

# QUADERNI TECNICI DI ASSOLEGNO



**NORMATIVA, INSETTI E FUNGHI XILOFAGI**

**COSTRUZIONI IN LEGNO - GUIDA PRATICA  
ALLA DURABILITÀ**

[www.assolegno.it](http://www.assolegno.it)

[www.assolegnorisponde.it](http://www.assolegnorisponde.it)

[assolegno@federlegnoarredo.it](mailto:assolegno@federlegnoarredo.it)

**FLA**   
FEDERLEGNOARREDO



Milano, dicembre 2022



*Il presente volume fa parte della raccolta "I Quaderni Tecnici di Assolegno", una serie di pubblicazioni redatte a cura della struttura di Assolegno di FederlegnoArredo che hanno l'obiettivo di promuovere il corretto uso del legno nelle costruzioni e di fornire chiarimenti in merito al quadro normativo vigente.*

*Sono autori di questa pubblicazione il Dott. Marco Luchetti (Responsabile di Assolegno), l'Ing. Matteo Izzi (Ufficio Tecnico di Assolegno) e il Dott. Mario Moschi (STeLe - Studio di Tecnologia del Legno).*

## INTRODUZIONE AL QUADERNO TECNICO

Il legno è un materiale di origine biologica e, come tale, è soggetto al decadimento quando esposto ad agenti di degrado di tipo biotico (principalmente funghi e insetti) e/o abiotico (legato alle condizioni ambientali in cui è mantenuto). Se da un lato tale comportamento è noto, meno conosciuto è il comportamento che le varie specie legnose hanno nei confronti di tale degrado.

Spesso una sapiente progettazione può consentire di utilizzare specie legnose aventi una durabilità naturale modesta anche in manufatti posti in situazioni "critiche"; di contro, non approfondire gli aspetti legati all'ambiente in cui il materiale dovrà essere posto in opera può portare a risultati pessimi anche in presenza di specie legnose ritenute durabili.

Il presente volume vuole quindi fornire una panoramica semplice e intuitiva su tutti quegli aspetti legati alla durabilità del legno, e rappresenta un ulteriore tassello dell'impegno di Assolegno per un suo corretto utilizzo nelle costruzioni.

Marco Luchetti

*Responsabile Assolegno*

# INDICE DEI CONTENUTI

## INDICE DEI CONTENUTI

<b>1</b>	<b>IL QUADRO DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
1.1	PROGETTARE LA DURABILITÀ	3
1.2	LE "CLASSI DI UTILIZZO" SECONDO LA UNI EN 335	4
1.3	LE "CLASSI DI SERVIZIO" SECONDO LE NTC 2018	5
1.4	LE "CLASSI DI DURABILITÀ" SECONDO LA UNI EN 350	8
1.5	LE "CLASSI DI IMPREGNABILITÀ" SECONDO LA UNI EN 350	10
1.6	I TRATTAMENTI PRESERVANTI	12
1.6.1	I TRATTAMENTI TERMICI	12
1.6.2	I TRATTAMENTI PRESERVATIVI	13
1.6.3	I TRATTAMENTI CURATIVI CONTRO GLI ATTACCHI DA INSETTI	14
1.6.4	I TRATTAMENTI CURATIVI CONTRO GLI ATTACCHI DA FUNGHI	16
<b>2</b>	<b>I FATTORI DI DEGRADO</b>	<b>18</b>
2.1	AGENTI BIOTICI DI DEGRADO	18
2.2	AGENTI ABIOTICI DI DEGRADO	19
2.3	CRITERI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	20
2.3.1	PROTEZIONE DEL NODO AL PIEDE DELLE PARETI	21
2.3.2	PROTEZIONE DALLE ACQUE METEORICHE	21
2.3.3	PROTEZIONE DEL LEGNO DALL'UMIDITÀ DI SERVIZIO	22
2.4	IL PIANO DI CONTROLLO DELL'UMIDITÀ	22
<b>3</b>	<b>GLI ORGANISMI DI DEGRADO</b>	<b>26</b>
3.1	GLI INSETTI XILOFAGI	26
3.1.1	HYLOTRUPES BAJULUS (CAPRICORNO DELLE CASE)	27
3.1.2	HESPEROPHANES	28
3.1.3	XESTOBIUM RUFOVILLOSUM (OROLOGIO DELLA MORTE)	29
3.1.4	ANOBIUM PUNCTATUM (TARLO DEL LEGNO)	30
3.1.5	LYCTUS	30
3.1.6	TERMITI ("ISOTTERI")	31
3.1.7	RETICULITERMES LUCIFUGUS	32
3.2	TRATTAMENTO CONTRO LE LARVE XILOFAGHE	33

3.3	TRATTAMENTO CONTRO LE TERMITI	34
3.4	I FUNGHI LIGNIVORI	37
3.4.1	SERPULA LACRYMANS (MERULIUS LACRYMANS)	38
3.4.2	TRATTAMENTO CONTRO I FUNGHI XILOFAGI	39
3.4.3	PRODOTTI FUNGICIDI	40



# 1. IL QUADRO DI RIFERIMENTO

## 1 IL QUADRO DI RIFERIMENTO

La classe di durabilità naturale del legno esprime la resistenza al degradamento indotto dagli organismi lignivori, come risulta anche dalle definizioni della UNI EN 1001-2 secondo cui rappresenta *“the resistance of wood to destruction by wood destroying organisms”*.

Opportune indicazioni sulla valutazione della durabilità del legno massiccio, talvolta anche con specifico riferimento all'areale di provenienza della materia prima, sono fornite dalla UNI EN 350, la quale è citata dalle stesse Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018 al paragrafo 11.7.

Nei paragrafi che seguono sono presi in considerazione i principali agenti che provocano il degradamento biologico del legno, ovvero gli insetti (i coleotteri e gli isoteri o termiti) ed i funghi della carie, nonché vengono fornite alcune indicazioni sui trattamenti preventivi o curativi a cui lo stesso materiale può essere sottoposto.



### Box di approfondimento

*È opportuno ricordare che anche gli organismi marini rientrano all'interno degli agenti di degradamento biologico e influenzano la durabilità del legno quando è immerso in acqua salata (es. se è utilizzato per realizzare pontili, scafi di imbarcazioni, elementi di ormeggio, etc.). Tra questi organismi vale la pena citare i molluschi (Teredini e Foladi) e i crostacei (Limnoria e Cheluridi). In generale, i danni più ingenti sono dovuti a Teredini e Limnoria a causa delle estese gallerie scavate nel legno.*

In relazione ai trattamenti preventivi o curativi, si segnala che la possibilità o l'eventuale necessità di effettuarli è correlata sia alla specie legnosa utilizzata e alla relativa classe di durabilità naturale che alla classe di utilizzo in cui tali elementi saranno posti in opera.

In ogni caso, la scelta di applicare un trattamento preventivo o curativo non può derogare dalla valutazione dell'effettiva efficacia dello stesso, nonché dalla stima dei costi legati alla sua applicazione in rapporto ai benefici attesi come la possibilità di razionalizzare le attività di manutenzione.



## Box di approfondimento

*Le classi di utilizzo in cui può essere posto in opera il legno sono descritte dalla UNI EN 335 e sono complessivamente cinque, mentre le NTC 2018 recepiscono le tre classi di servizio date dall'Eurocodice 5 (UNI EN 1995-1-1). La stessa UNI EN 335 fornisce inoltre delle correlazioni tra le classi di utilizzo e le classi di servizio per raccordarne i principi di valutazione, come descritto nei paragrafi successivi.*

### 1.1 PROGETTARE LA DURABILITÀ

Tutti i materiali da costruzione sono soggetti a degrado, anche se in forme e tempi diversi. Nell'immaginario collettivo, il legno è tuttavia considerato uno dei materiali che presenta il maggior rischio di deperimento per effetto di marcescenze o di attacchi xilofagi. Se da un lato è vero che molte specie legnose possono subire danni in presenza di forte umidità, di prolungata esposizione alla radiazione solare o dell'attacco di insetti, è altrettanto vero che non è corretto associare la durabilità naturale del legno alla durabilità delle opere con esso realizzate.

Come individuato dalle NTC 2018 al punto 2.2.4, **“le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità”**. Nella stessa sezione è inoltre specificato che: *“un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura, che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto, non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto”*.

Giova inoltre sottolineare che tale paragrafo non è l'unico punto delle NTC in cui ricorre il tema della durabilità. La stessa viene infatti richiamata anche al par. 10.1, dove sono chiariti i contenuti del progetto strutturale che comprende *“la relazione sui materiali”* così come *“i particolari costruttivi”* e *“il piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera”*.

Con specifico riferimento alle costruzioni di legno, il tema della durabilità è affrontato nel par. 11.7.9.1 delle NTC 2018, nel quale viene stabilito che: *“al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori correlati:*

- *la classe di servizio prevista;*
- *la destinazione d'uso della struttura;*

- *le condizioni ambientali prevedibili;*
- *la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;*
- *la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;*
- *la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;*
- *le particolari misure di protezione;*
- *la manutenzione programmata durante la vita presunta".*

I paragrafi successivi chiariscono quindi i concetti di "destinazione d'uso" (come indicato nelle NTC, che corrisponde alla "classe di utilizzo" della UNI EN 335), di "classe di servizio", di "classe di durabilità" e di "classe di impregnabilità".

