

DURABILITÀ DEL LEGNO: fattori di rischio, metodo di stima del degrado e caso studio.

Elena Pettene - Collaboratrice di ricerca, Università degli studi di Trento; Andrea Gaspari - Dottorando, Università degli Studi di Trento; Ivan Giongo - Ricercatore, Università degli studi di Trento; Maurizio Piazza - Professore senior, Università degli studi di Trento

La durabilità degli elementi strutturali è un argomento di fondamentale importanza nella progettazione di strutture in legno e, se non debitamente tenuta in conto, può portare a stati di degrado imprevisti e potenzialmente anche molto gravi. Stimare il degrado già in fase di progettazione può aumentare la consapevolezza della durabilità del legno negli attori coinvolti nella filiera della costruzione. Questo articolo intende fornire alcuni cenni riguardanti il tema della durabilità delle strutture in legno e introdurre un metodo di stima del degrado applicato poi ad un caso studio.

Durabilità del legno

La progettazione delle strutture in legno si può definire come un processo multidisciplinare che oltre alla progettazione strutturale e architettonica deve gestire la durabilità di un materiale naturale quale è il legno. La durabilità non è un aspetto di banale trattazione e si possono dare due definizioni con differenti significati:

- Durabilità naturale: è una caratteristica del legno che dipende, principalmente, dalla specie e dal taglio.
- Durabilità effettiva dell'elemento ligneo: dipende dalla durabilità naturale del legno utilizzato, dalla zona climatica, dalla classe d'uso, dalle caratteristiche di progetto e dalla regola d'arte della messa in opera.

La durabilità naturale non è quasi mai sufficiente per garantire un'adeguata durata di vita ad un edificio e occorre sempre curare la durabilità effettiva per estendere la durata nel tempo dell'elemento ligneo.

Fattori di rischio

“Il legno, per la sua costituzione chimica, è soggetto sia ad attacchi ambientali in cui si realizzano condizioni atte ad alterare la natura del materiale a detrimento delle proprie funzioni meccaniche (attacchi abiotici), sia ad attacchi distruttivi da parte di organismi viventi che lo utilizzano come nutrimento o abitazione (attacchi biotici)” [9].

A partire da questa definizione i fattori che concorrono alla diminuzione della durabilità degli elementi in legno si possono riassumere in pochi punti.

Gli **attacchi biologici** da batteri, funghi, insetti e organismi marini.

Gli **attacchi chimici**, dati dalla luce e in generale dalle radiazioni solari.

I fattori **meccanici**, come i carichi eccessivi, di lunga durata o carichi dinamici. Sono valutati attraverso azioni e resistenze di progetto definite nelle normative.

I fattori **fisici**, principalmente umidità e dilavamento, e **termici**, indotti dalle variazioni di temperatura.

Tra i fattori elencati, quelli meccanici sono gestiti nella fase di dimensionamento e verifica degli elementi portanti. In questo caso il rischio è valutato su base semiprobabilistica secondo quanto previsto dalla normativa. Per gli altri fattori di rischio non è possibile fare lo stesso ragionamento ed è evidente come il solo dimensionamento non possa garantire una corretta esecuzione dell'opera né la protezione degli elementi lignei. Inoltre, gli errori di calcolo o in fase costruttiva non sono gli unici inconvenienti che potrebbero presentarsi: piccole imprecisioni e dettagli non progettati nei minimi particolari possono essere estremamente insidiosi per la durabilità di un edificio.

Negli edifici in legno si possono evidenziare problematiche già dopo poco tempo dalla costruzione, mentre per altre tipologie strutturali tali problematiche possono rimanere latenti per lunghi anni.

Le criticità principali che possono dare effetti sfavorevoli nella durabilità degli edifici in legno si riscontrano in molti casi nella fase di progettazione. Il posizionamento degli elementi lignei rispetto al piano portatore d'acqua, la scelta dei materiali, la definizione dei dettagli già in fase di progetto sono alcuni degli elementi di fondamentale importanza che il progettista deve tenere in considerazione dall'inizio del suo lavoro.

