

Coordinatore generale
Luca Uzielli

il **MANUALE**
del **LEGNO**
STRUTTURALE

Vol. II – MATERIALI, COMPONENTI
E PRINCIPI DELLA PROGETTAZIONE

A cura di Ario Ceccotti

IL MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE

Vol. II – MATERIALI, COMPONENTI
E PRINCIPI DELLA PROGETTAZIONE

Coordinazione generale dell'opera
Luca Uzielli

Cura del presente volume
Ario Ceccotti

Art Director
Ida Incoronata Carlone

Impaginazione
Stefano Bruno
Luca Saraceni

Revisione grafica
Luciano Cortesi

Realizzazione CD-ROM
Beecom

Stampa
ATI-Pomezia, Roma

Stampa CD-Rom
Op.ti.mes. SpA

INDICE

A

SEZIONE A

1	NORMAZIONE EUROPEA	2	4.4	LEGNO GIOVANILE E LEGNO DI REAZIONE	23
1.1	DIRETTIVA SUI PRODOTTI DA COSTRUZIONE	2	4.5	INCLINAZIONE DELLA FIBRATURA	23
1.1.1	Documenti interpretativi	2	4.6	NODI	23-24
1.1.2	Specifiche tecniche ricadenti nel campo di applicazione della Direttiva sui Prodotti da Costruzione	2-3	4.7	MASSA VOLUMICA	24
1.1.3	Attestazione di conformità	3	4.8	LEGNO E UMIDITÀ	25-26
1.2	NORME EUROPEE SUL LEGNO – PRODOTTI DERIVATI	3-4	4.9	RITIRO E RIGONFIAMENTO	26-28
2	METODO DI PROGETTAZIONE E VERIFICHE DI SICUREZZA AGLI STATI LIMITE	5	4.10	DEFORMAZIONI	28-29
2.1	MODELLI DI PROGETTO	5	4.11	UMIDITÀ E PROPRIETÀ MECCANICHE	29-30
2.2	NORMATIVE AGLI STATI LIMITE	5	4.12	DURATA DEL CARICO	31-32
2.3	VERIFICHE DI SICUREZZA E METODO DEI COEFFICIENTI PARZIALI	5-6	4.13	COEFFICIENTI DI CORREZIONE PER L'UMIDITÀ E LA DURATA DEL CARICO	32
2.4	VALORI RAPPRESENTATIVI E CARATTERISTICI	6-7	5	IL LEGNO NELLE COSTRUZIONI	33
2.5	VALORI DI PROGETTO	7-8	5.1	PRODUZIONE DI LEGNAME E DI MATERIALI A BASE DI LEGNO	33
2.6	SITUAZIONI ECCEZIONALI	8-9	5.1.1	Classificazione del legname	33
3	AZIONI DELLE STRUTTURE	10	5.1.2	Prodotti ricostituiti a base di legno	33-34
3.1	CONCETTI GENERALI	10	5.2	PROPRIETÀ DEL LEGNO E DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO	34-35
3.1.1	Classificazioni strutturali	10	5.3	DIMENSIONAMENTO DI STRUTTURE LIGNEE	35-36
3.1.2	Classificazione dei carichi	11	5.4	QUADRO CONCLUSIVO	36
3.1.3	Valori rappresentativi delle azioni	11	6	CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA	37-38
3.2	AZIONI PERMANENTI	11-12	6.1	REQUISITI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA	38
3.3	AZIONI IMPOSTE	12-13	6.2	CLASSIFICAZIONE A VISTA SECONDO RESISTENZA	38-39
3.4	CARICHI DA NEVE	13	6.3	CLASSIFICAZIONE A MACCHINA SECONDO RESISTENZA	39-40
3.5	AZIONI DEL VENTO	13-14	6.4	PROOF-GRADING A MACCHINA	41
3.5.1	Variazioni del vento	13-14	6.5	QUADRO CONCLUSIVO	41
3.5.2	Coefficienti di pressione	14-15	7	LEGNO MASSICCIO – CLASSI DI RESISTENZA	42-43
3.5.3	Azioni del vento di progetto	15-16	7.1	SISTEMA DELLE CLASSI DI RESISTENZA DELLA EN 338	43-44
3.6	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	16	7.2	DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI	44-46
3.6.1	Carichi permanenti	16-17	7.3	QUADRO CONCLUSIVO	46
3.6.2	Carichi imposti	17	8	LEGNO LAMELLARE INCOLLATO – PRODUZIONE E CLASSI DI RESISTENZA	47
3.6.3	Carico neve	17-18	8.1	PROCESSO TIPICO DI PRODUZIONE	47
3.6.4	Azioni del vento	18	8.1.1	Preparazione delle tavole (zona A)	47
3.6.5	Combinazione delle azioni: stati limite ultimi	18	8.1.2	Esecuzione dei giunti a dita (zona B)	47
3.6.6	Combinazione delle azioni: stati limite di esercizio	19	8.1.3	Incollaggio (zona C)	47
4	IL LEGNO COME MATERIALE DA COSTRUZIONE	20	8.1.4	Finitura (zona D)	47
4.1	STRUTTURA DEL LEGNO	20-22	8.1.5	Preparazione degli adesivi (zona E)	48
4.2	ANELLI DI ACCRESCIMENTO	22	8.2	REQUISITI PRESTAZIONALI E DI PRODUZIONE	48
4.3	ALBURNO E DURAME	23	8.2.1	Requisiti generali	48

