



UNA NUOVA FORESTA URBANA: L'EDILIZIA IN LEGNO

Time for Timber: la sostenibilità come strategia per le nuove smart cities



Con il supporto tecnico



INTRODUZIONE A CURA DI ASSOLEGNO	2
1 STORIA DI UNA FILIERA SOSTENIBILE	3
1.1 Generalità	3
1.2 Il bosco: la nostra “fabbrica”	4
1.3 Il bosco come bene multifunzionale	4
1.4 Legno e CO ₂ : mitigare il riscaldamento climatico attraverso l’edilizia	5
1.5 La Commissione Europea e il ruolo della fiera del legno nel processo di rivoluzione edile	6
1.6 Edilizia in legno, cambia il business model: la sostenibilità al centro	7
2 EDIFICI IN LEGNO E SICUREZZA	8
2.1 Considerazioni introduttive	8
2.2 L’evoluzione in altezza dei sistemi costruttivi in legno	11
2.3 Sicurezza sismica	14
3 EDIFICI IN LEGNO E DURABILITÀ	15
3.1 Generalità	15
3.2 Edifici in legno: dal 600 a.c. ai giorni nostri	16
3.3 Carico di umidità: “moisture design”	18
3.4 Il principio delle “4D”	18
3.5 Particolari costruttivi esempi	20
4 EDIFICI IN LEGNO E FUOCO	22
4.1 Generalità	22
4.2 Sicurezza in caso di incendio	22
4.3 Resistenza e reazione al fuoco	24
4.4 Cantiere e fuoco	25
4.5 Azioni passive di mitigazione del rischio di incendio durante la realizzazione dell’opera	25
4.6 Azioni attive di mitigazione del rischio di incendio durante la realizzazione dell’opera	26
4.7 Realizzazione dei cavedi e dei passaggi impiantistici	26
5 GESTIONE DEL CANTIERE PER LE OPERE DI INGEGNERIA IN LEGNO	27
5.1 Generalità	27
5.2 Umidità e situazioni transitorie in cantiere	27
5.3 Cantiere ed eventi atmosferici	28
5.4 Gestione del materiale e protezione del cantiere	28
6 PROGETTI	29
Arredoline Costruzioni Srl	30
Friulsider Spa	32
Legnotech Spa	36
MAK building GmbH	42
Marlegno Srl	48
Rotho Blaas Srl	52
Rubner Holzbau Srl	58
Soltech Srl	64
Wolf Haus di Wolf System Srl	70
Würth Srl	76
XLAM Dolomiti Srl	82

INTRODUZIONE A CURA DI ASSOLEGNO

Il legno è uno dei più antichi materiali da costruzione e può avere senza dubbio un ruolo chiave nell'implementazione di politiche di sviluppo urbano che mirino alla decarbonizzazione e a ridurre le emissioni in atmosfera legate al comparto edile. La scelta del legno come materiale da costruzione è infatti la più adatta in un'ottica di sostenibilità ambientale sull'intero ciclo di vita delle opere e offre indubbi vantaggi sia tecnici che prestazionali se confrontato con altri materiali diffusamente utilizzati in edilizia.

Grazie agli strumenti tecnici, normativi e legislativi messi a punto negli ultimi anni, i prodotti a base di legno (sia quelli massicci che ingegnerizzati) hanno dimostrato la capacità di garantire la qualità del manufatto sotto innumerevoli punti di vista che spaziano dalla sostenibilità di approvvigionamento della materia prima legno, alla performance strutturale, al risparmio energetico, alla durabilità, alla salubrità e ultimo ma non meno importante alla piacevolezza estetica.

Il presente volume si propone pertanto di offrire una panoramica esemplificativa delle suddette tematiche e di costituire un utile strumento di supporto per tutti coloro che operano nel campo della progettazione degli edifici e delle opere a struttura in legno, anche al fine di valorizzare un prodotto sicuro, bello e sostenibile.

Il *build by nature* e l'adozione di strategie atte ad accelerare il processo di decarbonizzazione del settore delle costruzioni attraverso l'utilizzo del legno non sono più delle opportunità, ma rappresentano dei principi indispensabili da perseguire al fine di dare alle future generazioni un mondo migliore di come ci arrivato a noi.

Marco Luchetti

Responsabile di Assolegno di FederlegnoArredo

1 STORIA DI UNA FILIERA SOSTENIBILE

"With vision, planning and financing, cities can help provide solutions for the world"

Ban Ki-moon

1.1 Generalità

Le Nazioni Unite hanno definito all'interno del documento *"Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development"* il concetto di "sviluppo sostenibile", adottato il 25 settembre 2015 dai 193 Paesi dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Tale dossier introduce 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs) e li definisce come *"il piano per raggiungere un migliore e più sostenibile futuro per tutti"*.

Tali SDGs disegnano un approccio sistemico volto a fornire risposte alle sfide globali che l'umanità ed il nostro pianeta stanno affrontando: la scarsità delle risorse naturali, il danno ecologico e l'emergenza climatica, l'ineguaglianza sociale e la povertà, l'incremento demografico e l'invecchiamento della popolazione. In tutto il mondo, Governi, Organizzazioni e Società stanno adottando i sopracitati SDGs con l'obiettivo di promuovere un significativo cambio di passo nelle loro politiche, nel loro modo di fare business e nel generare impatti sull'ambiente e la società.

THE GLOBAL GOALS For Sustainable Development



Fig. 1 - 17 Sustainable Development Goals (SDG) secondo le Nazioni Unite

L'utilizzo da parte delle Nazioni Unite dei termini "sviluppo" e "sostenibile" sottolinea la necessità di promuovere e di incentivare l'avanzamento economico e tecnologico assieme a quello culturale e sociale, al fine di assicurare condizioni di vita migliori alle singole persone e alle comunità. Tali obiettivi non possono essere tuttavia perseguiti se non vengono attuate alcune fondamentali azioni di sostenibilità, come disaccoppiare la crescita economica dal consumo di risorse, investire nella rigenerazione del pianeta e realizzare una transizione verso una economia che sia *"carbon neutral"*, anche attraverso l'utilizzo di **materiali "carbon removal"** e di **energie rinnovabili**.

In questo contesto, infatti, l'edilizia in legno e la filiera industriale legata a tale materiale devono ricoprire un compito di primo piano nel definire un nuovo modello edile che supporti i processi di transizione ecologica e faccia diventare le città un vero e proprio elemento di mitigazione dei processi di riscaldamento climatico.

1.2 Il bosco: la nostra “fabbrica”

A partire dagli anni '70 è cambiato il modo di guardare il bosco e si è iniziato a riconoscerne l'importanza non solo per la produzione di legname ma anche per il suo ruolo di “struttura complessa”. Allo stesso sono state infatti riconosciute innumerevoli funzioni di carattere ecologico e sociale, dove la finalità produttiva è solo parte di quanto il soprassuolo boschivo è in grado di dare in termini di esternalità.

Oltre a rappresentare un serbatoio naturale capace di **fissare al suo interno il carbonio** emesso dalle attività antropiche e uno strumento in grado di **contenere gli effetti associati al cambiamento climatico**, i boschi italiani costituiscono un **importante investimento per lo sviluppo socioeconomico delle aree marginali, rurali e montuose del nostro Paese**. Una loro corretta gestione, che preveda obiettivi di medio-lungo termine per il mantenimento ecologico del sistema bosco, garantisce non solo una crescita dell'indotto produttivo a essi collegato (anche in termini di occupazione), ma anche la fornitura di tutti quei servizi ecosistemici richiesti e necessari alla società presente e futura.

Negli ultimi 70 anni la superficie forestale italiana è raddoppiata, passando da 5.6 milioni di ettari del 1956 a 11.1 milioni di ettari del 2015, e occupa il 38% del territorio nazionale. In termini di valore aggiunto, il contributo del settore forestale sull'economia nazionale è pari allo 0.08%, un dato che riflette solo parzialmente le potenzialità in termini di utilizzazione dei nostri soprassuoli e non tiene conto dei servizi “senza mercato”, come la fissazione del carbonio, la conservazione della biodiversità, la tutela del paesaggio etc.

Secondo le statistiche ufficiali, la produzione di legname proveniente dai boschi italiani è un elemento su cui puntare al fine di soddisfare il fabbisogno nazionale. Alcune stime hanno evidenziato che la quantità di legno che sarebbe possibile utilizzare ogni anno è molto elevata, circa 35.9 milioni di metri cubi. Si tratta tuttavia di una valutazione per eccesso, la quale comprende molte formazioni forestali che per condizioni orografiche o a causa della mancanza di vie di accesso non sono economicamente utilizzabili. Le statistiche ufficiali ISTAT stimano infatti che le utilizzazioni annue siano pari a 7-8 milioni di metri cubi, circa un quarto dell'incremento complessivo.

Giova infine sottolineare che negli ultimi 70 anni la superficie forestale italiana è raddoppiata, passando da 5.6 milioni di ettari del 1956 a 11.1 milioni di ettari del 2015, e occupa complessivamente il 38% del territorio nazionale (nel 2022 la superficie boschiva ha addirittura superato quella a destinazione agricola).

1.3 Il bosco come bene multifunzionale

Il riconoscimento del ruolo “multifunzionale” del bosco nella produzione di beni e di servizi si è consolidato sempre di più negli ultimi anni. La selvicoltura e l'asestamento devono infatti tenere in considerazione tutti i servizi espletati da boschi e foreste: dalla conservazione della biodiversità, alla resilienza e resistenza al cambiamento climatico, fino alla produzione di bioenergia. L'equilibrio va pertanto mantenuto quanto più stabile possibile e la produzione di legname deve essere a tutti gli effetti considerata un servizio ecosistemico anche alla luce delle ripercussioni sociali e di presidio del territorio.

È a partire dal 1997 con la pubblicazione dell'articolo di Costanza su *Nature* e successivamente del *Millennium Ecosystem Assessment* per arrivare alla *FAO Global Forest Resources Assessment*, che sono stati riconosciuti i Servizi Ecosistemici (SE), definiti come i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano. I SE e la loro contabilizzazione possono migliorare l'efficacia della pianificazione e della gestione forestale, e contribuire allo sviluppo socioeconomico locale. L'asestatore e il selvicoltore devono porre attenzione a diversi beni e servizi dell'ecosistema forestale che, sebbene tenuti in debita considerazione, non sono stati fino ad oggi opportunamente “valorizzati”. La sola attribuzione di un valore economico ad un SE non è sufficiente per garantire la sostenibilità del servizio stesso che deve essere supportato da una pianificazione forestale atta a garantirne la perpetuità nel tempo.



Fig. 2 - Il bosco è un bene multifunzionale, dove la produzione di legno è di fatto un servizio ecosistemico alla luce dei riflessi sociali e di presidio del territorio che comporta la presenza della filiera nelle aree marginali del nostro Paese (fonte Eurac Research)

I Pagamenti di Servizi Ecosistemici (PES), se contemplati nelle politiche di programmazione ambientale, potrebbero consentire di migliorare la gestione delle risorse naturali favorendo l'integrazione degli aspetti di conservazione con le esigenze socioeconomiche delle comunità locali. È quindi opportuno pensare a delle vere e proprie "compartimentazioni forestali", in cui l'obiettivo dell'asestamento sia anche quello di conservare e "contabilizzare" il flusso di Servizi Ecosistemici, e gli eventuali introiti monetari. Il processo, inoltre, se partecipato e condiviso, oltre a rendere maggiormente consapevole la comunità locale del valore (locale ed universale) dell'ecosistema forestale, deve assestare per i decenni successivi le risorse economiche derivanti dai boschi.



Fig. 3 - Interazione tra i sistemi sociali ed ecosistemi naturali. In un'ottica di sviluppo sostenibile, i due sistemi dialogano attivamente per valorizzare i Servizi Ecosistemici (courtesy: Università Bocconi - Milano)

1.4 Legno e CO₂: mitigare il riscaldamento climatico attraverso l'edilizia

Rimuovendo la CO₂ dall'atmosfera e stoccandola permanentemente al loro interno, le foreste contribuiscono in modo attivo alla protezione del clima. Recenti studi di settore hanno evidenziato che in assenza di foreste la concentrazione atmosferica di CO₂ sarebbe più alta del 30%. È un dato molto importante se si pensa che gli stock totali di carbonio nei singoli comparti forestali varia di molto a seconda della composizione delle specie arboree, del metodo di gestione, del clima e di altri fattori locali.

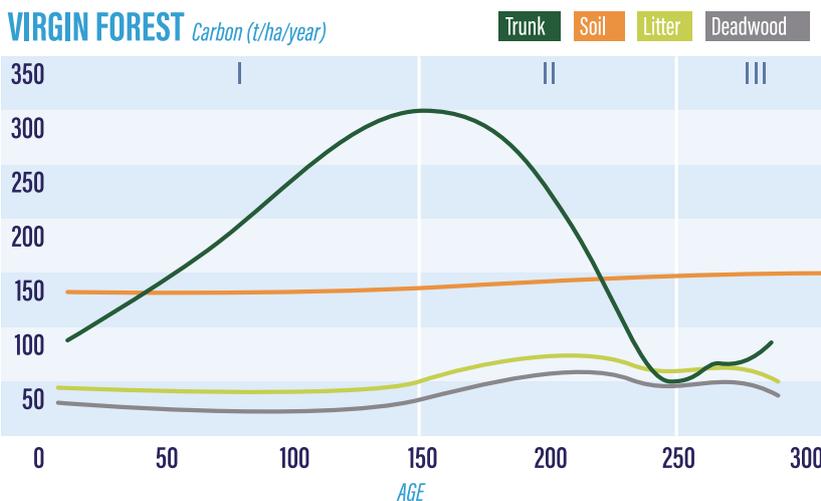


Fig. 4 - Quantità di carbonio assorbita da una foresta non gestita attivamente da un punto di vista produttivo (in tonnellate/ettaro/anno). A completa maturità, in assenza di esbosco e in mancanza di processi di rinnovamento naturale, la foresta non ha più capacità di assorbire il carbonio ma è oggetto di emissione. Legenda colori: verde scuro: assorbimento del soprassuolo forestale - arancione: assorbimento da parte del suolo - verde chiaro: humus - grigio: legno a terra (fonte: Osterreichische Bundesforste Ag)

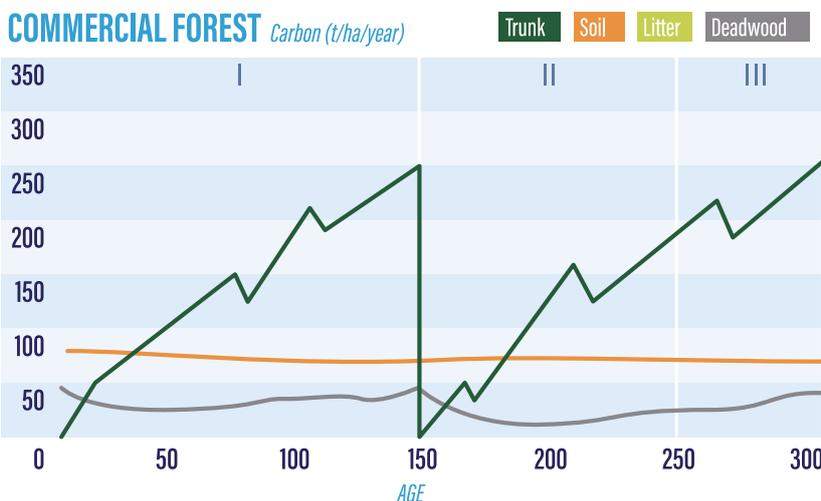


Fig. 5 - Quantità di carbonio assorbita da una foresta gestita attivamente da un punto di vista produttivo (in tonnellate/ettaro/anno). La gestione attiva e il rinnovamento delle piante permettono di valorizzare il bosco in termini di mitigazione dei processi di riscaldamento climatico e il suo ruolo di "carbon sink". Legenda colori: verde scuro: assorbimento del soprassuolo forestale - arancione: assorbimento da parte del suolo - verde chiaro: humus - grigio: legno a terra (fonte: Osterreichische Bundesforste Ag)

Il metodo di gestione influisce sulla capacità di stoccaggio e, di conseguenza, anche sugli effetti di sostituzione. Se l'uso della foresta viene intensificato (ad esempio, se viene attuato un controllo attivo delle scorte e una loro riduzione per effetto di un accorciamento del ciclo di abbattimento), il carbonio stoccato della biomassa vivente della foresta si riduce, mentre aumenta il carbonio immagazzinato nei prodotti legnosi da essa derivati. Se sono disponibili maggiori quantità di legno, aumentano anche la sostituzione dei materiali e dei combustibili. Al contrario, se l'uso viene esteso, le scorte nella foresta aumentano per un certo periodo e il carbonio viene immagazzinato nella biomassa viva e nel legno morto. Segue poi una fase di equilibrio e di decadimento. In questo caso, però, il carbonio viene trasferito in misura minore o nulla ai prodotti legnosi e quindi gli effetti della sostituzione di materiali o energia sono decisamente inferiori.

Utilizzare legname prodotto da un'economia forestale concepita secondo criteri di gestione sostenibile dei boschi, che di per sé sono inesauribili, può pertanto essere considerato come un modo per contribuire durevolmente ed efficacemente alla tutela del clima. D'altro canto, il legno ha un'ampia gamma di impieghi possibili: per la realizzazione di elementi da costruzione, nei mobili, per la fabbricazione di imballaggi, per la produzione di cellulosa e carta nonché come combustibile a fini di riscaldamento. Ai fini della valutazione delle emissioni di CO₂ sono pertanto rilevanti i seguenti aspetti:

- » l'uso del legno o dei suoi prodotti derivati in sostituzione di altre materie prime o manufatti tradizionali;
- » in un'ottica di uso a cascata del materiale, l'utilizzo del legno e degli scarti legnosi a scopi energetici può ridurre se non sostituire lo sfruttamento di vettori energetici fossili;
- » l'uso di prodotti legnosi in cicli di "consumo" di lunga durata aumenta gli stock di carbonio immobilizzato.

Proprio con riferimento al terzo punto dell'elenco soprastante, giova sottolineare che qualora il legname venga utilizzato per la realizzazione di prodotti a base di legno ad uso strutturale è possibile assicurare lo stoccaggio della CO₂ all'interno degli stessi per almeno 50 anni, ovvero per un periodo di durata pari alla vita nominale dell'opera in cui sono incorporati permanentemente (come definito dagli Eurocodici e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni).



Fig. 6 - Gli analisti vedono la pandemia come una prima sfida globale per valutare il livello di preparazione nel caso in cui non si riesca a contenere l'incremento della temperatura terrestre al di sotto di 1,5°C. Infatti, qualora non venissero raggiunti gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra entro il 2030, si dovrà parlare non più di mitigazione ma di adattamento ai cambiamenti climatici (fonte: The Economist)

1.5 La Commissione Europea e Il ruolo della fiera del Legno nel processo di rivoluzione edile

Nella comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo datata 14 ottobre 2020, *"A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives"*, si ricorda in più punti l'importanza di utilizzare il legno nel quadro edile comunitario. Ai fini di una facilità di lettura, si riportano di seguito due importanti punti di interesse sul tema:

- » P.to 3.2, "Creare un ambiente costruito sostenibile": *"La Commissione promuove la sostenibilità ambientale delle soluzioni e dei materiali edilizi, tra cui il legno e i materiali di origine biologica, le soluzioni basate sulla natura e i materiali riciclati, sulla base di un approccio globale di valutazione del ciclo di vita"*;
- » P.to 3.7, "Un nuovo Bauhaus Europeo per abbinare stile e sostenibilità": *"Il nuovo Bauhaus europeo farà inoltre da acceleratore per soluzioni, tecnologie e prodotti verdi e digitali promettenti sul piano sociale ed estetico. Promuoverà soluzioni innovative in termini di architettura e di materiali. I materiali naturali come il legno possono svolgere un ruolo cruciale nella concezione del nuovo Bauhaus europeo, in quanto possono presentare un duplice vantaggio: stoccare le emissioni di carbonio negli edifici ed evitare le emissioni che sarebbero state necessarie per produrre materiali da costruzione convenzionali"*.

Le proposte di indirizzo sopra riportate trovano infine riferimento non solo a livello di comunicativo, ma possono contare su numerose pubblicazioni scientifiche sul tema. Allo stesso modo è necessario ripensare a un "building of materials" che estenda l'analisi della sostenibilità all'intero edificio e ne definisca il ruolo nei processi di riscaldamento climatico.



Fig. 7 - Prefabbricazione, cura dei dettagli e stoccaggio di CO₂ sono gli elementi che fanno delle costruzioni in legno la tecnologia di riferimento per il movimento comunitario del New Bauhaus Europeo (fonte: <https://wood4bauhaus.eu/>)

1.6 Edilizia in legno, cambia il business model: la sostenibilità al centro

I sistemi costruttivi in legno possono costituire un forte elemento di mitigazione dei processi di riscaldamento climatico, come sottolineato dallo studio "Wood in Construction in the UK: An Analysis of Carbon Abatement Potential" del febbraio 2019, realizzato a cura del The BioComposites Centre per conto della Commissione sul Cambiamento Climatico EU.

Di seguito si riportano alcune indicazioni contenute in tale studio, per fornire al lettore una prima sensibilità in merito all'argomento, in linea con quanto definito dalle politiche di indirizzo della Commissione "A Renovation Wave for Europe - Greening Our Buildings, Creating Jobs, Improving Lives".

Lo studio si basa su dati LCA (*Life Cycle Assessment*) e su analisi di strumenti quali in primis l'EPD (*Environmental Product Declaration*) dei prodotti utilizzati nelle realizzazioni edili, e conferma che aumentare il volume di legno utilizzato in edilizia rappresenta un'opportunità significativa per ridurre le emissioni di gas serra. Considerando il solo settore residenziale, l'abbattimento aggiuntivo annuo totale delle emissioni legato alle tendenze di crescita del settore delle costruzioni in bioedilizia in legno nel Regno Unito risulta essere di circa 2,2 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente. Circa la metà deriva da una riduzione delle emissioni mentre l'altra metà dal carbonio sequestrato.

Questi numeri possono essere senz'altro di riferimento per una transizione ecologica del sistema edile del nostro Paese, che sia allinea con il resto dell'Unione Europea nella volontà di identificare dei pozzi di accumulo di CO₂ di lungo periodo, e si sta muovendo per aumentare la quantità di elementi in legno destinati ad essere incorporati permanentemente nelle opere di ingegneria.

Fig. 8 - Promuovendo la realizzazione di edifici (anche alti) in legno in sostituzione delle realizzazioni con tecniche tradizionali, il settore edile mondiale potrebbe trasformarsi già dal 2035 da un soggetto emittente a un soggetto "carbon removal" (Fonte: Yale School of the Environment)



2 EDIFICI IN LEGNO E SICUREZZA

"Non c'è nulla di immutabile, tranne l'esigenza di cambiare"

Eraclito

2.1 Considerazioni introduttive

Gli edifici a struttura di legno, che fino a qualche decennio fa erano tipicamente associati all'idea di villette isolate in zone rurali a uno o due piani fuori terra e solitamente in legno anche nell'aspetto esteriore, e che difficilmente potevano essere inseriti nei contesti urbani e architettonici delle nostre città, hanno avuto di recente una costante e crescente evoluzione, soprattutto nel settore dell'edilizia scolastica e residenziale, con sviluppi significativi tanto in pianta quanto in elevazione.

I motivi che hanno portato e stanno tuttora portando alla riscoperta del legno come materiale da costruzione anche nella realizzazione di edifici multipiano sono da imputare essenzialmente a **tre diversi ordini di ragioni**.

Il **primo** ordine di ragioni è legato **allo sviluppo tecnologico di macchine a controllo numerico** per il taglio computerizzato del legno, senza il quale le moderne tecnologie in legno non si sarebbero potute diffondere.

Questo ha determinato una vera e propria rivoluzione nella progettazione edilizia, ribaltando la prassi abituale dell'edilizia tradizionale in calcestruzzo armato, nella quale gran parte delle decisioni riguardanti le tamponature, gli infissi, gli impianti ed i rivestimenti vengono prese in cantiere una volta realizzata l'ossatura della struttura portante.

Nel caso del legno, infatti, potendo disporre di potenti e precisi strumenti di lavoro, grazie ai quali realizzare al computer dei modelli tridimensionali degli edifici da realizzare, le imprese hanno la possibilità di codificare i tagli e le lavorazioni che andranno effettuate sugli elementi strutturali. I modelli vengono successivamente trasformati in file macchina per il taglio computerizzato al pantografo, garantendo la precisione del mm e realizzando qualsiasi forma geometrica. Naturalmente, l'adozione di modelli di lavoro di questo tipo comporta la necessità di dover prendere tutte le decisioni relative agli aspetti costruttivi già nella fase progettuale, scegliendo la tipologia di infissi (dai quali poi derivano le dimensioni delle aperture da realizzare), decidendo i passaggi impiantistici e quindi le lavorazioni da effettuare sui pannelli per i passaggi attraverso gli elementi strutturali, e così via.

