

Vincenzo Calvo – Elisabetta Scalora

Calcoli rapidi per il progettista

**CALCOLI RAPIDI PER ELEMENTI STRUTTURALI
IN CEMENTO ARMATO, ACCIAIO E LEGNO
CON IL SOFTWARE SUITE DEL CALCOLISTA**

VOLUME PRIMO

- Verifica agli SLU a compressione, trazione e taglio per sezioni rettangolari in c.a.
- Verifica di fessurazione di sezioni in c.a.
- Verifiche agli SLU a flessione e taglio per travi in acciaio
- Verifiche agli SLU a trazione, compressione, flessione e taglio per travi in legno
- Verifiche di instabilità per le sezioni in legno
- Verifiche di deformazione per solai in acciaio e in legno

→ **SECONDA EDIZIONE**

AGGIORNATA AL D.M. 17 GENNAIO 2018
NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

**PRONTO
GRAFILL**
Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni

SOFTWARE INCLUSO

CALCOLO E VERIFICA DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO, ACCIAIO E LEGNO

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **FA.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),
Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



Vincenzo Calvo – Elisabetta Scalora

CALCOLI RAPIDI PER IL PROGETTISTA – VOLUME PRIMO

Ed. II (4-2018)

ISBN 13 978-88-277-0010-5

EAN 9 788827 700105

Collana **Software** (109)

Calvo, Vincenzo <1978->
Calcoli rapidi per il progettista. Vol. 1. / Vincenzo Calvo, Elisabetta Scalora.
– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2018.
(Software ; 109)
ISBN 978-88-277-0010-5
1. Strutture - Progettazione. I. Scalora, Elisabetta <1981->.
624.171 CDD-22 SBN Pal0306894
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e PayPal.

Per i pagamenti con carta di credito e PayPal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno Smartphone o un Tablet il Codice QR sottostante.



I lettori di Codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di aprile 2018

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	p.	9
1. INQUADRAMENTO NORMATIVO	"	11
1.1. Normativa italiana	"	12
1.2. Normativa europea	"	14
2. IL CEMENTO ARMATO	"	16
2.1. Calcestruzzo	"	17
2.1.1. Resistenza a compressione	"	18
2.1.2. Resistenza a trazione	"	20
2.1.3. Modulo elastico	"	22
2.1.4. Coefficiente di Poisson	"	23
2.1.5. Coefficiente di dilatazione termica.....	"	23
2.1.6. Ritiro.....	"	23
2.1.7. Viscosità.....	"	25
2.1.8. Durabilità	"	25
2.1.9. Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo (NTC2018)	"	26
2.1.10. Controlli di accettazione del calcestruzzo	"	29
2.1.11. Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.....	"	36
2.2. Acciaio per cemento armato.....	"	37
2.2.1. Accertamento delle proprietà meccaniche.....	"	41
2.2.2. Caratteristiche dimensionali e di impiego	"	41
2.2.3. Reti e tralicci elettrosaldati	"	42
2.2.4. Saldabilità	"	42
2.2.5. Tolleranze dimensionali.....	"	43
3. L'ACCIAIO	"	44
3.1. Prodotti siderurgici	"	44
3.2. Profilati metallici	"	46
3.2.1. Sezioni a doppio T	"	46
3.2.2. Sezioni a C.....	"	47
3.2.3. Sezioni a L.....	"	47
3.3. Imperfezioni	"	47
3.3.1. Imperfezioni meccaniche.....	"	47

3.3.2.	Imperfezioni geometriche.....	p.	47
3.4.	Prove meccaniche sull'acciaio	"	48
3.4.1.	Prova di trazione.....	"	48
3.4.2.	Prova di compressione globale.....	"	49
3.4.3.	Prova di resilienza	"	49
3.4.4.	Prova di piegamento.....	"	49
3.4.5.	Prova di durezza	"	50
3.4.6.	Prova a fatica	"	50
4.	IL LEGNO	"	51
4.1.	Il legno da costruzione.....	"	53
4.2.	Legno massiccio	"	54
4.3.	Legno lamellare	"	55
4.4.	Valutazione della sicurezza.....	"	56
4.5.	Analisi strutturale	"	56
4.6.	Classi di durata del carico.....	"	57
4.7.	Classi di servizio.....	"	58
4.8.	Resistenza di progetto.....	"	59
4.9.	Collegamenti.....	"	60
4.10.	Elementi strutturali	"	62
4.11.	Sistemi strutturali.....	"	63
4.12.	Robustezza.....	"	64
4.13.	Durabilità.....	"	64
4.14.	Regole per l'esecuzione.....	"	65
5.	AZIONI E CARICHI SULLE COSTRUZIONI	"	68
5.1.	La classificazione delle azioni	"	68
5.2.	La caratterizzazione delle azioni elementari	"	69
5.3.	Le combinazioni delle azioni	"	70
5.4.	Pesi propri dei materiali strutturali.....	"	72
5.5.	Carichi permanenti non strutturali.....	"	73
5.6.	I carichi variabili.....	"	74
5.6.1.	Sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti	"	76
5.6.2.	Sovraccarichi verticali concentrati	"	77
5.6.3.	Sovraccarichi orizzontali lineari.....	"	77
6.	AZIONE DELLA NEVE	"	78
6.1.	Coefficiente di forma per le coperture.....	"	78
6.1.1.	Copertura ad una falda.....	"	79
6.1.2.	Copertura a due falde.....	"	79
6.2.	Coefficiente di esposizione.....	"	79
6.3.	Coefficiente termico	"	80
6.4.	Valore caratteristico del carico della neve al suolo	"	80

7. AZIONE DEL VENTO	p.	83
7.1. Velocità base di riferimento.....	"	83
7.2. Velocità di riferimento.....	"	85
7.3. Pressione del vento.....	"	86
7.4. Azione tangente del vento.....	"	86
7.5. Pressione cinetica di riferimento.....	"	86
7.6. Coefficiente di esposizione.....	"	86
7.7. Coefficiente aerodinamico.....	"	89
7.8. Coefficiente dinamico.....	"	89
7.9. Avvertenze progettuali.....	"	89
8. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI	"	93
8.1. Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	94
8.2. Stati Limite di Esercizio (SLE).....	"	95
8.3. Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	95
8.4. Durabilità.....	"	95
8.5. Robustezza.....	"	96
8.6. Verifiche.....	"	96
9. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	98
10. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE		
PER LE COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO	"	99
10.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	99
10.1.1. Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo.....	"	99
10.1.2. Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo.....	"	101
10.1.3. Resistenza di calcolo dell'acciaio.....	"	101
10.1.4. Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.....	"	103
10.1.5. Resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali).....	"	103
10.1.6. Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.....	"	107
10.1.7. Elementi con armature trasversali resistenti al taglio.....	"	109
10.1.8. Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti.....	"	112
10.1.9. Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffusive e nei nodi.....	"	114
10.1.10. Resistenza a fatica.....	"	114
10.1.11. Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti – Pilastri cerchiati.....	"	114
10.1.12. Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti – Verifiche di stabilità per elementi snelli.....	"	115
10.1.13. Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti – Metodi di verifica.....	"	116
10.1.14. Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti – Verifica dell'ancoraggio delle barre di acciaio con il calcestruzzo.....	"	116

