

*Coordinatore generale*  
Luca Uzielli

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

Vol. IV – INTERVENTI SULLE STRUTTURE

*A cura di* Gabriele Bonamini

**IL MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE**  
Vol. IV – INTERVENTI SULLE STRUTTURE

*Coordinazione generale dell'opera*  
Luca Uzielli

*Cura del presente volume*  
Gabriele Bonamini

*Art Director*  
Ida Incoronata Carlone

*Impaginazione*  
Paolo Biagiotti  
Giorgio Montinari

*Revisione grafica*  
Luciano Cortesi  
Roberto Di Iulio

*Realizzazione CD-ROM*  
Beecom

*Stampa*  
Arti Grafiche S.r.l. – Pomezia, Roma

## INDICE

<b>1</b>	<b>CONSERVAZIONE DELLE STRUTTURE LIGNEE STORICHE APPROCCIO ECOLOGICO</b>	
1.1	INTRODUZIONE	
1.1.1	Utilizzare la saggezza delle generazioni precedenti nei lavori di riparazione	
1.1.2	Un approccio ecologico alla conservazione	
1.1.3	Legno e foreste	
1.1.4	ICOMOS, il Comitato Internazionale Legno e i Principi del Comitato Legno	
1.2	SOSTENIBILITÀ DEI MATERIALI E MANIFATTURA TRADIZIONALE	
1.2.1	Principi del Comitato Legno: uso dei metodi tradizionali	
1.2.2	Materiali tradizionali e manodopera tradizionale come beni culturali	
1.2.3	Recupero di tecniche artigianali abbandonate e programmi di formazione	
1.2.4	Tecniche di lavorazione e ricerca nella storia dell'architettura	
1.2.5	Riparazione restauro e qualità del legno	
1.3	CONSERVARE L'AUTENTICITÀ DEGLI EDIFICI	
1.3.1	Aspetti di "autenticità"	
1.3.2	Principio del minimo intervento e della massima conservazione dei materiali	
1.3.3	Autenticità e feticismo materiale	
1.3.4	Firmitas – Utilitas – Venustas	
1.3.5	Autenticità, strutture lignee e sostituzione di elementi	
1.4	BENEFICI E SVANTAGGI DELLA MODERNA TECNOLOGIA	
1.4.1	Smontaggio e ricostruzione	
1.4.2	Sostituzioni e rinforzi con impiego di legno	
1.4.3	Sostituzioni con uso di resine epossidiche	
1.4.4	Rinforzi con l'uso di acciaio	
1.4.5	Conservare e riparare l'intero edificio	
1.5	CONSERVAZIONE DELLE STRUTTURE E DELLE TECNICHE DI CARPENTERIA	
1.5.1	Conservazione degli edifici e delle tecniche tradizionali in Giappone	
1.5.2	Ricerche sulla tecnologia e la storia dei materiali	
1.5.3	Il revival delle tecniche di carpenteria e dei metodi di riparazione tradizionali	
1.6	CONCLUSIONI	
<b>2</b>	<b>PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO DI STRUTTURE LIGNEE</b>	<b>27</b>
2.1	PREMESSA	28
2.2	LINEE GUIDA PER GLI INTERVENTI SUL COSTRUITO	28
2.3	VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLO STATO DI FATTO	28
2.4	PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO	31
2.4.1	Criteri informativi delle scelte progettuali	32
2.4.2	Il concetto di sicurezza	32
2.4.3	Interventi di recupero	33
2.4.3.1	Reintegro di materiale	33
2.4.3.2	Reintegro della continuità strutturale nell'elemento ligneo	34
2.4.3.3	Reintegro di funzionalità del collegamento tra elementi	35
2.4.3.4	Reintegro di funzionalità della struttura lignea nell'edificio	35
2.4.3.5	Interventi mediante stati di coazione	35
2.4.3.6	Interventi indiretti	35
2.4.3.7	Miglioramento delle prestazioni nei confronti di azioni eccezionali	36
2.4.3.8	Trattamenti	36
2.4.3.9	Definizione del programma di manutenzione e di ispezione	36
2.4.4	Requisiti essenziali del progetto	36
2.5	CRITERI PER IL CONTROLLO DI EFFICACIA DI UN INTERVENTO	37
2.6	METODOLOGIE E TECNICHE DI ESECUZIONE DI UN INTERVENTO	37
2.7	ISPEZIONI PERIODICHE	37
2.8	CONSIDERAZIONI SULLE PROVE NON DISTRUTTIVE	37
2.9	CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE LIGNEE DI SOLAIO	38
2.10	APPLICAZIONE ALLE CAPRIATE DI COPERTURA DEL TEATRO SOCIALE DI TRENTO	38
2.10.1	Fasi principali del percorso di analisi	39
2.10.2	Indagine storico-tipologica	39
2.10.3	Esame e consolidamento delle membrature lignee e delle connessioni	41
2.10.4	Prove di carico sulla capriata riassembleata in laboratorio	42
2.10.5	Risultati sperimentali	44
2.10.6	Modello numerico	44
2.10.6.1	Caratterizzazione meccanica delle connessioni	45
2.10.6.2	Validazione e taratura del modello numerico	46
2.10.6.3	Importanza della caratterizzazione semi-rigida delle connessioni	47

