

Progettare la durabilità del legno

Quanto può durare una struttura costruita con materiali lignei? A testimoniare la longevità sono le millenarie chiese norvegesi o le colonne portanti delle palafitte, risalenti all'Età del Bronzo, ritrovate presso il lago di Ledro (TN)

Le opere che progettiamo quotidianamente devono sostenere, durante il loro normale esercizio, un carico continuo e ciclico rappresentato dall'aggressione degli agenti atmosferici.

Tale azione può risultare particolarmente pericolosa quando ci si riferisce ad un materiale naturalmente incline al degrado come il legno. Due sono le domande più comuni a riguardo.

Quanto può durare una struttura in legno?

Come allungare la sua vita utile?

Prima di addentrarci nel problema è bene ricordare come la durabilità di una struttura è un fenomeno che dipende, sia dalla caratteristica intrinseca del materiale con cui si costruisce, sia dalle condizioni progettuali ed ambientali in cui il manufatto stesso viene messo in esercizio.

Testimonianza della possibile durata del legno in opera sono le seguenti strutture pervenuteci attraverso i secoli:

- chiese slovacche e rumene, risalenti alla seconda parte del XV secolo
- chiese norvegesi (*Stavkirker*), che si spingono fino al XII secolo (*Chiesa di Urnes, patrimonio Unesco*)
- ponti nord americani, stradali e non, risalenti fino al XIX secolo
- chiesa di Santa Caterina risalente al 1500 (*Honfleur, Normandia*).

Tali esempi possono essere abbastanza esaustivi nel rispondere alla prima domanda, riguardante la quantificazione della possibile durata di una struttura lignea.

Per quanto concerne la seconda, è doveroso comprendere le cause del degrado, ma nel proseguire, facciamo una prima distinzione sui tipi di attacco che portano al deperimento del legno:

- **ATTACCHI BIOTICI** - *attacchi in cui esseri viventi utilizzano chi li ospita come nutrimento o abitazione (funghi, insetti, organismi marini)*

Chiesa di Santa Caterina risalente al XV secolo (Honfleur, Normandia) e chiesa di Urnes (Norvegia) risalente al XII secolo costruita interamente in legno



- **ATTACCHI ABIOTICI** - *attacchi in cui l'ambiente stesso attacca direttamente il legno (Alcali dai connettori in acciaio, invecchiamento da fotolisi).*

Le cause scatenanti gli attacchi biotici

Il legno può essere degradato biologicamente sia dai funghi che da insetti xilofagi, ma il loro attacco può essere innescato solo sotto particolari condizioni esterne dipendenti da:

- Temperatura
- Umidità.

Le condizioni preferenziali in un attacco sono:

- *una temperatura dell'aria tra i 18° ed i 30°C*
- *un contenuto d'acqua nel legno superiore al 20%.*

Quest'ultima può presentarsi quando il legno si trova o in un ambiente particolarmente umido (U.R. > 90%), o abbia dei ristagni di acqua per tempi prolungati.

La formazione di funghi, quindi, non avviene istantaneamente, ma in un tempo abbastanza lungo per permettere al legno di assorbire il quantitativo d'acqua necessario.

Un comportamento diverso, si presenta quando il materiale è completamente immerso nell'acqua: la mancanza d'ossigeno, infatti, lo porta ad essere "protetto" da attacchi fungini ma, d'altra parte, le sue proprietà meccaniche decadono velocemente per via del quantitativo elevato d'acqua assorbita.

Un esempio della durabilità del legno, in queste condizioni, è rappresentato dal ritrovamento delle colonne portanti delle palafitte risalenti all'Età del Bronzo, presso il Lago di Ledro (Trento).

Ciò non accade, invece, in presenza di acqua marina, in quanto i molluschi ed i crostacei presenti risultano molto dannosi nei confronti della lignina (vedi le palificazioni in legno a Venezia).

Degli attacchi che possono colpire il legno, quello xilofobo, pur essendo, è il più raro, soprattutto nelle strutture lamellari e quelle massicce in cui gli elementi contengono parti limitate di alborno.

Per quanto riguarda la normativa tecnica è stato codificato il rischio di attacco biologico del legno contenendo tali informazioni nella UNI EN 335 1-2-3.

Essa sottolinea nella sua prima parte la suscettibilità del legno ad essere attaccato da insetti, da funghi e da organismi marini e la dipendenza di questo attacco in funzione dell'umidità e della temperatura.

Sempre nella stessa norma vengono date le definizioni degli agenti biologici da cui il legno deve essere protetto.