Fig. 9 - Nuove tecnologie costruttive che vedono l'utilizzo di pannelli CLT e travi in legno lamellare in un processo di ibridazione con elementi in calcestruzzo armato e acciaio permettono di realizzare strutture complesse e di rendere il panorama urbano sostenibile (cortesy: BNKC architecture)



Il **secondo** ordine di ragioni, strettamente legato al precedente, è **l'evoluzione che si è avuta nel settore della ferramenta** e in particolar modo nella produzione delle viti da legno. Il passaggio dalle viti tirafondo, ovvero viti a testa esagonale con gambo dello stesso diametro della parte filettata, le più diffuse tra la fine degli anni '90 e i primi anni 2000 e per le quali è necessario eseguire un preforo prima dell'inserimento nel legno, alle viti autoforanti che consentono l'inserimento nel legno con operazioni molto più semplici e veloci, utilizzando un semplice avvitatore e senza necessità di preforare, ha rappresentato un avanzamento epocale nella tecnica delle costruzioni in legno.



Fig. 10 - Elementi di fissaggio (esempi): le viti autoforanti consentono la realizzazione del collegamento senza la necessità di preforare; questo ha determinato un passaggio fondamentale nella tecnica delle costruzioni in legno.

L'avvento delle viti autoforanti ha favorito poi la diffusione di nuovi sistemi costruttivi come quello a pannelli di tavole incollate a strati incrociati (CLT, Cross Laminated Timber, in Italia anche noto con la dicitura "XLAM") che, in presenza di viti che richiedono l'esecuzione di un preforo prima dell'inserimento nel legno, avrebbe comportato dei tempi lunghissimi per la realizzazione di edifici anche di pochi piani. Parallelamente, è importante sottolineare la forte influenza legata alla diffusione di piastre tridimensionali forate (in particolar modo gli hold-down e gli angolari) sempre più performanti, che ha contribuito non poco ad aumentare le prestazioni ottenibili dai sistemi costruttivi in legno e garantendo elevati livelli di sicurezza anche in condizioni estreme (es. terremoti di forte intensità).

Infine, il **terzo** ordine di ragioni riguarda gli importanti **risultati ottenuti nel campo della ricerca scientifica**, e in particolar modo nel campo del comportamento sismico, attraverso l'esecuzione di prove su edifici in vera grandezza sottoposti a registrazioni di terremoti reali avvenuti in passato. A tal riguardo è importante ricordare il progetto SOFIE condotto tra il 2005 e il 2007 dall'Istituto CNR-IVALSA (attualmente CNR-IBE) in collaborazione con il National Institute for Earth science and Disaster Prevention (NIED), l'Università di Shizuoka e il Building Research Institute (BRI) del Giappone, durante il quale è stata svolta una campagna di prove sismiche su un edificio di 3 piani in CLT presso la tavola vibrante del NIED di Tsukuba in Giappone, seguita da una campagna di prove sismiche su un edificio di 7 piani presso la tavola vibrante più grande al mondo, la E-Defence del NIED a Kobe e da una prova di incendio reale della durata di 60 minuti sullo stesso edificio di 3 piani testato presso il laboratorio del BRI di Tsukuba.

Un altro progetto interessante è stato il progetto NEESwood realizzato da un consorzio di università americane coordinate dalla Colorado State University, che ha portato nel 2009 all'esecuzione di una campagna di prove sismiche sempre presso la E-Defence di Kobe su un edificio a telaio leggero di 6 piani.

Infine, è necessario ricordare il SERIES Project (sviluppato tra il 2011 e il 13), un progetto di ricerca transnazionale che ha visto la collaborazione tra l'Università di Trento (Italia), la Graz University of Technology (Austria) e l'Università di Minho (Portogallo) e ha portato ad eseguire numerosi test sismici su edifici in scala reale di due piani fuori terra presso la tavola vibrante dell'LNCE (Laboratorio Nazionale di Ingegneria Civile) di Lisbona, permettendo di comparare le prestazioni di costruzioni aventi geometria simile ma realizzate con sistemi costruttivi a telaio leggero, CLT e log-house.



Fig. 11 - Progetto SOFIE: tra il 2005 e il 2007 il CNR IVALSA (attualmente CNR IBE) assieme al National Institute for Earth science and Disaster Prevention (NIED) ha effettuato una campagna di prove sismiche prima su un edificio di 3 piani a Tsukuba e successivamente di 7 piani presso la tavola vibrante più grande del mondo, la E-Defence nei pressi di Kobe. I test hanno confermato la resilienza dell'edificio, dimostrando che la moderna ingegneria e tecnologia in legno può contribuire alla sicurezza abitativa in zone considerate come "sismiche".

Oltre a quelle sopracitate, ci sono in realtà numerose ulteriori motivazioni intrinseche che hanno determinato la recente diffusione dei sistemi costruttivi in legno. È infatti chiaro il ruolo che riveste il legno in una ottica di sostenibilità nel settore edilizio. Il legno è l'unico tra i materiali da costruzione che possa definirsi realmente sostenibile. È sicuramente un materiale rinnovabile che cresce in "fabbriche naturali" come le foreste dove per crescere necessita dell'unica fonte di energie sempre disponibile ed illimitata, ovvero l'energia solare, attraverso un processo di trasformazione completamente sostenibile. Infatti il legno utilizzato in edilizia (obbligatoriamente nel settore pubblico, dove il Decreto sui Criteri Ambientali Minimi in Edilizia lo impone, ma anche nel settore privato dove è diventato un requisito imprescindibile richiesto dal mercato) proviene da foreste gestite attraverso criteri di sostenibilità e certificate attraverso protocolli di certificazione internazionalmente riconosciuti con l'FSC (Forest Stewardship Council) e il PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) grazie ai quali la risorsa tagliata viene ripiantata in modo da garantire un mantenimento ed una crescita ulteriore nel tempo.

Dal punto di vista della sostenibilità, il legno ha inoltre la capacità di stoccare all'interno della propria matrice biologica il carbonio, grazie ai processi di fotosintesi clorofilliana, una qualità che nessun altro materiale da costruzione possiede.

Ogni metro cubo di legno utilizzato stocca infatti al suo interno circa 0,9 ton di CO₂ fino al termine del suo ciclo di vita. Se a questo si sommano il risparmio medio che si ha nel processo di taglio e lavorazione di un metro cubo di legno rispetto alle emissioni medie di CO₂ che si hanno nella produzione di un metro cubo di altri materiali tradizionalmente utilizzati in edilizia come i mattoni, il calcestruzzo, il vetro o l'acciaio, si ottiene un ulteriore risparmio di 1,1 ton di CO₂ che portano a 2 le tonnellate di anidride carbonica totali risparmiate nella produzione di un metro cubo di legno. I vantaggi in termini di sostenibilità si traducono in termini molto concreti attraverso l'applicazione, nella redazione dei regolamenti edilizi locali, di protocolli di valutazione delle qualità ambientali ed energetiche degli edifici, che possono portare a diverse forme di incentivazione, da uno sconto sugli oneri di urbanizzazione, ad incrementi volumetrici e persino ad un contributo sul costo di costruzione.

Altro aspetto importante è la velocità di costruzione, favorita sia da un processo costruttivo che avviene nella maggior parte dei casi interamente a secco (ad eccezione naturalmente delle fondazioni, che vengono quasi sempre realizzate in calcestruzzo armato) e attraverso l'elevato livello di prefabbricazione degli elementi costruttivi che vengono pretagliati, prelaborati e a volte preassemblati in stabilimento, per poi essere posati agevolmente in cantiere realizzando dei semplici collegamenti meccanici. Per capire il vantaggio in termini di velocità delle costruzioni in legno è possibile confrontare la realizzazione di un solaio in latero-cemento con la realizzazione di un solaio in legno. Nel solaio in latero-cemento occorre puntellare il solaio, casserare le travi (utilizzando il legno), posare il solaio, effettuare il getto, aspettare la maturazione e poi disarmare. Il tempo di realizzazione è circa un mese. Nel caso di un solaio in legno in un edificio multipiano, una volta montate le pareti, basta posare i pannelli del solaio in legno ed effettuare il collegamento con viti o angolari metallici con un processo costruttivo effettuato interamente a secco. Il tempo di realizzazione è pertanto di poche ore. Anche tutta la successiva fase di montaggio delle componenti impiantistiche e dei pacchetti costruttivi architettonici è molto più veloce, dato che gli elementi strutturali in legno (si pensi ad esempio alle pareti) offrono un supporto sul quale è molto semplice collegare impianti, isolanti e rivestimenti, con l'utilizzo di viti e staffe metalliche, senza la necessità di effettuare tracce o scassi.

Queste semplificazioni realizzative si traducono anche in una maggiore sicurezza in cantiere, dato che i ridotti tempi di costruzione comportano meno rischi per gli operatori coinvolti e sia gli elementi costruttivi che gli attrezzi utilizzati per il montaggio sono molto più leggeri rispetto ad un cantiere tradizionale.



Fig. 12 - Le operazioni di cassetta e di maturazione dei getti possono comportare lunghi tempi di attesa nelle fasi di avanzamento del cantiere



Fig. 13 - I sistemi costruttivi a secco hanno sicuramente velocità di esecuzioni ben più snelle non dovendo contare sui tempi di attesa di maturazione dei getti.

Anche dal punto di vista dell'efficienza energetica le costruzioni in legno offrono dei notevoli vantaggi rispetto ai sistemi costruttivi tradizionali. Il legno ha già di per sé delle buone proprietà isolanti rispetto a altri materiali e se opportunamente accoppiato a cappotti isolanti di spessore non eccessivo (es. 12-14 cm) riesce a garantire prestazioni eccellenti in termini di efficienza energetica a fronte di uno spessore relativamente contenuto del pacchetto complessivo.



Fig. 14 - I processi di industrializzazione e prefabbricazione in stabilimento permettono di portare in cantiere elementi già provvisti dello strato isolante e dei serramenti, minimizzando gli errori, eliminando le variabili di temperatura e umidità, e contestualmente massimizzando la qualità costruttiva dell'opera.

2.2 L'evoluzione in altezza dei sistemi costruttivi in legno

Le motivazioni espone nei paragrafi precedenti hanno favorito la realizzazione di edifici multipiano con struttura di legno che, negli ultimi 20 anni, sono cresciuti esponenzialmente in tutto il mondo. Tale tendenza è tanto visibile in Italia quanto in Europa, dove si è visto il recente completamento di edifici in legno con un numero di piani variabile dai 6 ai 24 (raggiunti finora a Vienna) e in aree geografiche caratterizzate da diversi livelli di sismicità, determinando una vera e propria gara in altezza degli edifici in legno.



Fig. 15 - Overview degli edifici alti in legno nel mondo. La concentrazione maggiore si ha nei Paesi che hanno strutturato una normativa più robusta e laddove effettivamente si tende ad un nuovo quadro di sostenibilità (fonte: Cree Buildings GmbH)

Le motivazioni esposte nei paragrafi precedenti hanno favorito la realizzazione di edifici multipiano con struttura di legno che, negli ultimi 20 anni, sono cresciuti esponenzialmente in tutto il mondo. Tale tendenza è tanto visibile in Italia quanto in Europa, dove si è visto il recente completamento di edifici in legno con un numero di piani variabile dai 6 ai 24 (raggiunti finora a Vienna) e in aree geografiche caratterizzate da diversi livelli di sismicità, determinando una vera e propria gara in altezza degli edifici in legno.

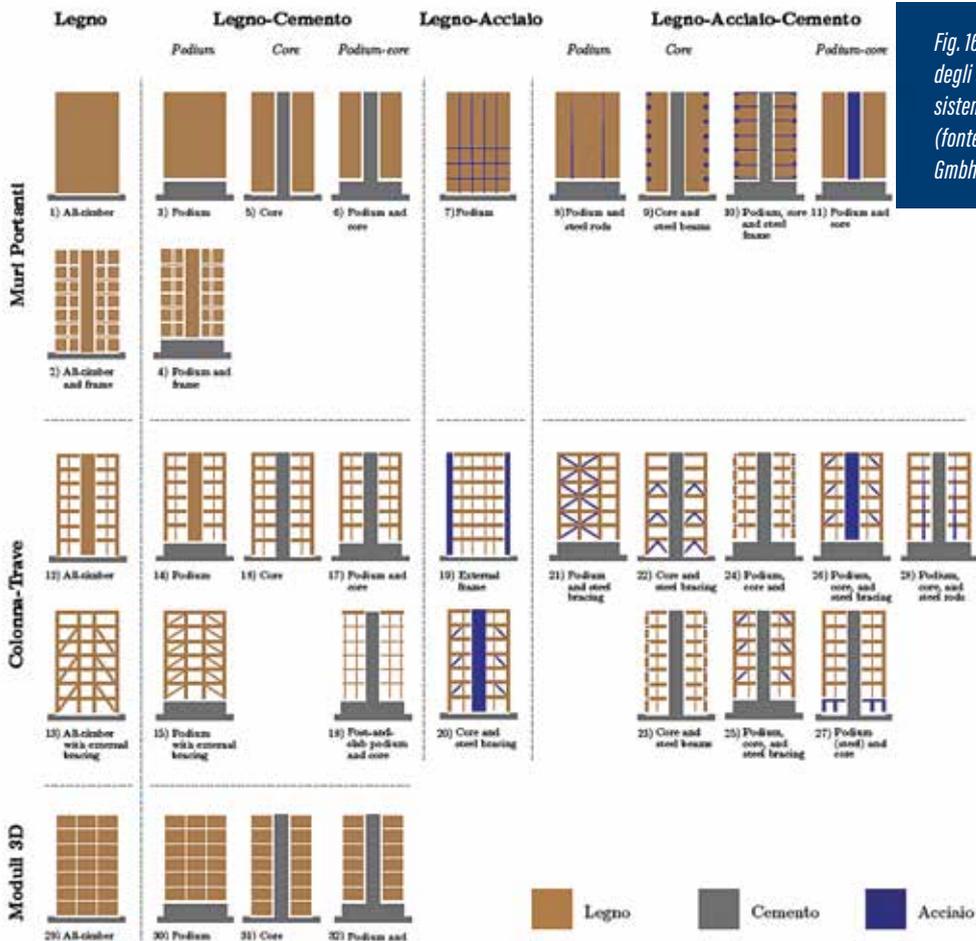


Fig. 16 - Overview degli edifici alti e sistemi costruttivi (fonte: Cree Buildings GmbH)

Legno
 Cemento
 Acciaio

Entrambe le soluzioni presentano naturalmente vantaggi e svantaggi, anche in relazione alle argomentazioni illustrate ai paragrafi precedenti. Per le soluzioni ibride, tra i vantaggi possiamo sicuramente annoverare la possibilità di realizzare un numero di piani maggiore in zone a media/elevata sismicità, come è il caso dello studentato Brock Commons di 18 piani a Vancouver (Canada) dove i due nuclei scala/ascensore in CA resistono alle azioni orizzontali (il sisma e il vento) mentre i carichi verticali sono trasmessi alle fondazioni attraverso solai in CLT di 17 cm di spessore appoggiati puntualmente su pilastri di legno lamellare disposti a maglia regolare. Scelte di questo tipo consentono inoltre di avere maggiore flessibilità architettonica, non essendo necessario inserire pareti in legno sismoresistenti.

Tra gli svantaggi o le possibili problematiche sicuramente vanno annoverati i tempi di costruzioni più lunghi, dipendenti dalla costruzione della parte in CA, il minor livello di sostenibilità della costruzione, la complessità nella progettazione dei collegamenti tra legno e CA (dove i diaframmi in legno di piano devono trasferire tutta la forza sismica ai setti in CA) e la maggior complessità a livello di progettazione strutturale avendo due sistemi costruttivi che lavorano in parallelo, con comportamento non lineare e capacità dissipative differenti.

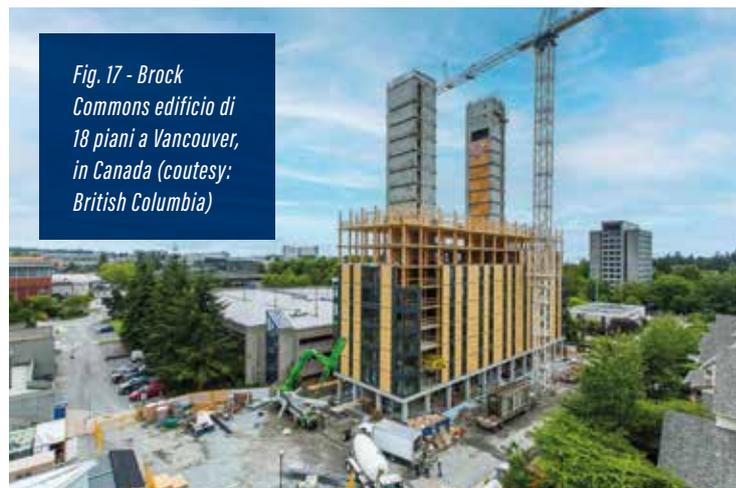


Fig. 17 - Brock Commons edificio di 18 piani a Vancouver, in Canada (cortesy: British Columbia)

Per le soluzioni interamente in legno, tra le quali possiamo sicuramente citare l'intervento di social housing di Via Cenni a Milano, che ha visto la realizzazione di 4 edifici a torre di 9 piani interamente in CLT oltre ad una serie di edifici di due piani che svolgono la funzione di collegamento con le torri, i vantaggi e gli svantaggi sono differenti. Per quanto riguarda i vantaggi, bisogna sicuramente considerare il maggior livello di sostenibilità della costruzione, la velocità di costruzione visto che il montaggio delle strutture, una volta realizzate le fondazioni, è interamente a secco e il ridotto peso di tutti gli elementi impiegati che comporta una elevata facilità di movimentazione in cantiere e un

ridotto pericolo per gli operatori coinvolti. A margine di questi, vanno poi sicuramente citati i vantaggi dal punto di vista del comportamento sismico e del dimensionamento delle fondazioni, essendo inferiori le masse e i carichi trasmessi rispetto a soluzioni interamente in CA o muratura.

Tra gli svantaggi o i limiti ci sono sicuramente il massimo numero di piani in zona sismica (il complesso di via Cenni citato poco sopra raggiunge 9 piani fuoriterza, in zona a bassa sismicità), le problematiche nella progettazione dei collegamenti alle fondazioni, in particolare quelli di presidio al sollevamento e, in zone a media-alta sismicità, sicuramente una minor flessibilità architettonica dovuta alla presenza diffusa di pareti in legno sismoresistenti nelle due direzioni principali.

In ogni caso la tecnologia costruttiva degli edifici multipiano in legno è tuttora in corso di evoluzione e nuovi collegamenti sia dissipativi che non dissipativi, in particolar modo per quel che riguarda il presidio al ribaltamento, sono in corso di studio e sperimentazione, in modo da favorire il superamento delle barriere tecnologiche che parzialmente limitano lo sviluppo in altezza di questa tipologia di costruzioni.



Fig. 18 - Edificio di Via Cenni a Milano: quattro torri di 9 piani interamente in legno (Courtesy: Polaris sgr)

2.3 Sicurezza sismica

Con riferimento alla resistenza sismica da conferire alla costruzione, il legno è considerato un materiale particolarmente adeguato all'impiego in zona sismica, potendo contare su una massa volumica ridotta e rapporti massa/resistenza simili a quelli delle strutture di acciaio ma molto più vantaggiosi rispetto a quelli delle costruzioni tradizionali (calcestruzzo e muratura). Ciò significa che le sollecitazioni agenti su una costruzione in legno in caso di terremoto, essendo proporzionali alla massa dell'edificio stesso, risultano di molto inferiori. D'altra parte, le strutture in legno sono tipicamente più flessibili di strutture analoghe ma realizzate, ad esempio, in calcestruzzo armato o in muratura: questo si rivela essere un ulteriore vantaggio, in quanto una struttura flessibile è generalmente meno "sensibile" alle sollecitazioni dinamiche derivanti da una eccitazione sismica. Tuttavia, il legno presenta caratteristiche sfavorevoli legate all'intrinseca fragilità del materiale, almeno nel caso di sollecitazioni di trazione e flessione. Si deve osservare però che l'edificio in legno non è mai un corpo monolitico, ma è formato da diversi elementi (principalmente travi, pareti e solai) uniti mediante connessioni meccaniche. Tali collegamenti, se ben progettati ed eseguiti, possono dare un contributo estremamente favorevole al comportamento globale dell'edificio, grazie alle deformazioni plastiche delle parti metalliche e all'attrito tra le superfici di legno a contatto, dissipando notevoli quantità di energia durante un terremoto. Tali affermazioni sono ampiamente provate sia da recenti studi effettuati sui moderni edifici in legno, sia dall'osservazione del comportamento delle strutture esistenti durante i passati eventi sismici.

Le ottime prestazioni sismiche sono riconosciute anche per i sistemi costruttivi solitamente utilizzati per realizzare le abitazioni con struttura di legno, se opportunamente concepite, progettate e realizzate. Si tratta di tipologie costruttive che prevedono l'assemblaggio di elementi strutturali planari (pannelli), siano essi di tipo intelaiato leggero che massicci in compensato di tavole (CLT/XLAM), connessi procedendo in successione piano per piano (tecnica del *"platform frame"*). Si tratta di tipologie costruttive nelle quali gli elementi strutturali possono assolvere contemporaneamente la funzione portante e di involucro edilizio. Tali sistemi possono essere facilmente realizzati utilizzando sia elementi prefabbricati che modulari, prodotti in stabilimento, e in seguito posati in opera mediante collegamenti meccanici e/o dispositivi in acciaio.

Per quanto riguarda gli edifici a pannelli intelaiati, essi sono molto diffusi soprattutto nel mondo anglosassone, in primis nel Nord Europa, in Canada, in Nuova Zelanda ed in Nord America. L'ossatura portante del sistema, definita da montanti disposti a distanza piuttosto ravvicinata e da traversi in legno (il telaio di legno appunto), viene chiusa con pannelli a base di legno di ridotto spessore, connessi impiegando dei mezzi di collegamento semplici quali chiodi, cambrette o viti. I pannelli di rivestimento assolvono contemporaneamente la funzione controventante nel piano della parete e di chiusura del telaio.

Relativamente alle costruzioni a pannelli massicci che utilizzano tipicamente pannelli di compensato di tavole incrociate, come detto poco sopra, sono sistemi di più recente introduzione in Europa, ma con ottime prospettive di sviluppo anche altrove come dimostrato da recentissime realizzazioni in Canada, Stati Uniti, Australia e Giappone. Si tratta di strutture caratterizzate da elementi costruttivi piani, utilizzati sia come pareti che come solai, ottenuti per sovrapposizione di strati incrociati di tavole, e uniti tra loro mediante incollaggio o mediante mezzi di unione meccanici.

Ambedue i sistemi costruttivi presentano caratteristiche sismo-resistenti molto interessanti e si ritengono adatti all'uso anche in siti caratterizzati da terremoti ad alta intensità. In particolare, gli edifici in legno realizzati mediante questi sistemi costruttivi si prestano ad essere facilmente riparati nelle fasi post-sisma, con la sostituzione delle parti/elementi e/o dei collegamenti danneggiati.

Le affermazioni precedenti sono state dimostrate dalle campagne sperimentali citate in precedenza che hanno non solo consentito, attraverso l'esecuzione di prove sismiche su edifici in vera grandezza, di studiarne in dettaglio la performance sismica e i possibili sistemi di dissipazione energetica, ma anche di mettere a punto i criteri di progettazione e i dettagli costruttivi fondamentali per garantire il comportamento corretto durante un terremoto. Gli stessi hanno poi portato conoscenze ed informazioni fondamentali utilizzate nel al processo di revisione degli Eurocodici relativi alla progettazione delle strutture di legno, in particolare l'Eurocodice 8 per la progettazione in zona sismica dove il capitolo che affronta la progettazione delle strutture di legno è passato dalle sei pagine attuali alle circa quaranta della versione revisionata, nella quale sono stati inclusi i sistemi costruttivi finora conosciuti (alcuni dei quali non contemplati nell'Eurocodice 8 attuale) e per ognuno di essi sono state definite opportune regole di progettazione, dei criteri di gerarchia delle resistenze, i valori aggiornati del coefficiente di comportamento, i valori dei coefficienti di sovraresistenza e i dettagli esecutivi.

3 EDIFICI IN LEGNO E DURABILITÀ

"Così come vi è molto del passato in ciò che è presente, così vi è anche molto del presente in ciò che sarà nel futuro"

John Kenneth Galbraith

3.1 Generalità

La concezione tecnologica rappresenta un aspetto fondamentale all'interno del processo che porta alla realizzazione di un edificio con struttura di legno e va risolta sin dalle fasi progettuali, al fine di garantire il mantenimento delle prestazioni e la durabilità per l'intera vita dell'opera.

Come è noto, la progettazione di una struttura in legno è un processo multidisciplinare e deve tener conto della naturale tendenza del legno al degrado biologico qualora venga esposto a determinate condizioni di umidità. In generale, per poter sfruttare il legno nella produzione di oggetti e di qualsiasi altro bene che deve durare nel tempo, è necessario impedire o per lo meno ritardare il degrado biologico per la durata di vita richiesta all'oggetto in questione. Questa problematica è di grande importanza anche gli edifici in legno, soprattutto se si considera che gli aspetti legati alla loro concezione sono talvolta erroneamente derivati da quelli di altri materiali strutturali.