## 1.2 LE "CLASSI DI UTILIZZO" SECONDO LA UNI EN 335

La UNI EN 335 definisce cinque classi di utilizzo che rappresentano diverse situazioni alle quali possono essere esposti il legno e i prodotti a base di legno. La norma inoltre indica gli agenti biologici pertinenti ad ogni situazione.

Di seguito si descrivono le cinque classi di utilizzo (CU):

- **CU 1:** situazioni in cui il legno è all'interno di una costruzione, non esposto agli agenti atmosferici e all'umidificazione. L'attacco da parte di funghi è insignificante e, se avviene, è per motivi accidentali. L'attacco da parte degli insetti xilofagi, tra cui le termiti, è in generale possibile sebbene non probabile;
- **CU 2:** situazioni in cui il legno è riparato e non esposto agli agenti atmosferici (in particolare pioggia e pioggia battente) ma in cui può verificarsi un'umidificazione occasionale e non persistente (condensa dell'acqua sulla superficie). L'attacco da parte di funghi è possibile così come quello da parte degli insetti xilofagi, sebbene la frequenza e l'entità dipenda dalla regione geografica;
- **CU 3:** situazioni in cui il legno si trova al di sopra del terreno ed è esposto agli agenti atmosferici (in particolare pioggia). L'attacco da parte di funghi è possibile così come quello da parte degli insetti xilofagi, sebbene la frequenza e l'entità dipenda dalla regione geografica. Vista la grande varietà di situazioni di utilizzo, quando pertinente, la CU 3 è suddivisa in due sottoclassi:

- **CU 3.1:** in questa situazione il legno non rimane bagnate per lunghi periodi; l'acqua non si accumula;
- **CU 3.2:** In questa situazione il legno rimane bagnato per lunghi periodi; l'acqua si può accumulare;
- **CU 4:** situazione in cui il legno è in contatto diretto con il terreno e/o con l'acqua dolce. L'attacco da parte di funghi è possibile così come quello da parte degli insetti xilofagi, sebbene la frequenza e l'entità dipenda dalla regione geografica;
- **CU 5:** situazione in cui il legno è permanentemente oppure regolarmente immerso in acqua salata (acqua di mare e acqua salmastra). L'attacco da parte di organismi marini invertebrati è il problema principale, in particolare nelle acque più calde. In generale, l'attacco da parte di funghi xilofagi e lo svilupparsi di muffe superficiali e funghi che provocano macchie sono possibili. Inoltre, la porzione al di sopra del livello dell'acqua, es. i piloni nei porti, può essere esposta ad insetti xilofagi.

### 1.3 LE "CLASSI DI SERVIZIO" SECONDO LE NTC 2018

Le NTC 2018 recepiscono al par. 4.4.5 le classi di servizio originariamente introdotte dalla EN 1995-1-1 (Eurocodice 5), le quali vengono ulteriormente chiarite nel corrispondente par. §C.4.4.5 della Circolare Esplicativa.

Di seguito si descrivono le tre classi di servizio (CS):

- **CS 1:** elementi posti in opera in un ambiente chiuso e riscaldato (è caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria che non superi il 65%, se non poche settimane all'anno);
- **CS 2:** elementi posti in opera in un ambiente interno non riscaldato o in un ambiente esterno protetti dall'esposizione diretta agli agenti atmosferici (è caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria che superi l'85% solo per poche settimane all'anno);
- **CS 3:** elementi posti in opera in ambienti esterni esposti direttamente agli agenti atmosferici (è caratterizzata da umidità più elevata della classe di servizio 2).

Come inoltre evidenziato all'interno della Circolare Esplicativa, *"elementi posti in ambienti particolarmente umidi, ivi compresi ambienti interni quali piscine, palaghiacci, depuratori*

e simili, saranno di regola assegnati alla classe di servizio 3. Scelte diverse da quelle sopra indicate dovranno essere giustificate da adeguati dati previsionali relativi alle condizioni termo-igrometriche previste in opera durante l'intero intervallo di vita della struttura".

Con riferimento alle classi di servizio precedentemente introdotte, la stessa UNI EN 335 fornisce alcune correlazioni con le opportune classi di utilizzo. In particolare:

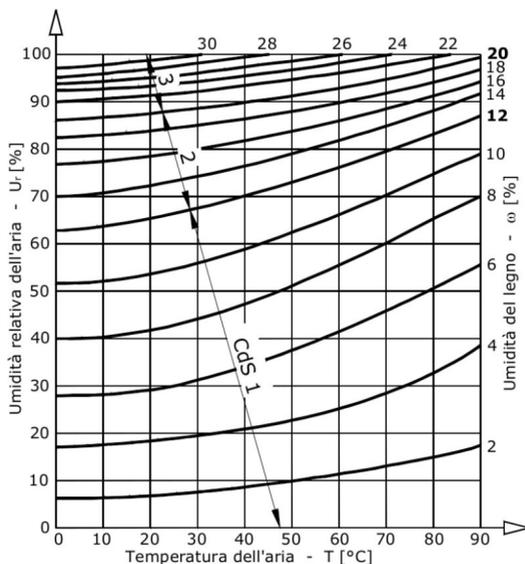
Classi di servizio (EC 5 - NTC 2018)	Possibile/i classi di utilizzo corrispondenti (UNI EN 335)
Classe di servizio 1	Classe di utilizzo 1
Classe di servizio 2	Classe di utilizzo 1 Classe di utilizzo 2, se il componente è sottoposto ad una umidificazione occasionale (es. da condensazione)
Classe di servizio 3	Classe di utilizzo 2 Classe di utilizzo 3 o superiore se utilizzato all'esterno



### Box di approfondimento

*L'individuazione rigorosa della classe di servizio dipende dalle condizioni dell'ambiente in cui l'elemento/struttura verrà posta in opera: i valori di temperatura/umidità relativa dell'ambiente sono legati al grado di umidità che sarà presente nel materiale stesso. Un elemento di legno posto in un ambiente avente temperatura e umidità relativa costanti raggiunge, dopo un determinato lasso di tempo, una umidità di equilibrio.*

*L'andamento della relazione tra umidità del legno e parametri climatici è semplificato nelle curve riportate nella figura sottostante, la quale è tratta dalle linee guida del CNR (CNR DT 206/R1).*



Come si nota dalla figura e come riportato al punto 2.3.1.3 dell'Eurocodice 5 (EN 1995-1-1) tali condizioni corrispondono ad un contenuto di umidità medio nella maggior parte del legno di conifera non maggiore del 12% per la classe di servizio 1 e non maggiore del 20% per la classe di servizio 2.

Tipicamente:

- **Classe di servizio 1:** possono appartenere a tale classe gli elementi lignei protetti contro le intemperie come quelli posti in ambienti climatizzati all'interno degli edifici. Qualora, gli elementi siano sottoposti a condizioni ambientali peggiori per alcune settimane l'anno, il contenuto di umidità nel legno tende a non variare in modo significativo a causa dei tempi necessari per instaurare tale modifica;
- **Classe di servizio 2:** possono appartenere a tale classe gli elementi lignei posti all'esterno degli edifici ma protetti, anche solo parzialmente, dalle intemperie e dall'irraggiamento solare diretto. Si deve notare che, per come sono definite le classi di servizio, in alcuni casi gli elementi costruttivi della stessa opera possono appartenere a classi di servizio diverse: è il caso di una trave di copertura che

esce in gronda (la parte interna all'edificio si trova in classe di servizio 1, la parte esterna si trova in classe di servizio 2);

- **Classe di servizio 3:** possono appartenere a tale classe gli elementi lignei posti all'esterno degli edifici direttamente esposti alle intemperie senza protezione. Gli elementi costruttivi devono essere assegnati alla classe di servizio 3 quando non è possibile garantire le condizioni la classe di servizio 1 oppure 2.

L'attribuzione alla classe di servizio 3 può interessare anche elementi costruttivi posti in ambienti interni che eccedono frequentemente le condizioni per l'attribuzione alla classe di servizio 2. I palaghiaccio, ad esempio, sono ambienti caratterizzati da un alto grado di umidità e, a causa delle basse temperature, presentano un grado di umidità del legno maggiore a parità di umidità relativa dell'aria e la possibilità di condensazione del vapore d'acqua sugli elementi freddi; in assenza di giustificazioni basate su previsioni relative alle condizioni termo-igrometriche in opera, tali strutture vanno assegnate alla classe di servizio 3.

## 1.4 LE "CLASSI DI DURABILITÀ" SECONDO LA UNI EN 350

La UNI EN 350 fornisce una guida per determinare e classificare la durabilità del legno agli agenti che ne provocano il degrado (funghi lignivori, coleotteri, termiti e organismi marini). Giova sottolineare che le classi di durabilità sono riferite unicamente al durame, mentre l'alburno è sempre considerato come "non durabile". È opportuno precisare che l'alburno è comunque ammesso, in misura non superiore al 5% della sezione trasversale visibile.