10.1.15.	Verifica per situazioni transitorie.....	p.	117
10.1.16.	Verifica per situazioni eccezionali.....	"	117
10.1.17.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove.....	"	117
10.2.	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	"	117
10.2.1.	Verifiche di deformabilità.....	"	118
10.2.2.	Verifica delle vibrazioni.....	"	119
10.2.3.	Verifica di fessurazione.....	"	119
10.2.4.	Verifica delle tensioni di esercizio.....	"	132
10.2.5.	Verifica per situazioni transitorie.....	"	133
10.2.6.	Verifica per situazioni eccezionali.....	"	133
10.2.7.	Dettagli costruttivi per travi e pilastri.....	"	133
11.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE		
	PER LE COSTRUZIONI IN ACCIAIO	"	136
11.1.	Analisi strutturale – Classificazione delle sezioni.....	"	136
11.2.	Analisi strutturale – Capacità resistente delle sezioni.....	"	137
11.3.	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	138
11.3.1.	Resistenza di progetto a trazione.....	"	138
11.3.2.	Resistenza di progetto a compressione.....	"	139
11.3.3.	Resistenza di progetto a flessione retta.....	"	139
11.3.4.	Resistenza di progetto a taglio.....	"	141
11.3.5.	Resistenza di progetto a torsione.....	"	144
11.3.6.	Resistenza di progetto a flessione e taglio.....	"	145
11.3.7.	Resistenza di progetto a presso o tenso flessione retta.....	"	145
11.3.8.	Resistenza di progetto a presso o tenso flessione biassiale.....	"	146
11.3.9.	Resistenza di progetto a flessione, taglio e sforzo assiale.....	"	146
11.4.	Stabilità delle membrature – aste compresse.....	"	147
11.5.	Stabilità delle travi inflesse.....	"	149
11.6.	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	"	151
11.6.1.	Spostamenti verticali.....	"	151
11.6.2.	Spostamenti laterali.....	"	153
12.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE		
	PER LE COSTRUZIONI IN LEGNO	"	155
12.1.	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	156
12.1.1.	Verifiche di resistenza.....	"	156
12.1.2.	Trazione parallela alla fibratura.....	"	156
12.1.3.	Trazione perpendicolare alla fibratura.....	"	158
12.1.4.	Compressione parallela alla fibratura.....	"	158

12.1.5.	Compressione perpendicolare alla fibratura	p.	160
12.1.6.	Compressione inclinata rispetto alla fibratura	"	160
12.1.7.	Flessione	"	161
12.1.8.	Tensoflessione	"	163
12.1.9.	Pressoflessione	"	165
12.1.10.	Taglio	"	167
12.1.11.	Torsione	"	170
12.1.12.	Taglio e torsione	"	170
12.2.	Verifiche di stabilità	"	170
12.2.1.	Elementi inflessi (instabilità di trave)	"	171
12.2.2.	Elementi compressi (instabilità di colonna)	"	173
12.3.	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)	"	176
13.	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE		
	“SUITE DEL CALCOLISTA”	"	181
13.1.	Note sul software incluso	"	181
13.2.	Requisiti hardware e software	"	181
13.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione	"	181
13.4.	Installazione ed attivazione del software	"	181
14.	MANUALE D’USO DEL SOFTWARE		
	“SUITE DEL CALCOLISTA”	"	183
14.1.	Calcolo del giunto sismico	"	184
14.2.	Azione della neve	"	189
14.3.	Azione del vento	"	191
14.4.	Verifica saldature 1	"	192
14.5.	Verifica saldature 2	"	196
14.6.	Verifica giunti di base	"	199
14.7.	Verifica a flessione retta di una sezione in c.a.	"	205
14.8.	Calcolo dell’armatura di una sezione rettangolare compressa in c.a.	"	208
14.9.	Verifica a trazione di una sezione rettangolare in c.a.	"	211
14.10.	Verifica di fessurazione di sezioni in c.a.	"	214
14.11.	Unioni in legno	"	217
14.11.1.	Collegamento puntone-catena	"	223
14.11.2.	Collegamento puntoni-monaco	"	226
14.11.3.	Collegamento puntone-saette	"	229
14.11.4.	Collegamento monaco-saette	"	231
14.11.5.	Connessioni acciaio-legno con una sezione resistente	"	234
14.11.6.	Connessioni acciaio-legno con due sezioni resistenti	"	237
14.11.7.	Connessioni legno-acciaio-legno a due sezioni resistenti	"	240

15. SAGOMARI DEI PROFILATI IN ACCIAIO	p.	243
15.1. IPE	"	243
15.2. INP	"	244
15.3. HEA	"	245
15.4. HEB	"	246
15.5. HEM	"	247
15.6. Tubi in acciaio a sezione quadrata	"	248
15.7. Tubi in acciaio a sezione rettangolare	"	249
GLOSSARIO	"	254
F.A.Q. DOMANDE E RISPOSTE SUI PRINCIPALI ARGOMENTI	"	256
TEST INIZIALE (VERIFICA DELLA FORMAZIONE DI BASE)	"	258
TEST FINALE (VERIFICA DEI CONCETTI ANALIZZATI)	"	260

INTRODUZIONE

Il presente libro si configura come un manuale tecnico, per i professionisti che si occupano di progettazione strutturale che riguarda opere in cemento armato, acciaio e legno.

Il tema della progettazione strutturale nelle costruzioni è stato svolto secondo la nuova normativa nazionale relativa alle *Norme Tecniche per le Costruzioni*¹ (di cui al D.M. 17 gennaio 2018), pubblicate sulla *Gazzetta Ufficiale* il 20 febbraio 2018 e in vigore dal 22 marzo 2018 (30 giorni dopo la pubblicazione). Le nuove NTC 2018 si compongono di un decreto di tre articoli e di un allegato composto da 12 capitoli.

Per le strutture in legno la normativa italiana, risulta insufficiente e pertanto si è utilizzato l'Eurocodice 5 (UNI-EN 1995-1-2), essendo considerato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni come normativa di comprovata validità.

Il testo può essere suddiviso in tre parti: la prima contiene nozioni sui materiali da costruzione (cemento armato, acciaio e legno), la parte centrale contiene le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e agli stati limite di esercizio (SLE) per le costruzioni in cemento armato, acciaio e legno, con l'inserimento di esempi di calcolo, conferendo al volume un aspetto più pratico che teorico, come ad esempio: calcolo del giunto sismico, controlli di accettazione per il calcestruzzo, calcolo dell'azione della neve e del vento, verifiche agli SLU a compressione, trazione, flessione e taglio per sezioni rettangolari in c.a., verifica di fessurazione di sezioni in c.a., verifica agli SLU a flessione e taglio per travi in acciaio, verifica agli stati limite ultimi delle saldature nei profili in acciaio rettangolari e nei profili tipo IPE ed HE, verifiche agli SLU a trazione, compressione, flessione e taglio per travi in legno, verifiche di instabilità per le sezioni in legno, verifiche di deformazione per solai in acciaio e in legno. Infine la parte conclusiva contiene la descrizione e il manuale d'uso del software allegato *Suite del calcolista*.

Poiché le NTC 2018 richiedono al progettista strutturale la validazione dei codici di calcolo, il software allegato risulta un sostegno per il professionista per eseguire il controllo dei risultati delle elaborazioni ottenute dai programmi di calcolo; mediante il programma *Suite del calcolista* si possono calcolare e verificare velocemente elementi strutturali in cemento armato, acciaio e legno.

Arch. Elisabetta Scalora
Ing. Vincenzo Calvo

¹ D'ora in avanti NTC 2018.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il quadro normativo di riferimento per le strutture è rappresentato, in Italia, dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (di cui al D.M. 17 gennaio 2018), pubblicate sulla *Gazzetta Ufficiale* il 20 febbraio 2018 e in vigore dal 22 marzo 2018 (30 giorni dopo la pubblicazione). Le nuove NTC 2018 si compongono di un decreto di tre articoli e di un allegato composto da 12 capitoli.

Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Per le costruzioni in legno le NTC non sono sufficienti per la progettazione, e pertanto è consentito l'utilizzo di normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel Capitolo 12 delle NTC 2018:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su *Gazzetta Ufficiale* dell'Unione Europea;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss.mm.ii.;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Possono essere utilizzati anche altri codici internazionali, purché sia dimostrato che garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle NTC.

L'Eurocodice 5, essendo il documento normativo più completo per la progettazione delle strutture in legno, è considerato come norma di comprovata validità e pertanto può essere utilizzato senza contrastare le prescrizioni delle NTC 2018, salvo l'utilizzo dei coefficienti parziali di sicurezza per le proprietà dei materiali che devono essere quelli indicati nella normativa italiana, che sono più elevati rispetto a quelli usati negli altri paesi europei.

Ai sensi delle NTC 2018 la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale della struttura.

1.1. Normativa italiana

Le norme tecniche per le costruzioni in Italia sono attualmente disciplinate dal D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018), che definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Le nuove NTC 2018 si compongono di 3 articoli.