Per un progettista, il termine "azione" è generalmente collegato al concetto di forza o carico applicato, o a deformazioni impresse o causate da altri fattori (anche eccezionali). Tuttavia, è invalso l'utilizzo del termine in senso lato per indicare quei fenomeni con effetti diretti sulla costruzione (si pensi all'azione del fuoco in uno scenario di incendio). In analogia con le definizioni usate per i fenomeni meccanici, dove con "azione" si indica il carico agente sulla struttura, con "effetto" la sollecitazione meccanica causata sull'elemento strutturale e al termine "rischio" si associa il cedimento strutturale dell'elemento, con riferimento ai problemi legati alla durabilità e alla protezione del legno si potrà parlare di "azione" per le cause che determinano un apporto di acqua o di vapore acqueo all'elemento di legno, di "effetto" per descrivere l'aumento di umidità del legno e di "rischio" in relazione alle possibilità di degrado biologico del materiale.

Per quanto riguarda le "azioni" legate direttamente all'acqua, il progetto deve prevedere tutti i necessari accorgimenti per evitarne il ristagno a contatto del legno e permettere sempre e in qualsiasi punto una buona ventilazione in modo da mantenere condizioni di umidità del legno sotto il 20% (limite oltre il quale si manifestano attacchi fungini). Giova inoltre notare che l'azione delle intemperie può avvenire in maniera indiretta, come capita quando l'acqua piovana è trasportata fino sulla superficie del legno dal vento.

Va sottolineato che la capacità del legno di assorbire acqua per capillarità è favorita nel caso di contatto diretto con altri materiali igroscopici o comunque contenenti acqua, come nel caso di elementi appoggiati direttamente su fondazioni in calcestruzzo armato, oppure nell'eventualità di contatto diretto con il terreno e la vegetazione, con un rischio importante in questo secondo caso anche a causa dei microrganismi presenti.

In generale, le azioni legate ai fenomeni di condensazione possono presentarsi in diversi casi:

- » all'interno di elementi dei pacchetti costruttivi, quando gli strati che li compongono non consentono una diffusione del vapore efficace;
- » sulla superficie degli elementi costruttivi, in caso di condizioni climatiche particolarmente severe che favoriscono la condensazione del vapore contenuto nell'aria; un differente aspetto di tale fenomeno si manifesta in presenza di temperature molto basse, con la formazione di uno strato di ghiaccio superficiale che si trasforma una quantità di acqua spesso importante non appena la temperatura risale al di sopra di 0 °C;
- » all'interno di locali non ventilati e, in caso di apporto notevole di umidità, anche in ambiente domestico.

Anche l'accumulo di neve in prossimità degli elementi della struttura induce molteplici effetti. L'ammasso di neve, infatti, impedisce una corretta ventilazione delle superfici di legno da essa coperte. La neve si trasforma in acqua non appena la temperatura risale, cosicché la neve accumulatasi può portare a infiltrazioni di acqua in parti della costruzione che, in altre situazioni, potrebbero essere considerate come sufficientemente protette.

Per quanto riguarda le "azioni" legate a sostanze diverse dall'acqua, anche se il legno è generalmente poco sensibile ad un buon numero di sostanze chimiche che invece per altri materiali possono rappresentare un rischio importante, non si devono sottovalutare gli effetti di queste condizioni

di esposizione sulle connessioni e sui connettori metallici. La presenza di acqua nel legno in quantità sufficiente favorisce infatti la corrosione dei metalli e ciò, a sua volta, provoca il degrado del legno. Anche in questo caso, i fenomeni possono essere facilmente evitati impedendo l'instaurarsi di condizioni di umidità elevata nel legno e disponendo di elementi metallici protetti, come descritto nel paragrafo successivo.

In perfetta analogia con le verifiche strutturali, si possono individuare le due componenti della relazione della verifica della durabilità, "azione" e "resistenza al degrado", e controllare che le conseguenze della prima non superino la seconda. In linea di principio si può intervenire su entrambe le componenti, cioè riducendo le azioni e/o aumentando la resistenza agli attacchi biologici in genere e, in particolare, a quelli fungini.

La riduzione delle azioni avviene tramite provvedimenti costruttivi, ovvero una adeguata concezione della costruzione, o con l'inserimento di elementi aventi esclusiva funzione di protezione del legno. Viceversa, l'aumento della resistenza ai fenomeni di degrado può avvenire tramite la scelta e l'utilizzo di specie legnose avente una classe di durabilità naturale sufficientemente elevata, o tramite l'applicazione di trattamenti preservanti (superficiali o per impregnazione). Questi ultimi, pur favorendo la durabilità, necessitano tuttavia di adeguata manutenzione e non possono pertanto sostituire in toto i cosiddetti provvedimenti costruttivi, molto più efficienti e duraturi.

3.2 Edifici in legno: dal 600 a.c. ai giorni nostri

All'interno del panorama mondiale, ci sono numerosi esempi di edifici in legno realizzati numerosi secoli fa e che sono arrivati al giorno d'oggi intatti; di seguito e in via sintetica vengono riportati esempi e note a carattere esemplificativo.

LE PAGODE GIAPPONESI



Fig. 19 - Pagoda e kondo nel Tempio di Horyuji - Nara

Nella città di Ikaruga, 15 km a sud-ovest di Nara, si trova uno dei più bei complessi di templi del Giappone. Il gioiello più prezioso è il Tempio di Horyuji. Questo edificio fu costruito nel 607 dal principe Shotoku, grande protettore del buddismo. Comprende circa cinquanta edifici in legno, alcuni dei quali sono tra i più antichi del mondo. I principali punti di interesse dell'Horyuji sono il Nandaimon (la Grande Porta del sud), il Kondo (l'edificio principale), lo Shoryoin (il Padiglione dello Spirito Sacro), la pagoda a cinque piani, il Daikodo (la sala lettura) e lo Yumenodo (il Padiglione dei Sogni). Nel 1993, il Tempio di Horyuji è stato designato un sito del patrimonio mondiale dell'UNESCO.

LE STAVKIRKE NORVEGESI

Le stavkirke sono costruzioni in legno di carattere religioso. La struttura dei muri è costituita da assi verticali, gli "stafr" in lingua norrena, e hanno dato il nome alla tecnica di costruzione. Ad eccezione di una, tutte le stavkirke esistenti (in totale oggi sono 28) si trovano in Norvegia; chiese e cappelle simili erano tuttavia comuni in tutta l'Europa Nord-Orientale, erette nel periodo di cristianizzazione di tali terre. Tra le stavkirke più antiche è necessario menzionare la Undredal stavkirke (Sognfjord) di metà del XII secolo, la Urnes stavkirke (Sognfjord) della prima metà del XII secolo e riconosciuta patrimonio UNESCO, e la Uvdal stavkirke (Buskerud) del 1168.



Fig. 20 - Stavkirke (norvegia) - esempio di realizzazione

LE FACHWERKHÄUSER DELL'EUROPA CENTRO-SETTENTRIONALE

61



Fig. 21 - Fachwerkstrasse - Germania

In Germania, il termine "Fachwerk" è utilizzato per definire un geniale e plurisecolare metodo costruttivo dove un edificio è sorretto da una struttura portante di legno fatta di montanti, travi e puntelli sapientemente assemblati tra loro. Questo scheletro di legno a vista, straordinariamente sofisticato ed ecologico, poteva sopportare le grandi sollecitazioni di neve e vento. Una volta eretta l'intelaiatura portante, gli spazi vuoti tra le travi e i pannelli (chiamati "Gefach") venivano riempiti con un graticcio o una cannicciata di rami sottili rivestita di argilla su entrambi i lati con un impasto di ciottoli o con laterizi.

Il risultato finale era un edificio in cui, a differenza di quanto realizzato nell'architettura classica, struttura e decorazione venivano a essere la stessa cosa, ingegnosa ed esteticamente pregevole.

Sebbene esistano case a travature di legno in numerosi paesi a nord delle Alpi, dall'Inghilterra alla Francia, dalla Svizzera tedesca alla Repubblica Ceca, dalla Danimarca alla Polonia, probabilmente in nessun luogo al mondo queste sono arrivate a caratterizzare così massicciamente, sia per quantità che per qualità, la fisionomia del paesaggio urbano e rurale come in Germania, dove si contano ancora più di due milioni di Fachwerkhäuser edificate nell'arco di sette secoli. Le più antiche, la cui età è stata stabilita grazie alla dendrocronologia, risalgono al XIII secolo (le case di Esslingen risalgono al 1261, quelle di Bad Wimpfen al 1265, quelle di Göttingen al 1276) ma ne esistono alcune centinaia costruite durante il XIV secolo, benché la maggior parte degli edifici oggi rimasti sia sorta nel periodo d'oro della cosiddetta "architettura a traliccio" ovvero quello compreso tra i secoli XV e XVI, ovvero tra il Tardogotico e il Rinascimento.

Nel 1990 è stata creata la Deutsche Fachwerkstrasse, la "Strada delle case a graticcio", che attraversa per 2.800 km tutta la Germania collegando quasi 100 città.

3.3 Carico di umidità: "moisture design"

Il legno ha caratteristiche uniche, che rendono le opere di ingegneria in legno un punto di riferimento sicuro per il settore industriale delle costruzioni. Solo per citarne alcune: leggerezza, opportunità di prefabbricazione spinta degli elementi opachi, tempi di costruzione veloci, stoccaggio di CO₂ e capacità di raggiungere le classi energetiche più elevate.

Una corretta concezione architettonica dell'edificio, come della copertura, realizzato attraverso l'utilizzo di tecnologie in legno può sicuramente essere un elemento di partenza fondamentale per garantire costi di manutenzione in linea con la vita nominale prevista in sede di progetto e che soddisfi le aspettative di una committenza sempre più attenta ai temi di sicurezza abitativa e comfort.

È da sottolineare che, a prescindere dal materiale Utilizzato per realizzare un'opera, questa necessita di manutenzione e contestualmente richiede che vadano considerati gli aspetti di interazione del materiale strutturale con l'acqua (sia essa in forma liquida o presente sottoforma di vapore d'acqua). Infatti:

- » Per gli edifici in acciaio è importante considerare le correlazioni con l'ambiente circostante al fine di evitare quei fenomeni di corrosione generalizzata o concentrata in determinati nodi costruttivi;
- » Per le opere in calcestruzzo armato è necessario considerare che le infiltrazioni dovute alla formazione di fessure possono portare alla perdita delle caratteristiche meccaniche dell'opera stessa.

Il tema della "progettazione dell'edificio nei confronti dell'umidità" è quindi una caratteristica da considerare per tutte le tipologie costruttive. Le opere in legno non differiscono da tale aspetto e considerando le caratteristiche di igroscopicità del materiale e la naturale tendenza dello stesso ad assorbire umidità più velocemente che a cederla, è necessario che il progettista incaricato abbia un bagaglio minimo di conoscenze sugli aspetti tecnologici per una corretta risoluzione dei nodi costruttivi caratterizzanti l'edificio o la struttura in genere.

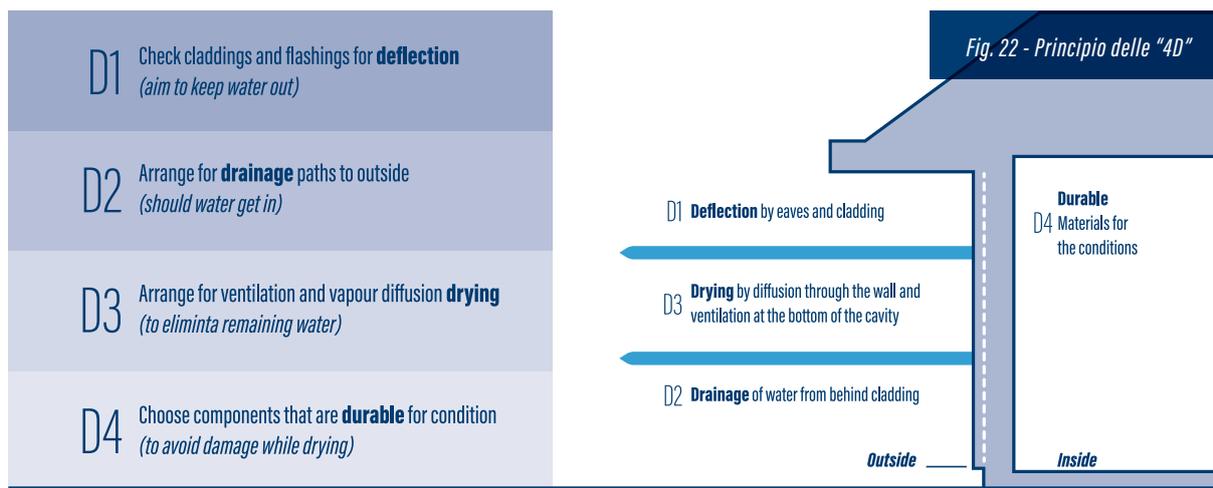
Recenti studi di settore sono concordi nell'affermare che la prima causa di mancanza di durabilità di una struttura di legno sia deputata ad infiltrazioni d'acqua (principalmente dovuta a fenomeni atmosferici) all'interno del pacchetto costruttivo. Al fine di garantire la durabilità per l'intera vita dell'opera, si definisce "moisture design" l'applicazione di tutte quelle azioni volte a mitigare il rischio di degrado biologico derivanti da un eccessivo innalzamento dell'umidità nei componenti strutturali.

3.4 Il principio delle "4D"

Il principio delle "4D" è un modello sviluppato in Canada che considera in modo completo i principi di difesa della struttura al fine di mitigare il rischio di infiltrazione di acqua. I criteri possono essere applicati a qualsiasi tipologia di edificio, dunque a prescindere dal materiale con il quale è realizzato, e prevedono (in ordine di importanza):

- » *deflection*, ovvero la "deviazione" dell'acqua lontano dagli elementi strutturali;
- » *drainage*, cioè il "drenaggio" dell'acqua penetrata negli elementi strutturali;
- » *drying*, intesa come la capacità degli elementi strutturali di "potersi asciugare";
- » *durable materials*, ovvero la scelta di "materiali durabili".

Tali principi sono riassunti all'interno della figura di seguito:



Il principio delle "4D" ha quindi una doppia valenza:

- » per gli aspetti macroscopici dell'edificio, quali ad esempio la forma del fabbricato, le pendenze della copertura, ecc;
- » per gli aspetti di dettaglio, quali ad esempio i provvedimenti legati all'impermeabilizzazione e/o alla ventilazione degli elementi strutturali, e la definizione di tutti quegli accorgimenti costruttivi deputati a risolvere possibili situazioni di criticità che potrebbero innescare il degrado biologico dell'opera.

In analogia quindi a quanto previsto dalle norme legate al dimensionamento degli elementi portanti, è sempre opportuno che i fattori di "difesa" nei confronti del degrado da umidità siano ridondanti al fine di assicurare la corretta progettazione tecnologica dell'edificio.

Deflection - "Deviazione"

Con il termine "deviazione" ("deflection") devono intendersi quei provvedimenti progettuali e costruttivi che tendono a minimizzare l'impatto dell'acqua liquida (es. piovana) sull'involucro dell'edificio. Tale principio, di natura architettonica, è il primo elemento di difesa e probabilmente il più importante, e può essere ottenuto mediante:

- Sporti di gronda o aggetti;
- Profili degli elementi di rivestimento;
- Elementi di protezione;

Drainage - "Drenaggio"

Il principio del "drenaggio" ("deflection") include quelle azioni progettuali che favoriscono l'allontanamento dell'acqua quando questa supera la prima barriera della "deviazione". Tale principio viene attuato con la cura dei dettagli costruttivi, ad esempio la posa di elementi di rivestimento con particolari profili che tendono ad allontanare l'acqua meteorica, così come creando cavità tra la struttura e gli elementi di facciata, al fine di agevolare il drenaggio dell'acqua (sfruttando ad esempio la gravità) e quindi mitigare il rischio di attacco fungino sulla struttura in legno. Il "drenaggio" può quindi essere considerato come elemento ridonante rispetto a quanto già visto nel paragrafo precedente.

Drying - "Asciugatura"

Il principio della "asciugatura" ("drying") assicura la migrazione dell'umidità dalla struttura all'ambiente circostante. Tale situazione avviene tramite due processi, per diffusione o tramite ventilazione, e consente di scambiare l'umidità presente negli elementi strutturali con l'aria presente in prossimità agli stessi. Va tuttavia evidenziato che i processi grazie ai quali la struttura cede l'umidità sono estremamente diversi nel caso in cui si parli di ventilazione o di diffusione. Infatti, mentre nel caso della ventilazione i tempi per ritornare a valori normali (del 12-15%) sono dell'ordine di alcune settimane, nel caso della diffusione la struttura può impiegare mesi a raggiungere tale soglia. Giova infine sottolineare che le tempistiche di ritorno alla situazione di umidità "nella norma" (ovvero non superiore al 18-20%, limite entro cui si abbatte il rischio di un attacco biotico da parte di funghi) dipendono dall'ambiente in cui è ubicata la costruzione, e sono più rapidi nel caso di aree secche e calde mentre risultano più lenti nel caso di ambienti umidi e poco assolati.

Durable materials - "Materiali durabili"

Qualora non sia possibile garantire opportuni livelli di durabilità o sussistano ancora pericoli di un attacco biotico da parte di funghi, è necessario prevedere in sede di progetto l'utilizzo di materiali durabili per lo meno in corrispondenza di quei nodi o porzioni della costruzione che risultano non in linea con i principi di difesa sopra menzionata.

In particolare, si consiglia di far riferimento al principio dei "materiali durabili" ("durable materials") qualora gli elementi siano periodicamente soggetti al contatto con l'acqua. In tale situazione è naturalmente indispensabile concepire dei pacchetti costruttivi ventilati e che possano restituire all'ambiente l'umidità acquisita attraverso meccanismi di diffusione.

Alla luce di quanto esposto in questo e nei paragrafi precedenti, il processo di progettazione di un'opera in legno necessita dunque di essere seguito da tecnici e imprese costruttrici aventi specifiche competenze sia di carattere ingegneristico che tecnologico, e quindi in possesso di opportuno bagaglio tecnico per garantire la qualità del costruito.

3.5 Particolari costruttivi esempi

Di seguito si riportano in forma grafica e schematica alcuni particolari costruttivi che devono essere oggetto di attenzione da un punto di vista tecnologico. Si tratta in ogni caso di esempi, che devono essere opportunamente contestualizzati in ciascun progetto dal progettista e dall'impresa costruttrice.

Nodo di attacco a terra

L'attacco a terra rappresenta un particolare critico soprattutto nei confronti dei rischi connessi all'umidità di risalita. Per tale motivo è necessario adottare tutti gli accorgimenti necessari al fine di garantire una corretta concezione del nodo: in primis è consigliata la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo alto almeno 30 cm.

L'altezza suggerita può essere comunque ridotta rispetto al valore indicato nel paragrafo precedente, ma necessita di particolare attenzione in riferimento principalmente a nozioni di tecnologia del legno. Uno di questi provvedimenti, può essere la realizzazione di particolari drenaggi come altresì eventuali impermeabilizzazioni, nonché lavori di dettaglio atti a creare pendenze che possano assicurare l'allontanamento delle acque meteoriche (e non solo); in ogni caso si consiglia di rispettare la distanza minima di 10 cm tra la soglia di calpestio e il terreno e di 5 cm tra la soglia di calpestio e relativo strato drenante (superficie di scolo).



Fig. 23 - Corretta realizzazione dell'attacco a terra di una costruzione di legno, con la quota di imposta delle pareti del piano terra posta ad una altezza superiore del piano di scorrimento delle acque.

Nodo "Serramento"

Il davanzale di una finestra ha un ruolo principalmente funzionale: deve infatti garantire il deflusso dell'acqua piovana oltre la parete per evitare che la facciata si bagni e quindi possa danneggiarsi. In Italia i davanzali hanno però anche una funzione estetica e quindi, nonostante le grandi innovazioni tecnologiche che hanno riguardato la finestra, i davanzali si rifanno al passato e sono ancora quasi sempre in pietra, con una larghezza leggermente maggiore rispetto al serramento in modo da infilarsi lateralmente per qualche centimetro nel muro. Data la mancanza di alette laterali per il contenimento dell'acqua piovana, i davanzali in pietra sono pertanto poco efficaci nel facilitare il deflusso dell'acqua oltre la facciata.



Fig. 24 - Superficie impermeabile del parapetto trattato finito

Non è infatti raro vedere sulle pareti dei "baffi" ai lati del davanzale nei punti in cui l'acqua, dopo aver raccolto la polvere del davanzale, scorre lungo la parete. Altro difetto frequente nel nostro Paese è quello relativo alle infiltrazioni di acqua verso l'interno, dovute ad una scarsa inclinazione del davanzale in pietra (occorre infatti una pendenza minima del 2%) o all'errata esecuzione del nodo di sigillatura della traversa inferiore.

In generale, al fine di garantire opportuni livelli di sicurezza nei confronti della durabilità, l'impermeabilizzazione nei pressi delle spallette dovrebbe raggiungere per lo meno la quota del profilo di raccordo laterale e, se tecnicamente realizzabile, dovrebbe essere di almeno 6 cm rispetto al piano di imposta del davanzale.



Fig. 25 - a sinistra: profilo per l'intonaco preparato per montaggio del davanzale con una seconda superficie drenate. A destra: il davanzale in pietra viene infilato e opportunamente fissato; da notare la fessatura sul bancale per favorire il deflusso delle acque verso l'esterno.

Nodo "Balcone"

In chiusura di paragrafo, è opportuno segnalare che anche il nodo di attacco del balcone è uno dei punti tecnologicamente più delicati. Al fine di evitare il rischio di decadimento delle proprietà meccaniche della struttura di legno, che potrebbero compromettere non solo la durabilità ma anche la stabilità del balcone, è fondamentale definire dei particolari costruttivi che siano facilmente comprensibili dalle squadre di posa, nonché garantire un controllo costante sull'opera. In generale, per una realizzazione a regola d'arte, sarebbe opportuno prevedere:

- » Una corretta pendenza dell'ossatura di legno, in discontinuità rispetto alla struttura del solaio dell'edificio;
- » Una accurata realizzazione accurata delle guarnizioni e delle giunzioni nei punti dove è presente una soluzione di continuità tra gli elementi di protezione;
- » Una efficace impermeabilizzare del perimetro del balcone, creando opportuni risvolti e gocciolatoi per evitare i fenomeni di risalita dell'acqua.
- » Un completo drenaggio dell'acqua meteorica dalla superficie del balcone volto ad evitarne il totale il ristagno sulla superficie;
- » Una accurata rasatura del getto di calcestruzzo che assicuri la corretta pendenza e ne limiti la fessurazione.

4 EDIFICI IN LEGNO E FUOCO

Il grande vantaggio del giocare col fuoco è che non ci si scotta mai. Sono solo coloro che non sanno giocarci che si bruciano del tutto.

Oscar Wilde

4.1 Generalità

Il legno è un materiale combustibile e tale proprietà ha spesso contribuito a generare dubbi ed equivoci sulla possibilità di un suo fattivo utilizzo in edilizia (sia per elementi strutturali che non strutturali) a causa di una presunta inadeguatezza a garantire la resistenza al fuoco delle opere di cui è parte. Al contrario, gli edifici con struttura in legno garantiscono dei livelli prestazionali e di sicurezza paragonabili agli edifici realizzati con altri materiali, purché vengano adottate delle scelte progettuali idonee.

Negli ultimi decenni diversi gruppi di lavoro, sia a livello italiano che europeo, hanno condotto numerose attività di ricerca sul comportamento al fuoco delle strutture in legno, volte a fornire dati e informazioni per un corretto uso. Le conoscenze attuali, sviluppate sulla base di test di laboratorio e di modellazioni con software agli elementi finiti, hanno contribuito a migliorare l'approccio alla progettazione al fuoco delle strutture di legno, anche in diretta correlazione con lo sviluppo di nuove tecniche costruttive capaci di soddisfare gli stringenti requisiti prestazionali

In generale, la prevenzione e la sicurezza in caso di incendio sono garantite da un insieme integrato di misure di protezione di tipo attivo e passivo. La protezione attiva definisce quell'insieme di misure adottate al fine di ottenere lo spegnimento dell'incendio nella sua fase iniziale. Esempi in tal senso sono i sistemi di rivelazione automatica e di allarme, gli evacuatori di fumo, gli idranti e gli impianti di estinzione o sprinkler. Viceversa, la protezione passiva è costituita da quell'insieme di misure adottate al fine di minimizzare i danni dell'edificio durante la fase di incendio generalizzato e si basano sui principi di resistenza al fuoco, di reazione al fuoco e di compartimentazione dell'edificio.

4.2 Sicurezza in caso di incendio

La combustione del legno avviene dalla superficie verso l'interno della sezione esposta e la carbonizzazione del materiale procede con una velocità pressoché costante. Tale processo avviene con velocità comprese tra 0,55 mm/min e 1 mm/min a seconda della specie legnosa, della densità e del tipo di materiale o prodotto a base di legno considerato, e nel corso del tempo sono stati definiti dei valori normalizzati per conifere e latifoglie.