8.2.2	Requisiti di produzione	48	11.1.3	Pannelli di trucioli legati con cemento	63
8.2.3	Controllo di qualità	48-49	11.1.4	OSB	63-64
8.2.4	Giunti a dita a tutta sezione	49	11.1.5	Pannelli di fibre	64
8.3	VANTAGGI NELL'USO DEL LEGNO LAMELLARE INCOLLATO	49	11.1.6	Fabbricazione a umido	64
8.3.1	Dimensioni delle travi	49	11.1.7	Fabbricazione a secco	64
8.3.2	Forma delle travi	49	11.2	PROPRIETÀ DEI PANNELLI	64-66
8.3.3	Resistenza e rigidità più elevate	49	11.3	REQUISITI E VALORI DI PROGETTO	66-68
8.3.4	Legno lamellare incollato combinato	49	11.3.1	Unioni	68
8.3.5	Legno essiccato	49	11.4	USI	68
8.3.6	Precisione dimensionale	49-50	11.5	QUADRO CONCLUSIVO	69
8.4	FATTORI CHE DETERMINANO LA RESISTENZA	50	12	ADESIVI	70
8.5	PRINCIPI FONDAMENTALI DELLE REGOLE CEN	50-51	12.1	CLASSIFICAZIONE EC5 DEGLI ADESIVI	70
8.6	CLASSI DI RESISTENZA	51	12.2	ADESIVI PER LEGNO STRUTTURALE ATTUALMENTE IN USO	70
8.7	QUADRO CONCLUSIVO	51	12.2.1	Adesivi resorcinolo-formaldeide (RF) e fenolo-resorcinolo-formaldeide (PRF)	70-71
9	(LVL) E ALTRE SEZIONI STRUTTURALI	52	12.2.2	Adesivi fenolo-formaldeide (PF), con indurimento a caldo	71
9.1	FABBRICAZIONE	52-53	12.2.3	Adesivi fenolo-formaldeide (PF), con indurimento a freddo	71
9.2	ESEMPI DI IMPIEGO	53	12.2.4	Adesivi urea-formaldeide (UF)	71
9.3	PROPRIETÀ DEL MATERIALE	53	12.2.5	Adesivi melamina-urea-formaldeide (MUF)	72
9.4	DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI E DELLE UNIONI	55	12.2.6	Adesivi alla caseina	72
9.5	QUADRO CONCLUSIVO	55	12.3	NUOVI ADESIVI PER LEGNO STRUTTURALE POTENZIALMENTE UTILIZZABILI	72
10	PANNELLI A BASE DI LEGNO - COMPENSATO	56	12.3.1	Adesivi epossidici	72-73
10.1	PROPRIETÀ FISICHE	56	12.3.2	Poliuretani bicomponenti	73
10.1.1	Massa volumica	56	12.3.3	Poliuretani monocomponenti	73
10.1.2	Umidità	56	12.3.4	Polimeri e isocianati emulsionati (EPI)	73
10.1.3	Ritiro/rigonfiamento	57	12.4	L'IMPIEGO DI ADESIVI PER LEGNO STRUTTURALE	73
10.1.4	Creep	57	12.4.1	Giunti paralleli (fianco contro fianco)	73
10.2	DURABILITÀ	57	12.4.2	Giunti di testa (testa contro testa)	73-74
10.3	PROPRIETÀ STRUTTURALI	57	12.4.3	Giunti trasversali (fianco contro testa)	74
10.3.1	Flessione perpendicolare al piano	57-58	12.4.4	Processo di incollaggio	74
10.3.2	Flessione al piano	58-59	12.4.5	Incollaggio di legno trattato chimicamente	74
10.3.3	Trazione e compressione	59	13	COMPORAMENTO AL FUOCO DEL LEGNO E DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO	75-76
10.4	VALORI CARATTERISTICI	59	13.1	NOZIONI FONDAMENTALI	76
10.4.1	Massa volumica caratteristica	59-61	13.1.1	Influenze sul comportamento al fuoco	76
10.4.2	Proprietà meccaniche caratteristiche	61	13.1.2	Processi chimici e fisici durante la combustione del legno	76-77
10.5	QUADRO CONCLUSIVO	62	13.1.3	Velocità di carbonizzazione	77
11	PANNELLI A BASE DI LEGNO: DI FIBRE, DI PARTICELLE E OSB	62	13.2	ESEMPIO	78
11.1	TIPI DI PANNELLI E FABBRICAZIONE	62-63			
11.1.1	Pannelli di particelle	63			
11.1.2	Pannelli truciolari				

MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE

INDICE

A

13.1.2	Caso 1	78	16.5	TRASPORTO	92
13.2.2	Caso 2	78	16.6	LEGNO AL MOMENTO DELL'USO	92
14	PROGETTARE PER LA DURABILITÀ	79	16.7	DEMOLIZIONE E GESTIONE DEI RIFIUTI	93
14.1	ATTACCO BIOLOGICO	79	16.8	QUADRO CONCLUSIVO	93
14.1.1	Attacco fungino	79	17	STATI LIMITE DI ESERCIZIO – DEFORMAZIONI	94
14.1.2	Attacco da parte di insetti	79	17.1	DEFORMAZIONI NELLE STRUTTURE DI LEGNO DURANTE LA VITA DELL'EDIFICIO	94
14.1.3	Corrosione dei componenti metallici	79	17.2	COMBINAZIONI DI CARICO	
14.1.4	Classificazione delle condizioni di servizio	80		PER GLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	94-95
14.2	PROGETTAZIONE PER LA DURABILITÀ	80-81	17.3	LIMITAZIONE DELLE DEFORMAZIONI	95
14.3	PREVENZIONE CONTRO ATTACCHI FUNGINI	81	17.4	CRITERI DI DEFORMABILITÀ PER EVITARE DANNI SIGNIFICATIVI	95
14.4	PREVENZIONE CONTRO L'ATTACCO DI INSETTI	82	17.5	CRITERI DI DEFORMABILITÀ LEGATI ALL'ASPETTO E ALL'UTILITÀ GENERALE	95
14.5	RESISTENZA ALLA CORROSIONE PER MEZZI DI UNIONE METALLICI	82	17.6	LIMITI DI DEFORMABILITÀ SUGGERITI DALL'EC5	95-96
14.6	ESAME DI ALCUNI CASI	82	17.7	CALCOLO DI FRECCE INDOTTE DAL CARICO SECONDO I PRINCIPI DELL'EC5	96
14.6.1	Rivestimenti usati come irrigidimento	82	17.8	ESEMPIO DI CALCOLO	96-97
14.6.2	Colonne esterne	83	17.8.1	Controllo della freccia in relazione all'aspetto e all'utilità generale	97
14.6.3	Travi di bordo	83	17.8.2	Controllo della freccia nelle verifiche di danni significativi	97
14.6.4	Piscine	83	17.9	QUADRO CONCLUSIVO	97
14.6.5	Ponti e passerelle	83	18	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	
14.7	QUADRO CONCLUSIVO	83		VIBRAZIONI NEI SOLAI DI LEGNO	98
15	DURABILITÀ – TRATTAMENTO PRESERVANTE	84	18.1	REQUISITI DI FUNZIONALITÀ	98
15.1	AGENTI BIOLOGICI DEL DEGRADAMENTO DEL LEGNO	84	18.2	FUNZIONALITÀ RELATIVA ALLE VIBRAZIONI	98-99
15.1.1	Funghi	84	18.3	VIBRAZIONI INDOTTE DALL'ATTIVITÀ UMANA	99-101
15.1.2	Insetti	84-85	18.4	VIBRAZIONI INDOTTE DA MACCHINARI	101
15.1.3	Organismi marini	85	18.5	QUADRO CONCLUSIVO	101
15.1.4	Presenza di agenti biologici in Europa	85	19	CREEP – COMPORTAMENTO VISCOELASTICO	102
15.2	PROPRIETÀ DEL LEGNO CORRELATE ALLA PRESERVAZIONE	85	19.1	ASPETTI FONDAMENTALI	102
15.2.1	Durabilità naturale	85-86	19.2	PRINCIPALI PARAMETRI DI CREEP	102
15.2.2	Impregnabilità	86	19.2.1	Influenza della durata del carico	102
15.3	PRESERVANTI DEL LEGNO	86	19.2.2	Influenza dell'umidità	103
15.4	METODI DI PRESERVAZIONE	86-87	19.2.3	Influenza della temperatura	103
15.5	SPECIFICHE DI UN TRATTAMENTO PRESERVANTE PER LEGNO	87	19.2.4	Influenza della tensione	104
15.6	SPECIFICHE DI PRESERVAZIONE PER PANNELLI A BASE DI LEGNO	87-88	19.3	INFLUENZA DELLA DURATA DEL CARICO E DELL'UMIDITÀ CONFORMEMENTE ALL' EC5	104
15.7	PROSPETTIVE FUTURE NELLA PRESERVAZIONE DEL LEGNO	88	19.4	UNIONI MECCANICHE	104
16	ASPETTI AMBIENTALI DEL LEGNO	89	19.5	QUADRO CONCLUSIVO	104
16.1	VALUTAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI	89			
16.2	RISORSE DI LEGNAME E UTILIZZAZIONI FORESTALI	90			
16.3	SELVICOLTURA ED EFFETTO SERRA	90-91			
16.4	IMPATTI AMBIENTALI DELL'INDUSTRIA FORESTALE	91			