I funghi

1) **BASIDIOMICETI DA CARIE** (carie bruna e bianca): funghi perfetti che tramite gli enzimi della digestione arrivano a demolire i componenti



Sotto da sinistra: esempi di carie bruna e carie bianca

Gli insetti dannosi

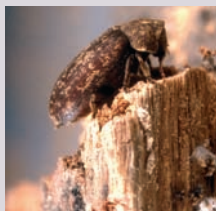
I coleotteri sono insetti che depositano le uova nelle fenditure del legno, che viene successivamente attaccato dalle larve da cui prendono il loro nutrimento. Ve ne sono varie specie tra cui si elencano qui di seguito.



HYLOTRUPES BAYULUS (Capricorni delle case): tale insetto è presente fino ad un'altezza di 2000 m circa ed è più diffuso nell'Europa Centrale e meridionale. Attacca numerose specie di conifere provocando anche danni strutturali.



ANOBIUM PUNCTATUM (Tarlo dei mobili): attacca principalmente l'alburno del legno ed è diffuso principalmente nelle zone a clima marittimo con elevato livello d'umidità.



XESTOBIUM RUFOVILLOSUM (Orologio della morte): chiamato così per il caratteristico rumore causato dagli adulti all'interno del legno infestato, esso è presente nel legno di latifolia già attaccato da funghi.

XESTOBIUM RUFOVILLOSUM (Orologio della morte): chiamato così per il caratteristico rumore causato dagli adulti all'interno del legno infestato, esso è presente nel legno di latifolia già attaccato da funghi.



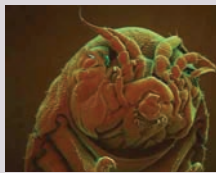
LYCTUS: attacca l'alburno di legno di determinate latifoglie.



HESPEROPHANES: si trova esclusivamente all'interno delle latifoglie.



TERMITI: molte le specie ma le più pericolose per gli edifici sono il *Reticulitermes lucifugus* e il *Reticulitermes santonensis*. Dannose dal punto di vista strutturale.



ORGANISMI MARINI: sono degli agenti invertebrati che scavano nel legno gallerie e cavità estese risultando quindi particolarmente dannosi. I più diffusi sono la *Limnoria* ed il *Teredo*.



della parete cellulare con una conseguente riduzione delle caratteristiche resistite del legno.

Sono distinguibili poiché, mentre la carie bruna presenta un colore scuro-rossastro e la sua superficie presenta una struttura a cubetti perpendicolari (carie a cubetti), la carie bianca porta il legno ad assumere un colorito più chiaro e a separarsi in masse di tipo fibroso.

2) **FUNGHI DA CARIE SOFFICE**: provocano un rammollimento superficiale del legno. Tali funghi richiedono un'umidità superiore a quella scatenante un attacco da carie bruna o bianca.



Esempi di carie soffice formatasi attorno al connettore di un ponte pedonale sul corso di un fiume

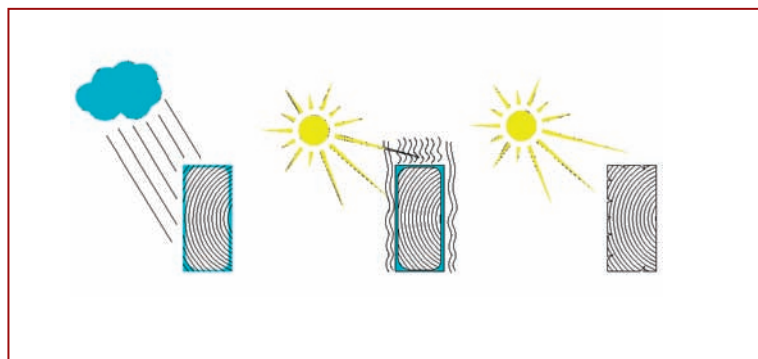
3) **FUNGHI DA COLORAZIONE**: causano azzurrimento e muffa sul legno, essi non hanno una grande importanza dal punto di vista strutturale quanto invece dal punto di vista estetico

4) **FUNGHI DELL'AZZURRAMENTO**: provocano una colorazione nero bluastra; nonostante non siano pericolosi dal punto di vista meccanico essi possono aumentare la permeabilità del legno con le conseguenze che si vedranno nel prossimo paragrafo.

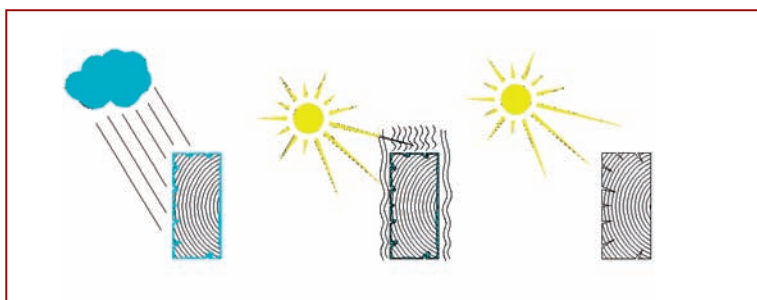
5) **MUFFE**: preoccupanti solo da un punto di vista estetico.