Il legno mantiene praticamente inalterate le sue caratteristiche meccaniche fino a temperature dell'ordine di 110-120 °C. Inoltre, è un pessimo conduttore di calore e lo strato di carbone che si forma sulla superficie esposta al fuoco "protegge" dall'attacco termico l'area sottostante. In caso di fuoco, la perdita di efficienza di una struttura in legno non avviene quindi per decadimento delle proprietà meccaniche ma per una riduzione della sezione utile a portare i carichi, che si assottiglia all'avanzare della carbonizzazione fino a quando non riesce più ad assolvere il compito per il quale è stata dimensionata.

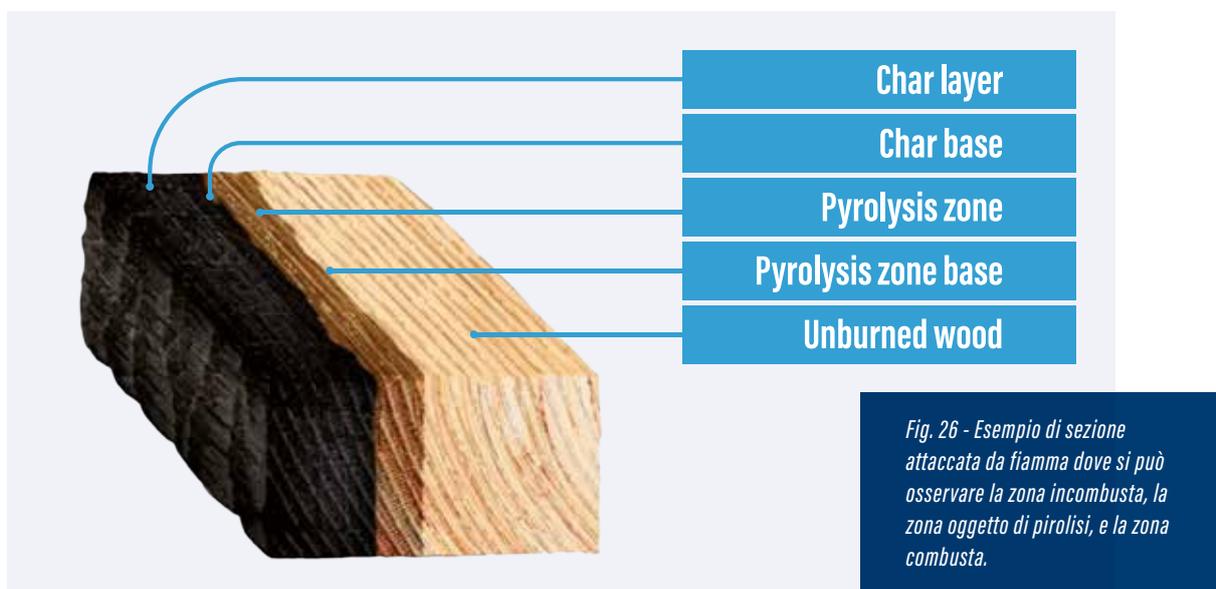
	β_0 [mm/min]	β_n [mm/min]
a) Conifere e faggio		
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica ≥ 290 kg/m ³	0,65	0,7
Legno massiccio con massa volumica caratteristica ≥ 290 kg/m ³	0,65	0,8
b) Latifoglie		
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica ≥ 290 kg/m ³	0,65	0,7
Legno massiccio con massa volumica caratteristica ≥ 450 kg/m ³	0,50	0,55

Tabella 1 - Velocità di carbonizzazione di progetto β_0 e β_n in conformità alla norma UNI EN 1995-1-2 (semplificato)

Per quanto riguarda il tema della resistenza al fuoco degli elementi e di una struttura di legno, le norme di progettazione in vigore propongono un metodo di dimensionamento che si basa sul calcolo della sezione efficace, la quale è ottenuta riducendo la sezione iniziale di una profondità di carbonizzazione "effettiva".

La sezione trasversale di un elemento strutturale di legno, ipotizzato esposto al fuoco su tre lati, può essere schematizzata per ogni lato esposto al fuoco come riportato nella figura sottostante, nella quale si può distinguere:

- » una zona carbonizzata di profondità d_{char} soggetta a temperature superiori a 300 °C, priva di qualsiasi resistenza residua;
- » una zona di transizione, di larghezza d_0 con temperature comprese fra 120 e 280 °C e proprietà meccaniche assai inferiori, seppur non nulle, rispetto a quelle iniziali. In questa zona, detta anche zona di pirolisi, l'aumento di temperatura causa la decomposizione del legno;
- » una sezione efficace residua nella quale le temperature sono tali da poter ritenere che il materiale conservi inalterate le proprie caratteristiche di resistenza e di rigidezza.



La sezione residua si calcola riducendo la sezione iniziale su ogni lato esposto al fuoco della profondità effettiva (d_{ef}) di carbonizzazione, secondo la seguente equazione:

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \cdot d_0 = \beta_0 \cdot t_{fi,req} + k_0 \cdot d_0$$

Dove:

β_0	velocità di carbonizzazione
$t_{fi,req}$	tempo di resistenza al fuoco richiesta (min)
k_0	coefficiente di protezione (pari a 1,0 per superfici non protette)
d_0	7 mm.

La resistenza degli elementi di legno dipende quindi dalla geometria della sezione residua e tale considerazione è valida sia per gli elementi inflessi (travi e solette) che per quelli prevalentemente compressi (pilastri e pareti). Nel caso degli elementi compressi la resistenza dipende anche dalla snellezza della sezione ridotta e, per effetto della carbonizzazione, può essere sostanzialmente maggiore di quella valutata sulla sezione originale. È stato infatti verificato che la riduzione di resistenza nelle sezioni tozze (ovvero in elementi aventi il rapporto base/altezza elevato) esposte al fuoco sia inferiore rispetto a quelle snelle (dove il rapporto base/altezza è ridotto). Tale fenomeno richiede particolare attenzione nel caso degli stati limite ultimi conseguenti a instabilità dell'equilibrio: nel caso di una colonna esposta al fuoco su quattro lati, ad esempio, a una perdita di sezione resistente corrisponde un aumento della snellezza e un maggior rischio di instabilità.

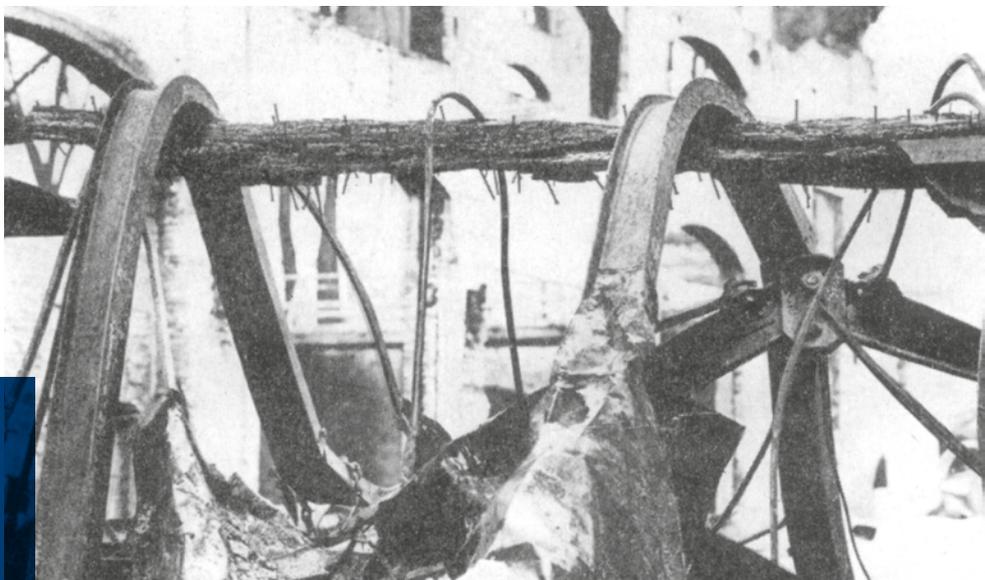
Rimandando ulteriori approfondimenti ai documenti legislativi vigenti, in questa sede si accenna che nella definizione del carico di incendio in presenza di elementi portanti in legno si deve quindi tener conto, oltre al materiale combustibile depositato all'interno del compartimento, anche degli elementi strutturali di legno ivi presenti, valutandone il contributo in funzione dello spessore del materiale esposto che effettivamente può carbonizzare durante l'evento.

4.3 Resistenza e reazione al fuoco

Al fine di garantire la sicurezza in caso di incendio, vanno indagati gli aspetti legati alla resistenza e alla reazione al fuoco di ogni singolo componente costruttivo. La reazione al fuoco è definita come il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto. È una proprietà del materiale che dipende dalla sua stessa natura e, eventualmente, dal trattamento superficiale. Tutti i materiali da costruzione vengono classificati in accordo alla norma UNI EN 13501-1, assegnando loro una Euroclasse di reazione al fuoco (A1, A2, B, C, D, E ed F in maniera crescente all'aumentare della loro partecipazione alla combustione), nonché delle classi aggiuntive per la produzione di fumo (s1, s2, s3) e per il rilascio di particelle infiammabili (d0, d1, d2). Molti prodotti a base legno hanno caratteristiche di reazione al fuoco di tipo "D-s2, d0", con una produzione di fumo non elevata e nessun gocciolamento o caduta di materiale ardente. Un incremento delle prestazioni è possibile ricorrendo a soluzioni costruttive che presentano appropriati rivestimenti, quali materiali isolanti, lastre di cartongesso, etc.

Viceversa, la resistenza al fuoco è definita come la capacità portante di un elemento strutturale in caso di incendio, oltre alla sua capacità di compartimentazione rispetto all'incendio qualora svolga il ruolo di elemento di separazione. Essa è una proprietà del manufatto e non dei materiali che lo compongono; dipende infatti dalla geometria, dai carichi agenti e dalle condizioni di esposizione. Alle strutture portanti generalmente è richiesto il solo requisito di capacità portante ("R") e stabilità, mentre agli elementi di compartimentazione sono richiesti anche i requisiti di tenuta ("E", ossia la proprietà di un elemento, se sottoposto all'azione del fuoco su un lato, di non lasciar passare vapori o gas caldi sul lato non esposto) e di isolamento ("I", ossia la capacità di ridurre, entro un certo limite, la trasmissione di calore).

*Fig. 27 - putrelle ad I d'acciaio
collassate a seguito di incendio
con trave di legno che sorregge
ancora il peso delle stesse grazie
alla sezione residua.*



Oltre ai criteri di verifica degli elementi strutturali di legno, va affrontato il tema della resistenza al fuoco dei collegamenti e in particolare di quelli realizzati con mezzi di unione in acciaio. Essi sono considerati infatti come una parte fondamentale della struttura, ancor più in caso di incendio, poiché l'elemento metallico e/o la parte metallica costituiscono una possibile via di trasmissione del calore all'interno della sezione di legno e possono presentare delle deformazioni, incompatibili con la statica del resto della struttura. In generale, saranno quindi da preferirsi collegamenti protetti, realizzati utilizzando elementi metallici inseriti a scomparsa all'interno dell'elemento o attraverso l'applicazione di sistemi di protezione (pannelli, tappi di legno incollati o chiodi di fissaggio), in modo tale da risultare opportunamente protetti dall'esposizione diretta al fuoco per il tempo necessario a garantirne la resistenza richiesta.

Materiale	Standard di prodotto	Densità minima [kg/m ³]	Spessore minimo [mm]	Classe di reazione	Classe di reazione (pavimento)
Legno strutturale	EN 14081-1	350	22	D-s ₂ , d ₀	-
Legno lamellare	EN 14080	350	22	D-s ₂ , d ₀	D _{FL} -S ₁
Pannelli di particelle	EN 312	600	9	D-s ₂ , d ₀	D _{FL} -S ₁
Pannelli OSB	EN300	600	9	D-s ₂ , d ₀	D _{FL} -S ₁
Compensato	EN 636	400	9	D-s ₂ , d ₀	D _{FL} -S ₁
Pannelli in legno massiccio	EN 13353	400	12	D-s ₂ , d ₀	D _{FL} -S ₁

Tabella 2 - Euroclassi di reazione al fuoco di alcuni prodotti a base legno (esempi)

4.4 Cantiere e Fuoco

Nel caso delle strutture di legno, la fase cantieristica risulta essere anche quella maggiormente soggetta a rischi di innesco. Durante il processo di realizzazione di un edificio, e in particolare nelle fasi di grezzo e di grezzo avanzato, gli elementi in legno possono essere direttamente esposti all'azione di fiamma, anche per lunghi periodi, in quanto privi di protezioni incombustibili (ad esempio le contropareti in cartongesso) che rallentano la propagazione dell'incendio medesimo. Tale situazione di rischio non viene molte volte considerata negli elaborati progettuali e, pertanto, è compito del Direttore dei Lavori e del costruttore individuare opportune e adeguate misure di sicurezza per minimizzare i rischi collegati ad un incendio.

4.5 Azioni passive di mitigazione del rischio di incendio durante la realizzazione dell'opera

Al fine di contenere lo sviluppo di un incendio all'interno di un'opera in legno è opportuno:

- » Privilegiare l'adozione di sistemi prefabbricati, che consentono di applicare i rivestimenti in stabilimento e di consegnare in cantiere pacchetti già provvisti degli strati incombustibili;
 - » Provvedere ad installare il prima possibile (anche in considerazione del cronoprogramma dei lavori) le porte e le finestre al fine di creare compartimentazioni (seppur parziali) all'interno del fabbricato in corso di realizzazione;
 - » Individuare le distanze minime che è necessario garantire tra struttura di legno posta in opera e possibili sorgenti di innesco, cercando di diminuire il carico di incendio in prossimità dell'opera stessa. Il Direttore dei Lavori deve quindi identificare e delimitare l'area di stoccaggio del materiale a terra e, per quanto possibile, posizionarla ad almeno 2 m dal sito di edificazione dell'opera.
 - » Prevedere, per quanto possibile, distanze di almeno 2 m tra materiale combustibile a terra e lavorazioni a fiamma libera;
 - » Effettuare tutte quelle lavorazioni con strumenti che generano scintille, ad es. la smerigliatrice angolare, in zone delimitate dalla Direzione Lavori e sufficientemente lontana dai materiali infiammabili, compartimentata da teli ignifughi qualora fosse necessario.
 - » A termine dei lavori che prevedono l'utilizzo di fiamma (ad es. posa e sigillatura di guaine bituminose), controllare le superfici delle strutture in legno entro i due metri attigui alla lavorazione eseguita. Particolare attenzione deve essere posta dai carpentieri a quelle situazioni che possono sviluppare una combustione senza fiamma. Nel caso di minimo dubbio è infatti necessario fermare i lavori e contattare la Direzione Lavori, che pianificherà opportuni approfondimenti al fine di mitigare il rischio di incendio.
 - » Nelle zone di unione dove sono presenti elementi metallici di collegamento, controllare la corretta posa in opera di eventuali protezioni previste in sede progettuale, quali tappi, placcaggi o listelli a protezione delle piastre.
 - » Devono essere inoltre controllate attentamente le nastrature di tenuta all'aria, in quanto una sigillatura eseguita non correttamente può alimentare attivamente lo sviluppo dell'incendio all'interno dell'opera.
 - » Infine, deve essere controllata la posa dell'isolante all'interno degli elementi a telaio in quanto gli stessi (qualora vengano usati elementi di tamponamento incombustibili) possono contribuire ad isolare i montanti e i correnti dal fuoco, rallentando lo sviluppo dell'incendio stesso.
- Si consiglia quindi di:
- » prevedere il taglio dei pannelli isolanti 5-10 mm più grandi della cavità entro la quale devono essere posti.
 - » Fissare il materiale isolante (ad es. con graffe) ai montanti.

4.6 Azioni attive di mitigazione del rischio di incendio durante la realizzazione dell'opera

La Direzione dei Lavori, nell'ambito delle proprie responsabilità, dovrebbe prevedere un piano di distribuzione all'interno del cantiere dei dispositivi antincendio. In particolare, gli estintori devono essere posizionati:

- » Entro i 5 m da eventuali postazioni dedicate alle lavorazioni "a caldo";
- » Ad una distanza massima di 12 m da qualsiasi punto del cantiere.



Fig. 28 - Cavedio correttamente concepito per la sicurezza in caso di incendio (materiale incombustibile a protezione del passaggio impiantistico)

4.7 Realizzazione dei cavedi e dei passaggi impiantistici

A prescindere dal materiale con cui è realizzata una costruzione, è necessario garantire la compartimentazione dei cavedi al fine di minimizzare il rischio di propagazione di un incendio. La Direzione dei Lavori deve controllare e documentare la tipologia di barriere al fuoco poste all'interno dei medesimi cavedi e passaggi impiantistici, nonché appurare la corretta installazione delle stesse.

Nel caso si utilizzino materiali fibrosi incombustibili (quale ad es. lana di roccia o lana di vetro), la Direzione dei Lavori ha il compito di verificare che il materiale sia opportunamente sagomato dai carpentieri e il perimetro dello stesso aderisca alla forma del cavedio oggetto di attenzione.

5 GESTIONE DEL CANTIERE PER LE OPERE DI INGEGNERIA IN LEGNO

"Il momento più pericoloso di un viaggio in aereo è quando si prende il taxi"

Luciano De Crescenzo

5.1 Generalità

In questo paragrafo si vogliono fornire indicazioni di carattere generale circa gli aspetti di gestione dei cantieri di opere di ingegneria in legno, poiché lo stesso riveste un ruolo di fondamentale importanza non solo ai fini di garantire la qualità del costruito ma anche per la mitigazione dei rischi di incendio e di degrado a carico di attacchi biotici.



Fig. 29 - Protezione delle teste delle pareti con guaine traspiranti durante il cantiere

5.2 Umidità e situazioni transitorie in cantiere

Ai fini di un corretto completamento delle attività di cantiere, la Direzione dei Lavori e il costruttore devono collaborare e prevedere adeguate protezioni al fine di ridurre i rischi legati al degrado dei prodotti da costruzione a base di legno. Tali protezioni sono tanto importanti in presenza di eventi atmosferici inaspettati (ad esempio un temporale) che in situazioni dove il fermo del cantiere avviene per motivazioni di altra natura (ad esempio fermi amministrativi o legati ad un ritardo nella fornitura dei materiali da costruzione). Nel primo caso è opportuno prestare particolare attenzione alla protezione delle testate delle pareti e dei pilastri in legno, poiché sono le zone in cui l'assorbimento dell'acqua è maggiore. Una soluzione pratica da utilizzare è quella di prevedere la posa di guaine traspiranti, adeguatamente assicurate agli stessi elementi strutturali in modo da impedire il passaggio d'acqua. Indicazioni analoghe vanno poi sposate per i solai, avendo cura di togliere i teli e le eventuali protezioni durante le giornate di sole per consentire l'asciugatura dei manufatti.

Viceversa, nel caso di periodi di fermo prolungato del cantiere occorre prevedere soluzioni leggermente più laboriose da mettere in opera ma tutto sommato semplici, economiche ed efficaci. Una soluzione è illustrata in Fig. 30, nella quale il perimetro esterno dell'edificio viene protetto con teli di protezione traspiranti e i ponteggi sono ulteriormente protetti dall'acqua battente con teli protettivi esterni. Parimenti, qualora gli infissi non siano stati ancora installati, è necessario proteggere anche le aperture di porte e finestre adottando soluzioni provvisorie ma efficaci che impediscano l'ingresso dell'acqua all'interno della costruzione, come nel caso di Fig. 31.



Fig. 30 - Protezione del perimetro esterno dell'edificio con teli impermeabili traspiranti.



Fig. 31 - Infissi provvisori realizzati per proteggere le strutture durante il cantiere.

Anche il controllo della temperatura e dell'umidità dell'aria all'interno del cantiere sono particolarmente importanti per prevenire possibili condizioni di degrado. A questo proposito una soluzione semplice ed economica è quella di posizionare termometri ed igrometri per monitorare le condizioni ambientali.

Occorre inoltre porre adeguata attenzione a situazioni inattese che si possono verificare durante il cantiere. Ad esempio, la presenza di guaine acustiche alla base delle pareti che fuoriescono rispetto al perimetro esterno dell'edificio (come è rappresentato in Fig. 33) può fungere da punto di immissione dell'acqua all'interno della costruzione e, in caso di eventi meteorici improvvisi, potrebbe causare aumenti non voluti dell'umidità alla base della parete con conseguenti fenomeni di degrado se non controllata.

La situazione potrebbe ulteriormente peggiorare qualora la guaina fosse porosa (cosa assolutamente da evitare), poiché potrebbe fungere da "spugna" e peggiorare ulteriormente la situazione.

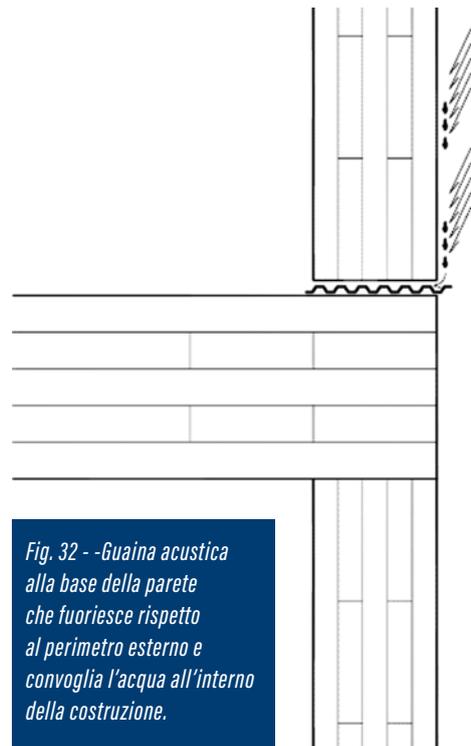


Fig. 32 - Guaina acustica alla base della parete che fuoriesce rispetto al perimetro esterno e convoglia l'acqua all'interno della costruzione.

5.3 Cantiere ed eventi atmosferici

Indipendentemente dal materiale utilizzato, è sempre necessario prevedere apposite misure al fine di evitare il contatto tra materiali edili e acqua, sia questa dovuta a eventi atmosferici, di risalita o effetto di condensazione.

Tutti i materiali da costruzione, se posti a contatto con l'acqua, possono sviluppare agenti fungini che risultano dannosi sia da un punto di vista della salute (peggiorano la qualità dell'aria) che della stabilità strutturale. Basti infatti pensare alla corrosione dell'acciaio, oppure alla perdita delle prestazioni di connettori acciaio-cemento o ancora agli aspetti di attacco da funghi sui materiali a base di legno.

La capacità di gestire l'acqua sia nella fase cantieristica che in esercizio rappresenta un punto focale per tutto il comparto edile e in questo le costruzioni in legno non fanno eccezione. È inoltre da sottolineare che i meccanismi igroscopici del materiale legno, uniti alla tendenza dello stesso ad assorbire più velocemente l'umidità rispetto alla relativa cessione, rendono di fatto le relazioni legno-acqua come punto focale su cui tanto la Direzione Lavori quanto il costruttore devono prestare attenzione.

5.4 Gestione del materiale e protezione del cantiere

Lo stoccaggio del materiale in cantiere deve avvenire in luoghi adeguati e agevolmente accessibili, sia per lo svolgimento delle operazioni di montaggio con la gru che per le operazioni di spostamento. Il luogo di deposito deve essere localizzato in un'area il più possibile piana e il sottosuolo deve essere non cedevole. Gli elementi devono essere distanziati da terra (ad esempio con spessori di legno squadrato o altri elementi di geometria simile) e coperti per limitare l'esposizione alle intemperie (es. pioggia) e all'irraggiamento solare. Tali condizioni di conservazione devono essere garantite per tutta la durata dello stoccaggio; non andrebbero pertanto utilizzati i teli in plastica, che rischiano di lacerarsi sotto l'azione del vento, della pioggia e del sole.

La soluzione ideale è portare i materiali in cantiere in pacchi già confezionati e stocarli con l'interposizione di dormienti in legno di almeno 6-8 cm di spessore. In alternativa è possibile portare in cantiere singoli elementi sciolti, accatastandoli in aree opportunamente dedicate e interponendo tra loro dei dormienti in legno (per la ventilazione), e coprendo il tutto con dei teli impermeabili.

PROGETTI



Arredoline Costruzioni Srl ha seguito la realizzazione dell'edificio "Frontemare" a Portoferraio (LI), a partire dal progetto strutturale e fino al completamento del cantiere. Si è trattato di un intervento complesso che ha visto la realizzazione di 14 appartamenti a energia quasi zero (*"NZEB"; Near Zero Energy Building*).

Il progetto ha permesso di trasformare radicalmente un fabbricato esistente, grazie alla costruzione di una struttura residenziale e direzionale di alto livello in sovrapposizione rispetto ad un edificio preesistente, il cui primo piano (originariamente occupato da un magazzino) è stato demolito per far spazio alle nuove unità immobiliari mentre l'attività commerciale presente al piano terra è stata mantenuta aperta durante tutte le fasi di cantiere.