<b>2.10.7</b>	Verifiche strutturali secondo ENV 1995	<b>47</b>	<b>4.3.4.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>74</b>
<b>2.10.7.1</b>	Capriata nelle condizioni originarie in opera	<b>49</b>	<b>4.3.4.2</b>	Metodo di calcolo	<b>77</b>
<b>2.10.7.2</b>	Capriata assemblata in laboratorio	<b>51</b>	<b>4.3.4.3</b>	Esempio di calcolo	<b>77</b>
<b>2.10.8</b>	Considerazioni	<b>51</b>	<b>4.3.5</b>	Ricostruzione di testata mediante protesi di legno connessa con spinotti	<b>79</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI E VERIFICA DI STRUTTURE DI LEGNO ANTICHE</b>	<b>53</b>	<b>4.3.5.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>80</b>
<b>3.1</b>	PREMESSA	<b>54</b>	<b>4.3.5.2</b>	Metodo di calcolo	<b>80</b>
<b>3.2</b>	UNA METODOLOGIA PER L'ANALISI E LA VERIFICA	<b>54</b>	<b>4.3.5.3</b>	Esempio di calcolo	<b>81</b>
<b>3.3</b>	ANALISI	<b>54</b>	<b>4.3.6</b>	Ricostruzione di testata mediante protesi di legno connessa con squadrette metalliche	<b>81</b>
<b>3.3.1</b>	Classificazione	<b>54</b>	<b>4.3.6.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>82</b>
<b>3.3.2</b>	Resistenza	<b>56</b>	<b>4.3.6.2</b>	Metodo di calcolo	<b>83</b>
<b>3.4</b>	VERIFICA	<b>56</b>	<b>4.3.6.3</b>	Esempio di calcolo	<b>83</b>
<b>3.5</b>	PROCEDURA DECISIONALE	<b>61</b>	<b>4.3.7</b>	Ricostruzione di testata mediante protesi di legno connessa con unione a "Dardo di Giove"	<b>84</b>
<b>3.6</b>	CONCLUSIONI	<b>61</b>	<b>4.3.7.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>86</b>
<b>4</b>	<b>INTERVENTI SULLE CAPRIATE LIGNEE - CONSOLIDAMENTO</b>	<b>63</b>	<b>4.3.7.2</b>	Metodo di calcolo	<b>87</b>
<b>4.1</b>	INTRODUZIONE	<b>64</b>	<b>4.3.7.3</b>	Esempio di calcolo	<b>87</b>
<b>4.1.1</b>	Cenni sul funzionamento strutturale	<b>64</b>	<b>4.3.8</b>	Consolidamento di controsoffitto	<b>88</b>
