il carico distribuito in direzione orizzontale (vento o sisma), mentre il simbolo Q rappresenta il carico distribuito in direzione verticale (carichi permanenti, variabili e istantanei).

Le azioni concentrate ai nodi sono indicate con la lettera F seguita da due pedici: il primo indica il nodo in cui è applicata la forza e il secondo indica invece la direzione. A titolo esemplificativo, F_{ax} indica una forza applicata nel nodo A avente direzione X orizzontale, come in figura 3.26.

Le reazioni vincolari sono indicate con la lettera R sempre seguita da due pedici, per i quali valgono gli stessi criteri utilizzati per le forze concentrate.

I vincoli utilizzati per la risoluzione dello schema statico sono una cerniera sull'estremo sinistro e un carrello sull'estremo destro.



Figura 3.26. Comando SFORZI SULLE ASTE

Capriate PreWood

Gli sforzi sulle aste sono calcolati mediante il metodo delle sezioni di Ritter e sono indicati con la lettera N seguita da due pedici che indicano l'asta, per esempio N_{ab} indica lo sforzo normale sull'asta AB (figura 3.27).



Figura 3.27. Sezione di Ritter per la determinazione degli sforzi nelle aste AB, DC e DF

COMBINAZIONI DI CARICO

Il comando COMBINAZIONI DI CARICO consente l'apertura di una finestra in cui sono riportati i valori delle combinazioni di carico calcolate per gli SLU (figura 3.28), per gli SLE (figura 3.29) e per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali di progetto (figura 3.30).



Figura 3.28. Comando COMBINAZIONI DI CARICO (SLU)

Guida operativa = cap 3



Figura 3.29. Comando combinazioni di carico (SLE)



Figura 3.30. Comando COMBINAZIONI DI CARICO (SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto) Capriate PreWood

La combinazione di carico calcolate dal software sono le seguenti:

- combinatione fondamentale (SLU): $\gamma_{GI} \cdot \underbrace{G_1}_{1} + \gamma_{G2} \cdot \underbrace{G_2}_{2} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{QI} \cdot \underbrace{Q_{kI}}_{1} + \gamma_{QI} \cdot \underbrace{\psi_{02}}_{02} \cdot \underbrace{Q_{k2}}_{2} + \gamma_{Q3} \cdot \underbrace{\psi_{03}}_{03} \cdot \underbrace{Q_{k3}}_{2} + \dots (3.1)$
- combinazione frequente (SLE): $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$ (3.2) • combinazione quasi permanente (SLE):
- combinazione quasi permanente (SLE): $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{kl} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$ (3.3) • combinazione eccezionale (fuoco):
- combinatione eccezionale (fuoco): $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{kl} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$ (3.4)

VERIFICHE

Il comando VERIFICHE consente di visualizzare i valori e gli esiti delle verifiche agli stati limite ultimi, agli stati limite d'esercizio e al fuoco.

Le verifiche agli stati limite ultimi effettuate dal software sono: compressione, flessione, pressoflessione, taglio, instabilità di trave e di colonna per i puntoni; trazione per la catena e il monaco; compressione per le saette.

Le verifiche agli stati limite d'esercizio effettuate consistono nel calcolo delle deformazioni per effetto degli spostamenti verticali nella capriata, nelle travi secondarie e nel tavolato.

Le verifiche al fuoco sono eseguite sia per la capriata che per le travi secondarie mediante il metodo della sezione ridotta.

Nel caso in cui ci siano elementi non verificati, bisognerà aumentare le dimensioni o modificare le caratteristiche del materiale utilizzato; in tal caso il programma individua le verifiche che non sono soddisfatte con una scritta di colore rosso (figura 3.31).



Figura 3.31. Esempio di verifiche non soddisfatte

34

Guida operativa = cap 3

3.5.1. Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di resistenza del materiale non possono prescindere dalle caratteristiche intrinseche del legno e dalla sua anisotropia⁸.