SEZIONE B

1	EFFETTI VOLUME – DISTRIBUZIONE DELLE TENSIONI	106	5.1.2	Analisi della quantità di energia rilasciata. Un esempio	122-123
1.1	TEORIA	106-107	5.2	TRAVI CON INTAGLI ALLE ESTREMITÀ. RISULTATI TEORICI E SPERIMENTALI	123
1.2	RISULTATI DELLA RICERCA	107-108	5.3	EQUAZIONI DELL'EC5 PER TRAVI CON INTAGLI ALLE ESTREMITÀ E LORO SVILUPPO PRECEDENTE	123-124
1.3	EFFETTI DIMENSIONE – DISTRIBUZIONE DELLE TENSIONI NELL'EC5	108-109	5.4	TRAVI IN LEGNO LAMELLARE FORATE	124-125
1.4	ESEMPI DI CALCOLO	109	5.5	METODI DI RINFORZO	125
1.5	QUADRO CONCLUSIVO	109	5.6	QUADRO CONCLUSIVO	125
2	TRAZIONE E COMPRESSIONE	110	6	PILASTRI	126
2.1	LEGNO NETTO SOLLECITATO IN TRAZIONE E COMPRESSIONE	110	6.1	FATTORI CHE INFLUENZANO LA RESISTENZA DI UN PILASTRO	126-127
2.1.1	Trazione parallela alla fibratura	110	6.2	PREMESSE ALLE CURVE D'INSTABILIZZAZIONE DELL'EC5	127-128
2.1.2	Trazione perpendicolare alla fibratura	110-111	6.3	CURVE D'INSTABILIZZAZIONE	128-129
2.1.3	Compressione parallela alla fibratura	111	6.3.1	Esempio di calcolo	129
2.1.4	Compressione perpendicolare alla fibratura	111	6.4	QUADRO CONCLUSIVO	129
2.1.5	Carico inclinato rispetto alla fibratura	112	7	LUNGHEZZE LIBERE D'INFLESSIONE	130
2.2	LEGNO STRUTTURALE SOLLECITATO A TRAZIONE E COMPRESSIONE	112	7.1	CURVE D'INSTABILIZZAZIONE	130
2.2.1	Considerazioni generali	112	7.2	INFLUENZA DELLE ROTAZIONI NELLE CONNESSIONI SEMI-RIGIDE	130-131
2.2.2	Trazione	112-113	7.3	PILASTRI INTERCONNESSI	131
2.2.3	Compressione	113	7.4	ARCHI	131
2.2.4	Carichi concentrati agenti perpendicolarmente alla fibratura	113	7.5	TELAI A DUE E TRE CERNIERE	132
3	FLESSIONE	114	7.6	MONTANTI O TRAVI CON CONTROVENTI A GINOCCHIO	132
3.1	TRAVI SEMPLICI	114	7.7	INSTABILITÀ TORSIONALI DI TELAI SPAZIALI	132
3.2	TENSIONI COMPOSTE	114-115	7.8	ESEMPIO	132
3.3	INSTABILITÀ DELLE TRAVI	115-116	7.9	QUADRO CONCLUSIVO	133
3.3.1	Esempio di calcolo	116-117	8	TRAVI RASTREIMATE, CURVE E CENTINATE	134-135
3.3.2	Fattori di combinazione	117	8.1	METODI DI CALCOLO	135
3.4	QUADRO CONCLUSIVO	117	8.1.1	Travi a semplice rastremazione	135
4	TAGLIO E TORSIONE	118	8.1.2	Travi a doppia rastremazione, curve e centinate	136
4.1	TAGLIO	118	8.2	ESEMPIO DI CALCOLO	136
4.1.1	Esempio di calcolo	118-119	8.2.1	Trave curva ad altezza costante	136-137
4.2	TORSIONE	119-120	8.2.2	Trave centinata	137
4.3	SOLLECITAZIONE COMPOSTA DI TAGLIO E TORSIONE	120	8.3	QUADRO RIASSUNTIVO	137
4.3.1	Esempio di calcolo	119	9	TRAVI INCOLLATE AD ANIMA SOTTILE	138
4.4	QUADRO CONCLUSIVO	120	9.1	PRODUZIONE	138
5	TRAVI CON INTAGLI E TRAVI IN LEGNO LAMELLARE FORATE	121	9.2	USO DELLE TRAVI INCOLLATE AD ANIMA SOTTILE	138
5.1	CONCETTI DI MECCANICA DELLE FRATTURE	121-122	9.3	ASPETTI SPECIALI DI PRODUZIONE E TRASPORTO	138
5.1.1	Meccanica delle fratture	122	9.4	STABILITÀ LATERALE	138
			9.5	VALORI EFFICACI PER LA SEZIONE TRASVERSALE	139

MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE

INDICE

B

9.6	CONTROLLO DELLE TENSIONI NELLE ALI	139	12.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	154-155
9.6.1	Ali	139-140	12.2	TIPOLOGIE DI TRAVI RETICOLARI	155-156
9.7	CONTROLLO DELLE TENSIONI ASSIALI NELL'ANIMA	140	12.3	PROGETTAZIONE PRELIMINARE	156
9.7.1	Lato compresso dell'anima	140	12.4	ANALISI GENERALE	156-157
9.7.2	Lato teso dell'anima	140	12.4.1	Esempio	157
9.8	TENSIONI DI TAGLIO NELL'ANIMA	140	12.5	ANALISI SEMPLIFICATA	157
9.8.1	Tensioni di taglio nelle unioni incollate fra ali e anima	140-141	12.6	VERIFICHE DI RESISTENZA DEGLI ELEMENTI E DELLE UNIONI	157-158
9.9	ESEMPIO	141	12.7	VALORI LIMITE DELLE FRECCE DI INFLESSIONE	158
9.9.1	Verifica alla deformazione istantanea	141	12.8	TRAVI RETICOLARI CON CONNETTORI A PIASTRA DENTATA	158
9.9.2	Verifica alla deformazione finale	141	12.9	QUADRO CONCLUSIVO	158
9.9.3	Verifica dell'ala compressa alla deformazione finale	142	13	DIAFRAMMI E PARETI DI TAGLIO	159
9.9.4	Verifica dell'ala tesa alla deformazione finale	142	13.1	DIAFRAMMI ORIZZONTALI	159-160
9.9.5	Verifica della tensione di compressione nell'anima, deformazione istantanea	142	13.2	PARETI DI TAGLIO	161-162
9.9.6	Verifica della tensione di trazione nell'anima, deformazione istantanea	142	13.3	ESEMPIO DI CALCOLO	162
9.9.7	Verifica della tensione di taglio nell'anima	142	13.4	PARETI INTERNE	162
9.9.8	Verifica della tensione di taglio nell'unione incollata fra ali e anima, deformazione istantanea	142	13.5	QUADRO CONCLUSIVO	162
9.10	CALCOLO DELLE FRECCE	142	14	PORTALI E ARCHI	163
10	PANNELLI TAMBURATI STRUTTURALI	143	14.1	ANALISI SEMPLIFICATA	163
10.1	CONFIGURAZIONE DEI PANNELLI TAMBURATI STRUTTURALI	143	14.2	ESEMPIO DI CALCOLO	164
10.1.1	Ali	143	14.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI NELLA SEZIONE (2)	164
10.1.2	Anime	143-144	14.3.1	Instabilità a compressione	164
10.1.3	Connessioni	144	14.3.2	Instabilità flessio-torsionale	165
10.2	LARGHEZZA EFFICACE DELL'ALA	144-145	14.4	VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	165
10.3	PANNELLI TAMBURATI STRUTTURALI INCOLLATI	145	14.5	ANALISI LINEARE DEL SECONDO ORDINE	165-166
10.4	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO	146-148	14.6	ESEMPIO DI CALCOLO	166
10.5	PANNELLI SANDWICH	148	14.7	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI NELLA SEZIONE (2)	166
10.6	QUADRO CONCLUSIVO	148	15	CONTROVENTI - DIMENSIONAMENTO	167
11	TRAVI E PILASTRI ASSEMBLATI MECCANICAMENTE	148	15.1	FATTORI CHE INFLUENZANO LE AZIONI SUGLI ELEMENTI DI CONTROVENTO	167
11.1	UNIONE SEMI-RIGIDA	149	15.2	PRESUPPOSTI DEI METODI DI CALCOLO DELL'EC5	167
11.2	METODI DI CALCOLO	149	15.2.1	Vincoli semplici di elementi compressi	167-168
11.2.1	Travi	150	15.2.2	Vincoli semplici di elementi inflessi	168
11.2.2	Schema, sezione trasversale, deformazioni, elemento dx	150	15.3	CONTROVENTAMENTO DI SISTEMI DI TRAVI O DI TRAVATURE RETICOLARI	168-169
11.2.3	Pilastri	150-152	15.4	ESEMPIO DI CALCOLO	169
11.3	ESEMPIO DI CALCOLO	152	15.4.1	Proprietà caratteristiche del materiale	169-170
11.4	CALCOLO	152	15.5	QUADRO CONCLUSIVO	170
11.5	QUADRO CONCLUSIVO	153	16	RIPARTIZIONE DEI CARICHI	171
12	TRAVI RETICOLARI	153	16.1	RIPARTIZIONE DEI CARICHI NEI DIVERSI SISTEMI STRUTTURALI	172
		154			