<b>4.1.2</b>	Principali cause di dissesto	<b>65</b>	<b>4.3.8.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>88</b>
<b>4.2</b>	GENERALITÀ SULLE TECNICHE DI INTERVENTO	<b>66</b>	<b>4.3.8.2</b>	Metodo di calcolo	<b>89</b>
<b>4.2.1</b>	Ricostruzioni, sostituzioni e integrazioni	<b>66</b>	<b>4.4</b>	ELENCO DEI CANTIERI	<b>90</b>
<b>4.2.2</b>	Gli incollaggi strutturali	<b>67</b>	<b>5</b>	<b>STRUTTURE COMPOSITE: LEGNO-CALCESTRUZZO</b>	<b>93</b>
<b>4.2.3</b>	Particolari costruttivi	<b>67</b>	<b>5.1</b>	INTRODUZIONE	<b>94</b>
<b>4.2.4</b>	Tecniche di puntellazione	<b>67</b>	<b>5.2</b>	GENERALITÀ	<b>94</b>
<b>4.3</b>	ESEMPI DI INTERVENTO	<b>69</b>	<b>5.3</b>	TIPI DI CONNESSIONE LEGNO-CALCESTRUZZO	<b>96</b>
<b>4.3.1</b>	Fasciatura "passiva" puntone-catena	<b>69</b>	<b>5.4</b>	ANALISI	<b>96</b>
<b>4.3.1.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>70</b>	<b>5.4.1</b>	Comportamento meccanico (carichi di breve durata)	<b>96</b>
<b>4.3.1.2</b>	Metodo di calcolo	<b>70</b>	<b>5.4.2</b>	Travi semplicemente appoggiate	<b>98</b>
<b>4.3.1.3</b>	Esempio di calcolo	<b>70</b>	<b>5.4.3</b>	Travi continue	<b>98</b>
<b>4.3.2</b>	Fasciatura "attiva" puntone-catena	<b>71</b>	<b>5.4.4</b>	Spaziatura non uniforme dei connettori	<b>98</b>
<b>4.3.2.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>72</b>	<b>5.4.5</b>	Formule di dimensionamento	<b>98</b>
<b>4.3.2.2</b>	Metodo di calcolo	<b>72</b>	<b>5.4.6</b>	Modelli a elementi finiti (FEM)	<b>99</b>
<b>4.3.2.3</b>	Esempio di calcolo	<b>72</b>	<b>5.4.7</b>	Modellazione del comportamento sotto carichi in lungo periodo	<b>99</b>
<b>4.3.3</b>	Affiancamento della catena con tiranti metallici	<b>73</b>	<b>5.5</b>	SPERIMENTAZIONE	<b>100</b>
<b>4.3.3.1</b>	Tecniche operative e attrezzature	<b>74</b>	<b>5.5.1</b>	Comportamento in breve periodo (stati-limite ultimi)	<b>100</b>
<b>4.3.4</b>	Ricostruzione di testata con protesi di legno connessa con barre incollate	<b>74</b>			