Nell'intervento si è fatto largo uso di sistemi costruttivi a base di legno, sia per le strutture verticali (pareti "Platform Frame" TPF prefabbricate in stabilimento da Arredoline Costruzioni) che di copertura, coadiuvati da elementi in carpenteria metallica. A completamento delle strutture portanti, la copertura è stata realizzata con lastre a secco, con ottime garanzie di coibentazione ed inerzia termica, mentre le facciate sono realizzate con sistemi ventilati rivestiti da pannelli in alluminio a doppia aggraffatura. In particolare, le facciate vetrate del piano primo funzionano da serra solare in inverno e in estate sono protette da un sistema di aperture e schermature solari motorizzate, che controllano l'irraggiamento e l'apporto di luce naturale. Inoltre, l'edificio presenta in copertura dei pannelli fotovoltaici, mentre la produzione di acqua calda sanitaria viene garantita da scambiatori/recuperatori interni alle pompe di calore.

Ragione sociale: **Arredoline Costruzioni Srl**

Nome del progetto: **"Frontemare"** - Realizzazione di n°14 appartamenti **"NZEB"**

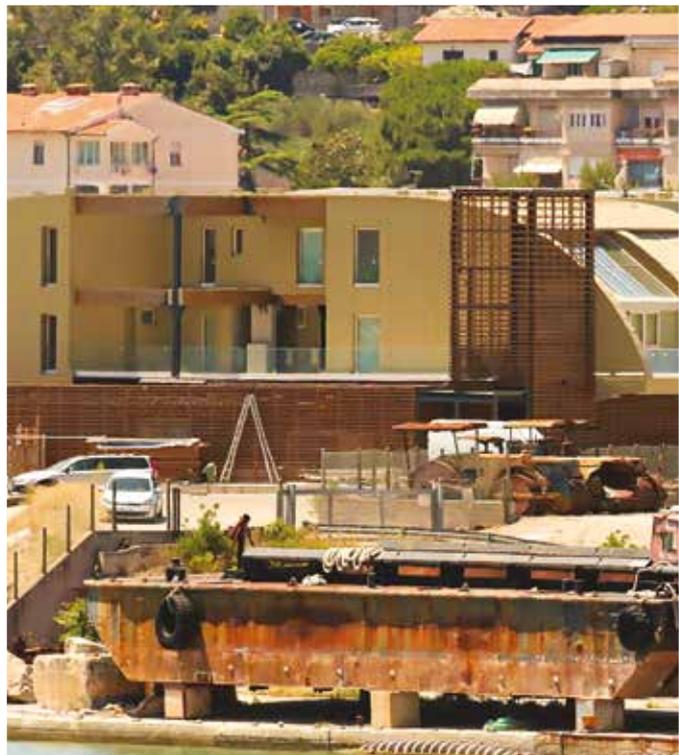
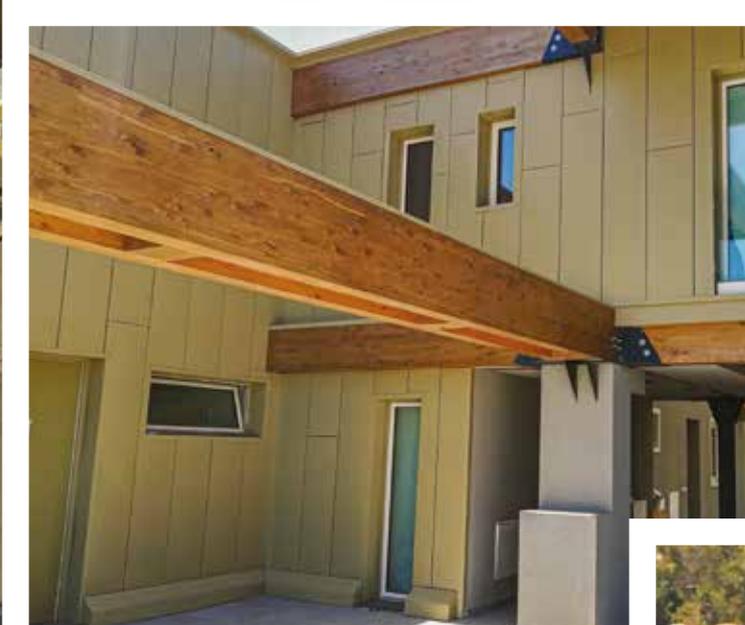
Mc di legno utilizzato: **215mc di legno lamellare, 90mc di Pannelli OSB/3**

Mq realizzati: **2.000+ mq in sopraelevazione**

Tempistiche di realizzazione: **30 mesi circa**

Provenienza legno: **Europa**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC**



Dal punto di vista esecutivo, in accordo con quanto richiesto dal committente, è stato effettuato un taglio orizzontale della struttura preesistente fino al solaio intermedio, poi ampliato lateralmente con strutture in cemento armato. Su questo piano si è impostata la struttura in sopraelevazione, che si collega con la struttura sottostante e con le nuove parti in cemento. Le operazioni preliminari di demolizione e adeguamento delle strutture esistenti a piano terra hanno spinto Arredoline Costruzioni a sviluppare accorgimenti atti a ridurre al minimo i pericoli e gli eventuali disagi. È stata prestata particolare attenzione sia per la differente qualità dei materiali che per le difficoltà operative legate alla presenza del grande negozio sottostante, con afflusso intenso e continuo di clienti.

SHD – SEISMIC HOLD DOWN



Nell'ambito dei numerosi sistemi di connessione utilizzati negli edifici a struttura di legno, gli hold-down sono staffe metalliche chiodate o avvitate alle membrature di legno e deputate a riprendere le forze di trazione che tenderebbero a ribaltare la struttura quando è sottoposta a forze sismiche o dovute a forti venti.

Al fine di garantire elevate prestazioni meccaniche anche in presenza di carichi di tipo eccezionale, Friulsider ha sviluppato due nuove tipologie di hold-down, unici nel loro genere e denominati SHD (Seismic Hold Down) e SHD-P (Seismic Hold Down Plate). Entrambi i sistemi sono stati studiati con la collaborazione del Politecnico di Milano, e recano la marcatura CE secondo ETA 20/0007.

Sebbene all'apparenza possano sembrare semplici, tali sistemi sono frutto di un lungo processo di ottimizzazione che ha tenuto conto delle numerose normative utilizzate dai progettisti nel calcolo delle connessioni al piede di una costruzione di legno: l'Eurocodice 5 per le membrature di legno, l'Eurocodice 2 per l'ancoraggio alla fondazione in calcestruzzo armato e gli ETA dei collegamenti meccanici adottati per il fissaggio alla struttura di legno ed NTC 2018.

Confrontati con gli hold-down tradizionali, in presenza di carichi sismici l'SHD e l'SHD-P "ribaltano" il meccanismo dissipativo. Negli hold-down tradizionali la duttilità è infatti demandata ai sistemi di fissaggio utilizzati per vincolare il connettore metallico alla fondazione e alle membrature di legno.

Ragione sociale: **Friulsider Spa**

Nome del prodotto: **SHD - Seismic Hold Down**

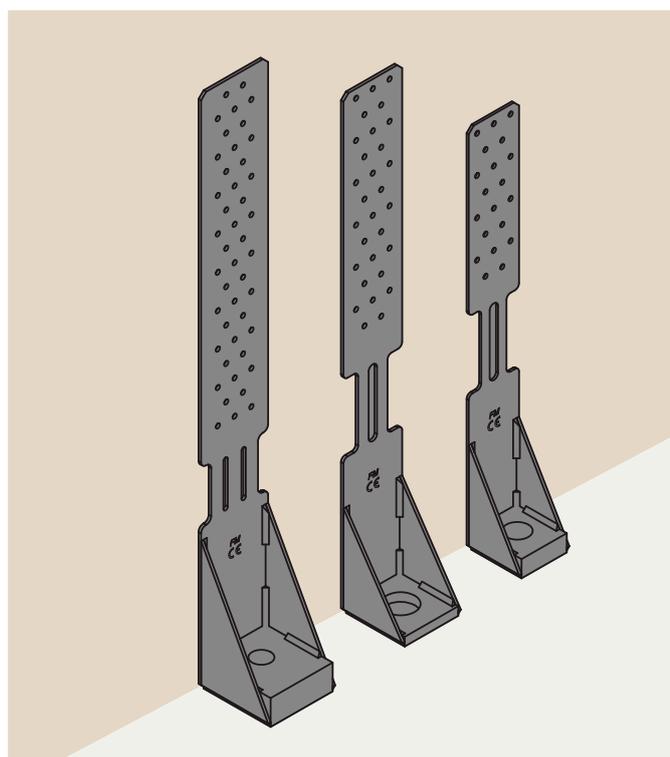
Caratteristiche principali: **primo hold-down marcato CE per le azioni sismiche**

Condizioni di utilizzo: **ripresa carichi di trazione alla base degli edifici in legno**

Prestazioni ottenibili: **diversi livelli prestazionali in base alla misura della staffa**

Aspetti innovativi: **primo hold-down certificato per resistere alle azioni sismiche**

Certificazione ottenute: **marcatura CE**



La campagna di prove realizzata da Friulsider con il Politecnico di Milano ha tuttavia evidenziato che la resistenza del tassello di ancoraggio alla fondazione rappresenta l'elemento più critico del sistema e introduce delle numerose incertezze sulle prestazioni dello stesso. L'SHD e l'SHD-P sono dunque nati da tali considerazioni, garantendo la possibilità di un calcolo "in capacità" del sistema hold-down che tiene in conto dell'effettiva resistenza del tassello di ancoraggio (considerato di classe C2) e localizza la duttilità nel connettore metallico stesso.

SHD e SHD-P sono disponibili in diverse misure: l'SHD con altezza di 620 mm, 540 mm o 440 mm e l'SHD-P con altezza di 620 mm o 540 mm.

WOOD TOP



La vite WOOD TOP è un prodotto innovativo sviluppato da Friulsider per il settore dei fissaggi da legno caratterizzato da elevati valori di resistenza meccanica e facilità di inserimento. La vite è disponibile in due versioni, una con testa svasata piana ed una con testa larga, ed è marcata CE in conformità con la EN 14592.

Grazie ad un accurato processo di ingegnerizzazione che ha interessato il tipo di acciaio utilizzato, la geometria della parte filettata e della testa, e i trattamenti termici applicati, la resistenza ad estrazione della vite WOOD TOP è tra le più elevate sul mercato. La vite presenta inoltre un filetto con un passo molto lungo che parte fin dalla punta e una fresa iniziale completamente rinnovata che ne riducono l'attrito durante le fasi di inserimento, consentendone l'impiego anche in direzioni non ortogonali alla fibratura e con avvitatori aventi una ridotta coppia di serraggio.

Friulsider ha inoltre studiato attentamente la protezione della vite alla corrosione, adottando un ricoprimento a base di zinco e nichel che garantisce la durabilità sia della parte infissa nel legno che della testa anche in condizioni di esposizione severa.

La vite WOOD TOP è disponibile in un ampio set di lunghezze che vanno da un minimo di 80 mm ad un massimo di 500 mm. Sono inoltre disponibili diversi diametri: $\varnothing 6$, $\varnothing 8$, $\varnothing 10$ e $\varnothing 12$ per la testa svasata piana, mentre sono disponibili il $\varnothing 6$, il $\varnothing 8$ e il $\varnothing 10$ per la testa larga.

Ragione sociale: **Friulsider Spa**

Nome del prodotto: **WOOD TOP**

Caratteristiche principali: **vite portante ad alte prestazioni per carpenteria in legno**

Condizioni di utilizzo: **connessioni tra elementi strutturali in legno**

Prestazioni ottenibili: **diversi livelli di prestazione in base a diametri e lunghezze**

Aspetti innovativi: **elevate prestazioni, alta resistenza alla corrosione, facilità di installazione**

Certificazione ottenute: **marcatatura CE**





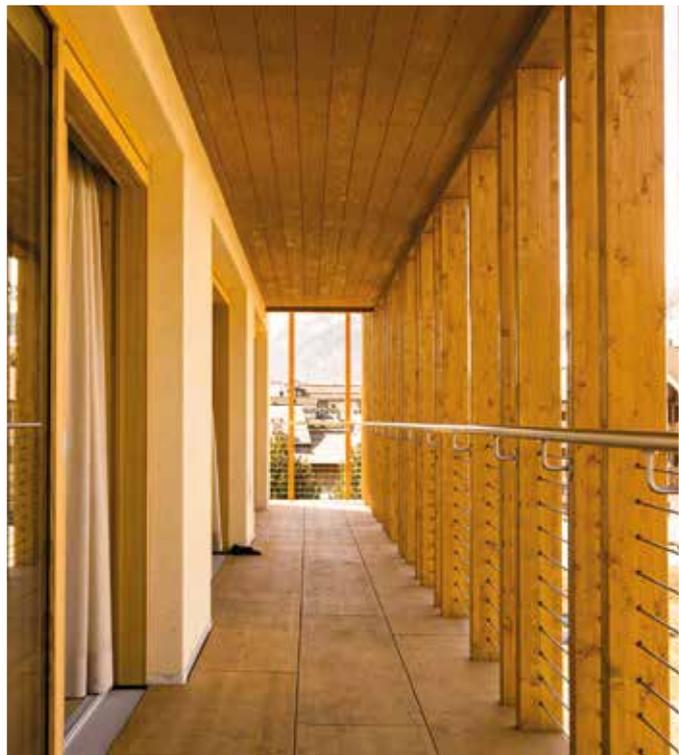
Ci troviamo a Livigno (SO), una località turistica a 1816 metri di altezza soprannominata "il piccolo Tibet d'Europa", che sarà palcoscenico delle gare olimpiche di Snowboard e Freestyle in occasione dei Giochi Invernali del 2026.

In questo scenario, lo Studio DPM concepisce un intervento di ristrutturazione e di ampliamento di una struttura ricettiva realizzata in stile tirolese, esistente dal 1954 e ricostruita nello stile originale nel 1974 a seguito di un incendio.

Prestando particolare attenzione alle esigenze della Committenza, i progettisti sposano l'utilizzo del legno sia per i componenti strutturali che per le finiture esterne, poiché l'adozione soluzioni a secco consente di ridurre drasticamente i tempi di posa e di sfruttare la riapertura per la stagione estiva. In tal senso, fondamentale è risultata anche la scelta della tipologia di solaio da utilizzare. Si è optato per un solaio con struttura a "cassettoni" della Lignatur che permette di garantire ottime prestazioni e allo stesso tempo di contenere il peso degli elementi che costituiscono. Nei vuoti presenti nella parte portante della struttura è inoltre inserito del materiale isolante, che migliora le prestazioni sia termiche che acustiche del sistema. Altro vantaggio del solaio è avere già l'estradosso con finitura a vista, evitando l'impiego di ulteriori sistemi di finitura per la realizzazione del controsoffitto.

Come conseguenza, oltre ad un recupero economico e di tempistiche di cantiere, Legnotech ha potuto ridurre gli spessori dei solai interpiano e avere dei locali

Ragione sociale: **Legnotech Spa**
Nome del progetto: **Hotel Spöl ******
Importo di bando del progetto: **1.200.000€**
Mc di legno utilizzato: **220mc**
Mq realizzati: **700mq**
Tempistiche di realizzazione: **40 giorni**
Provenienza legno: **Austria e Germania**
Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



con altezza interna maggiorata (la quale è un parametro particolarmente importante nelle zone montane, spesso vincolate all'altezza massima dell'estradosso della copertura).

L'intervento ha previsto la realizzazione di 20 nuove camere su 3 livelli, l'ampliamento della sala ristorante e colazioni, con il conseguente adeguamento funzionale delle parti interne dell'Hotel.

Infine, ultimo ma non meno importante, il design contemporaneo unito al gusto della tradizione ha conquistato anche Bruno Barbieri. Spöl si è infatti aggiudicato il primo posto nella puntata valtellinese della trasmissione televisiva 4 Hotel.

TERME DI SORANO



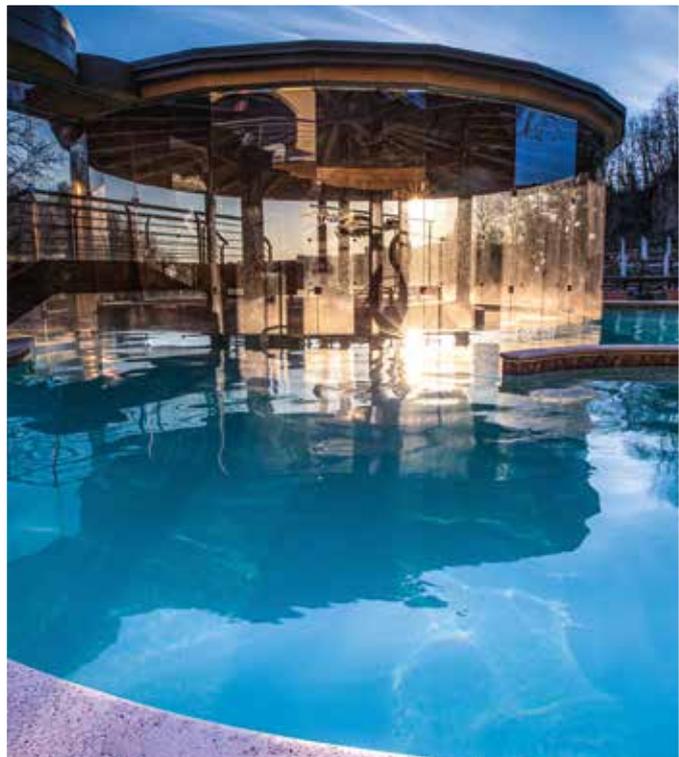
Fin dai tempi dell'Antica Roma, le terme rappresentano nell'immaginario comune dei luoghi di benessere e divertimento, frequentati per rilassarsi e socializzare. Ideate come strutture simmetriche e armoniose, sono spesso ambientate in giardini e in grandi parchi.

Terme di Sorano è un residence con stabilimento termale in Maremma, nel cuore della campagna Toscana, immerso in un parco di sette ettari sorto attorno all'antica pieve ed alle sorgenti termali, del quale Legnotech ha realizzato il progetto di ampliamento della struttura.

Il materiale scelto dal committente è stato il legno, un elemento naturale per eccellenza, che grazie alla sua versatilità favorisce la libertà progettuale e offre molteplici configurazioni creative nelle forme e nelle finiture, che trovano piena sintonia in un ambiente dedito a favorire il benessere del corpo e della mente.

L'intervento ha interessato la struttura ricettiva principale e la piscina adiacente ad essa, e ha avuto come obiettivo rendere fruibile la piscina anche nel periodo invernale. Per raggiungere tale obiettivo è stata realizzata una copertura ad ombrello su un isolotto già presente, con superficie coperta di 68 mq complessivi e chiusura fino a pelo d'acqua con pannelli trasparenti in policarbonato, asportabili nel periodo estivo. È stato poi realizzato un ponte di accesso all'isolotto, coperto da tre ombrelli più piccoli di circa 14 mq, chiusi nel periodo invernale con pannelli trasparenti per mantenere il calore e asportabili nella stagione estiva.

Ragione sociale: **Legnotech Spa**
Nome del progetto: **Terme di Sorano**
Importo di bando del progetto: **400.000€**
Mc di legno utilizzato: **80mc**
Mq realizzati: **550mq**
Tempistiche di realizzazione: **40 giorni**
Provenienza legno: **Austria**
Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



Legnotech ha poi seguito l'ampliamento della struttura ricettiva principale, realizzato con pareti in legno lamellare curvo e copertura piana in pannelli maschiati di abete lamellare, per una superficie complessiva di 65 mq utilizzati da una parte per il nuovo accesso all'area benessere, completamente finestrato, e dall'altra parte per nuovi spogliatoi. La parte superiore della struttura è adibita a nuova terrazza, a servizio della zona bar e ristorante, con parapetti curvi in acciaio inox.

Legnotech ha infine realizzato una ulteriore pensilina adiacente alla struttura principale, avente una pianta semicircolare e superficie di circa 23 mq, che in futuro potrà essere collegata in copertura e diventare un ampliamento della terrazza sopracitata.

VILLA ABATE



Quel ramo occidentale del Lago di Como, caratterizzato da improvvise e spettacolari insenature e da villaggi pittoreschi che si adagiano sui crinali dei monti, fa da panorama a Villa Abate, una perfetta combinazione tra comfort, innovazione e sostenibilità.

Come raccontato dall'Architetto Francesco Mantegazza, l'idea progettuale nasce dalla volontà di valorizzare il contesto esistente, riprendendo le caratteristiche degli edifici tipici della zona nonché reinterpretandone le peculiarità attraverso una rilettura in chiave contemporanea.

Il risultato è una villetta con pianta di circa 130 mq, appoggiata su una scarpata in un punto panoramico, che si sviluppa su due piani fuori terra e uno seminterrato. Una struttura realizzata completamente a secco, con pareti in XLAM, solai prefabbricati e tetto in legno lamellare. Le facciate dell'edificio non hanno inoltre un ruolo prettamente estetico ma contribuiscono a garantire la salubrità dell'ambiente interno.

L'isolamento termico e acustico è realizzato con pannelli di lana di roccia, mentre il rivestimento è in geopietra e legno. Per ridurre al minimo il consumo energetico, i sistemi di riscaldamento e di raffrescamento utilizzano un impianto a pannelli radianti a pavimento, collegato ad una pompa di calore. Particolarmente intriganti sono le gronde con sporto in vetro e acciaio, che permettono di dare una maggiore luminosità all'intero involucro.

Ragione sociale: **Legnotech Spa**
Nome del progetto: **Villa Abate**
Importo di bando del progetto: **300.000€**
Mc di legno utilizzato: **100mc**
Mq realizzati: **300mq**
Tempistiche di realizzazione: **90 giorni**
Provenienza legno: **Austria**
Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



Infine, la scelta di adottare una copertura verde non rispecchia solamente un interesse di carattere estetico, ma anche e soprattutto di tipo tecnico: isolamento termico (nel periodo invernale), risparmio energetico (nel periodo estivo), isolamento acustico e non ultimo lo strato vegetale aiuta a preservare la copertura dai danni causati dal gelo o dall'eccessivo calore.

HOTEL NAUTILUS



Realizzato nel 2016 a Pesaro da Centroleghno con pannelli forniti da MAK Building, l'Hotel Nautilus è una struttura ricettiva di sette piani fuori terra costruita interamente con pannelli CLT. L'edificio, progettato nel rispetto dei più rigorosi criteri di resistenza sismica ed eretto utilizzando complessivamente 788 metri cubi di legno, è alto 27 metri e ha una superficie lorda totale di 2.458 metri quadri.

Il cantiere, completato in appena sei mesi di lavori, ha interessato il periodo di chiusura invernale dell'hotel, garantendo continuità lavorativa tra le due stagioni con il più importante afflusso turistico.

Ragione sociale: **MAK building GmbH**
Nome del progetto: **Hotel Nautilus Pesaro**
Importo di bando del progetto: **n.d.**
Mc di legno utilizzato: **788mc**
Mq realizzati: **2.458mq**
Tempistiche di realizzazione: **6 mesi**
Provenienza legno: **Austria**
Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



LA MARMOTTA



Il Rifugio La Marmotta si trova a Sauze d'Oulx, in Alta Val Susa a circa m. 2420 s.l.m., nel comprensorio sciistico denominato Via Lattea. L'edificio ha una splendida vista sulle montagne, che spazia dal monte Chaberton al monte Rocciamelone.

La costruzione è organizzata su quattro livelli nei quali figurano un bar al piano terra, un ristorante al piano primo, una suite al piano secondo e i servizi al piano semi-interrato. A seguito di una attenta valutazione del territorio circostante, è stata realizzata una soluzione a falda unica che rispetta l'andamento naturale del terreno nella zona circostante.

Il progetto nasce con l'idea di rivedere il concetto di rifugio escursionistico costruito con spesse murature in pietra e piccole aperture, adottando un nuovo modello architettonico che permetta di godere appieno del magnifico panorama circostante e ne possa incamerare l'energia tramite le ampie vetrate a sud e ad ovest.

La struttura semi-interrata è stata realizzata in calcestruzzo armato, mentre la porzione in elevazione è stata realizzata completamente in legno con pannelli CLT realizzati da Stora Enso. Nel complesso sono stati utilizzati circa 200 metri cubi di legno, trasportati fino al paese con quattro trasporti eccezionali e poi in vetta attraverso un elicottero.

Ragione sociale: **MAK building GmbH**
 Nome del progetto: **Rifugio "La Marmotta"**
 Importo di bando del progetto: **n.d.**
 Mc di legno utilizzato: **200mc**
 Mq realizzati: **n.d.**
 Tempistiche di realizzazione: **n.d.**
 Provenienza legno: **Austria**
 Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



I dettagli progettuali sono stati concepiti con la filosofia Passivhaus, mediante ottimo isolamento termico dell'involucro, tenuta all'aria degli elementi costruttivi, ventilazione controllata con recupero di calore e vetrate con tripli vetri basso emissivi. La scelta dei materiali incorpora sia la tradizione, con il riuso della pietra dell'edificio in demolizione, che la modernità delle superfici vetrate di ultima generazione ad elevate prestazioni tecniche.

SCUOLA MEDIA E. CHINI



La nuova scuola media E. Chini di Mezzocorona (TN) è stata realizzata completamente in legno da STP utilizzando pannelli CLT forniti da MAK Building e realizzati da Stora Enso e materiali sostenibili. I lavori, durati due anni, hanno portato alla nascita di una struttura completamente nuova composta da 25 ambienti tra aule e laboratori, una biblioteca, un archivio e un auditorium. A questi si aggiungono la palestra e la mensa, esterni al corpo della scuola.