- Articolo 1: è approvato il testo aggiornato delle Norme Tecniche per le Costruzioni e costituisce parte integrante del decreto.
- Articolo 2: indica la durata del periodo transitorio, successivo all'entrata in vigore delle NTC revisionate, entro il quale si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche.
- Articolo 3: le NTC approvate entrano in vigore 30 giorni dopo la loro pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica Italiana.

Le novità delle NTC 2018 sono tre:

- 1) La semplificazione delle regole sulla messa in sicurezza degli edifici esistenti;
- 2) Nuovi standard per gli interventi di miglioramento, cioè quelli in cui non si mette mano alla struttura dell'edificio;
- 3) I materiali utilizzati per uso strutturale e i coefficienti che determinano le caratteristiche degli elementi portanti degli edifici.

Le opere private le cui parti strutturali sono in corso di esecuzione, o per cui è già stato depositato il progetto esecutivo, resteranno fuori dalle NTC 2018 e potranno utilizzare il vecchio regime. Stessa sorte anche per le opere pubbliche in corso di esecuzione, con contratti già firmati, progetti definitivi o esecutivi già affidati. Dall'entrata in vigore delle NTC 2018 (22/03/2018), le NTC 2008 non avranno più valore, perché i progetti andranno redatti in base alle nuove regole.

L'art. 2 delle NTC 2018 contiene anche le indicazioni sull'applicazione delle regole tecniche nella fase transitoria, a seconda dello stato di avanzamento del progetto: *«Nell'ambito di applicazione del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi. Con riferimento alla seconda e alla terza fattispecie del precedente periodo, detta facoltà è esercitabile solo nel caso in cui la consegna dei lavori avvenga entro cinque anni dalla data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1. Con riferimento alla terza fattispecie di cui sopra, detta facoltà è esercitabile solo nel caso di progetti redatti secondo le norme tecniche di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.*

Per le opere private le cui opere strutturali siano in corso di esecuzione o per le quali sia già stato depositato il progetto esecutivo, ai sensi delle vigenti disposizioni, presso i competenti uffici prima della data di entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si possono continuare ad applicare le previgenti Norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi.»

IL CEMENTO ARMATO

Il *cemento armato* si ottiene dall'unione di due materiali: calcestruzzo e barre d'acciaio annegate al suo interno, il primo ha una buona resistenza a compressione mentre il secondo a trazione.

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo (§ 4.1 NTC 2018), questo viene titolato ed identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici (o prismatici) e cubici, espressa in MPa.

La relazione che lega la resistenza cilindrica a quella cubica è fornita dall'espressione:

$$R_{ck} = f_{ck} \cdot 0,83$$

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206-1:2006 e nella UNI 11104:2004.

Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza nella Tab. 4.1.I delle NTC 2018. Le classi di resistenza si indicano con la sigla Cx/y , dove x ed y sono due numeri che indicano rispettivamente la resistenza cilindrica f_{ck} e la corrispondente resistenza cubica R_{ck} , ad esempio C25/30 indica un calcestruzzo con $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ e $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$.

Tabella 2.1. *Classi di resistenza (Tab. 4.1.I delle NTC 2018)*

CLASSE DI RESISTENZA
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C35/45
C45/55
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Oltre alle classi di resistenza riportate nella Tab. 4.1.I delle NTC2018 si possono prendere in considerazione le classi di resistenza già in uso C28/35 e C32/40, indicati nella Tab. 4.1.I delle NTC2008.

Tabella 2.2. *Classi di resistenza (Tab. 4.1.I delle NTC 2008)*

CLASSE DI RESISTENZA
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C28/35
C32/40
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.II delle NTC 2018, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Tabella 2.3. *Impiego delle diverse classi di resistenza (Tab. 4.1.II delle NTC 2018)*

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C25/35

2.1. Calcestruzzo

Il calcestruzzo è un materiale composito ottenuto mediante la miscela dei seguenti materiali:

- inerti (ghiaia e sabbia);
- cemento;
- acqua.

La ghiaia costituisce l'ossatura portante del calcestruzzo (cls), mentre l'acqua e il cemento costituiscono la pasta cementizia che consente l'unione degli inerti.

L'ACCIAIO

L'*acciaio* è una lega metallica composta da ferro e carbonio, con una ben definita quantità di carbonio che determina la resistenza, la duttilità e la saldabilità del materiale.

Più precisamente l'acciaio ha un tenore di carbonio inferiore all'1,7%, superata questa soglia la lega ferro-carbonio assume la denominazione di ghisa.

Gli acciai in base al contenuto di carbonio si dividono in:

- Acciai extra-dolci (quantità di carbonio inferiore di 0,15%);
- Acciai dolci (quantità di carbonio compresa tra 0,15% e 0,25%);
- Acciai semiduri (quantità di carbonio compresa tra 0,25% e 0,50%);
- Acciai duri (quantità di carbonio compresa tra 0,50% e 0,75%);
- Acciai durissimi (quantità di carbonio maggiore di 0,75%).

Il tenore di carbonio influenza le proprietà dell'acciaio, un elevato contenuto di carbonio determina un aumento della resistenza e una diminuzione della duttilità e della saldabilità. Pertanto gli acciai da costruzione e gli acciai da carpenteria hanno un basso tenore di carbonio, compreso tra 0,1% e 0,3%.

Spesso nell'acciaio, oltre al ferro e al carbonio, sono presenti altri elementi che hanno lo scopo di conferire al materiale proprietà particolari:

- aggiungendo il *manganese* ed il *silicio* si ottengono acciai saldabili con elevate caratteristiche meccaniche;
- aggiungendo il *cromo* si aumenta la resistenza meccanica e si riduce la corrosione (acciai inossidabili);
- aggiungendo il *nicel* aumenta la resistenza meccanica e si riduce la deformabilità.

3.1. Prodotti siderurgici

Gli elementi in acciaio, utilizzati nelle costruzioni, sono prodotti mediante processi di laminazione a caldo o di sagomatura a freddo.

Se il rapporto tra la temperatura a cui si sta effettuando la lavorazione e la temperatura di fusione del metallo considerato è maggiore di 0,6 allora la lavorazione è detta "a caldo", se questo rapporto è inferiore di 0,3 la lavorazione è detta "a freddo".

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee armonizzate UNI EN 10025-1 (*Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali condizioni tecniche generali di fornitura*), UNI EN 10210-1 (*Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura*) ed UNI EN 10219-1 (*Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura*), si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 3.1. Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi (Tab. 4.2.I delle NTC 2018)

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2 S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3 S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 /NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4 S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5 S 235 W	235	360	215	340

Tabella 3.2. Laminati a caldo con profili a sezione cava (Tab. 4.2.II delle NTC 2018)

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1 S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	510	335	490
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
UNI EN 10219-1 S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	430		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		
S 460 NH/NLH	460	550		

IL LEGNO

Il *legno* è il più antico materiale da costruzione ed ha rappresentato sino alla seconda metà dell'800 il materiale principale per la realizzazione degli orizzontamenti.

Il legno è un materiale composito costituito da cellule vegetali di forma allungata disposte parallelamente all'asse del tronco, ed è costituito principalmente da:

- *cellulosa*;
- *lignina*;
- *acqua*;
- *estrattivi*.

La *cellulosa* è un polisaccaride composto da unità ripetute del monomero di glucosio che costituisce il componente base della parete cellulare (40-46% del peso secco) e possiede buona resistenza a trazione.

La *lignina* è un polimero organico costituito principalmente da composti fenolici, costituisce il 20-30% in peso del tessuto legnoso e possiede una buona resistenza a compressione.

L'*acqua* contenuta nel legno è presente in quantità che varia dal 17 al 60% ed è sotto forma di acqua di costituzione, di saturazione e di imbibizione.

Gli *estrattivi* comprendono composti di natura diversa, tra questi citiamo i carboidrati, gli acidi grassi, fenoli, i tannini, etc., nonostante siano contenuti in piccole quantità possono conferire al legno importanti proprietà, quali colore, durabilità naturale, stabilità dimensionale.