Le tensioni interne si possono calcolare nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di una relazione lineare tra tensioni e deformazioni fino alla rottura.

Le resistenze di calcolo dei materiali X_d sono quelle definite al § 4.4.6 delle NTC 2008 ovvero:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M} \tag{3.5}$$

A causa dell'anisotropia del materiale, le verifiche degli stati tensionali di trazione e compressione si devono eseguire tenendo conto dell'angolo tra direzione della fibratura e direzione della tensione.



Figura 3.32. Assi dell'elemento

TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA (SLU)

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

dove

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \tag{3.6}$$

 $\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura calcolata sulla sezione netta, calcolata con la seguente formula:

⁸ Proprietà per la quale un determinato materiale ha caratteristiche che dipendono dalla direzione lungo la quale vengono considerate. Un materiale si dice anisotropo, quando è privo di isotropia, cioè quella proprietà per cui il valore di una grandezza fisica o le modalità di un fenomeno dipendono dalla direzione che si considera.

Capriate PreWood

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_{netta}} \tag{3.7}$$

in cui

N sforzo normale di trazione

 A_{netta} aree netta della sezione trasversale.

 $f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_b :

$$f_{t,0,k} = \frac{k_{\rm mod} \cdot f_{t,0,d}}{\gamma_m}$$
(3.8)

in cui

 k_{mod} coefficiente correttivo (Tabella 4.4.IV delle NTC 2008) $f_{t,0,k}$ valore caratteristico della resistenza a trazione parallela γ_m coefficiente parziale di sicurezza (Tabella 4.4.III delle NTC).

Per elementi di legno massiccio sottoposti a trazione parallela alla fibratura che presentano il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm, il valore caratteristico $f_{t,0,k}$ può essere incrementato tramite il coefficiente moltiplicativo k_{h} , così definito:

$$k_{h} = \min \begin{cases} \left(\frac{150}{h}\right)^{0.2} \\ 1.3 \end{cases}$$
(3.9)

essendo h, in millimetri, il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

Per elementi di legno lamellare sottoposti a trazione parallela alla fibratura che presentano il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600 mm, il valore caratteristico $f_{t,0,k}$ può essere incrementato tramite il coefficiente moltiplicativo k_h , così definito:

$$k_{h} = \min \begin{cases} \left(\frac{600}{h}\right)^{0.1} \\ 1.1 \end{cases}$$
(3.10)

essendo h, in millimetri, il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

Guida operativa = cap 3

Pertanto la resistenza di calcolo incrementata del coefficiente k_h sarà data dalla seguente espressione:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_m}$$
(3.11)

COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA (SLU)

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \tag{3.12}$$

dove

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

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} \tag{3.13}$$

in cui N sforzo normale di compressione A area sezione trasversale

 $f_{c.0.d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{h} (formule 3.8 e 3.9).

$$f_{t,0,k} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,d}}{\gamma_m}$$
(3.14)

in cui

 k_{mod} coefficiente correttivo (Tabella 4.4.IV delle NTC 2008) $f_{c,0,k}$ valore caratteristico della resistenza a compressione parallela γ_m coefficiente parziale di sicurezza (Tabella 4.4.III delle NTC).

Deve essere inoltre effettuata la verifica di instabilità per gli elementi compressi.

TAGLIO (SLU)

Deve essere soddisfatta la condizione:

$$\tau_d \le f_{v,d} \tag{3.15}$$

38

Capriate PreWood

dove

 τ_d è la tensione massima tangenziale di calcolo, valutata secondo la teoria di Jourawski

 f_{yd} è la corrispondente resistenza di calcolo a taglio.

FLESSSIONE (SLU)

Devono essere soddisfatte entrambe le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$
(3.16)

dove

 $\sigma_{{}_{m,y,d}} \mathrm{e} \, \sigma_{{}_{m,z,d}}$

sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} \tag{3.17}$$

in cui M momento flettente W modulo resistente

 $f_{m,y,d} e f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{i} (formule 3.8 e 3.9).