La costruzione ha sposato i principi della qualità e raggiunge la classe energetica A+ richiesta dalla Provincia di Trento, che le ha consentito di ottenere le certificazioni "ARCA GOLD" e LEED livello SILVER.

Grazie agli innovativi sistemi di costruzione ed agli impianti adottati, il fabbisogno energetico della struttura è estremamente ridotto sia in termini di riscaldamento e raffrescamento che di illuminazione.

Ragione sociale: **MAK building GmbH**

Nome del progetto: **Scuola media E. Chini di Mezzocorona (TN)**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

Mc di legno utilizzato: **3.000mc**

Mq realizzati: **n.d.**

Tempistiche di realizzazione: **2 anni**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC/FSC**



CENTRO AGGREGATIVO



50

A Carobbio degli Angeli in provincia di Bergamo, Marlegno ha realizzato un edificio aggregativo in legno per le attività educative dell'oratorio inter-parrocchiale, su commissione dell'Unità Pastorale. L'edificio, disposto su un singolo piano e di dimensioni pari a 420 mq, presenta una composizione articolata ma compatta che esalta funzioni e volumi architettonici. Un'opera pubblica pensata per aggregare la comunità dei fedeli e che ridisegna l'urbanistica dell'area, ad alta efficienza energetica che usa il legno in modo sartoriale. L'Oratorio è caratterizzato da una volumetria tripartita in base alle funzioni e leggibile già dall'esterno: il grande salone polifunzionale da 200 metri quadrati, concepito senza pilastri per essere adattato anche alle celebrazioni eucaristiche; una sala più piccola da 40 metri quadrati; uno spazio sul retro dedicato ai servizi quali cucina, bar e ambienti accessori e tecnici. L'impianto non è quello del classico oratorio: è più uno spazio ricreativo polivalente e molto flessibile, con una stretta relazione con gli spazi da gioco dell'esterno. La flessibilità funzionale è connaturata: l'edificio è stato pensato come un centro aggregativo che, per requisiti di protezione antincendio, è equiparabile a un edificio scolastico. E può essere omologato a spazi ricettivi come quelli di un cinema, con una capienza di 400 posti. La sua natura è quella di essere un edificio a servizio del pubblico e quindi accogliente in senso lato. Poiché rappresenta la visione di una comunità religiosa, l'architettura ne riflette alcune scelte, da cui la ricettività e la necessità di avere tutte le aree comuni, come ad esempio gli esterni, ben visibili. Il sagrato è infatti centrale nella composizione dell'edificio: è una sorta di cavea dove ritrovarsi, che accoglie e racchiude al tempo stesso.

Ragione sociale: **Marlegno Srl**

Nome del progetto: **Oratorio "San Giuseppe Custode e Educatore"**

Importo di bando del progetto: **1.100.000€**

Mc di legno utilizzato: **102mc**

Mq realizzati: **420mq**

Tempistiche di realizzazione: **struttura 6 mesi, completato in 10 mesi**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC**



Per un'esigenza di budget e per ridurre al minimo le tempistiche di cantiere, la committenza ha scelto di ricorrere all'utilizzo di una struttura in legno prefabbricata. Le pareti perimetrali, realizzate con struttura a telaio in legno, sono rivestite con cappotto in lana di roccia e rasatura ai silicati ad eccezione del volume della sala feste/proiezioni, protetto da una facciata ventilata in pannelli a composizione basaltica.

L'Oratorio, in classe energetica A4, conferma una forte impronta di sostenibilità, non solo nei materiali che compongono le strutture, disassemblabili e riciclabili a fine vita, ma anche per l'efficiente progetto impiantistico, alimentato da un impianto fotovoltaico posato sul tetto da oltre 10 kW, oltre alla consistente coibentazione del suo involucro.

SCUOLA RACAGNI



Il progetto della nuova scuola primaria Paolo Racagni di Parma, realizzato da Marlegno, è nato per rispondere alle crescenti esigenze della città in tema di sicurezza e qualità degli edifici pubblici. L'intervento ha quindi comportato la demolizione e ricostruzione ex novo della vecchia struttura e la realizzazione di un nuovo complesso architettonico con struttura in legno, volto a recuperare le geometrie del tessuto esistente e facente perno sui principi della bioedilizia e del risparmio energetico. Il nuovo edificio scolastico si sviluppa su tre piani: al piano terra (2.326 mq) trovano spazio le aule di interciclo, l'auditorium, i servizi, la palestra e gli uffici direzionali. Al primo piano (1.491 mq) sono posizionate le aule didattiche, i laboratori, la mensa ed i locali tecnici. Al secondo (1.030 mq) in fine, altre aule e spazi di servizio. Realizzata in classe energetica A e certificata LEED® gold, la scuola ha anticipato così le direttive comunitarie che prevedevano l'obbligo di realizzare edifici pubblici di nuova costruzione a "energia quasi zero". Una scuola innovativa ed altamente performante al servizio delle nuove generazioni, che mette al centro il bambino e le sue esigenze, prima tra tutte la sicurezza: la scuola è infatti all'avanguardia dal punto di vista della sicurezza sismica e del comfort interno.

Il complesso è caratterizzato dall'utilizzo di materiali innovativi e naturali, progettato per garantire un ridotto fabbisogno energetico: l'involucro della struttura in legno è caratterizzato da una elevata coibentazione ed i serramenti altamente prestazionali garantiscono la massima limitazione alle dispersioni di calore.

Il comfort termo-igrometrico è garantito mediante il continuo controllo dei parametri ambientali di temperatura e umidità, regolati in funzione del clima esterno, del numero di occupanti e delle attività praticate mediante un impianto di climatizzazione generale caratterizzato da pavimenti radianti e ricambi d'aria effettuati

Ragione sociale: **Marlegno Srl**

Nome del progetto: **Scuola primaria Racagni - Comune di Parma**

Importo di bando del progetto: **5.997.000€**

Mc di legno utilizzato: **300mc**

Mq realizzati: **4.850mq su tre piani**

Tempistiche di realizzazione: **18 mesi**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC**



per mezzo di ventilazione naturale e meccanica.

Inoltre, l'edificio è così efficiente da produrre più energia primaria di quella che consuma, grazie anche all'impianto fotovoltaico di potenza pari a 54 kW installato sul tetto della palestra. Il comfort visivo negli spazi comuni è garantito dall'elevato grado di illuminazione naturale: il grande atrio, realizzato a tutt'altezza e caratterizzato in sommità da una copertura circolare in vetro, crea un grande spazio aperto illuminato da luce naturale e funge da "polmone" aperto sugli ambienti didattici, eliminando corridoi bui e spazi angusti. Un edificio che vuol essere un veicolo per comunicare il rispetto della natura e dell'uomo nella lingua del costruire, del gestire, del risparmiare e creare energia.

ALU START



ALU START è il primo profilo marcato CE secondo ETA in grado di assicurare la durabilità di un edificio di legno, ed è allo stesso tempo una "soluzione di sistema" in grado di trasferire alle fondazioni tutte le sollecitazioni (trazione, compressione e taglio) senza l'utilizzo di ulteriori elementi di fissaggio.

Assieme alle dime riutilizzabili JIGSTART e agli altri prodotti della gamma Rothoblaas, ALU START costituisce inoltre un sistema integrato per il tracciamento, il livellamento e il fissaggio a terra delle pareti in legno.

L'attacco a terra è uno dei punti più critici dell'edificio, nel quale è presente una disomogeneità di materiali, una discontinuità geometrica e dove potenzialmente il legno può entrare in contatto con l'acqua proveniente da diverse fonti (pioggia esterna, umidità di risalita capillare o condensazione interstiziale di aria umida proveniente dall'interno).

Il profilo ALU START consente di eliminare il contatto tra i pannelli in legno e la sottostruttura in calcestruzzo, garantendo protezione dall'umidità di risalita capillare e assicurando eccellente durabilità all'attacco a terra dell'edificio. In lega di alluminio, il sistema ALU START può essere utilizzato con pareti in X-LAM o sistema costruttivo timberframe, ed è il primo sistema di connessione a terra che permette di eliminare hold-down e angolari a taglio.



Ragione sociale: **Rotho Blaas Srl**

Nome del prodotto: **Alu Start**

Caratteristiche principali: **realizzata in alluminio, evita risalita capillare, resiste in tutte le direzioni**

Condizioni di utilizzo: **attacco a terra**

Prestazioni ottenibili: **maggiore velocità di posa, più durabilità, meno piastre di ancoraggio**

Aspetti innovativi: **certificato per resistere alle sollecitazioni**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



La certificazione europea ETA-20/0835 ne fa il primo profilo metallico per l'attacco a terra certificato da un ente terzo, con modelli di calcolo completi ed affidabili, per la verifica strutturale di tutte le componenti (parte in alluminio, chiodature su legno e tassellature su calcestruzzo).

Le legislazioni comunitarie prescrivono delle procedure ben precise per la certificazione e la marcatura CE dei prodotti da costruzione. Ecco che allora una Valutazione Tecnica Europea (ETA) è l'unica strada per la commercializzazione di "piastre chiodate tridimensionali" a catalogo come il profilo ALU START. Inoltre, un'ETA dota il progettista di tutte le informazioni indispensabili per eseguire le verifiche statiche e sismiche delle connessioni.



CLIMA CONTROL



Nell'era dei grandi cambiamenti climatici anche la progettazione deve dire la sua seguendo la linea del risparmio energetico, del comfort e della sostenibilità. Rothoblaas crede nell'architettura passiva e investe in soluzioni innovative per sostenere la crescita del settore e offrire prodotti di qualità per i progetti più ambiziosi. CLIMA CONTROL 80 è una membrana a diffusione variabile, certificata PassivHaus, che assicura una resistenza variabile alla diffusione del vapore acqueo, che si traduce in protezione massima all'interno delle pareti ed eccellente sicurezza nelle coibentazioni. È ideale per aumentare le performance energetiche di pacchetti e soluzioni nel risanamento delle strutture esistenti ed è facile da posare grazie alla sua trasparenza; funge da freno al vapore in presenza di bassa umidità e da membrana traspirante in condizioni di umidità elevata. Il valore aggiunto di un componente certificato PassivHaus, come nel caso di una membrana per una tenuta all'aria di un edificio, è senza dubbio la sua totale indipendenza dalle zone climatiche. La qualità di un componente PassivHaus è garantita qualsiasi sia il luogo in cui sorgerà l'edificio che stiamo progettando: per questo lo standard è riconosciuto a livello internazionale come sinonimo di qualità.

CLIMA CONTROL 145 è realizzato partendo dallo stesso telo CLIMA CONTROL 80 ma si aggiunge una rete di rinforzo che offre grande resistenza alla membrana anche in caso di pressione causata dall'insufflaggio dell'isolante; assicura inoltre un'ottima stabilità dimensionale anche nel caso di posa su supporto morbido e non continuo, quindi con possibili tensioni meccaniche. È facile da posare grazie alla leggera trasparenza, permette di intercettare la struttura sottostante.

Ragione sociale: **Rotho Blaas Srl**

Nome del prodotto: **CLIMA CONTROL**

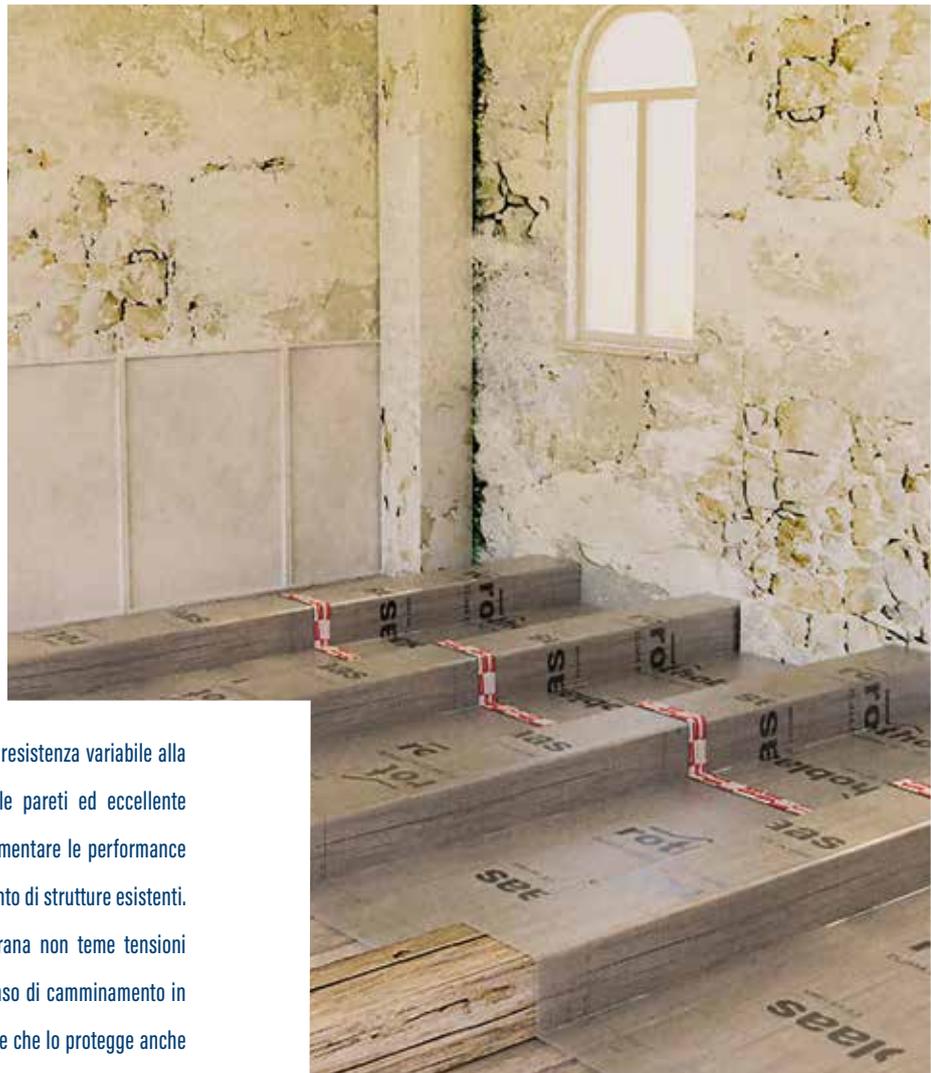
Caratteristiche principali: **membrana a diffusione variabile di vapore, anche trasparente**

Condizioni di utilizzo: **tetti e pareti, per uso interno (ed esterno con la versione da 160 g/mq), insufflaggio**

Prestazioni ottenibili: **asciugatura in condizioni difficili**

Aspetti innovativi: **realizzazione di tetti e pareti in sicurezza**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



Infine, CLIMA CONTROL NET 160 che presenta una resistenza variabile alla diffusione del vapore: massima protezione nelle pareti ed eccellente sicurezza nelle coibentazioni. Ed è ideale per aumentare le performance energetiche di pacchetti e soluzioni nel risanamento di strutture esistenti. Inoltre, grazie alla sua composizione, la membrana non teme tensioni meccaniche dovute a graffi, chiodi o usura in caso di camminamento in quanto possiede uno strato di protezione ulteriore che lo protegge anche dall'abrasione e in fase di cantiere può resistere anche ai raggi UV.

L'innovazione della gamma CLIMA CONTROL non si ferma qui, e in futuro verranno presentati ulteriori modelli per venire incontro alle esigenze in un ventaglio ancora maggiore di situazioni di posa.

MAGAZZINO AUTOMATIZZATO



Il magazzino automatizzato autoportante in legno, adiacente al quartier generale di Rothoblaas, è situato nel comune di Cortaccia sulla Strada del Vino (BZ). Si tratta del primo magazzino automatico autoportante completamente in legno edificato in Italia e uno dei pochissimi esemplari costruiti finora al mondo. Rothoblaas punta ad un futuro ecosostenibile ed è stato naturale scegliere di realizzare la struttura e le componenti del magazzino automatico in legno.

I meccanismi dell'automazione sono fatti di materiali che per essere prodotti generano molta CO₂, come del resto anche le fondazioni in cemento. Per compensare, Rothoblaas ha deciso di realizzare l'intera struttura e tutta la scaffalatura in legno. Ciò permetterà di sequestrare circa 2.400 tonnellate di CO₂, che rimarranno immagazzinate nelle strutture fino a fine vita. I magazzini autoportanti sono avanzate opere di ingegneria, nelle quali le scaffalature fanno parte del sistema costruttivo dell'edificio, insieme agli elementi di copertura e tamponatura che supportano i pesi derivanti dalle merci stoccate e quelli delle sollecitazioni dei mezzi di movimentazione e degli agenti esterni. La scelta di costruire un magazzino autoportante si accompagna all'installazione di sistemi di automazione della movimentazione dei bancali, che permettono di gestire e ottimizzare i processi logistici. Per la costruzione della struttura si è optato per una fondazione a platea, appoggiata su trecento pali trivellati, con diametro di 40 cm e lunghezza di 27 m. I pali realizzati sono le fondazioni della struttura soprastante costituita da cinquecento pilastri in legno lamellare, parte integrante delle scaffalature.

Ragione sociale: **Rotho Blaas Srl**

Nome del progetto: **Costruzione di un magazzino logistico per alti stoccaggi**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

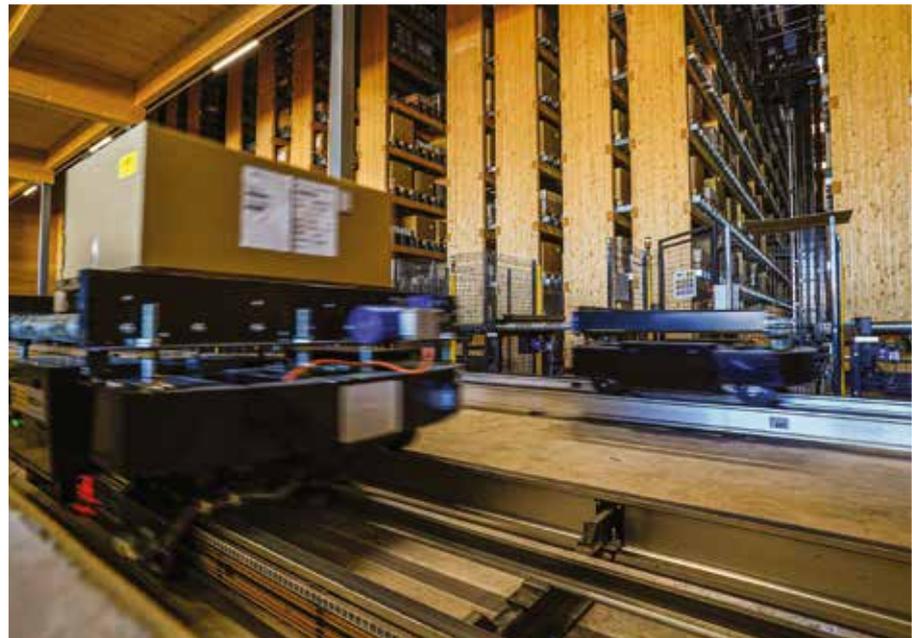
Mc di legno utilizzato: **4.000mc**

Mq realizzati: **4.800mq**

Tempistiche di realizzazione: **6 mesi**

Provenienza legno: **CNE Europa**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC e FSC**



La sfida principale per una struttura di questo tipo è rappresentata dalla resistenza alle azioni orizzontali (sisma e vento). Il magazzino è dotato di due sistemi di controventatura indipendenti nelle due direzioni: per la direzione nord-sud (lato lungo) sono state utilizzate dodici torri di controvento costituite da una sezione scatolare in LVL e legno lamellare di dimensioni 1 x 2,5 metri, incastrate alla fondazione per mezzo di piastre preinserite nel getto. Nella direzione est-ovest la parte controventante è costituita invece da doppi portali in legno realizzati coi pilastri delle scaffalature più esterne.

BE FACTORY



Be Factory - il nuovo polo tecnologico realizzato sull'area dell'ex Manifattura Tabacchi di Rovereto è la più grande opera di edilizia civile realizzata in questo territorio e rappresenta, a livello nazionale, uno dei più importanti interventi edilizi a struttura portante interamente in legno.

Integrazione è il principio cardine sul quale l'Architetto Kengo Kuma ha sviluppato il progetto preliminare. Integrazione tra il vecchio e il nuovo edificio, tra l'edificio e il territorio circostante, tra i nuovi spazi produttivi e la città. Un intervento esemplare di riqualificazione urbana, nel quale l'architettura dei nuovi edifici, tramite i suoi elementi caratterizzanti in legno, promuove uno stile di lavoro e di vita innovativo e al tempo stesso sostenibile.

Degli 11 edifici di nuova realizzazione, 8 sono a struttura portante interamente in legno. Gli edifici appaiono come una sommatoria di corpi di fabbrica tra loro disgiunti alla base, ma collegati tra loro da un'unica grande copertura che genera non solo uno spazio coperto comune ma anche un lungo camminamento centrale ad uso pubblico circondato da aree a verde.

Tutti gli elementi strutturali, sia quelli dell'ossatura portante in legno lamellare che i pannelli XLAM di copertura sono stati prodotti e lavorati presso lo stabilimento di Rubner a Bressanone (BZ). L'elevato grado di prefabbricazione adottato ha permesso di ridurre notevolmente i tempi di realizzazione ed aumentare la precisione e la

Ragione sociale: **Rubner Holzbau Srl**

Nome del progetto: **Be Factory - Progetto Manifattura**

Importo di bando del progetto: **38.500.000€ totale, 5.000.000€ Rubner**

Mc di legno utilizzato: **4.000mc legno lamellare, 3.000mc XLAM**

Mq realizzati: **24.000mq**

Tempistiche di realizzazione: **struttura 2 mesi, completato in 2 anni**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC**



qualità delle lavorazioni sui singoli pezzi agevolando inoltre, sotto il profilo della sicurezza, le successive operazioni di posa in cantiere.

Un'accurata pianificazione di tutte le attività e la professionalità del personale impiegato in cantiere, hanno permesso di completare la costruzione degli otto edifici in legno, del tunnel e dei portici di raccordo, compresi i quasi 24.000 m² di pannelli di copertura in X-Lam e i più di 1.100 pilastri il legno lamellare a supporto delle facciate, in poco più di 5 mesi.

FACCIAATE PREFABBRICATE



L'efficienza energetica e il confort abitativo degli edifici, sia nuove costruzioni o preesistenti sottoposti a riqualificazione, dipende fortemente dalle prestazioni delle facciate. La necessità di coniugare estetica architettonica e prestazioni tecniche, è un'esigenza ormai consolidata tra i progettisti e i costruttori per un involucro edilizio in grado affrontare le sfide attese per le generazioni future. Grazie ai vantaggi di una efficace prefabbricazione e all'ottimizzazione dei processi di realizzazione già largamente applicati per altre tipologie edilizie, il materiale da costruzione legno si sta sempre più dimostrando una alternativa valida ed efficiente ai sistemi tradizionali anche per la realizzazione di elementi di facciata. Rubner ha sviluppato un sistema di facciata a base di legno secondo un principio costruttivo già largamente utilizzato per gli elementi della copertura ed è oggi in grado di offrire un prodotto altamente affidabile con un grado di prefabbricazione particolarmente elevato. La garanzia della qualità dei servizi inizia con processi chiaramente definiti e costantemente monitorati, e una cooperazione orientata alla soluzione che coinvolge architetti, costruttori e tutti gli altri partecipanti al progetto sin dalla fase di offerta. L'affidabilità offerta da un unico interlocutore in grado di gestire dall'approvvigionamento dei materiali alla verifica statica, dalla pianificazione CAD all'assemblaggio del prodotto finito, garantisce un processo produttivo efficiente e tempi di costruzione ridotti. Di conseguenza gli interventi di realizzazione con elementi prefabbricati di facciata hanno un impatto limitato sulle attività di cantiere e i costi relativi alle opere provvisionali possono essere efficacemente ottimizzati, se non addirittura annullati.

Gli elementi prefabbricati per facciata di Rubner sono realizzati su un telaio interno a montanti e traversi in legno in grado di adeguarsi alle più disparate esigenze



Ragione sociale: **Rubner Holzbau Srl**

Nome del prodotto: **Facciate prefabbricate**

Caratteristiche principali: **elementi prefabbricati e pronti all'installazione**

Condizioni di utilizzo: **applicabile a edifici in CA, acciaio, legno**

Prestazioni ottenibili: **termiche, acustiche e al fuoco secondo le esigenze di progetto**

Aspetti innovativi: **integrazione di sistemi attivi per l'efficiamento energetico**

Certificazioni ottenute: **n.d.**



realizzative: la geometria dell'elemento, la posizione e la dimensione delle aperture, i sistemi di fissaggio allo scheletro portante dell'edificio, sia questo in cemento armato, acciaio o legno, vengono definiti in base alle specifiche del progetto. L'elemento facciata, salvo casi particolari, arriva in cantiere già completo delle finestre, dei sistemi oscuranti, del rivestimento esterno (a scelta tra un ampio ventaglio di soluzioni sia a facciata ventilata che con finitura a intonaco) e di tutte le opere accessorie quali davanzali e lattonerie per dare il lavoro finito.

Sono in fase di sviluppo anche nuove soluzioni ad alto contenuto tecnologico, che prevedono l'integrazione di sistemi attivi per l'efficiamento energetico dell'edificio quali sistemi di ventilazione meccanica, impianti solari e fotovoltaici, soluzioni a verde e finestre intelligenti.