Con riferimento alla durabilità del legno all'attacco da funghi lignivori, vengono introdotte cinque classi di durabilità (DC):

- **DC 1:** molto durabile;
- **DC 2:** durabile;
- **DC 3:** moderatamente durabile;
- **DC 4:** poco durabile;
- **DC 5:** non durabile.



### Box di approfondimento

*Come chiarito dalla stessa UNI EN 350, questa scala a cinque classi era inizialmente progettata per informare sui previsti livelli di prestazione del legno quando utilizzato in contatto con il terreno (condizioni di servizio come descritte per la classe di utilizzo 4 nella UNI EN 335). In altre classi di utilizzo, le condizioni di servizio possono risultare in una prestazione del legno che si discosta da quella implicita in questa classificazione.*

A margine della classificazione precedente, la UNI EN 350 introduce due ulteriori scale che riguardano l'attacco da coleotteri xilofagi e l'attacco da termiti.

Relativamente alla durabilità all'attacco da coleotteri, vengono introdotte due categorie:

- **DC D:** durabile;
- **DC C:** non durabile.



### Box di approfondimento

*Riguardo alla durabilità all'attacco dagli insetti xilofagi, la classificazione di una specie legnosa come "non durabile" non indica necessariamente che prodotti fatti con questo materiale siano ugualmente distrutti durante la loro vita utile. La sensibilità agli insetti può cambiare nel tempo attraverso modifiche chimiche negli estrattivi, per esempio dell'amido, che è la principale fonte di alimentazione. Inoltre, la sensibilità di tutte le materie prime all'attacco biologico può essere influenzata da altri fattori, come il tasso di umidità, la progettazione, la manutenzione e la presenza di rivestimenti superficiali.*

Viceversa, per la durabilità all'attacco da termiti vengono introdotte tre categorie:

- **DC D:** durabile;
- **DC M:** moderatamente durabile;
- **DC S:** non durabile.

## 1.5 LE “CLASSI DI IMPREGNABILITÀ” SECONDO LA UNI EN 350

A margine delle classi di durabilità precedentemente evidenziate, la UNI EN 350 introduce una scala che misura l'impregnabilità delle varie specie legnose. Come descritto dalla UNI EN 350, *“l'impregnabilità è la facilità con cui un legno può essere penetrato da un liquido applicato durante un processo di impregnazione del legno. In base alla formulazione, la penetrazione raggiunta può essere diversa. La durabilità e l'impregnabilità dell'alburno e del durame sono generalmente diverse in quanto la durabilità è maggiore nel durame e l'impregnabilità è migliore nell'alburno. Se durame e alburno non sono distinguibili, il componente deve essere considerato come se fosse composto interamente di alburno se si considera la sua durabilità, e come se fosse composto interamente di durame se si considera la sua impregnabilità (scenario peggiore)”*.

Sebbene non esista alcun protocollo europeo normalizzato che definisca l'impregnabilità, la UNI EN 350 introduce le seguenti classi:

- **Classe 1, “facile da impregnare”:** i segati possono essere penetrati completamente con un trattamento a pressione;
- **Classe 2, “moderatamente facile da impregnare”:** normalmente non è possibile la penetrazione completa, ma con un trattamento a pressione di tre o quattro ore si può raggiungere una penetrazione laterale maggiore di 6 mm nelle conifere e una penetrazione di un'ampia proporzione di vasi nelle latifoglie;
- **Classe 3, “difficile da impregnare”:** un trattamento a pressione di durata compresa tra tre e quattro ore permette solo una penetrazione laterale compresa tra 3 mm e 6 mm;
- **Classe 4, “estremamente difficile da impregnare”:** scarsa quantità di preservante assorbita anche dopo tre o quattro ore di trattamento a pressione; penetrazione laterale e longitudinale minima.

Appare utile evidenziare che le classi di impregnabilità non possono essere separate in modo esatto l'una dall'altra; questo vale in particolar modo per le classi di impregnabilità 2 e 3, rispetto alle quali le specie legnose assegnate mostrano penetrazioni molto irregolari.

## Box di approfondimento

Di seguito si riporta un estratto delle tabelle incluse nella UNI EN 350, il quale evidenzia la durabilità naturale delle principali specie legnose impiegate in ambito strutturale sul territorio nazionale nei confronti dei funghi lignivori, dei coleotteri xilofagi (*Hylotrupes bajulus* per le conifere, non essendo il legno di latifoglia soggette ad attacco, e *Anobium punctatum*) e delle termiti, nonché l'impregnabilità del durame.

Specie	Durabilità				Impregnab. durame
	Funghi	Hylotrupes	Anobium	Termiti	
Abete rosso (PCAB)	4	S	S	S	3-4
Abete bianco (ABAL)	4	S	S	S	2-3
Larice (LADC)	3-4	D	D	S	4
Douglasia (PSMN)	3-4	D	D	S	4
Pino (PNSY)	3-4	D	D	S	3-4
Rovere (QCXE)	2	-	D	M	4
Castagno (CTST)	2	-	D	M	4
Faggio (FASY)	5	-	S	S	1v

Nella tabella precedente, la lettera "v" a fianco della classe di impregnabilità del Faggio è introdotta per segnalare una elevata variabilità sui risultati ottenuti in laboratorio e il valore dichiarato è quello medio.

## 1.6 I TRATTAMENTI PRESERVANTI

Come evidenziato a inizio capitolo, in funzione della classe di utilizzo prevista e nell'ambito delle attività legate alla redazione di un progetto strutturale, il progettista è incaricato di valutare la possibilità o l'eventuale necessità di applicare dei trattamenti preservanti.

Ai fini di tale valutazione, e tenendo conto delle correlazioni tra classi di utilizzo e classi di servizio presentate nei paragrafi precedenti, è possibile far riferimento alle correlazioni date dalla UNI EN 460 nei confronti dei funghi lignivori, presentate di seguito:

Classe di utilizzo (EN 335)	Classe di durabilità (EN 350)				
	1	2	3	4	5
CU1	0	0	0	0	0
CU2	0	0	0	(0)	(0)
CU3	0	0	(0)	(0) – (x)	(0) – (x)
CU4	0	(0)	(x)	x	x
CU5	0	(x)	(x)	x	x

I simboli riportati in tabella hanno i seguenti significati:

- 0 durabilità naturale sufficiente
- (0) la durabilità naturale è generalmente sufficiente, ma per certi utilizzi finali può essere raccomandato un trattamento preservante
- (0) – (x) la durabilità naturale può essere sufficiente ma, in funzione della specie legnosa e dell'utilizzo finale, può essere necessario un trattamento preservante
- (x) il trattamento preservante è normalmente raccomandato; per certi utilizzi finali la durabilità naturale può tuttavia essere sufficiente
- x il trattamento preservante è necessario

### 1.6.1 I trattamenti termici

I trattamenti termici rappresentano soluzioni relativamente nuove al fine di migliorare la classe di durabilità degli elementi di legno. Si tratta solitamente di processi durante i quali

il materiale è sottoposto a cicli di temperatura tra i 160° e i 220°C in atmosfera povera di ossigeno.

Vista la specificità di tali trattamenti, per ulteriori informazioni si rimanda al seguente sito web: [www.coford.ie/publications/cofordconnects/](http://www.coford.ie/publications/cofordconnects/). In questa sede appare utile precisare che i trattamenti termici per il miglioramento della durabilità non devono essere confusi con i trattamenti fitosanitari in accordo allo standard FAO IPPC/ISPM 15.

### 1.6.2 I trattamenti preservativi

I trattamenti preservanti si dividono in due categorie: quelli superficiali applicati mediante rullo o pennello e destinati alle specie legnose non impregnabili e quelli applicati mediante processi meccanici (con cicli ad alta e bassa pressione in autoclave).

I trattamenti superficiali vengono generalmente utilizzati nel caso di specie legnose non impregnabili. Quelli destinati a contrastare gli attacchi degli insetti sono generalmente a base di sostanze come la permetrina o i sali di boro e penetrano solo di qualche millimetro all'interno della sezione. Nonostante il legno risulti limitatamente trattato (solo nella zona più esterna) l'effetto è generalmente sufficiente per neutralizzare le larve poiché le uova sono di solito presenti solo in prossimità della superficie. È opportuno segnalare che, se il trattamento è effettuato sul legno fresco (non ancora o poco fessurato), le fessure che si aprono durante la stagionatura e successivamente all'applicazione del trattamento non sono protette e risultano un ottimo luogo per la deposizione delle uova da parte di insetti adulti. In tali casi il trattamento andrebbe dunque ripetuto dopo l'apertura delle fessure e in corrispondenza di queste ultime. In ogni caso, il trattamento ha un'efficacia limitata, non più di qualche anno, e andrebbe ripetuto ciclicamente nel corso del tempo.