Le cause scatenanti gli attacchi abiotici

L'azione ciclica di "umidificazione/essiccazione", degli elementi strutturali lignei, provoca dei danni locali della superficie delle travi lignee. La zona più superficiale infatti ha la capacità di umidificarsi in una percentuale maggiore rispetto al resto della sezione ed una volta che si innesca l'azione essiccante del sole, il legno si re-equilibra con la situazione igroscopica esterna rilasciando l'acqua assorbita.



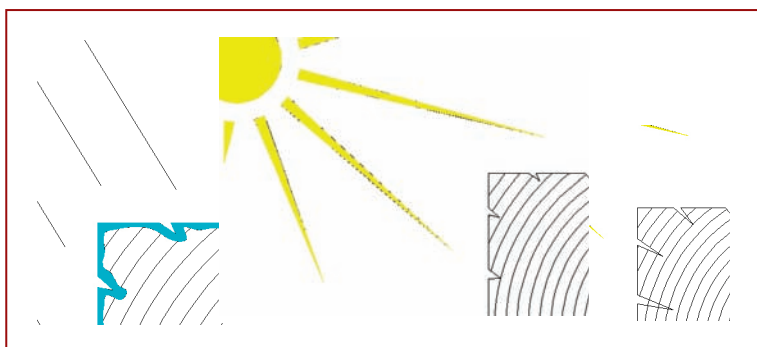
Indicazione del fenomeno di apertura dei cretti da ritiro nel processo di umidificazione e successiva evaporazione dell'acqua assorbita dal legno



Lo stesso fenomeno ripetuto più cicli porta alla formazione di cretti da ritiro sempre più profondi

Una volta terminato il primo ciclo le pareti del cretto da ritiro formatosi diventano parte della parete esterna della trave ed aumentano quindi la superficie di maggior assorbimento.

Ripetendo molte volte questo ciclo nell'arco della vita utile della nostra struttura è inevitabile che i cretti si possano aprire sempre di più. La dimensione di questi cretti è di mm e la loro formazione è irrilevante, considerata la perdita di sezione utile, dal punto di vista meccanico del materiale, ma questa condizione porta a correre un maggior pericolo nei confronti di un possibile attacco fungino, soprat-



Particolare dei cretti successivamente a diversi cicli di umidificazione-evaporazione tutto considerando il fatto che il materiale in questione assorbe più velocemente l'umidità di quanto la espelle, arrivando, in situazioni ambientali favorevoli, al famoso livello del 20% di U.R. .

Una situazione del genere potrebbe formarsi, per esempio, su un ponte pedonale senza alcuna protezione delle travi portanti, in un ambiente particolarmente umido come potrebbe verificarsi in presenza di un corso d'acqua.

Un altro fenomeno di degrado è il cosiddetto "*invecchiamento per fotolisi*" sotto l'azione dei raggi solari.

Sia la lignina che la cellulosa, infatti, vengono demolite ad opera dell'energia raggiante soprattutto alle alte frequenze (raggi UV).

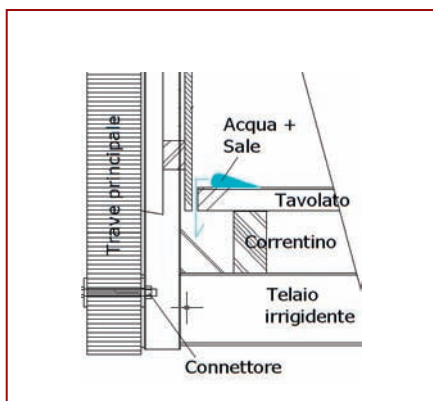
L'effetto di questo fenomeno si può notare nel cambio di colore più veloce nelle strutture colpite dai raggi solari rispetto a quelle al loro riparo, il classico colore scuro del legno di larice una volta esposto al sole, per esempio.

Il fenomeno, comunque, porta ad una "perdita di materiale" di un ordine di grandezza molto inferiore rispetto agli attacchi biologici (1 mm in 15 anni) e quindi non rappresenta un particolare pericolo strutturale.

Pur essendo il legno un materiale molto resistente agli attacchi chimici in particolare agli acidi, esso è tuttavia molto sensibile agli alcali.

Questi vengono formati dai connettori metallici bagnati da acqua

Sotto: Indicazione della presenza di un connettore, probabile agente di un fenomeno di degradazione idrolitica: illustrazione del fenomeno di degradazione idrolitica e come si potrebbe innescare in un ponte pedonale (l'acqua contenente sale cadrebbe una volta disciolta sul telaio irrigidente o sugli elementi metallici del ponte pedonale innescando il fenomeno d'idrolisi attraverso i connettori colleganti il telaio alle travi portanti)



salata, per permeabilità del legno o per diretto contatto.