UK PAVILLON



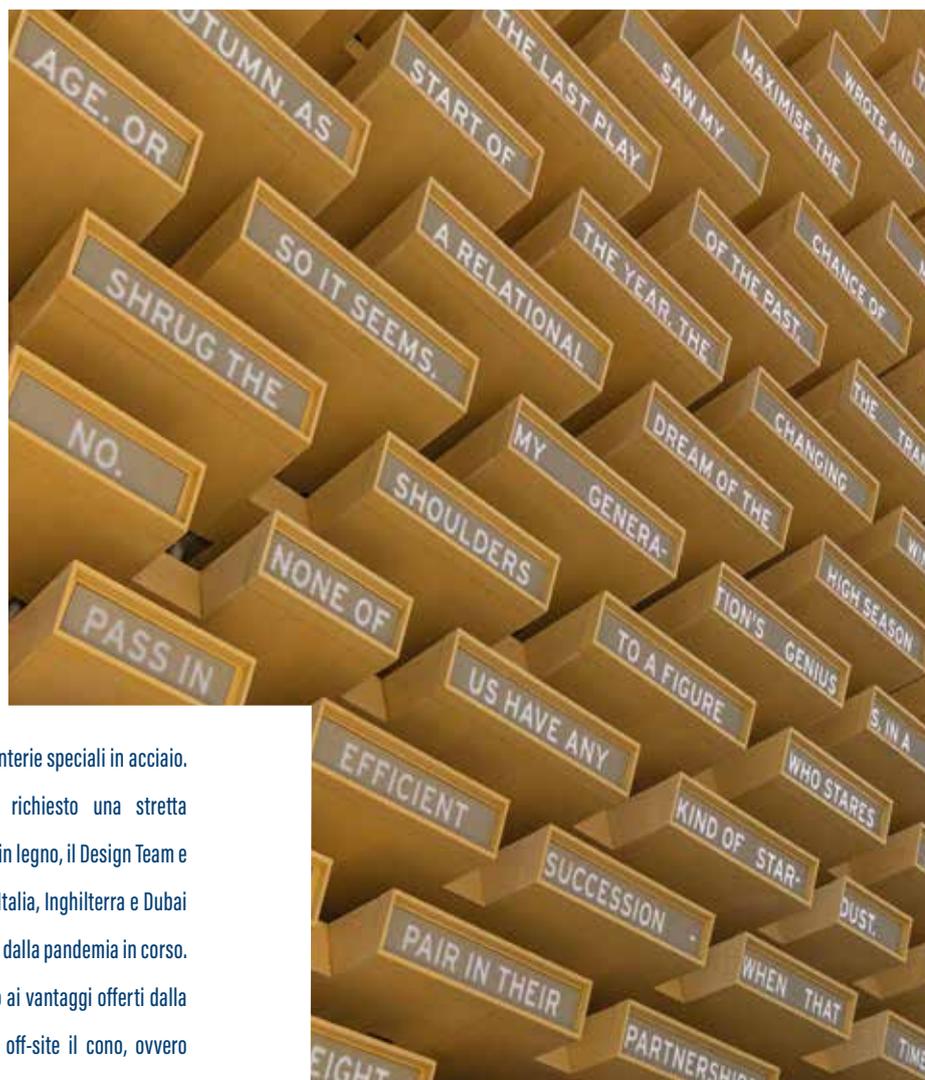
Una struttura innovativa alta 20 metri, per uno dei pochi padiglioni interamente a struttura portante in legno realizzati a EXPO Dubai 2020. Il concept di Poem Pavillion - progettato per il Regno Unito dall'artista britannica Es Devlin- si ispira a 'Breakthrough Message', uno degli ultimi progetti di Stephen Hawking: una competizione globale che l'icona indiscussa della scienza moderna aveva lanciato nel 2015 invitando le persone di tutto il mondo a capire quale messaggio il nostro pianeta volesse comunicare alle altre civiltà nello spazio.

Il padiglione ha la forma di un gigantesco strumento musicale conico in legno ed è costituito da strati di lamelle sovrapposte che, a partire da un punto centrale, si protraggono verso l'esterno per formare una facciata circolare. L'artista ha immaginato il padiglione come una sorta di "poema collettivo" che viene generato da un algoritmo a partire dalle parole inviate dai visitatori, illuminate da luci LED e visualizzate in inglese e in arabo sulla facciata esterna.

All'interno del padiglione che vuole assomigliare alla cassa di risonanza di uno strumento musicale, il visitatore è immerso in un paesaggio sonoro ottenuto da cori composti dalle varie etnie presenti in Gran Bretagna.

Il Team di Rubner è stato impegnato per più di un anno nella realizzazione dei disegni costruttivi, della progettazione strutturale delle connessioni, della prefabbricazione, del trasporto e del montaggio delle 165 cassette prefabbricate di grandi dimensioni a struttura mista legno lamellare, XLAM e acciaio che formano i 19 layer del padiglione, unitamente alle altre parti di completamento. Complessivamente sono stati utilizzati quasi 1.000 mc tra legno lamellare, XLAM e pannelli

Ragione sociale: **Rubner Holzbau Srl**
Nome del progetto: **UK Pavillon**
Importo di bando del progetto: **5.900.000€ Rubner**
Mc di legno utilizzato: **1.000mc**
Mq realizzati: **4.500mq**
Tempistiche di realizzazione: **4 mesi**
Provenienza legno: **Austria**
Certificazione prodotti di legno: **PEFC**



multistrato di legno e oltre 100 tonnellate di carpenterie speciali in acciaio. La complessità geometrica e strutturale ha richiesto una stretta collaborazione tra gli specialisti della costruzione in legno, il Design Team e le altre aziende coinvolte: una collaborazione tra Italia, Inghilterra e Dubai resa ancor più complessa dalle restrizioni imposte dalla pandemia in corso. Nonostante le molte difficoltà e grazie soprattutto ai vantaggi offerti dalla prefabbricazione e dalla preparazione dei pezzi off-site il cono, ovvero la parte più complessa del padiglione, è stato realizzato in soli tre mesi, con una sequenza di montaggio accuratamente pianificata e un team di carpentieri altamente qualificato.



AIRTECH è il Sistema Cordolo Ispezionabile brevettato da Soltech per l'ancoraggio alle fondazioni di pareti in legno di tipo CLT/XLAM, telaio leggero e block-house. Realizzato in acciaio COR-TEN, ha una particolare forma geometrica che consente di sollevare le pareti dalle strutture di fondazione in calcestruzzo armato, evitando che l'umidità di risalita possa alterarne la durabilità. Allo stesso modo, la forma di AIRTECH crea una camera di areazione al di sotto della parete, che favorisce lo smaltimento dell'umidità presente al suo interno e permette di ispezionare le strutture di legno in punti di osservazione altrimenti irraggiungibili. Grazie alla possibilità di posizionare delle bocchette di ispezione agli angoli della struttura o in opportuni punti di osservazione scelti dal progettista, il cordolo AIRTECH consente infatti di verificare lo stato della struttura di legno con una sonda endoscopica, garantendo semplici procedure di monitoraggio in tutte le fasi di esercizio della costruzione. Il sistema può essere inoltre accoppiato con sistemi domotici presenti sul mercato, per registrare l'umidità e la temperatura del legno nelle zone di ancoraggio.

Il tema del monitoraggio è stato il tema principale considerato da Soltech nello sviluppo di AIRTECH, che ha anticipato con questo prodotto le prescrizioni sull'ispezionabilità delle costruzioni recentemente introdotte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) del 2018.

AIRTECH è ancorato alla fondazione in calcestruzzo armato attraverso delle barre filettate ad alta resistenza che vengono annegate nel getto attraverso un ancorante chimico. Questa particolare tipologia di fissaggio consente alle squadre che posano la struttura di legno di regolare meccanicamente la quota di imposta delle pareti di legno, correggendo con un minimo sforzo eventuali incomplanarità della platea o dei cordoli in CA ed evitando di utilizzare zeppe o altre soluzioni improvvisate di cantiere. L'utilizzo di barre filettate ha inoltre l'indubbio vantaggio di poter impostare AIRTECH a qualsiasi quota, assicurando che il piano a cui è imposta la parete sia sempre al di sopra di marciapiedi o di pavimenti finiti.

La parete viene ancorata ad AIRTECH mediante l'utilizzo di chiodi o di viti di piccolo diametro, inserite nella bandella forata laterale. AIRTECH è stato oggetto

Ragione Sociale: **Soltech Srl**

Nome Prodotto: **Airtech - Sistema Cordolo Ispezionabile**

Caratteristiche principali: **ancoraggio delle pareti in legno alla fondazione che protegge dall'umidità**

Condizioni di utilizzo: **Pareti in legno tipo CLT/XLAM, a telaio leggero, Block-house**

Prestazioni ottenibili: **Ottime condizioni di ancoraggio e durabilità delle pareti**

Aspetti innovativi: **ventilazione e ispezionabilità alla base delle pareti in legno**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



di una imponente campagna di test sperimentali presso i laboratori dell'Università di Firenze e della Politecnica Università delle Marche, la quale ha evidenziato la capacità del sistema di ancoraggio di assorbire gli sforzi di taglio provenienti dalla sovrastruttura di legno, evitando dunque l'impiego delle piastre a taglio e degli angolari metallici. Di contro, AIRTECH consente di utilizzare specifiche piastre tridimensionali tipo "hold-down" per riprendere le sollecitazioni verticali che potrebbero provocare il ribaltamento della parete.

Relativamente alla resistenza a compressione, AIRTECH è in grado di superare i 750kN/m, che garantiscono elevate prestazioni non solo in presenza di strutture di legno ad un piano fuori terra ma anche multipiano. Inoltre, grazie all'utilizzo di isolanti interni ed esterni, i calcoli di trasmittanza condotti in accordo alla norma UNI EN ISO 10211 hanno confermato un ponte termico incredibilmente basso, paragonabile a quello ottenuto con sistemi tradizionali tipo cordolo in larice, e hanno verificato l'assenza di condensa interstiziale.



La complessità delle costruzioni in legno è cresciuta esponenzialmente negli ultimi anni, e assieme ad essa la necessità di elementi di connessione speciali, progettati su misura in accordo con le normative vigenti e fabbricati considerando tolleranze in linea con l'utilizzo richiesto. Per quanto riguarda la fase progettuale, il tecnico in carico farà riferimento alle prescrizioni delle Norme Tecniche (NTC) 2018 e degli Eurocodici (sia l'Eurocodice 3 per le strutture in acciaio che l'Eurocodice 5 per le strutture di legno, ciascuno per quanto di sua pertinenza). Viceversa, per la parte produttiva Soltech fa riferimento alle prescrizioni date dalla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1. In particolare, il processo realizzativo che porta alla fabbricazione di una connessione speciale prevede che il tecnico incaricato fornisca gli elaborati esecutivi, nei quali sono specificati il tipo di acciaio strutturale che deve essere utilizzato (es. S355), la classe di esecuzione (es. EXC2 o EXC3) e il tipo (es. conforme alla UNI EN ISO 5817) di saldature, nonché gli eventuali controlli aggiuntivi da effettuare sulle saldature e il trattamento protettivo da applicare per garantire la durabilità (es. zincatura a caldo in accordo alla UNI EN ISO 1461). Sulla base di tali dati, Soltech crea un "Piano di Fabbricazione e Controllo" che rappresenta una linea guida per tutte le fasi produttive e che viene aggiornato all'avanzare delle lavorazioni. Lo stesso garantisce inoltre la rintracciabilità degli elementi e consente di redigere la Dichiarazione di Prestazione (DoP), necessaria per apporre la marcatura CE.

Al fine di avviare il processo produttivo, Soltech analizza i disegni forniti dal progettista e li rielabora in un formato adatto per la condivisione con il centro di lavoro a controllo numerico (CNC). Le eventuali revisioni dell'elaborato tecnico vengono sempre discusse con il progettista e da lui approvate. Si procede quindi con il taglio termico dei componenti e con l'assemblaggio degli stessi. Gli operatori qualificati procedono con la realizzazione delle saldature e, terminate le stesse, eseguono opportuni controlli, differenziati a seconda della classe di esecuzione richiesta. Nel caso di una classe di esecuzione EXC2 vengono svolti dei controlli visuali; nel caso

Ragione Sociale: **Soltech Srl**

Nome Prodotto: **Carpenteria speciale secondo UNI EN 1090-1**

Caratteristiche principali: **connessioni su misura uniche nel loro genere**

Condizioni di utilizzo: **ad hoc e contestualizzate in funzione del progetto in cui sono utilizzate**

Prestazioni ottenibili: **qualsiasi tipo di prestazione, come richiesto dal progettista strutturale**

Aspetti innovativi: **artigianalità 4.0 e Classe di esecuzione EXC3**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



di una classe EXC3, o qualora lo richieda il committente, vengono effettuati controlli con liquidi penetranti (PT), controlli magnetici (PT) o radiografie. In tale fase, qualora richiesto e concordato con il direttore dei lavori, possono essere prelevati eventuali campioni per l'esecuzione delle prove di rottura come richiesto delle NTC 2018.

L'ultima fase prevede l'applicazione dei trattamenti protettivi, come la zincatura a caldo o elettrolitica, e l'esecuzione di eventuali verniciature che vengono quindi controllate a cura dell'operatore coinvolto. In ultima istanza, Soltech appone sugli elementi realizzati le etichette identificative che riportano gli estremi della commessa, le in formazioni riassuntive sull'elemento e la marcatura CE. Completato tale iter, Soltech consegna le connessioni speciali in cantiere, dove vengono accettate dal direttore dei lavori.



STAFFA A SCOMPARSA - STEEL



Soltech è quotidianamente impegnata nello sviluppo di nuove soluzioni tecniche volte ad offrire sistemi di connessione innovativi e sempre più performanti per il settore delle costruzioni in legno. Per trasmettere ai progettisti soluzioni su misura e altamente affidabili, Soltech effettua periodicamente dei test di laboratorio sui propri prodotti al fine di studiarne il comportamento sotto carico e i possibili meccanismi di rottura.

All'interno dei numerosi prodotti che hanno visto la luce in questi ultimi anni, la staffa a scomparsa Steel è uno dei più recenti frutti di questo processo di ottimizzazione. Grazie all'implementazione di raffinati modelli agli elementi finiti e all'esecuzione di test di laboratorio in vera grandezza, Soltech ha conseguito la marcatura CE della staffa Steel attraverso l'ETA 20/0598. Le indagini hanno approfondito il comportamento della staffa Steel sia qualora venga utilizzata per realizzare solai che nel caso di coperture di legno, e hanno consentito di elaborare specifiche formule di calcolo che permettono di raggiungere delle resistenze maggiori rispetto a qualsiasi altra tipologia di piastra standard. Inoltre, per semplificare e velocizzare le fasi di progettazione è stato sviluppato e reso disponibile il Software Soltech Lab, scaricabile gratuitamente dal sito di Soltech.

La staffa, che si presta ad essere ancorata su supporti di diversa natura (legno, C.A., muratura ma anche di altro tipo), è stata oggetto di una campagna di prove sperimentali presso i laboratori del CNR IBE, utilizzando un setup di test opportunamente progettato ed in grado di analizzarne il comportamento sia in presenza

Ragione Sociale: **Soltech Srl**

Nome Prodotto: **Staffa a scomparsa - Steel**

Caratteristiche principali: **connessione a scomparsa per travi in legno su supporti di varia natura**

Condizioni di utilizzo: **utilizzo su travi in legno con altezza minima di 160 mm**

Prestazioni ottenibili: **ancoraggio strutturale a scomparsa**

Aspetti innovativi: **valori statici ottenuti con simulazione del reale comportamento della connessione**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



di carichi "end-grain" che "side-grain". Tutti i provini oggetto di test hanno completato positivamente i test: se da un lato le membrature in legno utilizzate hanno evidenziato grandi deformazioni nelle zone di fissaggio (dove è presente la chiodatura e dove sono posizionati gli spinotti), la staffa Steel ha mostrato deformazioni trascurabili e nessuna rottura al termine della prova.

SILVER LIVING



Silver Living, costruita da Wolf Haus per il Gruppo Korian, è una RSA e residenza protetta di 7.730 mq, di cui 7.200 mq fuori terra in legno costruita in soli quattro mesi di cantiere (parte di grezzo avanzato affidata a Wolf Haus). Il progetto fa seguito all'approvazione di un Piano di Recupero per la riqualificazione di un'ampia area di circa 4.600 mq, non distante dal centro della città di Sondrio, sulla quale era stato costruito intorno al 1967 il complesso edilizio dell'ex Provveditorato agli Studi, di cui l'intervento di recupero ha comportato la demolizione. Dopo diversi studi di fattibilità, volti a stabilire la migliore conformazione dell'insediamento, si è optato per una struttura a "C", composta da un fabbricato principale di forma rettangolare e due fabbricati minori posti ortogonalmente a questo, tre elementi strutturalmente indipendenti e divisi da un giunto sismico. Le due torri ospitano 54 monolocali e bilocali, adibiti a "residenza protetta", e presentano piano terra e vano ascensori in cemento armato, solai in XLAM e la restante struttura in legno a telaio Platform Frame, per un totale di 7 piani. Il monoblocco è invece composto da piano terra in cemento armato e quattro piani in legno a telaio Platform Frame, con vano scale e ascensori in XLAM. Vista la destinazione d'uso, la struttura è stata portata alla classe di resistenza al fuoco REI 90. La progettazione strutturale esecutiva e l'ingegnerizzazione di questo grande edificio hanno richiesto quattro mesi di lavoro per i reparti Wolf Haus, e sono stati sufficienti quattro mesi di cantiere per il montaggio della struttura ed il completamento dell'involucro esterno con il conseguente smontaggio del ponteggio. Durante il montaggio della struttura sono state posate le cellule bagno prefabbricate e completamente finite. L'esecuzione degli impianti e delle finiture interne, ad opera del Committente, ha richiesto ulteriori 5 mesi.

Ragione sociale: **Wolf Haus di Wolf System Srl**

Nome del progetto: **Silver Living**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

Mc di legno utilizzato: **n.d.**

Mq realizzati: **7.455mq**

Tempistiche di realizzazione: **6 mesi**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **n.d.**



Sono stati realizzati degli studi preliminari - sulla modularità e flessibilità - ulteriormente sviluppati con la messa a punto di un "modulo base" composto da due camere di degenza e servizi igienici, di dimensioni e conformazione tali da poter essere facilmente modificato.

Gli studi in questione hanno compreso anche valutazioni in merito alla modularità e trasportabilità degli elementi prefabbricati in legno dallo stabilimento al cantiere e al loro dimensionamento in relazione al comportamento statico.

Più in generale, nella progettazione delle strutture sanitarie e/o socio-sanitarie il progetto viene impostato fin dall'inizio sulla funzionalità e razionalità degli spazi, senza mai tralasciare il comfort degli ospiti, e sul risparmio energetico per ridurre al minimo i costi di gestione.



SPORHOTEL OBEREGGEN

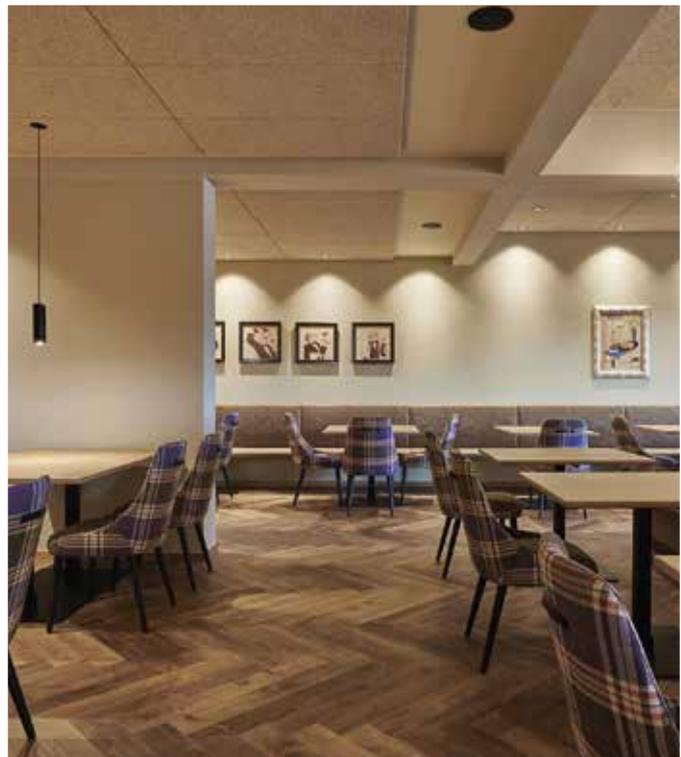
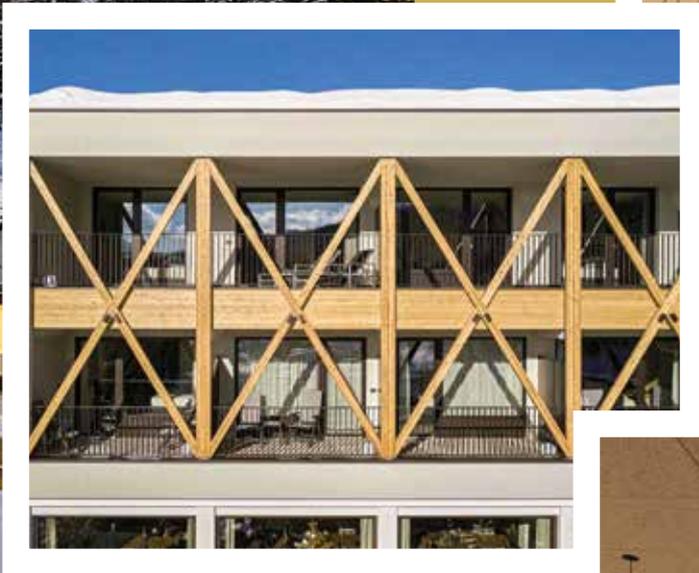


L'intervento realizzato da Wolf Haus per Sporthotel Obereggen, su progetto dell'architetto Fabio Giovannelli di Ora (BZ), ha riguardato la sopraelevazione, per un totale di 1.800 m² su un unico piano, di un edificio esistente con struttura portante in cemento armato costruito negli anni '70 a Nova Ponente (BZ). Del fabbricato originale, inizialmente di quattro piani, sono stati demoliti completamente la copertura e l'ultimo piano; il rifacimento di quest'ultimo ha portato alla realizzazione di ventisette nuove suite per gli ospiti. Contestualmente sono stati realizzati i ballatoi - anche del piano inferiore - che ridisegnano i prospetti, raccordando nuova e vecchia struttura in un restyling generale della facciata. Il sistema costruttivo prefabbricato in legno ha rappresentato una scelta obbligata poiché la struttura esistente non era in grado di supportare un nuovo piano in c.a., era richiesto anche un cantiere rapido, da realizzare nella pausa tra stagione turistica estiva e invernale, e a basso impatto, che limitasse al minimo gli interventi ai piani sottostanti. Grazie ai vantaggi della prefabbricazione in legno, che minimizza le attività e i carichi on-site, e alla competenza nella realizzazione di strutture miste legno-acciaio interna a Wolf Haus, le richieste sono state risolte con un intervento su misura.

La criticità principale riguardante progettazione statica in questa tipologia di interventi è rappresentata dal trasferimento dei carichi del nuovo corpo di fabbrica in corrispondenza con la struttura dell'esistente, della quale erano disponibili solamente i progetti ante operam degli anni '70, senza disporre di un rilievo aggiornato, vista l'impossibilità di poter effettuare delle prove invasive (rimuovere la copertura ed i controsoffitti) ed essendo l'albergo funzionante fino a pochi giorni prima dell'inizio dei lavori. Le variazioni strutturali emerse nel corso delle demolizioni propedeutiche alla sopraelevazione sono state prontamente risolte adeguando il



Ragione sociale: **Wolf Haus di Wolf System Srl**
 Nome del progetto: **Sporthotel Obereggen**
 Importo di bando del progetto: **n.d.**
 Mc di legno utilizzato: **n.d.**
 Mq realizzati: **1470mq e 348 balconi**
 Tempistiche di realizzazione: **n.d.**
 Provenienza legno: **Austria**
 Certificazione prodotti di legno: **n.d.**



reticolato di appoggio sulla struttura esistente.

I carichi sono stati distribuiti utilizzando travi d'acciaio inglobate nel pacchetto di finitura; gli elementi verticali sono stati realizzati col sistema costruttivo Platform Frame, il solaio a elementi e i vani corsa ascensore in X-Lam. Sporthotel Obereggen è stato realizzato da Wolf Haus "chiavi in mano" e i lavori hanno richiesto una fase di progettazione esecutiva ed ingegnerizzazione durata due mesi, e successivi soli due mesi e mezzo di attività in cantiere, grazie al sistema di montaggio a settori: pareti e solai autoportanti sono stati posati a zone, facendo intervenire in rapida sequenza le squadre per l'installazione di impianti e finiture, gestendo in sicurezza le sovrapposizioni e rendendo possibile la consegna in tempi record di questo bellissimo progetto.