Di contro, i trattamenti superficiali contro i funghi della carie hanno come unico effetto la capacità di ritardare l'attacco fungino ma non rendono il legno immune dal degrado, specie in ambienti molto umidi o a contatto col terreno.

Relativamente ai trattamenti profondi applicati meccanicamente, sono adatti alle specie impregnabili (ad esempio il Pino) e risultano efficaci sia contro gli attacchi degli insetti che contro i funghi. Tali trattamenti vengono effettuati solo sull'alburno delle specie legnose sufficientemente impregnabili e principalmente utilizzati nel caso di pali per linee aeree o

di arredi da giardino, che devono resistere per alcune decine di anni a contatto col terreno ovvero in classe di rischio elevata.

### Box di approfondimento

*Tutti i trattamenti preservanti che hanno effetti insetticidi e fungicidi, per effetto dei principi attivi contenuti, vengono classificati come "presidi medico-chirurgici" e devono essere autorizzati dal Ministero della Salute. Una volta autorizzati, gli stessi devono riportare in etichetta il numero di registrazione presso il Ministero della Salute e la composizione del prodotto, nonché indicazioni sul rischio chimico.*



I trattamenti preservanti si dividono in due categorie: i prodotti a solvente ed i principi attivi solubili in soluzione acquosa. I prodotti a solvente sono soluzioni di uno o più principi con funzione biocida (fungicida o insetticida) disciolti in un solvente organico spesso derivato dalla distillazione del petrolio (ad esempio l'iodopropinil butilcarbammato o IPBC).

Di contro, i principi attivi solubili in soluzione acquosa sono miscele di sali inorganici come il solfato di rame e il bicromato di potassio (o dicromato di potassio), il fluoruro di potassio e ammonio, e i borati di sodio. Tali sali inorganici vengono additivati di un agente "fissativo" (in percentuali molto basse, dell'1-2%) e si disciolgono facilmente in acqua.

### 1.6.3 I trattamenti curativi contro gli attacchi da insetti

I trattamenti contro gli attacchi attivi da insetti vengono utilizzati solo in casi eccezionali, essendo molto costosi e difficoltosi da utilizzare. In generale si usano gas velenosi oppure atmosfere controllate (trattamenti in anossia), sebbene sul mercato esistano trattamenti

a pennello o con gel che impediscono la formazione di nuove larve; questi ultimi sono però inefficaci per le larve già attive, che continuano a lavorare fino allo sfarfallamento.

Per quanto riguarda il primo metodo, prevede l'utilizzo di gas tossici in ambienti confinati per un periodo sufficiente da portare alla morte di tutti gli insetti adulti, le larve le uova. Uno dei gas maggiormente utilizzati fino a poco tempo fa è stato il bromuro di metile, che è usato anche per i trattamenti fitosanitari in conformità allo standard FAO IPPC/ISPM15. Attualmente il suo impiego è soggetto a forti limitazioni ed in un prossimo futuro dovrà essere sostituito da altri prodotti.

Per far sì che il bromuro di metile abbia effetto è necessario monitorare la temperatura (non dovrebbe essere inferiore a 10 °C) e la durata di trattamento (tra le 16 e le 20 ore). I trattamenti fumiganti con bromuro di metile, se eseguiti correttamente, hanno la capacità di distruggere gli anobidi, i bostrichidi, i buprestidi, i cerambricidi, i curculionidi, gli isotteri, i lictidi, gli scolitidi e i nematodi (*Bursaphelenchus xylophilus*).

Oltre al bromuro di metile, i gas comunemente utilizzati per trattamenti di disinfestazione sono la fosfina e il difloruro di solforile. La fosfina ( $\text{PH}_3$ ) è altamente infiammabile quando è presente acqua ed è corrosiva nei confronti di alcuni metalli. Il difloruro di solforile ( $\text{SO}_2\text{F}_2$ ), già ampiamente utilizzato negli Stati Uniti contro le termiti del legno secco ed altri insetti xilofagi, sembra rappresentare il naturale sostituto del bromuro di metile.

La fumigazione è essenzialmente un metodo curativo la cui applicazione non esclude nel lungo periodo la comparsa di nuove infestazioni sul manufatto oggetto del trattamento. Si rammenta inoltre che l'impiego dei gas tossici richiede il conseguimento di un patentino previo superamento di un esame di abilitazione all'uso ai sensi del R.D. 9 gennaio 1927 n. 147. Il loro uso, immagazzinamento e conservazione è disciplinato da specifiche norme di legge.

Relativamente alla tecnica dell'anossia, è un trattamento destinato a manufatti di limitata dimensione e di interesse storico, e si sta diffondendo grazie al basso impatto ambientale. Il principio alla base del metodo è molto semplice: la soppressione di ogni forma biologica aerobica, indotta dalla sottrazione forzata di ossigeno in uno spazio confinato.

L'efficacia dei sistemi di trattamento anossici è accertata su tutti gli stadi vitali (uova, larve, pupe, adulti) purché il processo sia sufficientemente lungo (0,2% di  $\text{O}_2$  a 20°C per almeno 27 gg). Il sistema più diffuso sfrutta una atmosfera modificata ( $\text{NO}_2$ ) per trattare

manufatti lignei di pregio, fragili, o finemente decorati, ma è teoricamente applicabile a qualunque struttura di legno.

#### **1.6.4 I trattamenti curativi contro gli attacchi da funghi**

Nel caso di attacchi da funghi della carie, l'unico intervento risolutivo è la rimozione della causa dell'umidità; infatti, un eventuale trattamento a pennello non mostra di solito una grande efficacia se continuano a permanere le condizioni di umidità elevata preesistenti.

## 2. I FATTORI DI DEGRADO

## 2 I FATTORI DI DEGRADO

Questo paragrafo riporta alcune considerazioni circa gli agenti biotici (es. funghi) e abiotici (es. fattori atmosferici) del degrado.

### 2.1 AGENTI BIOTICI DI DEGRADO

Come largamente evidenziato nei paragrafi precedenti, il legno può essere deteriorato da funghi e insetti che trovano nutrimento nei costituenti chimici della parete delle sue cellule o nelle sostanze di riserva in esse accumulate.

È già inoltre stato sottolineato che la durabilità naturale varia in virtù della specie legnosa e, in quelle a durame differenziato, è migliore nel durame rispetto alla porzione di alburo grazie agli estrattivi contenuti nel primo. È bene evidenziare tuttavia che il legno non si degrada per il solo trascorrere del tempo ma per l'azione di un qualche agente esterno. Ciò significa che se è conservato in condizioni idonee è un materiale estremamente durabile; ne sono un esempio i numerosi edifici sacri giapponesi integri dopo 1300 anni di servizio.

Anche in condizioni più critiche per la sua conservazione (ad esempio ponti, pontili, paleria o costruzioni navali) il legno si dimostra un materiale affidabile, purché vengano scelte le specie legnose idonee, vengano adottate corrette soluzioni costruttive e sia effettuata la necessaria manutenzione.

Al fine di favorire la durabilità nel tempo di un manufatto ligneo appare opportuno creare condizioni sfavorevoli allo sviluppo degli organismi che lo degradano. Nel caso dei funghi, ad esempio, è importante evitare che l'umidità superi la soglia di rischio, indicativamente attorno al 20%; per alcuni insetti particolarmente dannosi, come ad esempio le tèrmiti, è invece assolutamente necessario evitare il contatto con fonti di infestazione.

Anche i materiali esposti alle intemperie possono conservare a lungo la loro funzionalità, senza evidenziare particolari problemi, qualora vengano impiegate specie legnose adatte e i dettagli costruttivi prevedano che l'acqua possa defluire velocemente dalla superficie, evitando ristagno o la formazione di condensa. In alternativa, contro i rischi di alterazioni fungine o di attacco di insetti, come discusso nei paragrafi precedenti, possono rivelarsi efficaci vari tipi di trattamenti preservanti in funzione dei livelli di protezione richiesti.

## 2.2 AGENTI ABIOTICI DI DEGRADO

Per degradamento abiotico si intende quello dovuto a cause di origine non biologica tra cui gli agenti atmosferici, i fattori chimici, i fattori fisici e le cause di natura statica del legno utilizzato negli edifici (degradamento strutturale). Di seguito vengono affrontati i fattori atmosferici che determinano il degradamento abiotico, i quali hanno elevata rilevanza sia da un punto di vista estetico (variazioni cromatiche) che come anticipatori dei fenomeni di degradamento biotico.

Nel caso dell'esposizione agli agenti atmosferici (es. quando è utilizzato all'esterno e non è protetto), si osserva un degradamento dovuto a una complessa combinazione di fattori di tipo chimico, fisico e meccanico definito (in inglese "weathering"). I fattori che causano questo tipo di alterazione sono in ordine d'importanza l'umidità, la luce solare, le variazioni di temperatura, le aggressioni da parte di sostanze chimiche (es. dovute all'inquinamento atmosferico), l'abrasione da particolato trasportato dal vento e l'azione concomitante di muffe e funghi cromogeni (che non diminuiscono le caratteristiche meccaniche del legno ma ne alterano la colorazione superficiale).