L'effetto della degradazione idrolitica del legno sono delle macchie bluastre attorno alla zona dei connettori non è quindi particolarmente preoccupante dal punto di vista statico, quanto estetico.

Tale tipo di attacco non è sicuramente un tipo che si verrebbe a formare solo in ambiente puramente marino, ma anche facilmente nelle zone più interne del nostro paese.

Basti pensare, infatti, all'uso del sale sulle strade carrabili e le vie pedonali per sciogliere il ghiaccio presente o per evitarne la formazione durante l'inverno.

È facile comprendere quindi come si possa instaurare il fenomeno sovradescritto in presenza di un ponte pedonale in legno ed altrettanto facile è la soluzione: connettori zincati o, nelle condizioni peggiori, inossidabili.

L'uso di connettori che non si ossideranno non è solo importante per un fatto strutturale (la loro portata infatti diminuirebbe con la loro ossidazione), ma anche per la degradazione elettrolitica che aumenta e si aggrava in presenza di metallo arrugginito.

La normativa vigente e le classi di rischio

Nella UNI EN 335 vengono descritte 5 classi di rischio in relazione:

- al contesto di posa in cui la struttura si troverà una volta in servizio
- al tempo d'esposizione al livello di rischio.

Si riportano di seguito le tabelle relative alla prima parte della norma (la più generica) e la seconda relativa al legno massiccio e lamellare.

Ovviamente la terza parte della UNI EN 335 si occupa dei pannelli (di legno compensato, fibra di legno, ed OSB) descrivendo tre classi di rischio.

A riguardo si riporta la tabella relativa alle classi di rischio del pannello di particelle di legno.

Classe di rischio	Situazione generale di servizio	Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio	Distribuzione degli agenti biologici			
			Funghi	Insetti ⁽¹⁾	Termiti	Organismi marini
1	Non a contatto con terreno, al coperto (secco)	Nessuna	-	U	L	-
2	Non a contatto con terreno, al coperto (rischio di umidificazione)	Occasionale	U	U	L	-
3	Non a contatto col terreno, non al coperto	Frequente	U	U	L	-
4	A contatto con terreno o acqua dolce	Permanente	U	U	L	-
5	In acqua salata	Permanente	U	U	L	U

Quadro riassuntivo delle classi di rischio in generale, in base all'umidità e agli agenti biologici (Prospetto 1 UNI EN 335-1)

U: Universalmente presente in Europa

L: Localmente presente in Europa

1) Il rischio di attacco può essere non significativo a seconda delle particolari soluzioni di servizio

Classi di rischio	Umidità del legno	Distribuzione agenti biologici					
		Funghi xilofagi		Funghi da colorazione*)	Insetti		Organismi marini
		Basidiomiceti	Carie soffice	Azzurramento	Coleotteri	Termiti	
1	max. 20%	-	-	-	U	L	-
2	occasionalmente > 20%	U	-	U	U	L	-
3	frequentemente > 20%	U	-	U	U	L	-
4	permanentemente > 20%	U	U	U	U	L	-
5	permanentemente > 20%	U	U	U	U	L	U

Quadro riassuntivo delle classi di rischio per il legno massiccio e lamellare, in base all'umidità e agli agenti biologici xilofagi (Prospetto 1 UNI EN 335-2)
 U: Universalmente presente in Europa
 L: Localmente presente in Europa
 *) Muffe: può anche essere presa in considerazione una protezione nei confronti delle muffe

Classe di rischio	Situazione generale di servizio	Livello generale di umidità	Agenti biologici				
			Funghi xilofagi		Funghi cromogeni ³⁾	Insetti	
			Basidiomiceti	Carie soffice	Azzurramento	Coleotteri	Termiti
1	Fuori dal contatto con il terreno, al coperto (ambiente asciutto)	Stato secco ¹⁾	-	-	-	-	L
2	Fuori dal contatto con il terreno, al coperto (rischio di inumidimento/ambiente umido)	Occasionalmente elevato ²⁾	U	-	U	-	L
3	Fuori dal contatto con il terreno, non riparato (in esterni)	Frequentemente maggiore del 20%	U	-	U	-	L

U: Presente in tutta Europa
 L: Localmente presente in Europa
 1) Equivalente ad una temperatura di 20°C ed un'umidità relativa del 65%
 2) Può raggiungere od essere occasionalmente superiore ad un'umidità equivalente a quella che raggiungerebbe in un'esposizione ad una temperatura di 20°C ed un'umidità relativa del 90%
 3) Muffe. La protezione contro le muffe può essere ugualmente presa in considerazione.

La UNI EN 335 da' una metodologia secondo la quale, in base alla situazione del rischio si difendono gli elementi lignei vuoti con l'applicazione di preservanti, vuoti proteggendo la struttura attraverso degli accorgimenti progettuali.

Informazioni riguardanti le varie specie di legno massiccio con il relativo livello di resistenza e grado di impregnabilità vengono contenute nella UNI EN 350-2.