Dal punto di vista tecnologico si intende per legno la parte interna dei fusti delle piante arboree, appartenenti alle *gimnosperme* (conifere) e alle *angiosperme dicotiledoni* (latifoglie).

In funzione della struttura e della disposizione delle cellule si determinano le proprietà fisiche e meccaniche dei diversi tipi di legno.

Mediante una sezione trasversale del fusto è possibile distinguere gli strati che lo compongono (anelli), dall'esterno verso l'interno possiamo individuare:

- *Corteccia*: costituisce l'anello più esterno ed ha una funzione protettiva dagli agenti atmosferici;
- *Floema*: ha uno spessore molto sottile ed è il tessuto di conduzione della linfa elaborata, ovvero il nutrimento sintetizzato che dalle foglie raggiunge tutte le altre parti dell'albero;
- *Cambio*: è la zona in cui inizia l'accrescimento del tronco, ovvero produce alburno verso l'interno e floema verso l'esterno;
- *Alburno*: è formato da cellule nelle quali scorre linfa grezza, ovvero acqua e sali minerali, che dalle radici giunge alle foglie;
- *Durame*: è la zona del tronco di maggiore spessore, è costituito da cellule dure e compatte ed è essenzialmente l'alburno invecchiato, nel quale non si ha più flusso di linfa;
- *Midollo*: è la parte più interna del tronco e non si differenzia molto dal durame.

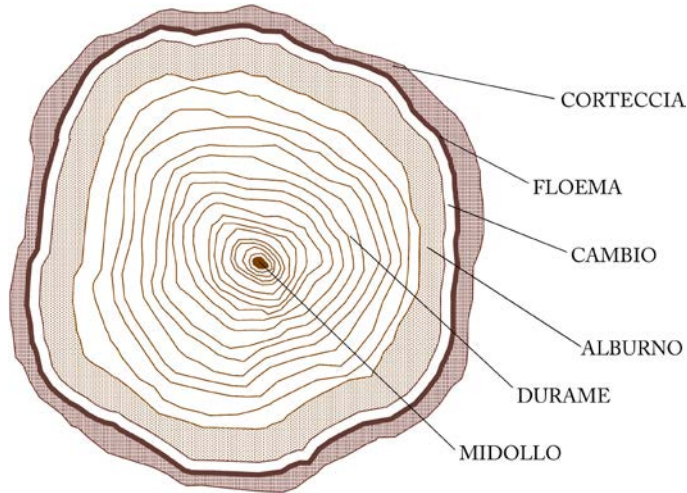
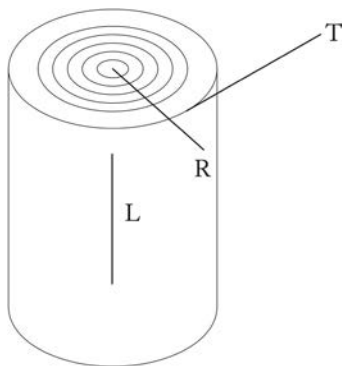


Figura 4.1. Sezione trasversale di un tronco d'albero

All'interno del tronco, idealmente cilindrico, si individuano tre direzioni principali (longitudinale, radiale e circonferenziale) a cui corrispondono tre sezioni (trasversale, radiale e tangenziale), per ognuna delle quali è possibile definire caratteristiche morfologiche differenziate e caratteristiche fisiche e meccaniche molto variabili, che conferiscono al materiale uno spiccato comportamento anisotropo.



L direzione longitudinale: è parallela all'asse del tronco e corrispondente alla direzione delle fibre;

R direzione radiale: è perpendicolare alla direzione longitudinale;

T direzione tangenziale: è perpendicolare alla direzione longitudinale e alla direzione radiale.

Figura 4.2. Schematizzazione delle direzioni anatomiche del legno

Proprio per la sua anisotropia, il legno possiede una resistenza agli sforzi che varia in funzione della direzione in cui questi agiscono rispetto alla direzione delle fibre, in generale si può affermare che si ha una resistenza maggiore se sollecitato parallelamente alla fibratura e una resistenza minore se sollecitato ortogonalmente alla fibratura, proprio per questa peculiarità è importante la progettazione dei nodi.

Per comprendere come si comporta il legno sotto l'azione di un carico assiale, analizziamo il diagramma tensioni-deformazioni (σ - ϵ), che sintetizza i risultati della prova di compressione di un provino di legno, costituito da un parallelepipedo con fibratura parallela alla lunghezza.

AZIONI E CARICHI SULLE COSTRUZIONI

5.1. La classificazione delle azioni

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura. Ai sensi del §2.5.1 delle NTC2018, le azioni che agiscono sulle strutture sono classificate in base al modo di esplicarsi, secondo la risposta strutturale e secondo la variazione della loro intensità nel tempo.

Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi

- *Dirette*: forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- *Indirette*: spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli, ecc.;
- *Degrado*: endogeno (alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale); esogeno (alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni).

Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale

- *Statiche*: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- *Pseudo statiche*: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- *Dinamiche*: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

- *Azioni permanenti (G)*: azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità:
 - peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 - peso proprio del terreno, quando pertinente;
 - forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G1);
 - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);
 - spostamenti e deformazioni impressi, incluso il ritiro;
 - presollecitazione (P).
- *Azioni variabili (Q)*: azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura:
 - sovraccarichi;
 - azioni del vento;

- azioni della neve;
- azioni della temperatura.

Le azioni variabili sono dette di lunga durata se agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura. Sono dette di breve durata se agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura. A seconda del sito ove sorge la costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata.

- *Azioni eccezionali (A)*: azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
 - incendi;
 - esplosioni;
 - urti ed impatti;
- *Azioni sismiche (E)*: azioni derivanti dai terremoti.

Quando rilevante, nella valutazione dell'effetto delle azioni è necessario tenere conto del comportamento dipendente dal tempo dei materiali, come per la viscosità.

5.2. La caratterizzazione delle azioni elementari

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , come indicato nel §2.3 delle NTC 2018. In accordo con le definizioni indicate nelle NTC, il valore caratteristico G_k di azioni permanenti caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10 si può assumere coincidente con il valore medio.

Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Per le azioni ambientali (neve, vento, temperatura) il periodo di ritorno è posto uguale a 50 anni, corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 2% su base annua; per le azioni da traffico sui ponti stradali il periodo di ritorno è convenzionalmente assunto pari a 1000 anni.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base.

Con riferimento alla durata dei livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- *Valore quasi permanente* $\psi_{2j} \cdot Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità.
- *Valore frequente* $\psi_{1j} \cdot Q_{kj}$: il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenti una piccola frazione del periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità.
- *Valore frequente* $\psi_{0j} \cdot Q_{kj}$: il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.

Nel caso in cui la caratterizzazione probabilistica dell'azione considerata non sia disponibile, ad essa può essere attribuito il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

AZIONE DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture deve essere valutato mediante la seguente espressione (§ 3.4.1 delle NTC 2018):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura (Tab. 3.4.II delle NTC 2018);
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [KN/m²];
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

6.1. Coefficiente di forma per le coperture

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di dati suffragati da opportuna documentazione, i valori nominali del coefficiente di forma μ_1 delle coperture ad una o a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II delle NTC 2018, essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Tabella 6.1. Valori del coefficiente di forma (Tab. 3.4.II delle NTC 2018)

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Per coperture a più falde, per coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

6.1.1. Copertura ad una falda

Nel caso delle coperture ad una falda, si deve considerare la condizione di carico riportata nella seguente figura:

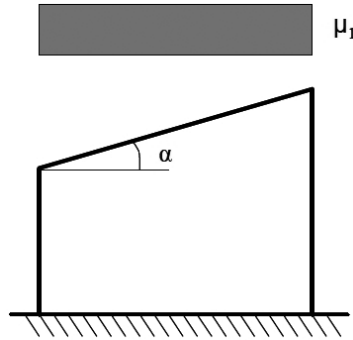


Figura 6.1. Condizione di carico per coperture ad una falda

6.1.2. Copertura a due falde

Nel caso delle coperture a due falde, si devono considerare le tre condizioni di carico alternative, denominate *Caso I*, *Caso II* e *Caso III* indicate nella seguente figura:

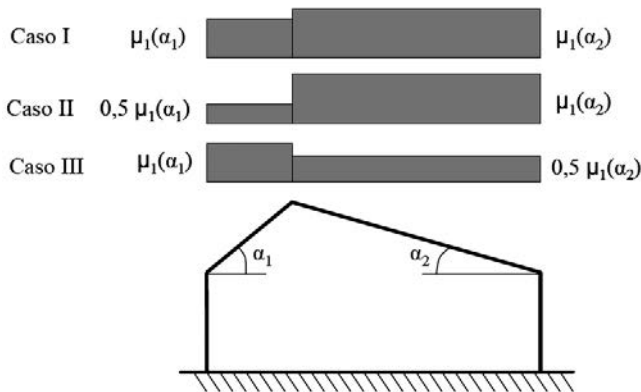


Figura 6.2. Condizioni di carico per coperture a due falde

6.2. Coefficiente di esposizione

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.

Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella seguente tabella 6.2.

Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$ (§ 3.4.4 delle NTC2018).

AZIONE DEL VENTO

Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando effetti dinamici. Generalmente la direzione dell'azione si considera orizzontale.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti.

Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte (§ 3.3.3 delle NTC 2018).

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento. Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione; in casi particolari, come ad esempio per le torri a base quadrata o rettangolare, si deve considerare anche l'ipotesi di vento spirante secondo la direzione di una delle diagonali.

7.1. Velocità base di riferimento

La velocità di riferimento v_b è definita, nel § 3.3.1 delle NTC 2018, come il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II delle NTC 2018), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC 2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC 2018 di seguito riportata);
- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- a_0 , k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I delle NTC2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC2018);
- a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

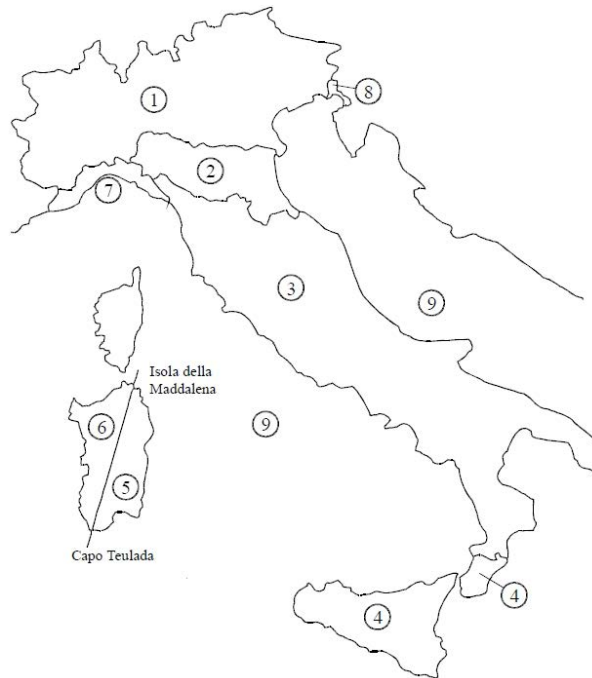


Figura 7.1. Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano (§ 3.3.1 delle NTC 2018)

Tabella 7.1. Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a (Tab. 3.3.I delle NTC 2018)

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [l/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1.000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36

[segue]

REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI

Per Stato Limite si intende la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati.

Le NTC2018 sono normati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello.

Gli stati limite si basano sul metodo semiprobabilistico in cui la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5% (§ 2.3 delle NTC2018).

Secondo quanto indicato nel § 2.1 delle NTC2018 le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- *sicurezza antincendio*: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- *durabilità*: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- *robustezza*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi.

I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle presenti norme, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione.

Le prove e le procedure di accettazione sono definite nelle parti specifiche delle presenti norme riguardanti i materiali.

La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. I componenti, i sistemi e i prodotti edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.

Le azioni da prendere in conto devono essere assunte in accordo con quanto stabilito nei relativi capitoli delle presenti norme. In mancanza di specifiche indicazioni, si dovrà fare ricorso ad opportune indagini, eventualmente anche sperimentali, o a documenti, normativi e non, di comprovata validità.

8.1. Stati Limite Ultimi (SLU)

Per Stato Limite Ultimo si intende quel valore oltre il quale la struttura collassa.

I principali Stati Limite Ultimi (§ 2.2.1 NTC) sono:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di cinematismo irreversibile;
- f) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- g) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i) instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tutti gli stati limite ultimi si basano sulla relazione:

$$S_d \leq R_d$$

dove:

- S_d è il valore di calcolo della sollecitazione;
- R_d è il valore di calcolo della resistenza del materiale.

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Nel seguito sono riportati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità (§ 2.3 delle NTC 2018).

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Il valore di progetto della resistenza di un dato materiale X_d è, a sua volta, funzione del valore caratteristico della resistenza, definito come frattile 5% della distribuzione statistica della grandezza, attraverso l'espressione: $X_d = X_k / \gamma_M$, essendo γ_M il fattore parziale associato alla resistenza del materiale. Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , inteso come frattile 95% della distribuzione statistica o come valore caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno, attraverso l'espressione: $F_d = \gamma_F \cdot F_k$ essendo γ_F il fattore parziale relativo alle azioni. Nel caso di concomitanza di più azioni variabili di origine diversa si definisce un valore di combinazione $\psi_0 F_k$, ove $\psi_0 \leq 1$ è un opportuno coefficiente di combinazione, che tiene conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Per grandezze caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10, oppure per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare i valori nominali, coincidenti con i valori medi.

I valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei materiali sono definiti nel Capitolo 11 delle NTC 2018. Per la sicurezza delle opere e dei sistemi geotecnici, i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei terreni sono definiti nel § 6.2.2 delle NTC 2018.

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d$$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE PER LE COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO

10.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Le resistenze di calcolo f_d indicano le resistenze dei materiali, calcestruzzo ed acciaio, ottenute mediante l'espressione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

dove:

- f_k sono le resistenze caratteristiche del materiale;
- γ_M sono i coefficienti parziali per le resistenze, comprensivi delle incertezze del modello e della geometria, che possono variare in funzione del materiale, della situazione di progetto e della particolare verifica in esame.

10.1.1. Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione, f_{cd} , è fornita dall'espressione:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata, $\alpha_{cc} = 0,85$;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, $\gamma_c = 1,5$;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a compressione va ridotta a $0,80 f_{cd}$.

Il coefficiente γ_c può essere ridotto da 1,5 a 1,4 per produzioni continuative di elementi o strutture, soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valor medio) della resistenza non superiore al 10%.

ESEMPIO – Verifica a compressione di una sezione rettangolare in c.a.

Si suppone di avere una sezione rettangolare realizzata con calcestruzzo C25/30 ($f_{ck} = 25$ MPa) e acciaio B450C ($f_k = 450$ MPa), con la seguente armatura $8\phi 14 = 12,31 \text{ cm}^2$.

Lo sforzo normale resistente N_{Rd} si ottiene sommando il contributo del calcestruzzo e dell'acciaio:

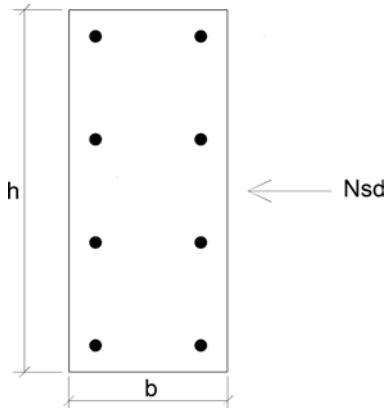
$$N_{Rd} = A_c \cdot f_{cd} + f_{yd} \cdot A_s$$

dove:

- A_c area del calcestruzzo;
- A_s area dell'armatura in acciaio.