I rapidi cambi di umidità che si hanno sulla superficie del legno esposto all'esterno a causa di pioggia, rugiada e assorbimento di vapore acqueo causano continui ritiri e rigonfiamenti con conseguenti deformazioni e fessurazioni superficiali; le variazioni dimensionali sono diverse nel legno tardivo e in quello primaverile, e portano alla rimozione dello strato superficiale del legno primaverile a densità minore.

La luce solare determina un rapido foto invecchiamento della superficie esposta con una variazione del colore che può, a seconda delle specie legnose, tendere ad un ingiallimento o ad un imbrunimento e successivamente all'ingrigimento. Queste variazioni di colore sono dovute alla decomposizione della lignina delle cellule più superficiali (ad una profondità tra 0,05 e 0,5 mm) innescata dalle radiazioni UV e all'ossidazione degli estrattivi. La radiazione UV ha un'energia sufficiente per degradare la lignina e i carboidrati, componenti strutturali della cellula legnosa, mentre per ossidare e decomporre gli estrattivi è spesso sufficiente l'energia della radiazione del visibile. Inoltre, l'acqua meteorica determina il dilavamento degli estrattivi idrosolubili dalla superficie del legno.

Va sottolineato che luce solare e umidità sono due fattori di degradamento che agiscono in momenti differenti e spesso il fenomeno è dovuto alla somma di entrambi dove uno può

incrementare l'effetto dell'altro. Ad esempio, il legno viene irradiato dalla luce solare dopo essere stato esposto alla pioggia o all'umidità della notte.

In generale i processi di degradamento per effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici sono molto lenti e, per dare un'idea, provocano erosioni superficiali di 5-6 mm di spessore in 100 anni. Nonostante la loro lentezza, è importante conoscerne i fattori che li provocano e adottare misure preventive poiché le variazioni chimico fisiche prodotte potrebbero dar luogo al degradamento biotico a tutta la struttura del legno e ridurre la durata di servizio in modo considerevole. La temperatura è un altro fattore che può influenzare il fenomeno: alte temperature possono infatti aumentare la velocità delle reazioni di decomposizione della lignina, mentre basse temperature possono incrementare la formazione di fratture superficiali con la trasformazione dell'acqua assorbita dal legno in ghiaccio. Altri fattori come l'erosione e l'abrasione superficiale dovuta a vento e sabbia o particolato, come già sottolineato nei paragrafi precedenti, possono incrementare ulteriormente la rimozione degli strati superficiali del legno.

### 2.3 CRITERI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

La corretta concezione delle opere di ingegneria in legno presuppone una competenza sia in termini progettuali che in ambito tecnologico al fine di prevedere il comportamento del materiale in esercizio soprattutto in termini di durabilità e vulnerabilità nei confronti degli agenti biotici e abiotici di degrado.

È necessario quindi definire opportune azioni di mitigazione dei rischi legati a fenomeni di adsorbimento dell'acqua che potrebbero portare a una umidità del materiale superiore al 20% (condizione in corrispondenza della quale organismi quali i funghi iniziano il processo di demolizione del tessuto legnoso con conseguente perdita delle proprietà meccaniche).

Di seguito si riportano alcune casistiche di riferimento al fine di favorire una manutenzione economicamente sostenibile in rapporto alla vita nominale dell'opera stessa, rimandando al quaderno tecnico "Costruzioni in legno esistenti: diagnosi e consolidamento" nonché agli "Appunti per le costruzioni in legno: normativa, progettazione e buone pratiche di cantiere" per maggiori approfondimenti.

### 2.3.1 Protezione del nodo al piede delle pareti

La protezione del legno dall'umidità in corrispondenza del nodo al piede delle pareti è un aspetto cruciale al fine di garantire la durabilità di una costruzione. Per le pareti poste al piano terra di un edificio di legno, sebbene non esistano specifiche prescrizioni normative vigenti in Italia, è raccomandato garantire che la quota di imposta sia al di sopra dello zero altimetrico del piano campagna esterno (o dell'eventuale marciapiede). In tal senso, la DIN 68800 prescrive di garantire un salto di quota di almeno 15 cm tra il piano di scorrimento delle acque esterno quello di imposta delle pareti sebbene sia possibile garantire adeguati margini di sicurezza nei confronti dell'umidità anche con salti di quota inferiori (es. 10 cm) qualora vengano adottati opportuni accorgimenti progettuali (es. ventilazione, drenaggi, pendenze di scolo).

Nel caso dell'interfaccia interna tra le pareti di legno e gli eventuali getti di completamento (es. massetti in calcestruzzo), qualora non sia possibile garantire dislivelli analoghi a quelli visti poco sopra, è opportuno prevedere la realizzazione di una intercapedine tra la parete e il getto al fine di favorire un'adeguata ventilazione.

### 2.3.2 Protezione dalle acque meteoriche

La protezione dalle acque meteoriche è un tema di primaria importanza al fine di garantire la durabilità di un'opera di legno. In generale è ammessa l'umidificazione temporanea, se è seguita da una completa asciugatura, tenendo conto anche dei seguenti aspetti:

- Proteggere la struttura attraverso coperture, elementi di sacrificio o eventuali materiali imputrescibili al fine di prevenire il contatto tra la struttura e la pioggia di rimbalzo;
- Assicurare un drenaggio efficiente con simulazioni dei percorsi preferenziali di allontanamento dell'acqua dall'opera; è consigliato una pendenza minima degli aggetti così come per le coperture di almeno il 2%. Tale pendenza dovrà essere convenientemente aumentata per coperture di grandi dimensioni in pianta.
- Evitare trappole di umidità attraverso l'utilizzo di membrane impermeabili o di particolari costruttivi che non permettano al materiale legno di cedere umidità.
- Prevedere elementi di ancoraggio di carpenteria metallica che non favoriscano l'ingresso di umidità all'interno del pacchetto costruttivo (lato esterno).

### 2.3.3 Protezione del legno dall'umidità di servizio

Al fine di garantire la durabilità del legno in condizione di servizio, deve essere favorito lo smaltimento dell'umidità presente all'interno dei pacchetti costruttivi e va verificata già in fase di progetto l'assenza di condensa interstiziale all'interno degli stessi.

Si ricorda che i calcoli eseguiti secondo la UNI EN 15026 (*"Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio - Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica"*) possono prevedere entro il primo anno un'umidità massima del 20% per i materiali a base legno a condizione che questi procedano ad una cessione dell'umidità stessa entro i 3 mesi successivi.

In generale, qualora si verifichi un aumento dell'umidità dei materiali a base legno sopra il 18% - 20% in classe di servizio 1 e 2, dovranno essere attuate tutte le misure necessarie a garantire la cessione dell'umidità in eccesso entro i tre mesi successivi dal manifestarsi dell'evento imprevisto (es. attraverso ventilazione, la posa di deumidificatori, la rimozione degli strati isolanti, etc.).

## 2.4 IL PIANO DI CONTROLLO DELL'UMIDITÀ

Anche se in Italia non esiste un obbligo in materia, si ritiene utile riportare una prassi attiva nei paesi scandinavi al fine di tenere in considerazione il carico di umidità entro le fasi di realizzazione di una generica opera di ingegneria.

In senso generale il piano di controllo dell'umidità deve essere elaborato dalla Direzione Lavori, coinvolgendo eventualmente il Costruttore e Progettista strutturale dell'opera, e va redatto prima dell'inizio del processo di edificazione del fabbricato.

Tale piano di controllo deve contenere i metodi con cui è verificata l'umidità dei prodotti a base legno all'interno delle diverse fasi realizzative dell'opera, le periodicità dei controlli e i limiti di ammissibilità entro i quali è possibile parlare di conformità della costruzione in relazione alla vita nominale prevista in sede di progetto.

Si precisa altresì che nel caso di pacchetti opachi chiusi non ventilati, il piano di controllo dell'umidità può estendersi anche all'interno dello stabilimento di prefabbricazione.

All'interno del medesimo piano di controllo dovranno essere indicate anche:

- le misure di protezione dagli agenti atmosferici da apportare alla struttura nelle diverse fasi di edificazione. Di norma, questo può essere ottenuto attraverso l'apposizione di teli impermeabili traspiranti sui solai ( $S_d \leq 0,02$  m), coperture, tetti o infissi temporanei che impediscano l'ingresso di pioggia o precipitazioni in genere nelle fasi costruttive;
- le relative misure dedicate alla protezione del materiale legno nei confronti dell'umidità in condizione di esercizio dell'opera.

In termini generali, il piano di controllo dell'umidità deve prendere in considerazione le fasi di produzione, lavorazione, trasporto e posa in opera degli elementi a base legno. Inoltre, il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di supervisionare l'attività di costruttore e dei carpentieri per verificare che le prescrizioni del piano vengano eseguite sia all'ingresso dei materiali in cantiere che nelle successive fasi di stoccaggio e realizzazione dell'opera.