La norma che più di tutte è illuminante riguardo alla progettazione ed alla protezione strutturale del legno è la UNI EN 460 "Durabilità naturale del legno massiccio-Guida ai requisiti di durabilità per legno da utilizzare nelle classi di rischio".

Una parte interessante della norma è contenuta nell'appendice:

"... La durata di un elemento di legno dipende non solamente dalla propria durabilità naturale nei confronti degli organismi xilofagi, ma anche da numerosi altri fattori.

Per esempio, nella classe di rischio 3, gli accorgimenti in sede di progetto di un elemento in legno che impediscano la penetrazione e l'accumulo dell'acqua e ne favoriscano l'eliminazione e la ventilazione, così come le condizioni climatiche locali e le opere di manutenzione, possono essere efficaci nel mantenere a lungo le prestazioni. ..."

Vengono, quindi, date delle indicazioni su come il problema del degrado non venga eliminato solo scegliendo una specie di legno più adatta alla classe di rischio o applicandovi preservanti periodicamente, ma attribuendo una certa importanza alla progettazione stessa della durabilità, mettendo l'elemento ligneo in condizioni ambientali tali da poter durare.

Nelle poche righe qui riportate viene introdotto, quindi, il concetto di "prevenzione" del degrado.

Nella seconda parte dell'appendice della stessa norma vengono indicati altri fattori di rischio dovuti all'importanza dell'elemento considerato (portante o non, facilmente sostituibile o riparabile), o sulla sua posizione che presenta un rischio particolare (superficie orizzontale scarsamente drenata o in un'esposizione climatica critica).

La norma conclude con:

" ... Il rischio di riduzione delle caratteristiche meccaniche può essere diminuito mediante una protezione strutturale degli elementi della costruzione, per esempio con la copertura delle superfici superiori con materiali più resistenti, o la protezione delle testate."

Il principio di Azione e Reazione

Anche al degrado è possibile applicare il terzo principio della dinamica che comprende azione e reazione:

- *l'azione è l'insieme delle cause che portano umidità al legno*
- *la reazione è rappresentata, invece, dall'assorbimento del legno di parte di questa umidità ed il conseguente possibile innesco del degrado stesso in relazione agli altri agenti atmosferici esistenti.*

L'acqua stessa rappresenta il nostro "agente di degrado" ed i modi con cui essa non defluisce dal legno rappresentano i vari livelli di rischio, di conseguenza, peggiore sarà la nostra progettazione della durabilità della struttura, maggiore sarà il rischio di degrado.

Quindi la modalità con cui vengono protetti gli elementi strutturali rappresenta il rischio della più o meno degradabilità del legno, e vedremo quali sono i punti essenziali finalizzati ad una migliore performance anti-degrado.

Due sono i modi complementari in cui l'acqua viene allontanata:

- *tramite profili inclinati degli elementi lignei: l'acqua una volta depositata scorre naturalmente a terra senza la possibilità che essa rimanga sull'elemento*
- *tramite ventilazione tra gli elementi lignei: se non ci fosse, l'acqua ristagnerebbe nella linea di contatto tra i due elementi mentre, lasciando un'intercapedine, l'aria asciuga ogni traccia del fluido presente.*

L'esperienza di quanto la ventilazione riduca i tempi di essiccamento della superficie di un elemento si può comprendere asciugando le mani con un comune "phon".

Si noterà la differenza provando ad asciugarle tenendole aperte o tenendole chiuse.

Tra le dita delle mani, infatti, come succede tra le superfici adiacenti degli elementi lignei, non esiste il contatto perfetto e quindi l'acqua s'introduce in quella piccola intercapedine rimasta e lì vi rimane per lungo tempo permettendo, nel caso del legno, di essere assorbita.

Diversamente succede se si lascia passare l'aria tra le superfici permettendo loro di asciugarsi completamente.

Altri accorgimenti sarebbero doverosi in base alla posizione dei lati esposti degli elementi lignei ("orientazione della sezione") soprattutto in base alla previsione della formazione dei cretti da ritiro nel tempo.

È risaputo infatti, che i cretti da ritiro si formino radialmente, pertanto si avrà scarso interesse nel posizionare un elemento strutturale in modo che il lato a diretto contatto con l'acqua avrà sicuramente la loro formazione.

La motivazione banale riguarda il fatto che l'acqua penetrerebbe nei cretti provocandone la progressiva apertura. (vedi paragrafo riguardante gli attacchi abiotici)

Lo stesso principio è valido, per esempio, nel caso di tavole inchiodate o avvitate ad un altro elemento ligneo, nel cui caso è consigliabile porle con il lato più idoneo rivolto verso l'esterno (lato in cui non si avrà formazione di cretti da ritiro).