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k}}{\gamma_m} \tag{3.18}$$

in cui

 k_{mod} coefficiente correttivo (Tabella 4.4.IV delle NTC 2008) $f_{m,k}$ valore caratteristico della resistenza a flessione γ_m coefficiente parziale di sicurezza (Tabella 4.4.III delle NTC)

 k_m è un coefficiente che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, e può assumere i seguenti valori:

Guida operativa = cap 3

 $k_m = 0,7$ per sezioni trasversali rettangolari $k_m = 1,0$ per altre sezioni trasversali.

Per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione che presentano un'altezza della sezione trasversale inferiore a 150 mm, il valore caratteristico $f_{m,k}$ può essere incrementato tramite il coefficiente moltiplicativo k_h (così come definito nelle formule 3.8 e 3.9).

Deve essere inoltre effettuata la verifica di instabilità allo svergolamento (flesso-torsionale) per gli elementi inflessi.

TENSOFLESSSIONE (SLU)

Nel caso di sforzo normale di trazione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$
(3.19)

Deve essere inoltre effettuata la verifica di instabilità allo svergolamento (flesso-torsionale) per gli elementi inflessi.

PRESSOFLESSSIONE (SLU)

Nel caso di sforzo normale di compressione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni e le verifiche di instabilità:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^{2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^{2} + k_{m} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$
(3.20)

VERIFICHE DI STABILITÀ (SLU)

Le strutture lignee presentano in genere dimensioni delle sezioni trasversali che, rapportate alla luce degli elementi, rendono quasi sempre necessarie le verifiche di stabilità, sia per gli elementi compressi e presso-inflessi (sbanda40

Capriate PreWood

mento laterale o instabilità di colonna) sia per quelli semplicemente inflessi (svergolamento o instabilità di trave).

ELEMENTI COMPRESSI (INSTABILITÀ DI COLONNA)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \le 1 \tag{3.21}$$

 $\sigma_{c\,\theta d}$ tensione di compressione di calcolo per sforzo normale

 $f_{c.0,d}^{(0,0,0)}$ resistenza di calcolo a compressione

 $k_{crit,c}$ coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo.

Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\lambda_{rel,c}$, che si calcola con la seguente formula:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$
(3.22)

 $f_{c,0,k}$ resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura $\sigma_{c,crit}$ tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i

valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%)

 λ snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo

$$\lambda = \frac{l}{i} \tag{3.23}$$

dove

- *l* lunghezza libera d'inflessione
- *i* raggio giratore di inerzia

$$I = \sqrt{\frac{I}{A}} \tag{3.24}$$

dove

I momento di inerzia

A area della sezione trasversale.

Guida operativa = cap 3

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0.3$ si deve porre $k_{crit,c} = 1$, altrimenti

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}$$
(3.25)

con

$$k_{crit,c} = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,c} - 0.3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right)$$
(3.26)

dove

- coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di β_{c} rettilineità definiti al § 4.4.15 delle NTC 2008, può assumere i seguenti valori:
 - per legno massiccio $\beta_c = 0.2$
 - per legno lamellare $\beta_c = 0.1$.

ELEMENTI INFLESSI (INSTABILITÀ DI TRAVE)

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, deve essere soddisfatta la relazione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m}} \le 1 \tag{3.27}$$

tensione di calcolo massima per flessione σ_{md}

coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener k_{crit.m} conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale

resistenza di calcolo a flessione, determinata tenendo conto anche delle $f_{m,d}$ dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{μ} .

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilineità nei limiti di accettabilità del prodotto, si possono assumere i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$:

- $k_{crit,m} = 1 \text{ se } \lambda_{rel,m} = 0.75$ $k_{crit,m} = 1.56 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} \text{ se } 0.75 < \lambda_{rel,m} \le 1.4$

•
$$k_{crit,m} = 1/\lambda_{rel,m}^2$$
 se $\lambda_{rel,m} > 1.4$