I contenuti di un generico piano di controllo dell'umidità sono i seguenti:

- Informazioni circa l'opera da realizzare (indirizzo del cantiere, il riferimento del costruttore, alle squadre di carpenteria, direttore lavori, progettista strutturale dell'opera, etc.)
- Elenco dei materiali a base legno ad uso strutturale impiegati nella realizzazione;
- I riferimenti di umidità degli elementi a base legno e relative tolleranze previste nelle specifiche tecniche di riferimento all'interno della produzione;
- I riferimenti di umidità degli elementi a base legno e relative tolleranze previste nelle fasi di ingresso in cantiere, stoccaggio, realizzazione ed a conclusione dei lavori (chiusura dei pacchetti);
- Possibili fonti di umidità del cantiere (es. neve, pioggia, umidità di risalita e dei getti, etc.); è consigliato dettagliare la stessa fonte di umidità in relazione al particolare costruttivo considerato;
- Il livello di protezione scelto per la fase di realizzazione e una stima della durata della protezione stessa;
- La protezione dei prodotti a base legno da seguire all'interno del cantiere:
  1. Nella fase di stoccaggio (se prevista)
  2. Nella fase di realizzazione (corrispondente al livello di protezione scelto)

3. Nelle fasi entro le quali – per eventi accidentali – si necessita di processi di asciugatura del materiale
- Definizione di piani di emergenza dovuti ad infiltrazioni di acqua una volta che la struttura è entrata in esercizio;
  - Periodicità, punti di ispezione, registrazioni e persona responsabile degli stessi controlli.

# 3. GLI ORGANISMI DI DEGRADO

## 3 GLI ORGANISMI DI DEGRADO

### 3.1 GLI INSETTI XILOFAGI

Sotto questa denominazione vengono raggruppati gli insetti le cui larve si sviluppano nel legno. La loro presenza viene rilevata dai fori di uscita, quando le larve giungono allo stadio adulto. Nonostante siano quasi tutti di piccola taglia, possono comunque causare danni rilevanti arrivando a compromettere gli elementi strutturali e stabilità della costruzione. Si precisa inoltre che, in funzione della specie, gli insetti xilofagi sono in grado di attaccare sia legno fresco che stagionato/essiccato.

La biologia degli insetti xilofagi è peraltro abbastanza simile tra le varie specie (eccezione fatta per le termiti): tutti evidenziano una metamorfosi completa (deposizione delle uova - larve - pupa - insetto adulto).

L'insetto adulto normalmente è dotato di ali e, fuoriuscendo dalla struttura attraverso un foro di sfarfallamento, si accoppia per dar luogo a un nuovo ciclo e quindi un nuovo attacco.

Il danno è generalmente causato dall'azione delle larve che penetrano in profondità nel legno scavando gallerie. Talvolta anche gli insetti adulti partecipano alla distruzione del legno (termiti). L'attacco interessa preferibilmente la porzione di albarno e quella più tenera del legno primaticcio degli anelli di accrescimento.

Tra i principali insetti agenti del degradamento del legno ricordiamo:

- coleotteri: Anobidi, Bostrichidi, Cerambicidi, Lyctidi, Platipodidi, Scolitidi e Curculionidi,
- isotteri (termiti): Rinotermitidi e Calotermitidi

Generalmente è possibile asserire che gli insetti più dannosi appartengono alle famiglie dei Cerambicidi, degli Anobidi e dei Rinotermitidi.



#### Box di approfondimento

*Il termine "tarlo" viene generalmente utilizzato sia per la specie *Anobium Punctatum* sia a volte per indicare quel vasto insieme di insetti che scava gallerie all'interno del legno.*

*A tal proposito occorre fare una precisazione: solo alcune specie di insetti si nutrono dei costituenti delle pareti cellulari del legno (cellulosa, lignina e emicellulose) che vengono assimilati attraverso l'azione di specifici enzimi presenti nel loro apparato digerente. Altri invece utilizzano solo l'amido e le sostanze di riserva contenute nelle cellule del legno, o se ne servono solo come un riparo per portare a termine il loro ciclo biologico.*

*Fattore a denominatore comune è il "rosume", ossia un impasto più o meno compatto di polvere di legno ed escrementi che assume una forma e una consistenza diversa in funzione della specie. Per i tecnici del settore, l'analisi del rosime (insieme alla forma geometrica e alla dimensione delle gallerie) è un elemento prezioso per l'identificazione dell'insetto.*

### 3.1.1 Hylotrupes bajulus (Capricorno delle case)

L'adulto di *Hylotrupes bajulus*, lungo da 17 mm a 25 mm, è di colore da bruno-nero a bruno-giallastro, con una testa rotondeggiante con antenne poco più corte del corpo. Il torace si presenta rotondeggiante e ricco di una peluria argentea. Elitre tre volte più lunghe che larghe con peluria che forma fasce trasversali argentee. Le uova sono fusiformi. La larva, di colore bianco crema, a maturità è lunga più di 2 cm.

I danni causati da questo cerambicide, proporzionali alle dimensioni della larva, possono essere molto gravi in quanto le strutture attaccate riducono di molto la loro resistenza meccanica (es. travature dei sottotetti). Le gallerie possono avere anche un diametro di 10 mm. Provoca danni ingenti soprattutto su specie a durame indifferenziato (abeti).





*Adulto, uova e larve di Capricorno delle case (Hylotrupes bajulus)*

La femmina depone un centinaio di uova nei manufatti in legno di conifera (pini, abeti, larice ecc.). Le condizioni ottimali per lo sviluppo sono una alta umidità e una temperatura di 17-18°C. Gli adulti sono buoni volatori e diffondono facilmente l'infestazione.

Ai fini di costatarne la presenza si può far riferimento a:

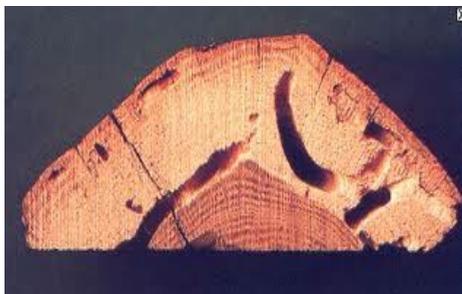
- fori sulla superficie del legno, da 8 a 10 mm, di forma ovale;
- gallerie estese verso la periferia del manufatto, protette da una sottile pellicola di legno, pareti striate;
- escrementi di colore beige molto chiaro, a forma di piccole botti da 0,8 mm di lunghezza;
- lieve rumore di "rosicchiamento".

### 3.1.2 Hesperophanes

È un insetto della stessa famiglia del Capricorno delle case, le sue larve si nutrono di legno di latifoglie (quercia, faggio, ecc.).

Ai fini di costatarne la presenza si può far riferimento a:

- gallerie di sezione ovale, parallele alle fibre del legno, le cui pareti mostrano striature causate dai colpi delle mandibole, come per il Capricorno;
- escrementi di colore giallo chiaro, a forma di piccole botti;



*Adulto e danni causati da Hesperophanes*

### 3.1.3 Xestobium rufovillosum (Orologio della morte)

L'*Xestobium rufovillosum* è un insetto le cui larve apprezzano il legno già degradato dal fungo della carie cubica o fibrosa, ovvero con umidità superiore al 20%. L'insetto adulto di colore scuro e con una lunghezza compresa tra 5 e 7 mm, appare tra aprile e maggio e può vivere da 1 a 10 anni. La larva, di colore bianco latte, ha una lunghezza compresa tra 6 e 11 mm.

Ai fini di costatarne la presenza si può far riferimento a:

- fori d'uscita circolari, con un diametro di 2-4 mm;
- gallerie circolari;
- tarlature granulari di forma lenticolare, di circa 1 mm di diametro



*Adulto e danni causati da Xestobium rufovillosum*

### 3.1.4 *Anobium punctatum* (tarlo del legno)

L'*Anobium punctatum* si incontra frequentemente nei mobili e negli oggetti d'arte antichi. L'insetto adulto di colore scuro e con una lunghezza compresa tra 2,5 mm e 5 mm appare maggio e può vivere da 1 a 4 anni. La larva, di colore bianco, ha una lunghezza compresa tra 5 e 7 mm.

Ai fini di costatarne la presenza si può far riferimento a:

- fori di uscita circolari da 1 a 3 mm di diametro;
- piccoli mucchi di rosura finemente granulare.



*Larva e adulto di Anobium punctatum*

### 3.1.5 *Lyctus*

Il genere *Lyctus* è presente in Europa principalmente con due specie: il *Lyctus brunneus* (probabilmente di origine americana e sempre più diffuso) e il *Lyctus linearis* (una specie probabilmente autoctona) in involuzione.

Entrambi gli insetti si nutrono di sostanze amidacee: Castagno, Rovere, Frassino, Olmo, Robinia e tutte le latifoglie tropicali costituiscono un substrato privilegiato per i lictidi. Le infestazioni attive non riguardano strutture antiche in quanto in tali elementi si è ormai assistito ad una progressiva scomparsa di sostanze amidacee.