Ricollegandosi alle ultime parole della norma UNI EN 460 A.2 "...o la protezione delle testate" viene sottolineato un principio molto importante: quello per cui l'acqua ha un canale preferenziale, nel penetrare tra le fibre del legno, in direzione parallela alle stesse fibre rispetto alla direzione trasversale.

L'accorgimento da adottare, in questo caso è quello di diminuire al massimo la possibilità che l'acqua possa venire a contatto con la testa libera del nostro elemento in legno. Il problema è molto comune nelle coperture dove l'elemento portante finisce in corrispondenza del bordo del tavolato.

È necessario interrompere il "bordo della trave" 5-6 cm prima dell'ultima perlina sagomandola in modo tale da non essere bagnata da una pioggia cadente con un'inclinazione di 60°, o al peggio di 45° Come ulteriore protezione è buona norma applicarvi una scossalina con gocciolatoio.

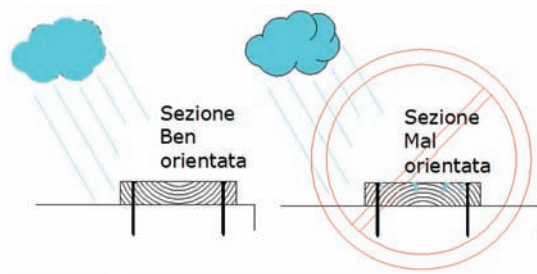
È uso comune pensare che la provenienza dell'umidità e dell'acqua che intaccano le proprietà del legno possano provenire soltanto dall'alto. Anche il terreno, invece, nasconde lo stesso "agente atmosferico degradante": la pioggia cadendo e rimbalzando sul terreno bagna le teste dei pilastri della struttura.

È necessario quindi difendere il nostro elemento ligneo alzando la

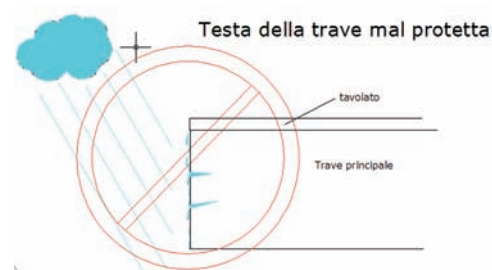
Sotto di seguito: indicazione della buona o cattiva orientazione delle sezioni in corrispondenza del possibile contatto diretto con l'acqua, mancanza di protezione della testa della trave, corretta protezione della testa della trave



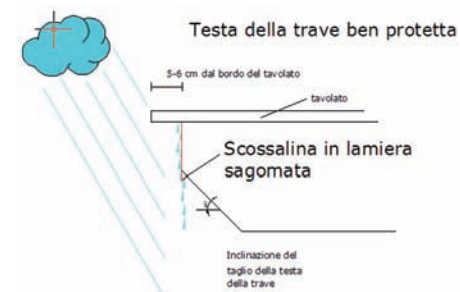
Indicazione della buona o cattiva orientazione delle sezioni in corrispondenza del possibile contatto diretto con l'acqua



Indicazione della buona o cattiva orientazione delle sezioni in corrispondenza del possibile contatto diretto con l'acqua

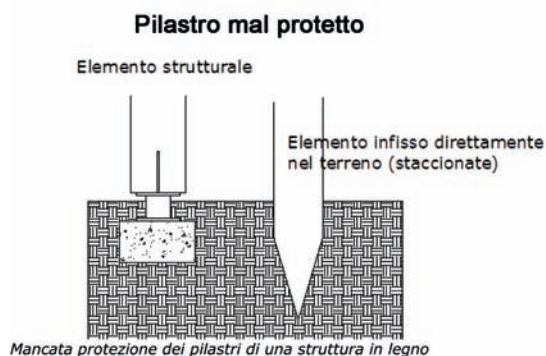
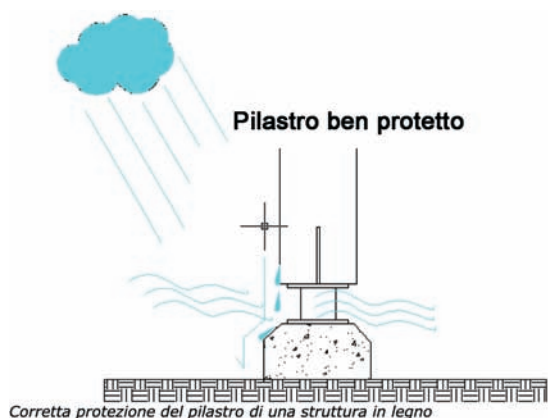


Mancanza di protezione della testa della trave



Corretta protezione della testa della Trave

Sotto di seguito: corretta protezione del pilastro di una struttura in legno, mancata protezione dei pilastri di una struttura in legno, testa della trave in legno lamellare in completo stato di degrado,



struttura ed i suoi punti di appoggio sufficientemente da non essere intaccata.