La sezione è soggetta ad uno sforzo di trazione pari a $N_{sd} = 1.500$ KN ed ha le seguenti caratteristiche geometriche:

$$\begin{aligned} b &= 30 \text{ cm (base)} \\ h &= 60 \text{ cm (altezza)} \\ A_c &= 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2 \\ A_s &= 8\phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



$$N_{Rd} = A_c \cdot f_{cd} + f_{yd} \cdot A_s$$

dove:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1,15} = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{1800 \cdot 14,17}{10} + \frac{12,32 \cdot 391,30}{10} = 3032,68 \text{ KN}$$

Poiché N_{Rd} (3032,68 KN) > N_{sd} (1500 KN) la verifica è soddisfatta.

ESEMPIO – Progetto di una sezione rettangolare in c.a. soggetta a sforzo normale di compressione

Si suppone di progettare una sezione rettangolare da realizzare con calcestruzzo C25/30 ($f_{ck} = 25$ MPa) e acciaio B450C ($f_{ck} = 450$ MPa) soggetta ad uno sforzo normale di compressione (N_{sd}) pari a 1750 KN. Per determinare le dimensioni della sezione in cls e l'armatura è necessario calcolare l'area di calcestruzzo necessaria ($A_{c,nec}$) e l'area di acciaio necessaria ($A_{s,nec}$).

$$A_{c,nec} = \frac{N_{sd}}{f_{cd}}$$

dove:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE PER LE COSTRUZIONI IN ACCIAIO

Gli *Stati Limite Ultimi* da verificare (§ 4.2.2.1 delle NTC 2018), ove necessario, sono:

- *Stato limite di equilibrio*, al fine di controllare l'equilibrio globale della struttura e delle sue parti durante tutta la vita nominale comprese le fasi di costruzione e di riparazione;
- *Stato limite di collasso*, corrispondente al raggiungimento della tensione di snervamento oppure delle deformazioni ultime del materiale e quindi della crisi o eccessiva deformazione di una sezione, di una membratura o di un collegamento (escludendo fenomeni di fatica), o alla formazione di un meccanismo di collasso, o all'instaurarsi di fenomeni di instabilità dell'equilibrio negli elementi componenti o nella struttura nel suo insieme, considerando anche fenomeni locali d'instabilità dei quali si possa tener conto eventualmente con riduzione delle aree delle sezioni resistenti;
- *Stato limite di fatica*, controllando le variazioni tensionali indotte dai carichi ripetuti in relazione alle caratteristiche dei dettagli strutturali interessati.

Per strutture o situazioni particolari, può essere necessario considerare altri stati limite ultimi. Gli *Stati limite di esercizio* da verificare, ove necessario, sono:

- *Stati limite di deformazione e/o spostamento*, al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della costruzione e dei suoi contenuti, nonché il suo aspetto estetico;
- *Stato limite di vibrazione*, al fine di assicurare che le sensazioni percepite dagli utenti garantiscano accettabili livelli di comfort ed il cui superamento potrebbe essere indice di scarsa robustezza e/o indicatore di possibili danni negli elementi secondari;
- *Stato limite di plasticizzazioni locali*, al fine di scongiurare deformazioni plastiche che generino deformazioni irreversibili ed inaccettabili;
- *Stato limite di scorrimento* dei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, nel caso che il collegamento sia stato dimensionato a collasso per taglio dei bulloni.

11.1. Analisi strutturale – Classificazione delle sezioni

Il metodo di analisi deve essere coerente con le ipotesi di progetto. L'analisi deve essere basata su modelli strutturali di calcolo appropriati, a seconda dello stato limite considerato.

Le ipotesi scelte ed il modello di calcolo adottato devono essere in grado di riprodurre il comportamento globale della struttura e quello locale delle sezioni adottate, degli elementi strutturali, dei collegamenti e degli appoggi.

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_ϑ definita come:

$$C_\vartheta = \frac{\vartheta_r}{\vartheta_y} - 1$$

dove ϑ_r e ϑ_y le rotazioni corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

La classificazione delle sezioni trasversali degli elementi strutturali si effettua in funzione della loro capacità di deformarsi in campo plastico.

È possibile distinguere le seguenti classi di sezioni:

- *Classe 1* se la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\vartheta \geq 3$;
- *Classe 2* se la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\vartheta \geq 1,5$;
- *Classe 3* se nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- *Classe 4* se, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Le sezioni di classe 1 si definiscono duttili, quelle di classe 2 compatte, quelle di classe 3 semi-compatte e quelle di classe 4 snelle.

11.2. Analisi strutturale – Capacità resistente delle sezioni

La capacità resistente delle sezioni deve essere valutata nei confronti delle sollecitazioni di trazione o compressione, flessione, taglio e torsione, determinando anche gli effetti indotti sulla resistenza dalla presenza combinata di più sollecitazioni.

La capacità resistente della sezione si determina con uno dei seguenti metodi.

Metodo elastico (E)

Si assume un comportamento elastico lineare del materiale, sino al raggiungimento della condizione di snervamento.

Il metodo può applicarsi a tutte le classi di sezioni, con l'avvertenza di riferirsi al metodo delle sezioni efficaci o a metodi equivalenti, nel caso di sezioni di classe 4.

Metodo plastico (P)

Si assume la completa plasticizzazione del materiale. Il metodo può applicarsi solo a sezioni di classe 1 e 2.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE PER LE COSTRUZIONI IN LEGNO

Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella Tab. 11.7.I delle NTC 2018.

Tabella 12.1. Tab.11.7.I delle NTC 2018

Resistenze caratteristiche		Moduli elastici		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio**	$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica	ρ_k
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico*	$E_{0,05}$	Massa volumica media**	ρ_{mean}
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	Modulo elastico perpendicolare medio**	$E_{90,mean}$		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	Modulo elastico tangenziale medio**	G_{mean}		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				
Taglio	$f_{v,k}$				

* La massa volumica media può non essere dichiarata.

** Il pedice *mean* può essere abbreviato con *m*.

I valori indicati nei profili resistenti possono essere introdotti nei calcoli come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Tutto il legno per impieghi strutturali deve essere classificato secondo la resistenza, prima della sua messa in opera.

Le NTC 2018 possono essere usate anche per le verifiche di strutture in legno esistenti purché si provveda ad una corretta valutazione delle caratteristiche del legno e, in particolare, degli eventuali stati di degrado.

La valutazione della sicurezza deve essere svolta secondo il metodo degli stati limite.

I requisiti richiesti di resistenza, rigidità, funzionalità, durabilità e robustezza si garantiscono verificando gli stati limite ultimi e gli stati limite di esercizio della struttura, dei singoli componenti strutturali e dei collegamenti.

12.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

12.1.1. Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza del materiale non potranno prescindere dalle caratteristiche intrinseche del legno e in particolare dalla sua anisotropia.

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 definite al § 4.4.6 delle NTC 2018, ovvero:

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

Le prescrizioni del presente paragrafo si riferiscono alla verifica di resistenza di elementi strutturali in legno massiccio o di prodotti derivati dal legno aventi direzione della fibratura coincidente sostanzialmente con il proprio asse longitudinale e sezione trasversale costante, soggetti a sforzi agenti prevalentemente lungo uno o più assi principali dell'elemento stesso.

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.

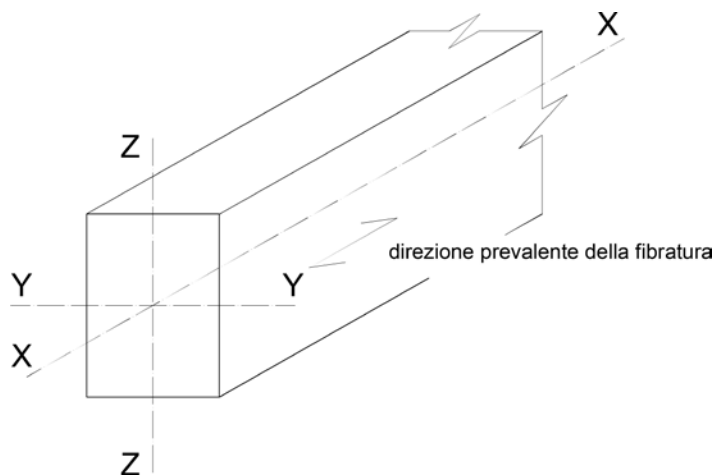


Figura 12.1. Assi dell'elemento

12.1.2. Trazione parallela alla fibratura

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

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

dove:

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

INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE “SUITE DEL CALCOLISTA”

13.1. Note sul software incluso

Parte integrante della presente pubblicazione è **Suite del calcolista**, software per il calcolo e la verifica di elementi strutturali in cemento armato, acciaio e legno; il software contiene degli applicativi che consentono al calcolista di validare i codici di calcolo come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018).