B C

16.1.1	Solai e coperture piane	172
16.1.2	Travi reticolari di coperture	172
16.1.3	Palizzate	172-173
16.2	ESEMPIO DI CALCOLO	173
16.3	QUADRO CONCLUSIVO	173
17	RESISTENZA AL FUOCO DEGLI ELEMENTI LIGNEI	174
17.1	VERIFICA	174
17.2	VALORI DI PROGETTO PER LE PROPRIETÀ FISICO-MECCANICHE	174
17.2.1	Proprietà fisico-meccaniche per l'analisi termica	174
17.2.2	Proprietà termo-meccaniche di resistenza e di modulo di elasticità	174-175
17.2.3	Profondità di carbonizzazione	175
17.3	VALORI DELLE AZIONI – EFFETTO DELLE AZIONI	175
17.3.1	Esempio	175
17.4	METODI DI CALCOLO	175
17.4.1	Profili di temperatura	175-176
17.4.2	Metodo della sezione trasversale efficace	176
17.4.3	Proprietà di resistenza e di rigidezza dipendenti dalla temperatura	176
17.4.4	Metodo della resistenza e rigidezza ridotte	176
17.4.5	Metodi generali di calcolo	176-177
17.4.6	Metodo della sezione trasversale efficace	177
17.4.7	Metodo della resistenza e rigidezza ridotte	177
17.5	QUADRO CONCLUSIVO	177

1.3.2	Eccentricità	184-185
1.3.3	Azione di gruppo	185
1.3.4	Combinazione di elementi di collegamento	185-186
1.3.5	Altri fattori	186
2	TRAZIONE PERPENDICOLARE ALLA FIBRATURA NELLE UNIONI	187
2.1	RIDUZIONE DEL RISCHIO DI ROTTURA A TRAZIONE PERPENDICOLARE ALLA FIBRATURA	187-188
2.2	DIMENSIONAMENTO DELLE UNIONI A TRAZIONE PERPENDICOLARE ALLA FIBRATURA	188
2.2.1	Dimensionamento conforme all'EC5	188
2.2.2	Dimensionamento basato sulla meccanica della frattura	188
2.2.3	Dimensionamento basato su indagini sperimentali e teoriche	189
2.3	ESEMPI	189
2.3.1	Dimensionamento della trazione perpendicolare alla fibratura nelle unioni, conformemente all'EC5	190
2.3.2	Dimensionamento basato sulla meccanica della frattura	190
3.3.3	Dimensionamento basato su indagini sperimentali	190
2.4	DISCUSSIONE DEI RISULTATI DI DIMENSIONAMENTO	190
2.5	QUADRO CONCLUSIVO	190
3	UNIONI CON MEZZI DEL TIPO A SPINOTTO	191
3.1	PROPRIETÀ FISICO-MECCANICHE	191
3.2	EQUAZIONI DI JOHANSEN. MEZZI DI UNIONE A TAGLIO SINGOLO	192
3.2.1	Modalità di rottura 1b	192
3.2.2	Modalità di rottura 1a (dalla figura 9)	192-193
3.2.3	Modalità di rottura 2a (dalla figura 8)	193
3.2.4	Modalità di rottura 2b (dalla figura 9)	193
3.2.5	Modalità di rottura 3 (dalla figura 10)	193-194
3.3	RESISTENZA AGGIUNTIVA	194
3.4	DIAGRAMMI DI MÖLLER	194
3.5	EQUAZIONI DI JOHANSEN. MEZZI DI UNIONE A TAGLIO DOPPIO	194-195
3.6	EQUAZIONI DI JOHANSEN PER UNIONI ACCIAIO-LEGNO	195
3.6.1	Piastre di acciaio spesse – Modalità 2	195
3.6.2	Piastre di acciaio spesse – Modalità 3	195
3.6.3	Piastre di acciaio spesse – Modalità 1b	195
3.6.4	Piastre di acciaio sottile	195-196
3.6.5	Piastre di acciaio sottile – Modalità 1a	196
3.6.6	Piastre di acciaio sottile – Modalità 2	196

SEZIONE C

1	UNIONI MECCANICHE – PRINCIPI GENERALI	180
1.1	TIPOLOGIE DI CONNETTORI	180
1.1.1	Chiodi	180-181
1.1.2	Piastre a chiodi di lamiera metallica punzonata	181
1.1.3	Bulloni e spinotti	181
1.1.4	Viti	182
1.1.5	Connettori	182
1.2	COMPORTAMENTO DEI CONNETTORI E MODELLAZIONE STRUTTURALE DELLE UNIONI	182-184
1.3	ASPETTI GENERALI SULLA PROGETTAZIONE DELLE UNIONI	184
1.3.1	Ritiro e rigonfiamento	184