Il *Lyctus brunneus* o "Lictide comune" è lungo da 3 mm a 5 mm, è di colore bruno scuro – rossastro con elitre più chiare. Primo segmento toracico largo nella parte anteriore come

la base delle elitre. Elitre dall'aspetto uniforme con fori longitudinali disposti in linee irregolari. Antenne ingrossate all'apice. Rosume fine e foro di sfarfallamento ovale oppure debolmente ovale di circa 1,5 mm di diametro.

Il ciclo vitale dura 1 - 2 anni. In ambiente riscaldato può dar luogo a 2-3 generazioni all'anno. Ogni femmina depone 50-70 uova. Attacca l'alburno di tutte le latifoglie a legno tenero e con i vasi grossi (querchia, acero, noce, frassino) e il durame non è differenziato.

Ai fini di costatarne la presenza si può far riferimento a:

- fori di uscita circolari da 1 a 2 mm di diametro;
- piccoli coni di rosura molto fine;
- il legno assume un aspetto farinoso mentre la superficie dei manufatti non presenta tracce visibili di alterazioni.

I danni possono essere molto estesi soprattutto nelle specie a durame indifferenziato o con alburno molto esteso. Sullo stesso manufatto ligneo possono svilupparsi numerose generazioni, riducendolo in polvere o lasciando intatto solo lo strato superficiale che si rompe con una leggera pressione. Danni consistenti si verificano su manufatti d'arredo o dipinti su tavola.



*Adulto di Lyctus brunneus e sezione di pavimento di ciliegio infestato da lictidi*

### 3.1.6 Termiti ("isotteri")

Sulla Terra esistono più di 2500 specie di termiti, la maggior parte delle quali vive nelle regioni calde, equatoriali o tropicali.

Le colonie presentano polimorfismo di casta, individui che hanno funzioni differenti: riproduttori (alati), soldati e operai (atteri). Le termiti operaie sono sterili, aventi un colore biancastro, si occupano di tutte le attività relative al funzionamento della colonia. I soldati, simili alle operaie, hanno il capo e le mandibole più sviluppati e fortemente sclerotizzati, devono difendere la colonia dai predatori, in particolare dalle formiche. I riproduttori sono di dimensioni maggiori, di colore da giallo bruno a nero, hanno due paia di ali trasparenti di uguale lunghezza.

Nidificano nel terreno e scavano gallerie nella porzione primaverile delle travi. Lo sviluppo avviene per sciamatura (gli insetti alati fondano una nuova colonia) o per propaggine (un centinaio di individui della colonia può far nascere una nuova colonia).

Se devono attaccare due travi poste a distanza di qualche metro possono costruire dei corridoi lungo il soffitto o le pareti, sempre lavorando al buio, passano così da un elemento ligneo ad un altro.

Due specie di termiti sono presenti in Italia: *Reticulitermes lucifugus* (provoca i maggiori danni al legno in opera) e *Calotermes flavicollis*. *Reticulitermes lucifugus*.

### 3.1.7 *Reticulitermes lucifugus*

Le termiti sotterranee sono le più comuni: vivono in contatto permanente con il terreno e con una fonte di umidità, e si muovono nelle strutture per mezzo di gallerie.

Le termiti attaccano tutte le specie di legno ad eccezione del durame di alcune specie e tropicali e della robinia, unica specie europea (anche se introdotta) il cui durame resiste al loro attacco.

Principali indizi della presenza di termiti sotterranee

- presenza di cavità al di sotto di una sottile pellicola superficiale o di gallerie strette senza segatura e cementate;
- gallerie o cordoni costruiti su materiali duri;
- ponti a forma di stalattiti e stalagmiti, costruiti per raggiungere il cibo distante;
- presenza di piccoli fori di circa 2 mm, visibili sull'intonaco del soffitto o delle pareti, rivestiti o meno;

- sciamatura: volo simultaneo delle termiti riproduttrici per fondare nuove colonie.



Adulto di *Reticulitermes lucifugus* (operaio) e cunicoli costruiti per raggiungere zone interessate dall'attività xilofaga ma distanti tra loro



### Box di approfondimento

*Bisogna prestare attenzione a non confondere le termiti sotterranee con le cosiddette "termiti del legno secco" (*Kalotermes flavicollis*) che attaccano essenzialmente alberi e piante morti ma che si possono incontrare anche negli edifici. La differenza principale risiede nel fatto che le "termiti del legno secco" non sono mai in contatto con il suolo, anche il loro nido è nel legno.*

*Attaccano il legno sia di conifera che di latifoglia scavando gallerie che si differenziano da quelle del *Reticulitermes lucifugus* per non essere tappezzate da terra e escrementi e per svilupparsi lungo la cerchia degli anelli di accrescimento.*

*La "termite del legno secco" mantiene sgombre le gallerie espellendo gli escrementi attraverso piccole aperture praticate che sulla superficie del legno.*

## 3.2 TRATTAMENTO CONTRO LE LARVE XILOFAGHE

I trattamenti sono complessi e necessitano sempre di personale specializzato, poiché ogni situazione richiede uno studio preparatorio ed un trattamento appropriato.

Sintetizzando, un intervento si compone di due fasi.

- Una fase preparatoria di ispezione del manufatto ligneo al fine di identificare e le porzioni che evidenziano presenza di insetti xilofagi. Qualora si provveda ad asportare e ripulire le sezioni attaccate, deve essere eseguita un'analisi delle sezioni resistenti residue per valutare eventuali criticità statiche del manufatto.
- La seconda fase dell'intervento vede l'impiego di un idoneo biocida per arrestare lo sviluppo delle larve e prevenire ogni ulteriore proliferazione nel manufatto ligneo (ad es. attraverso iniezioni di preservanti).

Gli insetticidi più comunemente usati nella lotta agli insetti xilofagi sono basati su prodotti piretroidi creati sinteticamente in laboratorio. La molecola che li compone è molto simile a quella delle piretrine, un insetticida naturale contenuto nei fiori di piretro. La sintesi di laboratorio permette di superare i limiti delle piretrine di origine naturale ovvero la scarsa persistenza della molecola a causa della loro fotolabilità.

I piretroidi di seconda generazione hanno come capostipite la permetrina. Questa è una molecola molto più efficace, ma soprattutto molto più stabile alla luce e all'ossigeno. I concentrati a base di permetrina (20%), hanno una buona efficacia contro tutti gli insetti xilofagi ed una bassa nocività per l'uomo (misurata in DL50 mg/kg > 4.000, dermale e 1.500 orale).

Più recentemente sul mercato sono giunti derivati della permetrina di terza generazione, principi attivi ad azione residuale: cipermetrina, deltametrina, fenvalerato. Altri prodotti insetticidi di sintesi sono il Fipronil (utilizzato per il controllo delle termiti) e il Chlorpyrifos-ethyl (insetticida organofosforato).

### 3.3 TRATTAMENTO CONTRO LE TERMITI

Il metodo più classico di lotta alle termiti è la barriera chimica, che viene creata trattando il terreno attorno all'edificio infestato da termiti con biocidi liquidi. Se le termiti entrano in contatto con il prodotto biocida vengono uccise oppure respinte (composti repellenti a base di permetrina e/o Fipronil). Questo secondo caso in realtà è più di un metodo di prevenzione e, secondo alcuni, questi metodi di difesa basati su trattamenti superficiali o sulla realizzazione di barriere chimiche non sono sempre risolutivi in ambiente urbano.

## Box di approfondimento

Sotto questo profilo si riportano le seguenti casistiche.

### **Trattamento delle pavimentazioni esterne:**

- *Pavimenti in muratura: Deve essere realizzata una linea d'iniezione mediante foratura di pozzetti verticali a filo delle pareti.*
- *Terreni naturali: Bisogna scavare una trincea parallela alle pareti, a filo delle pareti.*

### **Trattamento dei pavimenti interni (cantine):**

- *Pavimenti in muratura: Deve essere realizzata una linea d'iniezione mediante foratura di pozzetti verticali a filo delle pareti.*
- *Pavimentazioni in terra battuta: Distribuire il prodotto su tutta la superficie della pavimentazione.*

### **Trattamento dei muri perimetrali, delle pareti divisorie e dei tramezzi:**

- *Linea d'iniezione: La barriera chimica è realizzata mediante perforazione di pozzetti orizzontali nelle pareti, più vicini possibile al pavimento interno finito e paralleli allo stesso.*
- *Quadrettatura (in particolare per i muri interrati): Lo schermo è realizzato mediante perforazione di pozzetti orizzontali su tutta l'altezza dei muri interrati.*

In alternativa alla creazione di una barriera chimica, è possibile trattare il legno sopra il livello di infestazione. Il trattamento avviene:

- Per iniezione: tutto il legno delle strutture è trattato con una doppia iniezione.
- Per applicazione superficiale: tutto il legno delle strutture riceve una doppia applicazione superficiale.

Un'ultima opzione prevede l'utilizzo di trappole con esche. Tale metodo utilizza o biocidi ad azione lenta che le operaie diffondono nella colonia (nutrendo immaturi, guerrieri ed individui sessuati) oppure ormoni inibitori della chitinizzazione.