Utilità disponibili con il software:

- **Glossario** (termini più ricorrenti sull’argomento);
- **FAQ** (risposte alle domande più frequenti);
- **Test iniziale / Test finale** (verifiche sulla conoscenza dell’argomento).

13.2. Requisiti hardware e software

Per l’installazione e l’utilizzo del software sono necessari i seguenti requisiti hardware e software: Processore da 1.00 GHz; MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore); 250 MB liberi sull’HDD; 1 GB di RAM; MS Word 2003-2007; Risoluzione monitor consigliata 1600×900; Accesso ad internet e browser web.

13.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

http://www.grafill.it/pass/0010_5.php

- 2) Inserire i codici “**A**” e “**B**” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**], accettare la licenza d’uso e cliccare [**Continua**].
- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su [**Iscriviti**], compilare il form di registrazione e cliccare [**Iscriviti**], accettare la licenza d’uso e cliccare [**Continua**].
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all’indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

13.4. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file *.**exe**) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0011-2.exe**.
- 3) Avviare il software:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: [Start] > [Tutti i programmi] > [Grafill]
> [Suite del Calcolista II Ed] (cartella) > [Suite del Calcolista II Ed] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [Start] > [Tutte le app] > [Grafill]
> [Suite del Calcolista II Ed] (icona di avvio)

- 4) Verrà visualizzata la finestra “Attivazione” di Suite del Calcolista.



- 5) Compilare e confermare i dati inseriti nella finestra “Attivazione” e verrà visualizzata la finestra di “Avvio” di Suite del Calcolista:






- Cliccare su [Avvia] per visualizzare la finestra principale di Suite del Calcolista (che esamineremo nel capitolo che segue).
- Cliccare su [Glossario] per consultare un elenco dei principali termini tecnico-normativi utilizzati.
- Cliccare su [Faq] per consultare una serie di domande e risposte sugli argomenti trattati in questo volume.
- Cliccare su [Test iniziale] per effettuare un test sulla formazione di base.
- Cliccare su [Test finale] per effettuare un test di verifica dei concetti analizzati.
- Completata la sezione delle risposte, sia nel test iniziale che in quello finale, cliccare su *Effettua la verifica* per visualizzare le risposte corrette (in verde) e quelle errate (in rosso). Volendo rifare il test basterà cliccare su *Reset*.

MANUALE D'USO DEL SOFTWARE "SUITE DEL CALCOLISTA"

Suite del calcolista è un software semplice ed intuitivo che contiene dei semplici applicativi di calcolo, indispensabili per i tecnici che si occupano del calcolo di opere in cemento armato, acciaio e legno.

L'interfaccia grafica è suddivisa in tre zone:

- 1) La zona a sinistra contiene i pulsanti necessari per avviare gli applicativi di calcolo;
- 2) La zona centrale è una guida interattiva che mediante testo e immagini fornisce informazioni sui comandi e sulle funzioni del programma;
- 3) La zona in basso a sinistra contiene le icone che danno accesso a:
 - informazioni sul software ;
 - aggiornamenti ;
 - guida per la comprensione del testo (Glossario, Faq, Test iniziale e Test finale) .

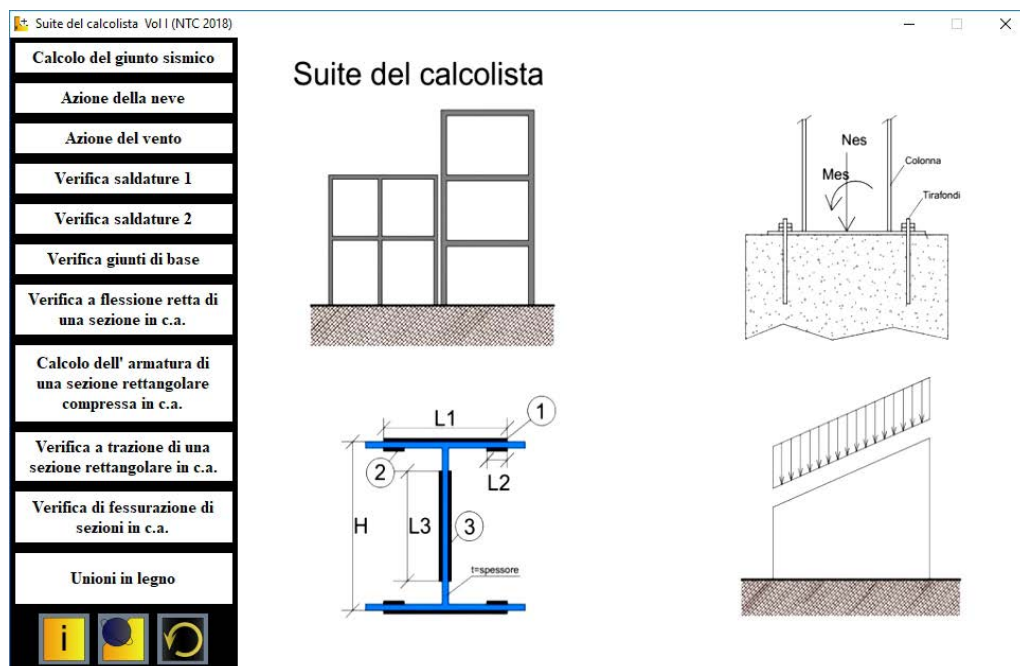


Figura 14.1. Schermata principale


Cliccando sull'icona informazioni , si aprirà una finestra con la versione del software, informazioni sulle responsabilità dell'utente e i dati degli autori (Fig. 14.2).



Figura 14.2. Finestra Informazioni


Cliccando sull'icona aggiornamenti , si aprirà la finestra per richiedere gli aggiornamenti del software.



Figura 14.3. Modulo per l'invio degli aggiornamenti

14.1. Calcolo del giunto sismico

Spostando il cursore del mouse sul comando [Calcolo del giunto sismico] nella zona centrale dell'interfaccia principale si visualizzerà un'anteprima della finestra.

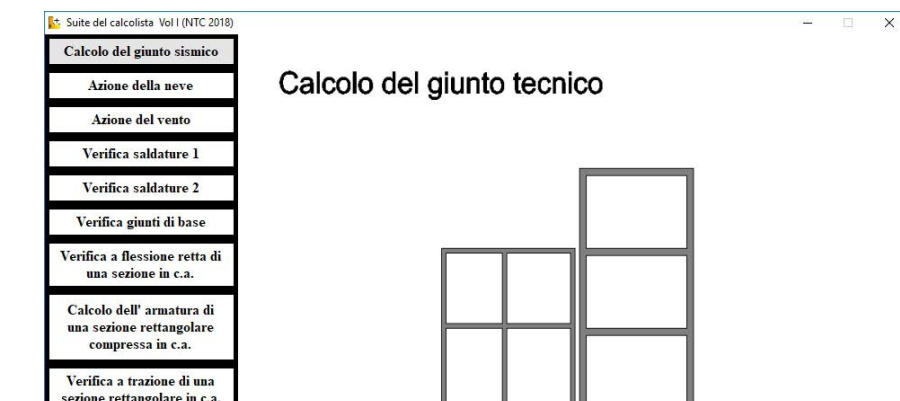
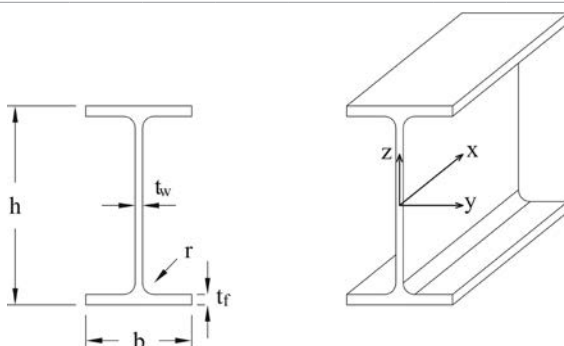