La fase esecutiva, al pari della fase progettuale, ricopre un ruolo di primo piano nella protezione del legno dai fattori di rischio, considerando innanzitutto che gli elementi strutturali in legno, se esposti alle precipitazioni atmosferiche, devono essere protetti e qualora si bagnassero deve essere verificato che l'umidità del legno rientri in valori accettabili prima di "chiudere" il legno nel pacchetto costruttivo.

Gli imprevisti, come gli eventi atmosferici estremi, non possono essere evitati, ma se ne possono mitigare le conseguenze con una progettazione che fornisca adeguata robustezza e ridondanza alle soluzioni che proteggono gli elementi strutturali in legno.

Da ultimo, ma non sicuramente per importanza, va considerato che una corretta manutenzione dell'involucro edilizio consente di mantenere efficaci le protezioni previste in fase di progetto e di identificare eventuali criticità al loro inizio.

Per la durabilità non esiste ad oggi un procedimento normativamente chiaro per ottenere un quadro completo sulle prestazioni dell'edificio. Occorre quindi che gli attori coinvolti nelle diverse fasi di vita di un edificio in legno si facciano carico, di volta in volta, di tali valutazioni.

Le zone critiche degli edifici in legno

In un edificio ligneo si deve prestare particolare attenzione a tutte quelle zone dove l'elemento strutturale deve essere adeguatamente protetto (**Figura 1**):

- Attacco a terra
- Copertura
- Balcone
- Collegamento infisso - parete
- Pareti e solai

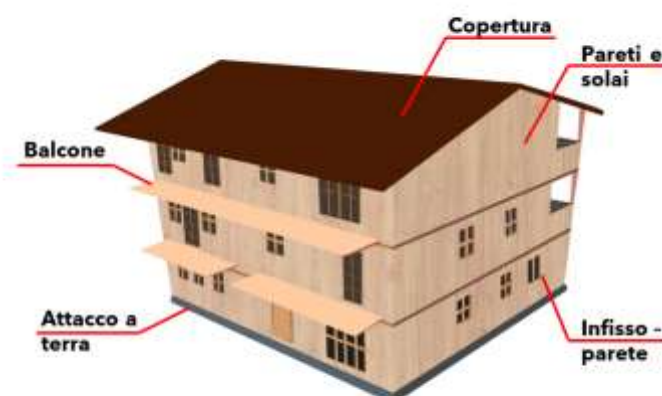


Figura 1– Rappresentazione grafica delle zone critiche.

Metodo di stima del degrado

Il metodo è stato predisposto per ogni zona critica dell’edificio collegando vari elementi (le indicazioni normative e le condizioni al contorno di ogni elemento) prima ad un rischio di degrado e poi ad un valore numerico di perdita di sezione causata da un attacco fungino, uno dei rischi che può portare alle conseguenze più gravi negli edifici in legno e che trova minore riscontro nelle definizioni normative nazionali.

Tale metodo considera tutti i rischi potenziali per un elemento strutturale ligneo e si pone nello scenario peggiore che potrebbe verificarsi. In quest’ottica, il valore numerico associato al degrado è quello valutato al verificarsi di una serie di eventi negativi che non sono completamente prevedibili a priori come, ad esempio, eventi atmosferici estremi o errori in fase esecutiva.

L’impostazione parte dallo studio del dettaglio costruttivo che analizza le tipologie possibili, gli elementi che lo compongono e le loro funzioni. Con queste informazioni sono stati valutati i fattori più rilevanti per il degrado. Successivamente sono state definite le cinque classi di rischio (**Tabella 1**) che raggruppano le situazioni di criticità possibili seguendo le indicazioni delle normative di settore, *UNI EN 335*, *DIN 68800-1* e *ONORM B 3802-1*. Ad ogni classe di rischio sono associati i valori dei parametri principali che regolano una funzione di stima definita a partire da uno studio australiano condotto da *WoodSolutions (Timber service life design: Design guide for durability)* utile a calcolare la perdita di sezione dovuta ad un attacco fungino.