INDICE

C

4	UNIONI CON CHIODI 1	197	7.2	ESEMPI	209
4.1	TIPI DI CHiodO	197	7.2.1	Esempio 1: unione legno-legno, con spinotti	209-210
4.2	PREFORATURA	197	7.2.2	Esempio 2: unione pannello-legno, con spinotti	211
4.3	RESISTENZA A RIFOLLAMENTO	197	7.2.3	Esempio 3: unione acciaio-legno, con spinotti	211-212
4.4	MOMENTO DI SNERVAMENTO	198	7.2.4	Esempio 4: unione acciaio-legno, con bulloni	212
4.5	INTERASSE TRA CHIODI	198	8	UNIONI CON VITI	213
4.6	SCORRIMENTO DEL CHiodO	198	8.1	COMPORAMENTO PORTANTE	213
4.7	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO. UNIONE CHIODATA A TRAZIONE	199	8.2	VITI CARICATE LATERALMENTE	213-214
4.7.1	Specifica	199	8.3	VITI CARICATE ASSIALMENTE	214
4.7.2	Chiodi a taglio singolo – (a) Approccio manuale	199-200	8.4	VITI SOGGETTE A CARICO COMBINATO LATERALE E ASSIALE	214
4.7.3	Chiodi a taglio singolo – (b) Approccio con computer	200	8.5	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO	214-215
4.7.4	Chiodi a taglio singolo – (c) Approccio con diagramma di Möller	200	8.6	QUADRO CONCLUSIVO	215
4.7.5	Interassi	200	9	UNIONI CON CONNETTORI AD ANELLO E A PIASTRA	216
4.7.6	Scorrimento	200-201	9.1	COMPORAMENTO PORTANTE E MODELLO DI CALCOLO	216-218
5	UNIONI CON CHIODI 2	201	9.2	VALORI DI RESISTENZA E RIGIDEZZA DERIVATI SPERIMENTALMENTE	218
5.1	UNIONI PANNELLO-LEGNO, CON CHIODI	201	9.2.1	Resistenza al rifollamento	218-219
5.1.1	Introduzione	201	9.2.2	Resistenza della connessione	219
5.1.2	PROPRIETÀ DEL MATERIALE	201	9.2.3	Rigidezza della connessione	219
5.2	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO. GIUNTO A TRAZIONE COMPENSATO-LEGNO	201	9.3	PANNELLI A BASE DI LEGNO – COMPENSATO	220
5.2.1	Specifiche	201-202	9.4	QUADRO CONCLUSIVO	220
5.2.2	Interassi	202-203	10	UNIONI CON CONNETTORI A PIASTRA DENTATA	221
5.2.3	Scorrimento	203	10.1	COMPORAMENTO PORTANTE E MODELLO DI CALCOLO	221-222
5.3	CHIODI CARICATI ASSIALMENTE	203	10.2	VALORI DI RESISTENZA E RIGIDEZZA DETERMINATI ATTRAVERSO PROVE	222
5.4	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO. CHIODI CARICATI ASSIALMENTE	204	10.2.1	Resistenza della connessione	222-223
5.4.1	Specifiche	204	10.2.2	Rigidezza della connessione	223-224
6	UNIONI CON BULLONI E SPINOTTI 1	205	10.3	EQUAZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO	223-224
6.1	DIMENSIONAMENTO AGLI STATI LIMITE DI ROTTURA	205	10.4	QUADRO CONCLUSIVO	224
6.1.1	Resistenza al rifollamento del legno e dei pannelli a base di legno	205-206	11	UNIONI CON PIASTRE METALLICHE PUNZONATE	225
6.1.2	Momento di snervamento dei mezzi di unione	206	11.1	FATTORI CHE INFLUENZANO LA RESISTENZA DELLE UNIONI REALIZZATE CON PIASTRE METALLICHE PUNZONATE	225
6.1.3	Glunto con mezzi di unione multipli	206	11.1.1	Ancoraggio	225-226
6.1.4	Interassi e distanze dei mezzi di unione	206-207	11.1.2	Capacità dell'acciaio	226
6.1.5	Spinotti e bulloni caricati lateralmente	207	11.2	DETERMINAZIONE DELLE PROPRIETÀ DI RESISTENZA CARATTERISTICA DELLA PIASTRA MEDIANTE PROVE DIMENSIONAMENTO DI UNA PIASTRA METALLICA PUNZONATA	226-227
6.1.6	Bulloni caricati assialmente	208	11.3.1	Capacità di ancoraggio	227
6.2	QUADRO CONCLUSIVO	208	11.3.2	Capacità della piastra di acciaio	227-228
7	UNIONI CON BULLONI E SPINOTTI 2	209	11.4	REGOLE DI DIMENSIONAMENTO DELLA PIASTRA	228
7.1	DIMENSIONAMENTO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO	209			