Il caso in esame: il degrado delle strutture di un ponte pedonale

Si vuole concludere questa analisi sulla durabilità del materiale ligneo con la presentazione di un'opera che fa notare quanto sia dannosa la mancanza di accorgimenti nella corretta progettazione contro il degrado di una struttura in legno, e tra le tante tipologie di cui si poteva parlare la scelta è caduta su un ponte pedonale (foto di seguito).

Questa, infatti, è assolutamente la struttura in legno più difficile da proteggere in quanto perennemente esposta alle intemperie ed agli agenti atmosferici.



Gli appoggi

La totale mancanza di protezione della testa della trave ha provocato la penetrazione d'umidità che, concatenata con la presenza di funghi da carie, ne ha favorito il degrado.

Quest'ultimo è talmente andato in profondità da rendere visibile il connettore metallico completamente arrugginito ed oramai inutile all'uso. (vedi figura sotto)



Un altro fattore che ha favorito il degrado è stato il fatto di non aver sagomato la spalla inclinandola in modo da far scorrere l'acqua piovana ed eventuali detriti.

La ventilazione della testa, inoltre, non è stata considerata e l'inevitabilità della caduta e permanenza dell'acqua ha portato alla conseguente formazione di muffe nella fessura tra la trave ed il manto stradale.



In pagina: particolare della spalla del ponte non inclinata che porta ad un pericoloso stagno di acqua piovana e l'inevitabile presenza di funghi, mancanza di ventilazione tra testa e manto stradale;

Sotto: conseguenza della non-inclinazione e non-manutenzione del ponte



Sotto: presenza di erba tra il tavolato e la trave principale con conseguenza della non ventilazione tra i due elementi, forte presenza di muffe sulla superficie della trave principale ed attacco di carie in profondità;

Fondo pagina: particolare dell'attacco che provoca un rammollimento del materiale legno trasformandolo in un tessuto spugnoso e connettore sulla trave principale attaccato dal fungo di Carie Morbida



Le travi principali

Molte sarebbero le ipotesi che si potrebbero fare su come sia stato possibile la crescita d'erba nella zona tra il tavolato e la trave principale. Osservando l'interspazio tra il tavolato e la trave si può vedere come questo, inadeguato alla ventilazione, sia stato riempito di terriccio, foglie ed altri elementi trasportati dal vento creando una situazione favorevole allo sviluppo di vegetazione.

Sulla stessa trave, è presente anche un grosso attacco da carie penetrato in profondità come si può notare dalle foto qui a fianco.



Sulla trave portante opposta, si è trovato l'attacco di carie soffice nella zona attorno ad un connettore.

Non a caso essa si è diffusa attorno ad un bullone in quanto l'acqua è penetrata nell'intercapedine tra la superficie della rondella ed il legno, portando l'umidità residua ad essere assorbita dal legno.

L'attacco era, quindi, possibile e si è ben presto realizzato in profondità, portando non solo ad un danno estetico ma anche statico della struttura. È da notare inoltre come il degrado non sia una certezza matematica ma piuttosto una probabilità, la cosa viene dimostrata nella stessa foto in cui si nota come, dei connettori presenti



sulla trave, solo uno sia stato sede del fungo da carie mentre gli altri non ne presentavano traccia. Un'altra prova di questo consiste nella stessa formazione della muffa e vegetazione solo su un lato della superficie del ponte.



Sotto la superficie del tavolato

Nella foto sotto si può notare subito un difetto nell'attacco degli arcarecci alla trave principale.

Quella "scarpetta" infatti è un luogo perfetto per lo stagno dell'acqua e quindi altamente pericolosa per la durabilità della testa dell'arcareccio stesso. (Vedi paragrafo sul principio di Azione-Reazione) Questo particolare della struttura può essere stato anche la causa dell'erba trovata in superficie (Foto in alto).

Le pessime condizioni di questo ponte pedonale, seppur esaustive nell'indicare il degrado, sono solo un esempio di un argomento molto vasto che necessita di studi approfonditi.

Se questo ponte presenta quanto sia dannosa la mancanza di una



Sotto: mancanza di ventilazione tra il tavolato e la trave principale;
Fondo pagina: controventi sottostanti il tavolato e gli arcarecci, scarpetta arrugginita



In pagina dall'alto: ruggine attaccante i controventi ed il telaio irrigidente (particolare attacco controvento al traverso), ponte pedonale coperto in esame che si trova a San Lorenzo di Brunico (Alto Adige)



corretta progettazione contro il degrado di una struttura lignea, i ponti successivi, invece, dimostrano i benefici derivati da una maggiore attenzione ai particolari.