## INDICE

5.5.2	Comportamento in lungo periodo (stati-limite di esercizio)	100	7	STRUTTURE LIGNEE STORICHE IN GERMANIA RIPARAZIONE E RINFORZO	129
5.5.2.1	Prove di laboratorio	100	7.1	INTRODUZIONE	130
5.5.2.2	Prove in situ, in interni	101	7.2	ESECUZIONE DI INTERVENTI DI RIPARAZIONE E RINFORZO	130
5.5.2.3	Prove in situ, in esterni	101	7.3	INTERVENTI DI RIPARAZIONE	131
5.5.3	Comportamento in lungo periodo (stati-limite ultimi)	101	7.3.1	Unioni con mezzi meccanici	131
5.5.3.1	Risultati di prova	102	7.3.1.1	Unioni mediante piastre	132
5.5.4	Conclusioni basate sulle prove	102	7.3.1.2	Protesi mediante giunto a tenone	137
5.6	PROGETTAZIONE	102	7.3.1.3	Ulteriori possibilità	140
5.6.1	Analisi complessiva	102	7.3.2	Unioni aventi rigidità infinita (unioni incollate)	140
5.6.2	Stati-limite di esercizio	103	7.3.2.1	Giunti con barre incollate	140
5.6.3	Stati-limite ultimi	104	7.3.2.2	Barre di acciaio filettate	141
5.7	RACCOMANDAZIONI PER LA COSTRUZIONE	104	7.3.2.3	Barre di vetroresina poliestere	141
5.8	CONCLUSIONI	104	7.3.2.4	Spinotti a pressione, sistema Bertsche	141
6	CONSOLIDAMENTO CON ELEMENTI MECCANICI: SOLAI MISTI LEGNO-LEGNO	107	7.3.2.5	Elementi di legno o materiali derivati, applicati mediante incollaggio	142
6.1	PREMESSA	108	7.4	INTERVENTI DI RINFORZO	142
6.2	COMPORAMENTO STATICO DELLA STRUTTURA COMPOSTA	108	7.4.1	Interventi di rinforzo localizzato	142
6.2.1	Generalità	108	7.4.1.1	Rinforzi per la trazione trasversale	142
6.2.2	Connessione a rigidità nulla	109	7.4.1.2	Rinforzi per la compressione trasversale	143
6.2.3	Connessione a rigidità infinita	110	7.4.2	Rinforzo di un singolo elemento portante e di sottostrutture	145
6.2.4	Connessione a rigidità finita – Soluzione elastica	111	7.4.2.1	Elementi portanti semplici	145
6.2.5	Efficienza della connessione	113	7.4.2.2	Elementi portanti compositi	145
6.3	TECNICHE DI INTERVENTO CON SOLETTE LIGNEE	113	7.4.3	Rinforzi mediante l'aggiunta di strutture ausiliarie	156
6.3.1	Soletta lignea continua	113	7.4.3.1	Costruzione di piastre nel piano delle catene	157
6.3.2	Soletta lignea discontinua	114	7.4.3.2	Tralici ausiliari	157
6.4	LA CONNESSIONE LEGNO-LEGNO	115	8	RINFORZO DI STRUTTURE LIGNEE CON MATERIALI COMPOSITI	161
6.4.1	Generalità	115	8.1	TECNICHE DI RINFORZO MEDIANTE MATERIALI "TRADIZIONALI"	162
6.4.2	L'influenza del collante sui mezzi di unione	116	8.2	ALCUNE SPERIMENTAZIONI CON I MATERIALI COMPOSITI (FRP)	163
6.4.3	Leggi di comportamento a derivazione sperimentale	116	8.3	MODELLAZIONE E DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO CON FRP	164
6.5	METODOLOGIE SEMPLIFICATE DI CALCOLO	119	8.3.1	Rinforzo di travi lignee inflesse	165
6.6	SPERIMENTAZIONI FISICHE E CONFRONTI	119	8.3.1.1	Dimensionamento di un intervento di rinforzo flessionale	165
6.7	CASI STUDIO	121	8.3.1.2	Studio delle modalità di collasso	168
6.7.1	Esempio di solaio composto con soletta lignea discontinua	121	8.3.2	Sperimentazioni	170
6.7.2	Esempio di solaio composto con soletta lignea continua	124	8.3.2.1	Indagine sperimentale n. 1	170
6.8	CONSIDERAZIONI	127			