11.5	SCORRIMENTO DEL GIUNTO	229	16	CONNESSIONI RESISTENTI A MOMENTO	248-249
11.6	DIMENSIONAMENTO ASSISTITO DAL COMPUTER	229	16.1	INFLUENZA STRUTTURALE DELLE UNIONI RESISTENTI A MOMENTO	249-250
11.7	QUADRO CONCLUSIVO	229	16.2	COMPORAMENTO LOCALE DELLE UNIONI	250-251
12	UNIONI PER LA CARPENTERIA	230	16.3	CALCOLI DI PROGETTO	251
12.1	GIUNTI INTELAIATI	230-231	16.3.1	Rigidezza alla rotazione	251
12.1.1	Esempio di dimensionamento	231-232	16.3.2	Capacità portante	251-252
12.2	GIUNTI A TENONE	232	16.3.3	Regole specifiche	252
12.2.1	Esempio di dimensionamento	233	16.4	ESEMPIO DI CALCOLO	252-253
13	SCARPE PER TRAVI DI SOLAI E ANCORAGGI PER TELAI	234	17	Capacità degli elementi di collegamento	255
13.1	COMPORAMENTO PORTANTE	234	17.1	DUTTILITÀ	256
13.1.1	Capacità portante della connessione chiodata acciaio-legno	234-235	17.2	COMPORAMENTO CICLICO E DISSIPAZIONE DI ENERGIA	256-257
13.2	SCARPE PER TRAVI	235-236	17.3	COMPORAMENTO DEI DIVERSI TIPI DI UNIONE	257
13.2.1	Connessione chiodata alla trave secondaria	236	17.3.1	Elementi di collegamento a gambo cilindrico	257-258
13.2.2	Connessione chiodata alla trave principale	236-237	17.3.2	Elementi di collegamento di superficie (connettori)	258
13.2.3	Scarpe caricate obliquamente	237-238	17.4	COMPORAMENTO SISMICO DELLE UNIONI MECCANICHE	258-259
13.3	ANCORAGGI PER TELAI	238	17.5	REQUISITI NELL'EUROCODICE 8	259
13.4	QUADRO CONCLUSIVO	238	17.6	QUADRO CONCLUSIVO	259
14	BARRE D'ACCIAIO INCOLLATE	239	18	INFLUENZA DELL'UMIDITÀ E DELLA DURATA DEL CARICO NELLE UNIONI	260
14.1	RESISTENZA DELLE BARRE SOLLECITATE ASSIALMENTE	239-240	18.1	DEFINIZIONE DI CREEP	261
14.1.1	Fattori che influenzano la resistenza a breve termine	240	18.2	EFFETTI DI LUNGO TERMINE NELLE UNIONI DI LEGNO	261-262
14.1.2	Effetto del cambiamento del contenuto di umidità	240	18.3	DIMENSIONAMENTO DI UN GIUNTO CONFORMEMENTE ALL'EUROCODICE EC5	262
14.2	BARRE SOLLECITATE LATERALMENTE	240	18.3.1	Carichi	262
14.3	DIMENSIONAMENTO DI BARRE D'ACCIAIO INCOLLATE	241	18.3.2	Capacità di carico di lungo periodo	262
14.3.1	Barre sollecitate assialmente	241-242	18.3.3	Deformazione di lungo periodo	263-264
14.3.2	Barre d'acciaio incollate parallelamente alla fibratura	242	18.4	QUADRO CONCLUSIVO	264
14.4	PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE	242	19	RESISTENZA AL FUOCO DELLE UNIONI	265
14.5	QUADRO CONCLUSIVO	242	19.1	GENERALITÀ	265
15	UNIONI CON PIÙ ELEMENTI DI COLLEGAMENTO	243	19.2	UNIONI NON PROTETTE CON ELEMENTI LATERALI DI LEGNO	265-266
15.1	SOLUZIONE ELASTICA	243-244	19.3	UNIONI NON PROTETTE CON PIASTRE DI ACCIAIO INSERITE	266
15.2	Palizzate	244	19.4	UNIONI NON PROTETTE CON PIASTRE D'ACCIAIO ESTERNE	266
15.2.1	ESEMPIO DI CALCOLO	244-245	19.5	ESEMPIO DI UNIONE NON PROTETTA CON ELEMENTI LATERALI DI LEGNO	266-269
15.2.2	QUADRO CONCLUSIVO	245-246	19.6	UNIONI PROTETTE	269
15.3	RESISTENZA AL FUOCO DEGLI ELEMENTI LIGNEI	246	19.7	QUADRO CONCLUSIVO	269
15.3.1	Unioni con bulloni e spinotti	246			
15.3.2	Unioni con viti	246-247			
15.3.3	Unioni con connettori a piastra dentata	247			
15.3.4	ESEMPIO DI CALCOLO	247			
15.3.5	Unioni con connettori ad anello e a piastra	247			
15.4	QUADRO CONCLUSIVO	247			