Le scelte progettuali possibili sono state descritte attraverso dei diagrammi decisionali che determinano i possibili scenari ed assegnano al dettaglio costruttivo oggetto di analisi una classe di rischio.

Una procedura guidata, chiamata *TSafe*, è in corso di sviluppo al fine di facilitare l’applicazione del metodo introdotto poco sopra. Di seguito ne vengono dati alcuni brevi accenni.

- Compilando le schede di valutazione, **Figura 2**, si percorrono le scelte progettuali possibili per ogni dettaglio e si associa una classe di rischio, **Figura 3**.
- Definendo i parametri della funzione di stima del degrado, **Figura 4**, si ottiene la valutazione della perdita di sezione nel tempo, come risulterà evidente nella **Figura 6**.

	Umidità	Infiltrazioni	Ristagno	Ventilazione
CR1	sempre < 20%	NO	NO	SI
CR2	raramente > 20%	NO	NO	NO
CR3	raramente > 20%	SI	NO	SI
CR4	sempre > 20%	SI	NO	NO
CR5	sempre > 20%	SI	SI	NO

Tabella 1 – Definizione delle classi di rischio.

Situazione	Cosa guardare	Valutazione
A. Protezione alle azioni dirette delle precipitazioni	1. Manto di copertura in buone condizioni	Sì No
	2. Presenza di scossaline o elementi che proteggano direttamente il pacchetto di copertura	Sì No
	Valutazione finale per la situazione A	Positiva Negativa

Figura 2 – Esempio di scheda di valutazione.

Valutazione classe di rischio della copertura		
Situazione		Esito valutazione
0.	Tipo di copertura	inclinata
A.	Protezione alle precipitazioni	si
B.	Ventilazione e drenaggio	no
C.	Traspirazione guaine	si
D.	Traspirazione isolante	si
Classe di rischio		3

Figura 3 – Esempio di valutazione della classe di rischio.

Parametri per la funzione				
1.	classe di durabilità [fig1]	classe1	k_wood	0,5
2.	geometria	superficie piana	k_g	0,6
3.	verniciature	non trattato	k_p	1,1
4.	essiccazione	elemento di contatto	k_t	0,5
5.	larghezza	elemento di contatto	k_w	1
6.	connettori	assenti	k_n	1
7.	durata media della pioggia		t_wet	60
	se t_wet in giorni/anno		k_clim	1,16

Figura 4 – Valutazione dei parametri della funzione di stima per la copertura.

Analisi di un caso studio

Il metodo descritto è stato applicato ad una villetta unifamiliare, ultimata alla fine del 2010, costituita da due piani fuori terra e strutture in legno a telaio leggero. Dalla valutazione dei disegni di progetto e della documentazione fotografica della fase di costruzione si annotano:

1. Errori nella fase di posa del piatto doccia di un bagno al piano primo, **Figura 5 (a)**, con l'impermeabilizzazione delle pareti e dei collegamenti con l'impianto idraulico assente o mal eseguita.
2. Un errore nella posa della guaina impermeabilizzante che non protegge l'attacco a terra da possibili infiltrazioni, **Figura 5 (b)**, ed un errore di progettazione che prevede il piano di posa dell'elemento portante in legno ad una quota inferiore rispetto ai piani portatori d'acqua (marciapiede esterno e pavimento interno).
3. Errore nella posa delle protezioni della camera di ventilazione della copertura e scelta di una guaina impermeabile non efficace.