9.13	SOLAI DI CASA BOSSI - NOVARA	226	105.43	Lotta agli Anobidi	255
9.12	SOLAI DI PALAZZO PALLAVICINO - CREMONA	224	105.42	Lotta ai Cerambicidi	254
9.11	ORGANO PRESTINARI NELLA CHIESA VECCHIA DI SAN PIETRO ALL'OLMO - CORNAREDO (MILANO)	223	105.41	Metodi di applicazione	252
9.10	SOLAI DELL'EDIFICIO ADIACENTE ALLA CHIESA DI SAN PIETRO ALL'OLMO - CORNAREDO (MILANO)	219	105.4	Trattamento contro insetti a larva xilofaga	252
9.9	EMANUELE II - MILANO	218	105.3	Esche alimentari	252
9.9	CONSOLIDAMENTO DI SOLAI IN GALLERIA VITTORIO	218	105.2	Prodotti preservanti	252
9.8	SOLAI LIGNEI DI VILLA SAN CARLO BORROMEO SENAGO (MILANO)	214	105.1	Generalità	251
9.8	SOLAI LIGNEI DI VILLA SAN CARLO BORROMEO	214	10.5	TRATTAMENTI PRESERVANTI	251
9.7	CAPRIATE LIGNEE DELLA "CAVALLERIZZA" CASTELLO DI VIGEVANO (PAVIA)	213	104.22	Diagnosi dei diversi tipi di attacco	250
9.7	CAPRIATE LIGNEE DELLA "CAVALLERIZZA" CASTELLO	213	104.21	Generalità	250
9.6	COPERTURA LIGNEA DELLA EX CHIESA DI SAN CARPOFORO - MILANO	211	104.2	Riconoscimento degli attacchi da funghi da carie	250
9.5	CAPRIATE DELL'EX MONASTERO DI SANTA CLARA - PAVIA	208	104.12	Caratteristiche dei diversi tipi di attacco	245
9.4	COPERTURA DI UNA TORRE DEL CASTELLO VISCONTEO - PAVIA	206	104.11	Generalità	245
9.3	COPERTURA DEL "BACO DA SETA" NELLA VILLA DELLA PORTA BOZZOLO - CASALZUIGNO (VARESE)	201	104.1	Riconoscimento degli attacchi da insetti	245
9.2	COPERTURA DI CASA EX-MASCIADRI - ARGENE (BERGAMO)	199	10.4	ANALISI DEL DEGRADAMENTO	245
9.1	ALCUNE PREMESSE SUI CRITERI DEL CONSOLIDAMENTO E DEI SOLAI IN LEGNO	198	103.3	Durabilità nei riguardi dei funghi da carie	245
9	USO DELL'ACCIAIO NEL CONSOLIDAMENTO DELLE CAPRIATE	197	103.2	Durabilità nei riguardi degli Isotteri	244
8.6	CONCLUSIONI	194	103.1	Durabilità nei riguardi dei Coleotteri	243
8.5	IRRIGIDIMENTO DEI PIANI SOLAI	194	10.3	DURABILITÀ NATURALE DEL LEGNO	243
8.4.1.2	Prove di aderenza con nastri in CFRP	193	102.3	Temperatura e organismi xilofagi	243
8.4.1.1	Prove di aderenza con barre in CFRP	190	102.2	Umidità del legno e funghi	242
8.4.1	Adesione con resine epossidiche	190	102.12	Isotteri	241
8.4	IL PROBLEMA DELL'ADERENZA	190	102.11	Coleotteri	240
8.3.3.3	Effetto del rinforzo in zona compressa	188	102.1	Umidità del legno e insetti	240
8.3.3.2	Effetto della pretesione	187	10.2	AMBIENTE E ORGANISMI XILOFAGI	240
8.3.3.1	Rinforzo con nastri intradosali non pretesi	185	10.1	INTRODUZIONE	240
8.3.3	Sperimentazione numerica	185	10	ANALISI E TRATTAMENTI CURATIVI - DIFESA DAGLI XILOFAGI	239
8.3.2.7	Indagine sperimentale n. 7	183	9.19	CONCLUSIONI	235
8.3.2.6	Indagine sperimentale n. 6	180	9.18	SOLAI DEL PALAZZO DELLA MAGNIFICA COMUNITÀ DI FIEMME CAVALESE (TRENTO)	233
8.3.2.5	Indagine sperimentale n. 5	178	9.17	COPERTURA DI PALAZZO DELLA RAGIONE - MILANO	232
8.3.2.4	Indagine sperimentale n. 4	176	9.16	COPERTURE LIGNEE DELLA EX FILANDA MERONI SONCINO (CREMONA)	229
8.3.2.3	Indagine sperimentale n. 3	173	9.15	COPERTURA DI PALAZZO SILVA PERSICHELLI - CREMONA	228
8.3.2.2	Indagine sperimentale n. 2	172	9.14	SOLAI DEL PALAZZO DELLA EX CASERMA ZANARDI BONFIGLIO DI VOGHERA (PAVIA)	227