Il metodo consiste nell'installazione di esche alimentari contenute in stazioni sigillate, formulate con un principio attivo ad azione ormonale quale ad esempio l'esafalumuron.

Il principio attivo, del gruppo delle benzoilfeniluree, appartiene alla famiglia dei regolatori di crescita ed esplica la sua attività inibendo la sintesi della chitina. Interrompendo il processo di muta, risulta letale per le termiti ma non agisce né sull'uomo, né su animali domestici o su altri vertebrati.

Si procede quindi al posizionamento nei punti infestati di stazioni con esche alimentari a base di cellulosa formulate con il prodotto chitino-inibitore che viene diffuso all'interno della colonia dagli individui che ingeriscono le esche.

L'azione antichitinizzante dell'esafalumuron, impedendo alle termiti il superamento delle fasi della muta, provoca nel tempo l'estinzione della colonia. Le stazioni vengono quindi ispezionate a intervalli di tempo prestabiliti per rilevare il consumo di esca, la presenza di termiti e sostituire le esche consumate per impedire l'abbandono della stazione da parte delle termiti.

Nel dettaglio, la valutazione della situazione deve contenere i dati relativi a:

- l'edificio interessato (anno di costruzione, precedenti trattamenti, condizioni del legno strutturale, accessibilità di tutte le zone...);
- la natura dei danni presenti;
- l'estensione e la localizzazione dell'infestazione;
- l'origine delle anomalie;
- lo stato delle parti visibili degli elementi lignei e/o la necessità dell'intervento di un esperto.

L'installazione delle esche deve essere accompagnata da un piano d'intervento che indichi:

- la superficie da proteggere;
- la posizione delle infestazioni;
- l'identificazione dei luoghi di impianto (stazioni a terra e fuori terra);
- la posizione del legno strutturale infestato che necessita il trattamento.

Le trappole possono essere disposte:

- nel suolo: è installato attorno al perimetro dell'edificio.
- fuori suolo: le trappole vengono installate fuori dal suolo, secondo le esigenze di esecuzione del produttore, direttamente nelle aree di attività delle termiti.

L'adozione e il monitoraggio della tecnica delle trappole comprendono quattro fasi:

- l'impianto del dispositivo;

- il collegamento con la colonia di termiti;
- l'eliminazione della colonia;
- il monitoraggio e la manutenzione del sistema.

### Box di approfondimento

**Prima dell'installazione:** la frequenza delle visite dipende dallo stato del sito; durante i primi sei mesi, saranno effettuate almeno due osservazioni.

**Fase dell'avvelenamento:** la frequenza delle visite dipende dalla velocità di consumo della formulazione nelle stazioni; le visite saranno distanziate di un massimo di tre mesi.

**Verifica dell'eliminazione:** questa ultima verifica è condotta dopo la cessazione delle attività per tre mesi (escluso il periodo invernale), rilevata in un minimo di due visite.

**Manutenzione e monitoraggio post-trattamento del sito:** è un ulteriore periodo di osservazione quando all'interno delle stazioni non si riscontrano più né consumi di esca né tracce di presenza di termiti. Le esche attivate vengono infine sostituite con esche lignee o cartacee assicurando così un periodo di sorveglianza nella zona trattata. il sito è ispezionato minimo due volte all'anno.

## 3.4 I FUNGHI LIGNIVORI

I funghi lignivori sono di molteplici specie e possono degradare il legno causando quella che viene definita "carie del legno". La cosiddetta "carie del legno" o "marcescenza" viene classificata in diversi generi, in relazione alla natura delle specie fungine responsabili: carie cubica, fibrosa e tenera. In tutti i casi i funghi del legno si sviluppano solo in presenza di umidità elevata (maggiore del 20-22%) ed in spazi e chiusi poco areati. Va sottolineato che i funghi che si nutrono dei componenti cellulari e determinano una semplice variazione del colore del legno (i cosiddetti funghi cromogeni) da quelli che lo alterano provocandone il cosiddetto "marciume".

I funghi cromogeni, sia profondi che superficiali e genericamente indicati come muffe, si nutrono delle sostanze di riserva contenute in alcune cellule dell'alburno, lasciando intatta

la struttura del legno. I secondi digeriscono invece, per azione enzimatica, i costituenti chimici delle pareti delle cellule legnose, causando la demolizione dei tessuti interessati.



*Funghi cromogeni su segati di pino e muffe superficiali su abete rosso*

### 3.4.1 *Serpula lacrymans* (*Merulius lacrymans*)

La *Serpula lacrymans* è uno dei funghi basidiomiceti più diffusi e ha bisogno di una elevata umidità ambientale per iniziare ad attaccare il legno (si parla di umidità del legno prossima al 20-22%). Fattori che ne favoriscono lo sviluppo sono ambienti confinati o atmosfere non ventilate.



*Micelio di *Serpula lacrymans* in diversi stadi di sviluppo*

La *Serpula* è un fungo polifago capace di svilupparsi su tutte le specie di legno, sebbene la sua diffusione si maggiore sulle conifere. Degrada il legno e in particolare la cellulosa che assume un colore bruno, fessurandosi secondo dei caratteristici piani ortogonali fino ad assumere una consistenza fragile e secco (carie cubica).

Anche la temperatura svolge un ruolo cruciale nella sua diffusione: al di sotto di 18-20° C la carie del legno rallenta il proprio ritmo vitale, e lo stesso accade al di sopra dei 30° C.

Se le condizioni sopra descritte sono soddisfatte, le ife si estendono dalle spore a tutta la massa del legno, formando il cosiddetto micelio. In superficie, la *Serpula* forma strutture miceliali filamentose, le cosiddette rizomorfe, che si estendono per diversi metri, al fine di individuare una fonte di umidità necessaria per la sopravvivenza del micelio.

La *Serpula lacrymans* può essere talvolta confusa con il fungo delle cantine (*Coniophora puteana*), tuttavia, quest'ultimo attacca il legno in presenza di valori di umidità più elevati (compresa tra il 30 ed il 40%).

### 3.4.2 Trattamento contro i funghi xilofagi

In presenza di attacchi da funghi xilofagi, ogni situazione richiede uno studio preparatorio e l'utilizzo di un trattamento appropriato. Tali trattamenti sono generalmente complessi e riservati a personale specializzato.

Le azioni correttive da intraprendere sono di due tipi:

- il recupero dello stato di salubrità della struttura, eliminando le fonti di umidità, ripristinando la ventilazione ambientale, rimuovendo gli eventuali rivestimenti impermeabili che ricoprono pavimenti e pareti, ecc.;
- il trattamento curativo per i funghi, che comprende una serie di fasi preparatorie e il trattamento vero e proprio.

Nello specifico, le fasi preparatorie riguardano:

- la rimozione dei rivestimenti di mascheramento non aderenti dalle superfici da trattare;
- la picchettatura e la scrostatura dei giunti;
- il passaggio della fiamma e la spazzolatura della muratura nella zona interessata dal trattamento, al fine di eliminare qualsiasi traccia di micelio o spore fungine;
- lo smaltimento dei detriti in conformità a leggi e regolamenti applicabili.

Nel caso di parti in legno:

- ispezione e scarnificazione delle porzioni lignee da conservare.

Trattamento dei pavimenti e della muratura in caso di *Serpula lacrymans*:

- iniezione di fungicidi specifici nelle zone interessate, fino ad una profondità di almeno 1 metro in corrispondenza della zona infestata;
- spruzzatura su tutta la superficie interessata.

In caso di qualsiasi altro fungo agente di carie del legno:

- spruzzatura di tutta la superficie interessata.

Trattamento del legno da preservare:

- iniezione nel legno infestato da mantenere fino ad 1 metro oltre la zona infestata;
- doppia iniezione agli incastri, di cui una passante, se la sezione lo consente;
- spruzzatura della superficie di tutte le facce accessibili, fino ad 1 metro oltre la zona infestata.

### 3.4.3 Prodotti fungicidi

Esistono sul mercato molteplici formulazioni anche in combinazione con principi attivi ad azione insetticida. I più diffusi principi attivi sono i seguenti:

- composti ternari a base di rame, cromo e boro (CCB),
- complessi organici a base di rame (CXS),
- soluzioni acquose di acido borico e borace (contro i funghi dell'azzurramento),
- sali ammoniacali quaternari (ACQ) e ammine terziarie,
- composti azolici (propiconazolo, azaconazolo, tebuconazolo),
- carbammati (IPBC o 3-iodopropargyl-N-butylcarbammate),
- Benzalcloruro (DCIT).

L'IPBC, il propiconazolo e l'azaconazolo sono dei fungicidi ad ampio spettro d'azione e vengono spesso utilizzati in miscela per conferire al preparato un alto potere preventivo e curativo.





**FEDERLEGNOARREDO**

**ASSOLEGNO**

Foro Buonaparte 65, 20121 Milano

[www.assolegno.it](http://www.assolegno.it)

[www.assolegnorisponde.it](http://www.assolegnorisponde.it)

[assolegno@federlegnoarredo.it](mailto:assolegno@federlegnoarredo.it)