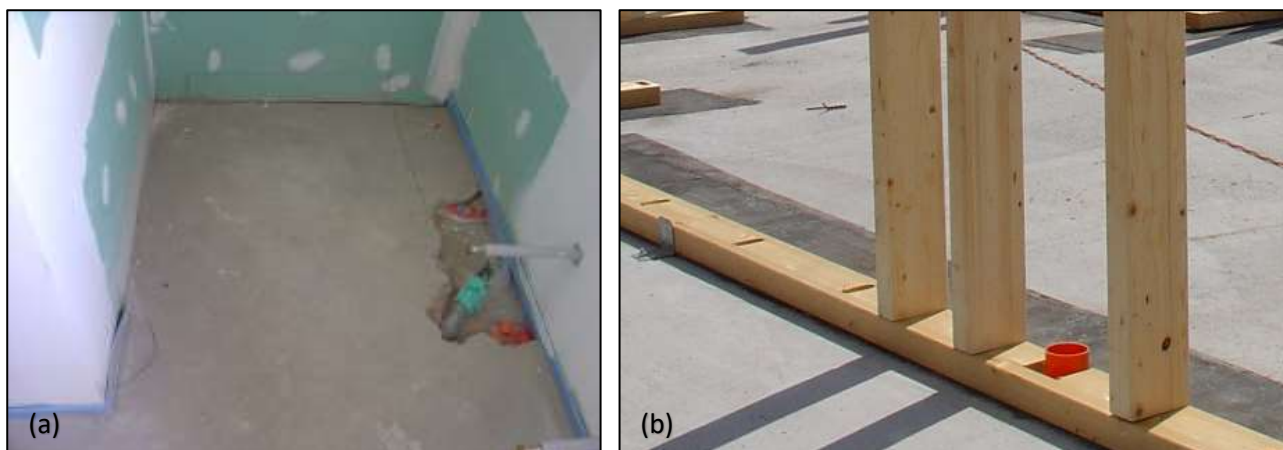


Figura 5 – (a) Foto della zona doccia prima della posa del piatto doccia. (b) Foto dell'attacco a terra.

Applicazione del metodo di stima al caso studio

Ai tre dettagli costruttivi che presentano criticità è stato applicato il metodo di stima del degrado ottenendo i seguenti risultati:

1. La parete interna del bagno viene valutata con una classe di rischio 4, *“la superficie è attraversata da impianti idrici e non è garantita la protezione da eventuali perdite o problemi. Il legno è a contatto con materiali porosi capaci di assorbire e trattenere umidità. La ventilazione è assente o inadeguata”*. Si stima una perdita di sezione dopo 10 anni dalla posa in opera di circa 7 mm **Figura 6 (a)**.
2. L'attacco a terra viene valutato con una classe di rischio 5, *“il legno può bagnarsi a causa di precipitazioni esterne (pioggia diretta, indiretta e accumuli) o da umidità di risalita. L'impermeabilizzazione a terra non è efficiente. Il dettaglio non permette l'asciugatura del legno. L'acqua non ha possibilità di drenaggio”*. Si stima una perdita di sezione di circa 15mm dopo 10 anni **Figura 6 (b)**.
3. La copertura viene valutata con una classe di rischio 3, *“il legno è protetto dalle precipitazioni dirette ma può bagnarsi in caso di precipitazioni intense. La ventilazione è scarsa e non garantisce l'asciugatura in tempi rapidi”*. Si stima una perdita di sezione dopo 10 anni di circa 2mm **Figura 6 (c)**.