## INDICE

10.5.4.4	Lotta ai Lictidi	256	12.7.2	Condizioni di rilevamento	292
10.5.5	Trattamento contro le Termiti	256	12.7.3	Indicatori di stato	292
10.5.5.1	Lotta alle Termiti del legno secco	256	12.7.4	Fattori correttivi	292
10.5.5.2	Lotta alle Termiti sotterranee	257	12.7.4.1	Aspetti microclimatici ambientali-termoigrometrici	292
10.5.6	Trattamento contro i funghi da carie	258	12.7.4.2	Aspetti tecnologici	293
11	BIODEGRADAMENTO LIGNEO NEGLI EDIFICI - TRATTAMENTO CON MINIMO INTERVENTO	261	12.7.5	Indicatori di condizione	293
11.1	INTRODUZIONE	262	12.7.5.1	Indicatori di condizione di degradazione, precedenti lo stato patologico degli elementi tecnici: membrature	293
11.2	FUNGHI DISTRUTTORI DEL LEGNO	262	12.7.5.2	Indicatori di stato patologico dell'unità strutturale	294
11.2.1	Il fungo	263	12.7.5.3	Indicatori di stato patologico degli elementi tecnici: membrature	294
11.3	INSETTI DISTRUTTORI DEL LEGNO	263	12.7.5.4	Indicatori di stato patologico dei vincoli e collegamenti	295
11.3.1	Gli insetti	266	12.7.6	Valutazione delle condizioni di degrado e patologia	299
12	PROGETTARE LA MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE LIGNEE	269	12.7.6.1	Cause biologiche delle condizioni di degrado e patologia	299
12.1	LA MANUTENZIONE DEL "COSTRUITO": UNA CULTURA RITROVATA	270	12.7.6.2	Degrado e patologia delle configurazioni strutturali	299
12.1.1	Esempi precoci di cultura manutentiva: il servizio di manutenzione per le coperture lignee di un edificio monumentale	270	12.7.7	Categorie di rischio e criticità riscontrabili	299
12.1.2	Interventi di manutenzione su costruzioni lignee: i suggerimenti della trattatistica e manualistica storica	271	12.7.7.1	Soglie di rischio e criticità biologica	299
12.1.2.1	Interventi di rinforzo strutturale	274	12.7.7.2	Raccolta dei dati sugli effetti di degradazione, guasto e patologia	300
12.1.3	Tappe che contraddistinguono il progetto ai fini della manutenibilità e il progetto della manutenzione	277	12.7.7.3	L'attitudine e le condizioni per la manutenzione	301
12.2	LE RAGIONI DEL MANTENERE	277	12.8	MANUALE D'USO (Art. 40 D.P.R. 554/99)	302
12.2.1	La legislazione e l'evoluzione della concezione di manutenzione	278	12.8.1	Copertura	302
12.3	LA CONCEZIONE DI "SERVIZIO DI MANUTENZIONE"	279	12.8.2	Solaio	303
12.3.1	Il ruolo del sistema informativo di manutenzione	279	12.8.3	Centina	303
12.4	LA STRUTTURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE	280	12.9	MANUALE DI MANUTENZIONE (Art. 40 D.P.R. 554/99)	303
12.4.1	I manuali	280	12.9.1	Copertura	304
12.5	ANAGRAFICA DELLE UNITÀ TECNOLOGICHE	285	12.9.1	Solaio	304
12.6	IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI RECUPERO FUNZIONALE ESEGUITO	288	12.10	SCHEDATURA E PROCEDURE	304
12.6.1	Caratteri degli interventi di recupero funzionale o di nuova costruzione eseguiti	288	12.10.1	Esempi di schede	306
12.7	DIAGNOSI	291	12.11	PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE	316
12.7.1	Ispezioni	291	13	VERIFICHE E CONSOLIDAMENTI DELLE STRUTTURE LIGNEE IN ZONA SISMICA	321
12.7.1.1	Ispezioni a vista in situ	291	13.1	INTRODUZIONE	322
12.7.1.2	Ispezioni strumentali non distruttive	291	13.2	PREMESSA	322
			13.3	COMPORTEMENTO AL SISMA DELLE STRUTTURE DI LEGNO	322
			13.3.1	Richiami di dinamica strutturale	322
			13.3.2	Principali caratteristiche meccaniche del materiale legno in zona sismica	324
			13.3.2.1	Resistenza	324