Due ponti pedonali ben progettati

In questa seconda parte si vogliono presentare due ponti pedonali, siti a San Lorenzo di Brunico (Alto Adige), in cui sono state rispettate tutte le regole volte ad una migliore performance nel tempo. Si nota subito come, proprio per la presenza della tettoia, si è





Dall'alto: particolare delle teste delle travi portanti non ricoperte da lamiera, copertura in scandole di Larice e perfetto stato conservativo dei correntini della copertura del ponte,

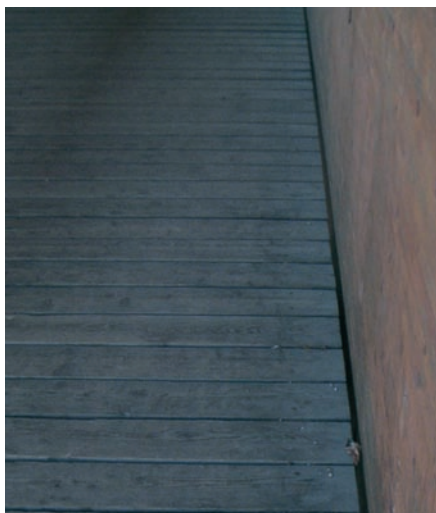
potuto evitare di ricoprire le teste delle travi portanti. Queste ultime, grazie alla protezione della copertura in scandole di larice (foto sotto), sono arrivate fino ad oggi in un perfetto stato conservativo, non presentando nessun tipo di attacco fungino o xilofobo.



Da notare anche il perfetto stato conservativo delle teste dei correntini subito sotto la copertura del ponte stesso. Il tavolato è stato ben distanziato in modo da permettere una per-



Sotto: tavolato e fessura per la ventilazione, particolare della sagomatura delle spalle in c.a. libere da ogni residuo, ponte in esame rivestito; In pagina dall'alto: particolare della distanza lasciata con il piano stradale dal punto di appoggio delle travi principali



fetta ventilazione e si può notare come la fessura tra il tavolato e la trave principale sia ancora libera dopo anni di esercizio.

Il principio della ventilazione è stato ben applicato anche all'appoggio delle travi principali del ponte stesso, non trovando alcuna traccia dei problemi elencati nell'esempio precedente.



Il secondo ponte analizzato è sprovvisto di copertura e dotato di rivestimento delle travi portanti tramite delle tavole in larice.

Le spalle in c.a. sono state sagomate correttamente e le travi principali sono state sollevate sufficientemente da garantirne la ventilazione.

Come si può notare dalle foto la trave principale è stata interamente rivestita da tavole in legno di larice.

La ventilazione è stata rispettata distanziando sufficientemente le tavole tramite dei listoni di legno grezzo posti tra la tavola e la trave portante.





In pagina: due particolari della sagomatura delle spalle in c.a. libere da ogni residuo



Sotto: particolare listone di legno grezzo posto fra tavola e trave per la ventilazione, particolare dei controventi;
In pagina dall'alto: protezione della trave portante tramite rivestimento in larice, controventi e telai irrigidenti perfettamente conservati;
Dx fondo pagina: particolare dei controventi



Per quanto riguarda la controventatura ed i telai irrigidenti del ponte si è riscontrato un perfetto stato conservativo, non notando alcuna presenza di ossidazione della parti metalliche, sicuramente zincate a caldo.

In questo contesto si è tentato di entrare nel merito del problema del degrado analizzando le conseguenze che si potrebbero verificare nel trascurarne la prevenzione in fase di progetto, sia gli esempi di una progettazione coscienziosa al problema.

Questo a dimostrazione del fatto che il legno è un validissimo materiale da costruzione e che la mal durevolezza di una struttura, non è dovuta tanto alla materia prima, quanto al suo utilizzo inconsapevolmente errato da parte dell'uomo.

Alberto Zamatteo Gerosa
[a_zamatteogerosa@yahoo.it]



ALBERTO ZAMATTEO GEROSA, si è laureato in Ingegneria Civile con indirizzo Strutture presso la facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trento, con una tesi sperimentale riguardante l'analisi visuale e prove di carico delle strutture lignee del rifugio "Ai Caduti dell'Adamello" alla Lobbia Alta (3020 m), relatore professor Maurizio Piazza.

La tesi è stata pubblicata sugli annali del Museo civico di Rovereto nel 2006 e sulla rivista "TETTO&PARETI IN LEGNO" n. 2, dicembre 2006.

Nel 2005 ha lavorato presso la società ENGINEERING SAN BASILIO in qualità di ingegnere strutturista, calcolando strutture in cemento, acciaio e legno, ex novo e ristrutturazioni.

Dal 2006 fa parte dello staff dell'ufficio tecnico HOLZBAU spa, azienda leader nelle strutture in legno lamellare in Europa, con qualifica di progettista strutturale. Fra le sue pubblicazioni: "Analisi dendrocronologica di alcune travi del rifugio Ai Caduti dell'Adamello" - Annali Museo Civico di Rovereto 21/2005 (Alberto Gerosa/Ivana Pezzo).