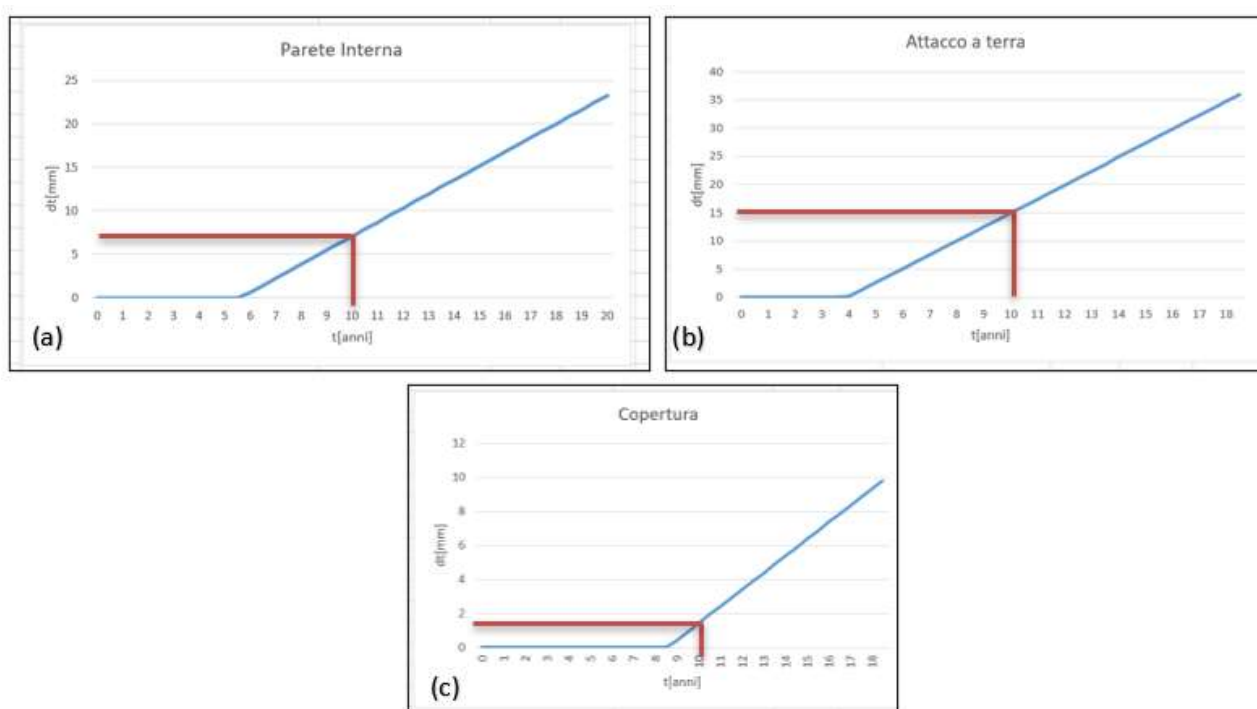


Figura 6 - Stima della perdita di sezione nel tempo per: (a) parete interna, (b) attacco a terra e (c) copertura.

Confronto tra la situazione reale e quella stimata

Vengono presentate le osservazioni effettuate durante un sopralluogo svolto in settembre 2021, circa dieci anni dopo la fine della costruzione.

Durante il sopralluogo sono stati eseguiti alcuni fori nelle pareti interne del bagno (**Figura 7** (a), fori 1 e 2) ed in quella esterna in corrispondenza dell'attacco a terra (**Figura 7** (b), foro 3) per ispezionare lo stato degli elementi lignei attraverso un endoscopio.



Figura 7 – (a) Fori nella parete interna del bagno e (b) fori nella parete esterna.

Dalle immagini della sonda si possono fare alcune considerazioni sullo stato dei vari elementi strutturali:

1. Dalle immagini riprese nel “foro 1”, **Figura 8**, nella parete del bagno, sono ben riconoscibili tutti i materiali che compongono la parete. L’elemento ligneo risulta in ottime condizioni **Figura 8 (c)**. Dalle immagini riprese nel “foro 2”, **Figura 9**, si nota che i materiali sono visibilmente umidi e il pannello OSB sul fondo, presenta evidenti anomalie, **Figura 9 (c)**. Dal “foro 2” sono state ottenute altre immagini dall’intercapedine della parete, grazie alle quali si individua chiaramente il pannello OSB danneggiato, **Figura 10 (a)**, e una forte concentrazione di umidità, **Figura 10 (b)**.