13.3.2.2	Comportamento a carichi istantanei	324	14.5.1	14.5.1 Criteri per una corretta progettazione degli interventi con resine epossidiche	359
13.3.2.3	Massa volumica	324	14.5.2	14.5.2 Criteri per una corretta applicazione delle resine epossidiche	360
13.3.2.4	Flessibilità	325	15	15 RESISTENZA ALL'INCENDIO DELLE STRUTTURE LIGNEE	363
13.3.2.5	Fragilità	325	15.1	15.1 PREMESSA	364
13.3.2.6	Unioni	325	15.1.1	15.1.1 Sviluppo dell'incendio	364
13.3.3	Il sisma di progetto con riferimento alla normativa italiana e all'Eurocodice 8	326	15.1.2	15.1.2 Resistenza al fuoco	365
13.3.3.1	Strutture in legno, acciaio o c.a.	326	15.1.3	15.1.3 Glossario	366
13.3.4	Il sisma eccezionale	327	15.2	15.2 COMBUSTIONE E DEGRADAZIONE TERMICA DEL LEGNO	367
13.3.4.1	Il caso delle strutture di legno	328	15.2.1	15.2.1 Carbonizzazione o pirolisi	367
13.4	RAFFORZAMENTO ANTISISMICO DELLE STRUTTURE IN LEGNO DI ANTICHI EDIFICI	329	15.2.2	15.2.2 Combustione rapida	368
13.4.1	Le "strutture antisismiche" dell'antichità	329	15.2.3	15.2.3 Protezione contro il fuoco	369
13.4.1.1	L'osservazione del danno verificatosi a seguito di eventi sismici	331	15.3	15.3 TEST COMPARATIVO DI RESISTENZA AL FUOCO TRA UNA TRAVE DI LEGNO E UNA DI ACCIAIO	370
13.4.2	Rafforzamento antisismico delle strutture (definizione)	333	15.3.1	15.3.1 Modalità di prova	370
13.4.3	Tipologie strutturali lignee più frequenti presenti nel nostro Paese in edifici di antica costruzione	333	15.3.2	15.3.2 Camera di prova	371
13.4.3.1	Strutture spingenti	334	15.3.3	15.3.3 Copertura della camera di prova	371
13.4.4	Il rafforzamento antisismico delle strutture di legno inserite in edifici in muratura	337	15.3.4	15.3.4 Applicazione ed entità dei carichi	372
13.4.4.1	Requisiti richiesti	338	15.3.5	15.3.5 Fonti di calore	372
13.4.4.2	Provvedimenti di rinforzo	339	15.3.6	15.3.6 Controllo della temperatura	372
13.5	CONCLUSIONI	344	15.3.7	15.3.7 Registrazione dell'inflessione	372
14	VALUTAZIONI SU INTERVENTI ESEGUITI CON RESINE EPOSSIDICHE NEL PASSATO	347	15.3.8	15.3.8 Svolgimento della prova	372
14.1	PREMESSA	348	15.3.9	15.3.9 Risultati della prova	373
14.2	ISPEZIONI SU INTERVENTI CON RESINE ESEGUITI NEL PASSATO	349	15.3.10	15.3.10 Conclusioni	374
14.2.1	Valutazioni di tipo strutturale	350	15.4	15.4 ESEMPI DI STUDIO	374
14.2.2	Valutazioni sulla durabilità dell'interfaccia	353	15.4.1	15.4.1 Analisi delle strutture in opera	374
14.3	CONSIDERAZIONI SULLA BASE DELLE ISPEZIONI ANALIZZATE	354	15.4.2	15.4.2 Connessioni	376
14.4	OTTIMIZZAZIONE DEI PRODOTTI E CRITERI PER LA LORO VALUTAZIONE	355	15.4.3	15.4.3 Comportamento al fuoco reale delle strutture	378
14.4.1	Valutazione comparativa degli adesivi epossidici	355	15.5	15.5 CONNESSIONI: RIFERIMENTI NORMATIVI E DI CALCOLO	381
14.4.2	Compatibilità strutturale tra legno e adesivi	357	15.5.1	15.5.1 Metodi di calcolo	381
14.5	CONCLUSIONI	359	15.5.2	15.5.2 Connessioni	384
			15.5.2.1	15.5.2.1 Connessioni non protette	384
			15.5.2.2	15.5.2.2 Connessioni protette	384