Figura 14.4. Schermata Calcolo del giunto sismico (stralcio)

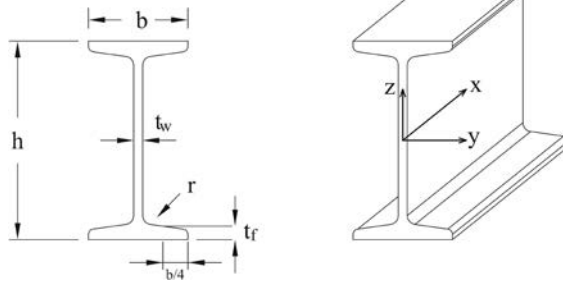
SAGOMARI DEI PROFILATI IN ACCIAIO

15.1. IPE



Sigla IPE	b mm	h mm	t _w mm	t _f mm	r mm	Peso kg/m	Area cm ²	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _y cm ³	W _z cm ³	i _y cm	i _z cm
80	46	80	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	100	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	120	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	140	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	160	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	180	5,3	6,3	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	200	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	220	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	240	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,6	47,27	9,97	2,69
270	135	270	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	300	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	330	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	360	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	400	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	450	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	500	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	550	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	600	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66

15.2. INP



Sigla INP	b mm	h mm	t_w mm	t_f mm	r mm	Peso kg/m	Area cm ²	I_y cm ⁴	I_z cm ⁴	W_y cm ³	W_z cm ³	i_y cm	i_z cm
80	42	80	3,9	5,9	3,9	5,94	7,57	77,7	6,28	19,4	2,99	3,20	0,91
100	50	100	4,5	6,8	4,5	8,34	10,6	170	12,1	34,1	4,86	4,00	1,07
120	58	120	5,1	7,7	5,1	11,1	14,2	328	21,5	54,7	7,41	4,81	1,23
140	66	140	5,7	8,6	5,7	14,3	18,3	573	35,2	81,9	10,7	5,61	1,40
160	74	160	6,3	9,5	6,3	17,9	22,8	935	54,7	117	14,8	6,40	1,55
180	82	180	6,9	10,4	6,9	21,9	27,9	1.450	81,3	161	19,8	7,20	1,71
200	90	200	7,5	11,3	7,5	26,2	33,4	2.140	117	214	26,0	8,00	1,87
220	98	220	8,1	12,2	8,1	31,1	39,5	3.060	162	278	33,1	8,80	2,02
240	106	240	8,7	13,1	8,7	36,2	46,1	4.250	221	354	41,7	9,59	2,20
260	113	260	9,4	14,1	9,4	41,9	53,3	5.740	288	442	51,0	10,40	2,32
280	119	280	10,1	15,2	10,1	47,9	61,0	7.590	364	542	61,2	11,10	2,45
300	125	300	10,8	16,2	10,8	54,2	69,0	9.800	451	653	72,2	11,9	2,56
320	131	320	11,5	17,3	11,5	61,0	77,7	12.510	555	782	84,7	12,7	2,67
340	137	340	12,2	18,3	12,2	68,0	86,7	15.700	674	923	98,4	13,5	2,80
360	143	360	13,0	19,5	13,0	76,1	97,0	19.610	818	1.090	114	14,2	2,90
380	149	380	13,7	20,5	13,7	84,0	107	24.010	975	1.260	131	15,0	3,02
400	155	400	14,4	21,6	14,4	92,4	118	29.210	1.160	1.460	149	15,7	3,13
450	170	450	16,2	24,3	16,2	115	147	45.850	1.730	2.040	203	17,7	3,43
500	185	500	18,0	27,0	18,0	141	179	68.740	2.480	2.750	268	19,6	3,72
550	200	550	19,0	30,0	19,0	166	212	99.180	3.480	3.610	349	21,6	4,02
600	215	600	21,6	32,4	21,6	199	254	138.800	4.679	4.626	435	23,4	4,29

TABELLE DELLE CLASSI DI RESISTENZA PER IL LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE

16.1. Classi di resistenza per legno massiccio di conifera e pioppo (Tabella 3.2 della norma UNI EN 338:2009)

Classe di resistenza		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
<i>Proprietà di resistenza in N/mm²</i>													
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Taglio	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<i>Proprietà di rigidezza in kN/mm²</i>													
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
Modulo di elasticità caratteristico	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Modulo di elasticità ortogonale medio	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
<i>Massa volumica in kg/m³</i>													
Massa volumica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

16.2. Classi di resistenza per legno massiccio di latifolia (Tabella 3.3 della norma UNI EN 1194:2000)

Classe di resistenza		D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
<i>Proprietà di resistenza in N/mm²</i>									
Flessione	$f_{m,k}$	18	24	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	11	14	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	18	21	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Taglio	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
<i>Proprietà di rigidezza in kN/mm²</i>									
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,mean}$	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Modulo di elasticità caratteristico	$E_{0,05}$	8,0	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Modulo di elasticità ortogonale medio	$E_{90,mean}$	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
<i>Massa volumica in kg/m³</i>									
Massa volumica	ρ_k	475	485	530	540	550	620	700	900
Massa volumica media	ρ_{mean}	570	580	640	650	660	750	840	1080

16.3. Classi di resistenza per legno lamellare incollato di conifera (Tabella 3.4 della norma UNI EN 1194:2000)

Classe di resistenza		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
Proprietà di resistenza in N/mm²									
Flessione	$f_{m,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,40	0,45	0,50	0,60	0,35	0,40	0,45	0,50
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
Taglio	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
Proprietà di rigidità in kN/mm²									
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,mean}$	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
Modulo di elasticità caratteristico	$E_{0,05}$	9,4	10,2	11,1	11,9	9,4	10,2	11,1	11,9
Modulo di elasticità ortogonale medio	$E_{90,mean}$	0,39	0,42	0,46	0,49	0,32	0,39	0,42	0,46
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,72	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85
Massa volumica in kg/m³									
Massa volumica	ρ_k	380	410	430	450	350	380	410	430
Massa volumica media	ρ_{mean}	420	460	480	500	370	420	460	480

16.4. Classi di resistenza per specie legnose di provenienza italiana (Tabella 18.3 della norma UNI EN 11035)

Classe di resistenza		Abete Nord			Abete Centro/Sud			Larice Nord			Douglasia Italia		Altre Conifere Italia		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S1	S2	S3
Proprietà di resistenza in N/mm²															
Flessione	$f_{m,k}$	29	23	17	32	28	21	42	32	26	40	23	33	26	22
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	17	14	10	19	17	13	25	19	16	24	14	20	16	13
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	23	20	18	24	22	20	27	24	22	26	20	24	22	20
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,9	2,9	2,9	2,1	2,1	2,1	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	4,0	4,0	4,0
Taglio	$f_{v,k}$	3,0	2,5	1,9	3,2	2,9	2,3	4,0	3,2	2,7	4,0	3,4	3,3	2,7	2,4
Proprietà di rigidità in kN/mm²															
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,mean}$	12	10,5	9,5	11	10	9,5	13	12	11,5	14	12,5	12,3	11,4	10,5
Modulo di elasticità caratteristico	$E_{0,05}$	8	7	6,4	7,4	6,7	6,4	8,7	8	7,7	9,4	8,4	8,2	7,6	7
Modulo di elasticità ortogonale medio	$E_{90,mean}$	4	3,5	3,2	3,7	3,3	3,2	4,3	4	3,8	4,7	4,2	4,1	3,8	3,5
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0,75	0,66	0,59	0,69	0,63	0,59	0,81	0,75	0,72	0,88	0,78	0,77	0,71	0,66
Massa volumica in kg/m³															
Massa volumica	ρ_k	380	380	380	280	280	280	550	550	550	400	420	530	530	530
Massa volumica media	ρ_{mean}	415	415	415	305	305	305	600	600	600	435	455	575	575	575