Figura 8 – “Foro 1” perpendicolare alla parete. (a) Ingresso foro, cartongesso. (b) Centro foro, isolante. (c) Fondo foro, elemento ligneo della parete portante.



Figura 9 – “Foro 2” perpendicolare alla parete. (a) Ingresso foro, cartongesso. (b) Centro foro, isolante. (c) Fondo foro, pannello OSB della parete portante.

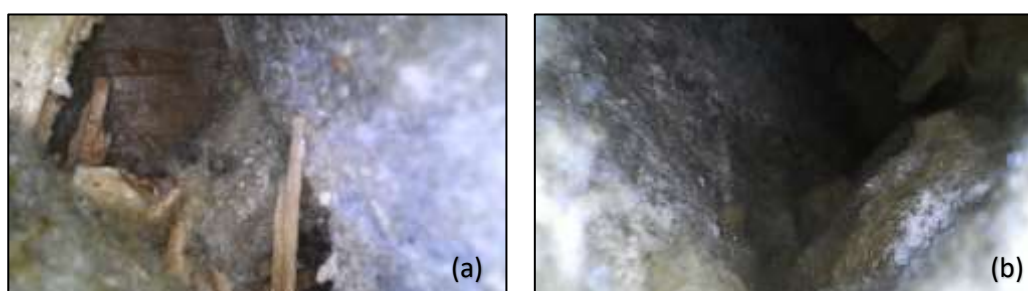


Figura 10 – “Foro 2” nell’intercapedine della parete. (a) Pannello OSB danneggiato. (b) Materiale isolante umido.

2. Dalle immagini del “foro 3”, **Figura 11**, dell’attacco a terra, sono ben identificabili gli elementi che compongono la parete. L’elemento ligneo alla base dell’attacco a terra si presenta in buone condizioni, l’unica anomalia riscontrata è un’alterazione del colore nel primo strato del foro nel corrente inferiore che potrebbe indicare un principio di attacco fungino, **Figura 11 (c)**.



Figura 11 – “Foro 3” dell’attacco a terra. (a) Ingresso foro, rivestimento ed assito esterni. (b) Centro foro, isolante. (c) Fondo foro, corrente in legno.

3. Dalle immagini della copertura, si individuano grandi quantità di materiale organico depositato nel tempo agli ingressi della camera di ventilazione, **Figura 12** (a), materiale che ha finito per ostruire gran parte della camera, **Figura 12** (b). Si individuano punti in cui la guaina impermeabile non è efficace, **Figura 12** (c), e permette il passaggio di acqua. Tutte queste condizioni hanno portato a problemi di infiltrazione visibili all’intradosso del solaio di copertura.

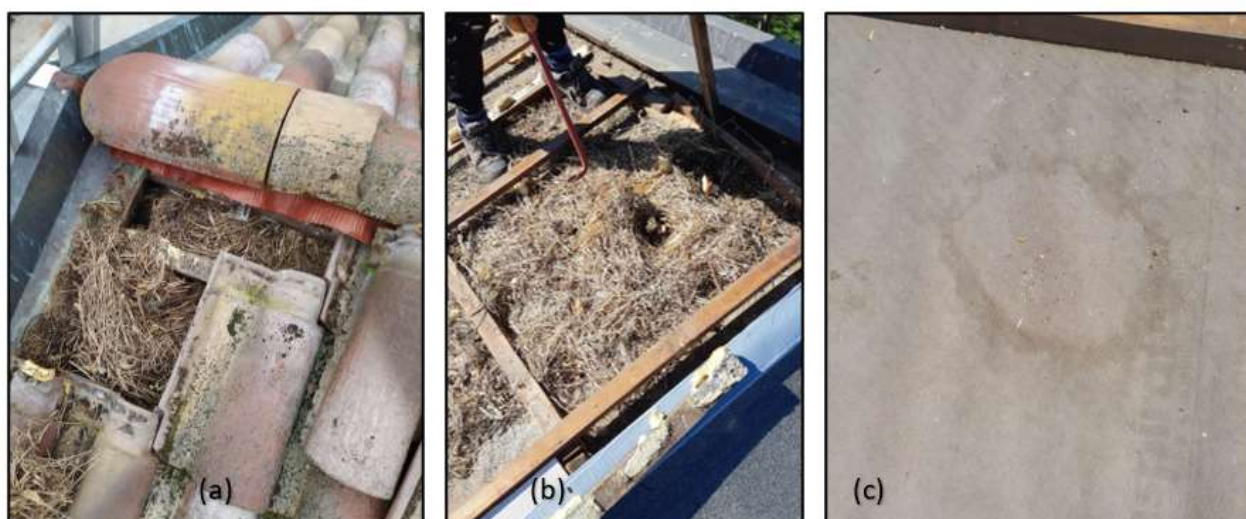


Figura 12 – Copertura ventilata. (a) Ingresso della camera di ventilazione ostruito. (b) Camera di ventilazione in gran parte ostruita. (c) Guaina impermeabilizzante non efficiente.

Conclusioni

Ad un primo confronto tra la situazione dopo dieci anni stimata con il metodo e quella riscontrata durante il sopralluogo si conclude che per la parete del bagno e la copertura il metodo ha evidenziato correttamente le criticità riscontrate in fase di sopralluogo. Nel caso dell’attacco a terra non è stato riscontrato quanto previsto dal metodo. Tale risultato è da imputare al fatto che il dettaglio analizzato non si è fortunatamente trovato nello scenario peggiore in quanto gli errori riscontrati non hanno prodotto effetti negativi. In questo caso la pendenza del marciapiede esterno allontana correttamente l’acqua dalla parete. In altri dettagli simili analizzati, una pendenza contraria ha invece prodotto uno stato di marcescenza comparabile a quanto predetto dal metodo.

Il metodo sviluppato va infatti a valutare lo scenario peggiore in cui l’elemento strutturale ligneo può andare a trovarsi considerando tutti i rischi possibili.

Riferimenti

- [1] Appunti per le costruzioni in legno: normativa, progettazione e buone pratiche di cantiere, Ufficio tecnico Assolegno, FederlegnoArredo, 2017.
- [2] Braghini E., Analisi di durabilità dei dettagli costruttivi critici in edifici in legno con applicazione a caso studio. Trento, Università degli studi di Trento, a.a. 2019/2020.
- [3] Durabilità e Manutenzione delle Strutture di Legno, Studiodeda, Ticom srl, 2011.
- [4] Edifici a Struttura di Legno - Progettazione e Realizzazione, Studiodeda, Ticom srl, 2011.
- [5] Frattari A., Soluzioni costruttive per edifici in legno, Rockwool Italia, 2014.
- [6] Gaspari A., Giongo I., Piazza M., A risk-based approach for quantifying durability and life-expectancy of the wall-foundation construction detail in timber buildings, Current Topics and Trends on Durability of Building Materials and Components, Serrat, C., Casas, J.R. and Gibert, V. (Eds), 2020.
- [7] Gaspari A., Gianordoli S., Giongo I., Piazza M., Risk analysis of balconies and parapets in timber buildings decay prediction, WCTE 2021 - World Conference on Timber Engineering, Santiago, Chile, 2021.
- [8] Gullbrekken L., Kvande T., Petter Jelle B., Time B., Norwegian Pitched Roof Defects, Buildings, 6(2), 24, 2016.
- [9] Piazza M., Tomasi R., Modena R., Strutture in legno, Biblioteca Tecnica Hoepli, Milano, 2009.
- [10] Wang C.-H., Leicester R., Nguyen M., Manual 4 - Decay above - ground, Forest & Wood Products Australia Limited, 2008.
- [11] Wang C.-H., Leicester R., Nguyen M., Manual 9 – Models for timber produced in building envelope, Forest & Wood Products Australia Limited, 2008.