TUNA PALACE



Tuna Palace, a pochi passi dalla spiaggia e dal cuore pedonale della città di Lignano Sabbiadoro (UD), è un residence dal design moderno e funzionale di 1.350 mq progettato dallo Studio AR.CO di Conegliano (TV).

Costruito da Wolf Haus nel 2015, si sviluppa su cinque piani e ospita varie soluzioni abitative dai generosi spazi distributivi interni e ampie terrazze panoramiche, funzionali sia al comfort che alla protezione solare nei mesi estivi grazie ai tre metri di aggetto.

Wolf Haus ha fatto da general contractor, cominciando i lavori di fondazione a gennaio e consegnando l'edificio finito in ogni sua parte a metà giugno dello stesso anno. Tuna Palace poggia su un piano terra a pilotis e solaio in cemento armato, con la struttura in elevazione interamente a telaio in legno: pareti a telaio (Platform Frame) e solai a elementi per tutti e cinque i piani, compresi il vano scale e ascensore e il tetto piano panoramico, il quale ospita grandi vasche idromassaggio a disposizione degli ospiti.

Lo Studio AR.CO, che ne ha seguito la progettazione fin dall'inizio, riconosce un valore superiore all'edilizia in legno e l'architetto Francesco Tomasella sintetizza così l'intervento: "Ritengo che le tematiche rivolte a un possibile futuro sostenibile siano ormai diventate tali da rappresentare una necessità imprescindibile e urgente in ogni campo della vita sociale ed economica."

Ragione sociale: **Wolf Haus di Wolf System Srl**

Nome del progetto: **Tuna Palace**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

Mc di legno utilizzato: **n.d.**

Mq realizzati: **1.600mq**

Tempistiche di realizzazione: **6 mesi**

Provenienza legno: **Austria**

Certificazione prodotti di legno: **n.d.**



Tuna Palace si sviluppa intorno a questi temi fondamentali, mettendo in primo piano alcune regole fondamentali della progettazione: orientamento delle zone giorno a sud-ovest, ampie vetrate di captazione solare invernale, protezioni solari estive garantite dalle sporgenti terrazze.

Queste strategie progettuali di tipo passivo garantiscono l'ottimizzazione dell'irraggiamento solare che, insieme al sistema di riscaldamento con pompe di calore alimentate da pannelli solari e termici posti in copertura, assicura una performance energetica ottimale con bassi consumi, comfort termico e comfort acustico.



La gamma dei sistemi di fissaggio per carpenteria legno Würth si arricchisce di una nuova e innovativa famiglia di angolari per edifici in legno. Le piastre di ancoraggio Würth DENE B prendono il nome dalla più luminosa stella della costellazione del Cigno, la cui immagine è presente sulla piastra in forma di nervatura a croce che funge da irrigidimento delle flange della piastra.

Grazie ai sistemi di irrigidimento a forma di croce, l'angolare DENE B è in grado di assorbire le forze di taglio e trazione senza la necessità di ulteriori irrigidimenti come rondelle o basette. Le dimensioni della piastra sono tali da consentire l'alloggiamento di 35 connettori Ø4 o Ø5 per flangia e di 4 connettori Ø12 per il fissaggio con ancoranti post-installati per calcestruzzo.

La particolarità dell'angolare DENE B sta nella ampia possibilità di scelta dei sistemi di connessione. DENE B può essere infatti impiegata sia nelle connessioni tra pareti XLAM che nei collegamenti alla base degli edifici con la fondazione in CA. Per connessioni legno-legno è infatti possibile utilizzare dal classico fissaggio con chiodi scanalati Ø4 o con viti per piastre ASSY® 4 JH Ø5 al fissaggio con un numero ridotto di connettori di maggior diametro. Per velocizzare le fasi di esecuzione dei manufatti in legno è inoltre possibile fissare le piastre DENE B con solo 4 viti per legno a testa esagonale ASSY® COMBI Ø12 su ogni flangia oppure con 4 viti a filetto totale con testa piana svasata ASSY® plus VG 4 CSMP Ø6 in abbinamento a rondelle a 45° con impronta cilindrica.

Ulteriore peculiarità dell'angolare DENE B è legata alla possibilità di adottare una chiodatura parziale delle flange, posizionando i connettori in numero minimo di

Ragione sociale: **Würth Srl**

Nome del prodotto: **Piastre di ancoraggio DENEb**

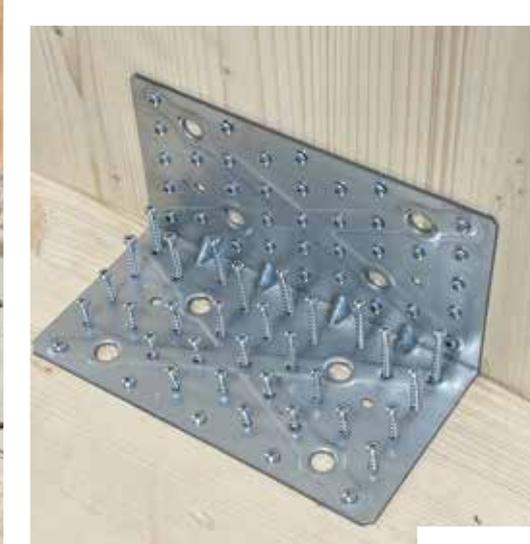
Caratteristiche principali: **piastre angolari e piane installabili con differenti tipologie di connettori**

Condizioni di utilizzo: **collegamenti legno-calcestruzzo e legno-legno in edifici e strutture di legno**

Prestazioni ottenibili: **collegamenti efficaci per forze di taglio, trazione e ribaltamento**

Aspetti innovativi: **unico sistema di connessione valido per tutte le direzioni di carico**

Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



16 solamente nelle file superiori della flangia, soluzione particolarmente adatta in presenza di strati di livellamento o di compensazione tra parete e piano di appoggio.

La famiglia delle piastre DENEb comprende anche la piastra piana di collegamento DENEb PLT. Tale sistema di connessione presenta analogia geometria della piastra angolare DENEb ma permette di realizzare sistemi di connessione planari. La specifica geometria rinforzata e gli schemi di fissaggio della piastra piana DENEb PLT ne consente l'impiego sia per connessioni legno-legno, ad esempio per giunti di continuità tra pareti XLAM o tra dormienti lignei in strutture a pareti intelaiate, che per connessioni legno-calcestruzzo.

SWG SCHRAUBENWERK GAISBACH GMBH



La progettazione e realizzazione della nuova sede produttiva dell'azienda SWG Schraubenwerk Gaisbach GmbH, società facente parte del Gruppo Würth e specializzata nella produzione di viti da legno, ha spinto il team di progettazione a ricercare materiali e soluzioni innovative che, grazie a scelte non ordinarie, hanno permesso di realizzare travi reticolari con l'impressionante sviluppo di 82 m con solo un appoggio centrale.

La scelta di realizzare elementi strutturali di grande luce è legata a esigenze organizzative degli spazi interni. Gli spostamenti logistici e il posizionamento dei macchinari per la produzione delle viti dovevamo godere di massima libertà e non essere vincolati dalla presenza di colonne o pilastri.

Lo stabilimento produttivo di SWG presenta una pianta di 114 x 96,5 m. L'impianto strutturale è suddiviso in cinque campate di circa 19 m. L'orditura della copertura in corrispondenza di ogni campata presenta una variazione di quota per migliorare le condizioni di illuminazione e ventilazione naturale.

Ulteriori elementi innovativi all'interno del progetto sono senza dubbio i sistemi di connessione: se da un lato il legno BauBuche® consente un'organizzazione strutturale con elementi di dimensioni contenute dall'altra tali componenti necessitano di connessioni altrettanto robuste e rigide. La combinazione di piastre

Ragione sociale: **Würth Srl**

Nome del progetto: **Nuovo impianto produzione SWG Schraubenwerk Gaisbach GmbH**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

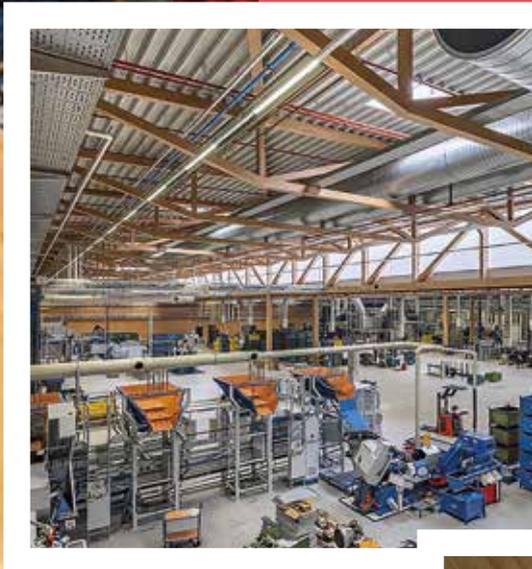
Mc di legno utilizzato: **420mc BauBuche[®], 900mc XLAM, 330mc legno lamellare**

Mq realizzati: **12.800mq**

Tempistiche di realizzazione: **20 mesi**

Provenienza legno: **Germania**

Certificazione prodotti di legno: **n.d.**

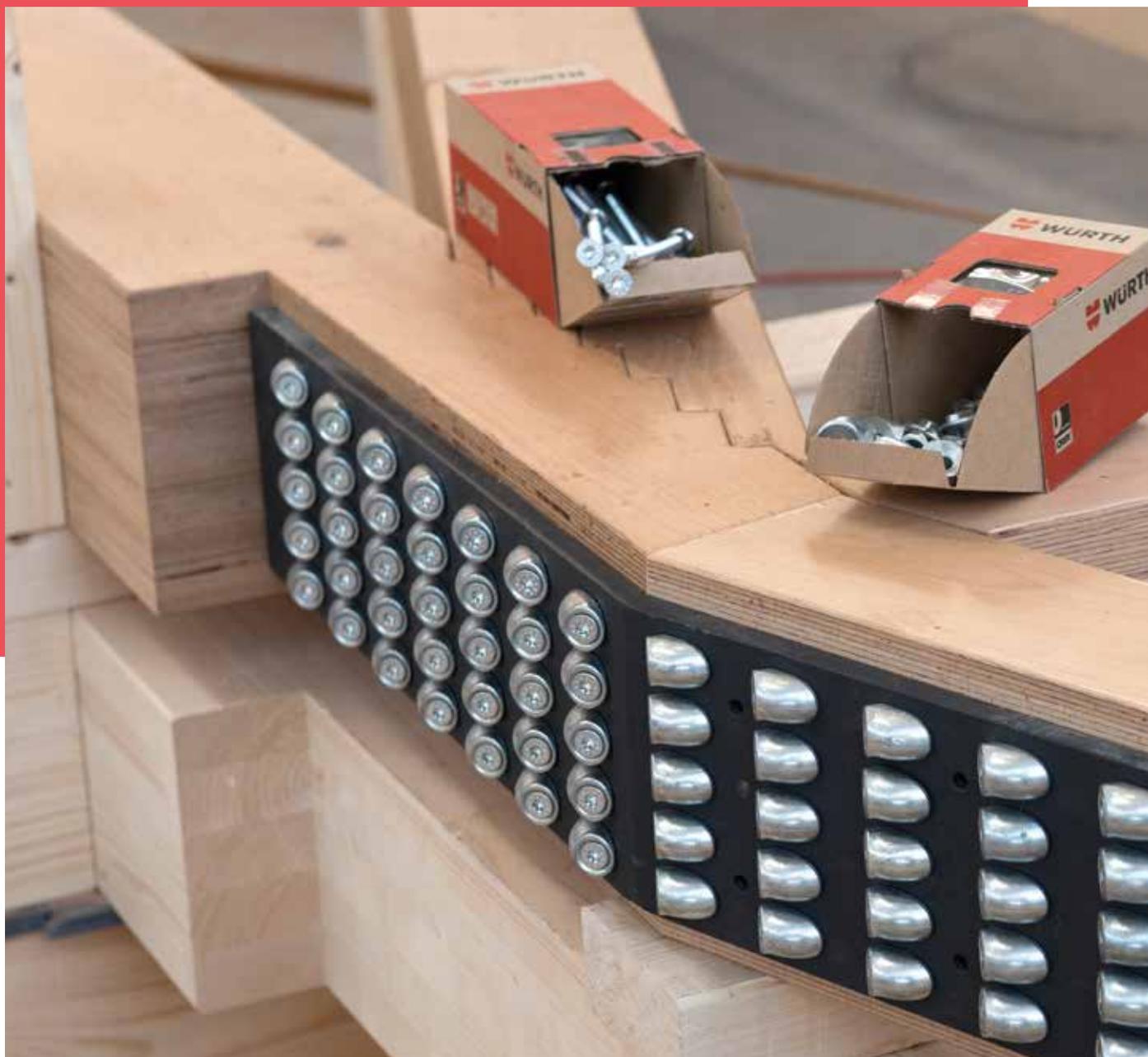


metalliche e un totale di circa 250'000 viti strutturali Würth ASSY[®] ha permesso di ottimizzare le dimensioni degli elementi, realizzando giunti snelli ma con elevatissime capacità di carico.

Un esempio di collegamento con carattere fortemente innovativo è quello tra le aste della trave reticolare: per riuscire a trasferire l'elevato carico di compressione del puntone diagonale il nodo presenta una dentellatura inferiore finalizzata ad aumentare la superficie di contatto tra i due elementi. In aggiunta la sollecitazione del montante verticale viene trasferita al corrente inferiore mediante l'utilizzo di viti Würth ASSY[®] Plus FT.



VITI PER LEGNO ASSY® 4



Le viti per legno ASSY® 4 sono una nuova linea di connettori innovativi realizzata da Würth con l'obiettivo di ottimizzare le fasi di fissaggio e la resa di ogni lavorazione. Le viti hanno infatti nuove tasche sottotesta che raccolgono i trucioli e facilitano la penetrazione della vite anche nei legni più duri. La presenza di una punta pre-cut e di un'elica alesatrice re-cut integrata preservano inoltre l'integrità delle fibre di legno attorno al punto di inserimento, riducendo allo stesso tempo l'attrito sul gambo.

A margine delle novità introdotte con le nuove viti ASSY® 4, Würth ha inoltre ampliato il proprio catalogo di rondelle sottovite: dalla più comune e conosciuta rondella sottovite tornita svasata alla rondella inclinata a 30° a forma di mezzaluna nata per facilitare e standardizzare i collegamenti legno-legno nei pannelli CLT.

Nel caso di connessioni legno-acciaio è possibile sfruttare la grande capacità di resistenza assiale e rigidità delle viti a tutto filetto ASSY plus VG 4, adottando rondelle a impronta cilindrica o ad asola che permettono di garantire ottime condizioni di serraggio e di evitare la realizzazione di complesse lavorazioni sulle piastre. Viceversa, nel caso di connessioni tra pannelli parete in CLT e solai in CLT è possibile sostituire le piastre angolari chiodate o avvitate con viti ASSY® 4 e rondelle a forma di mezzaluna, riducendo le tempistiche di posa e semplificando le tipologie di connessioni in opera. La rondella a forma di mezzaluna può essere infatti

Ragione sociale: **Würth Srl**

Nome del prodotto: **Viti per legno ASSY® 4**

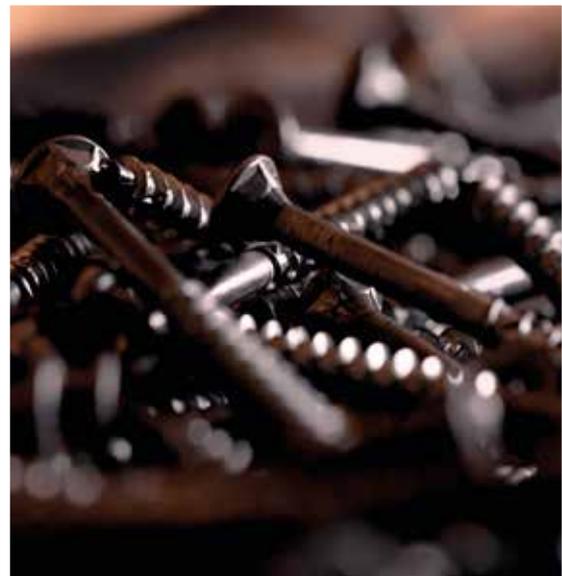
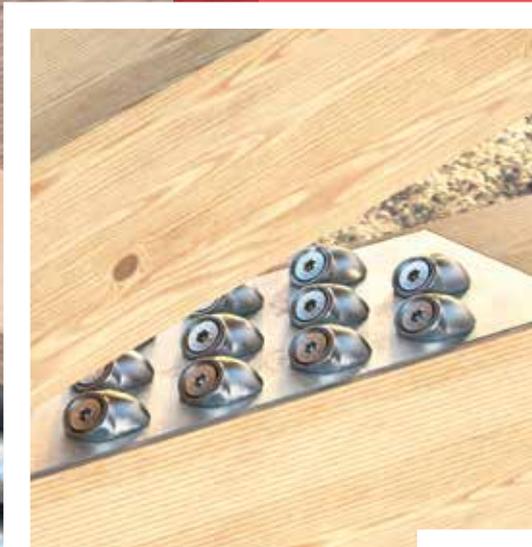
Caratteristiche principali: **inserto RW di profondità maggiorata, punta con calotte aggiuntive ed elica alesatrice integrata**

Condizioni di utilizzo: **connessioni strutture in legno, CLT, LVL, Hardwood**

Prestazioni ottenibili: **agile perforazione e svasatura con un conseguente minore sforzo degli utensili**

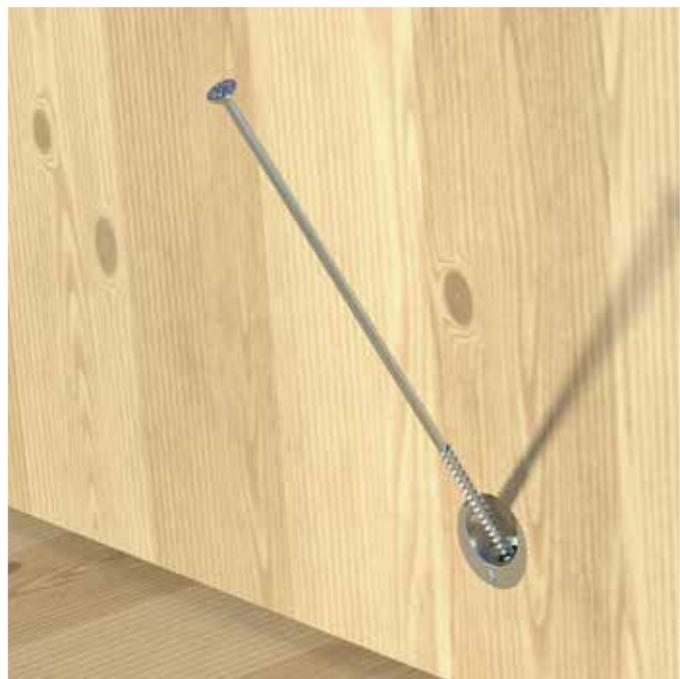
Aspetti innovativi: **ampia gamma di rondelle dedicate a unioni in CLT, LVL e connessioni legno-acciaio**

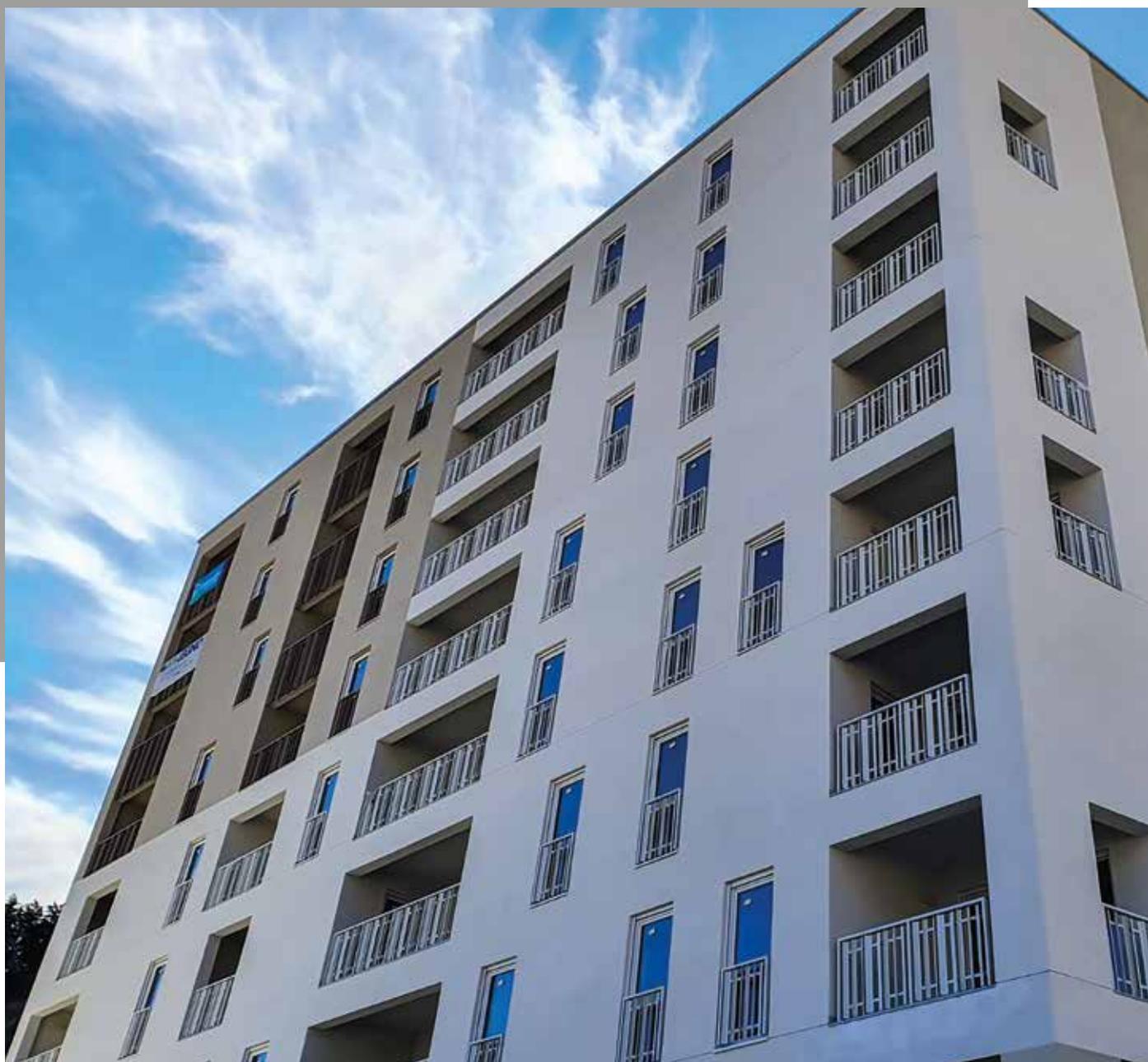
Certificazioni ottenute: **Marcatura CE**



integrata nel pannello CLT con una semplice lavorazione a fresa $\varnothing 40$ mm. Viceversa, il fissaggio viene garantito con l'installazione di viti a filetto parziale $\varnothing 8$ mm avvitate con angolo di inclinazione vincolato di 30° .

Infine, dalla combinazione di ASSY® 4 con la rondella a 45° ed elementi in LVL di latifoglia è possibile realizzare unioni con viti a filetto parziale sollecitate assialmente ed estremamente resistenti grazie allo sfruttamento della tensione di contatto diretto tra rondella e LVL, superando il limite della ridotta resistenza assiale in componenti di sezione contenuta. Una soluzione che trova semplice applicazione in dettagli costruttivi come rinforzi strutturali o realizzazioni di strutture a traliccio.





Nell'area della ex Marangoni, a sud di Rovereto, XLAM DOLOMITI ha messo la firma sull'edificio in legno più alto d'Italia. Si tratta di una palazzina di nove piani per 29 metri di altezza, adiacente ad un altro volume abitativo di 5 piani, per un totale di 68 appartamenti destinati al social housing. La struttura risponde ai più moderni criteri costruttivi e rappresenta un esempio di sostenibilità dal punto di vista sociale, ambientale ed economico.

Il progetto si inserisce nell'ambito dell'intervento di rigenerazione urbana dell'area ex Marangoni, che ha preso il via con la bonifica del terreno tra via Abetone e via Benacense II. Anche il legname strutturale, che costituisce il 90% della costruzione, è frutto di una riqualificazione. Sono stati infatti impiegati 2.300 mc di legno ingegnerizzato, ottenuti dagli alberi schiantati dalla tempesta Vaia in Val di Fiemme e in Primiero nel 2018.

XLAM DOLOMITI arriva a questo risultato dopo aver maturato numerosi anni di esperienza nel settore e grazie ad una attenta progettazione integrata. L'edificio è stato realizzato interamente in legno, senza far uso di telai metallici o di altra natura (fatta eccezione per i sistemi di connessione meccanica).

Grazie ad un accurato studio dei dettagli, la struttura grezza garantisce elevate performance sia in caso di sisma che di incendio, con una classe di resistenza R60 in questo secondo caso. Da sottolineare la grande importanza dei processi di ingegnerizzazione, che hanno permesso di sfruttare al meglio le caratteristiche

Ragione sociale: **XLAM Dolomiti Srl**

Nome del progetto: **Riqualificazione area Ex Marangoni Meccanica**

Importo di bando del progetto: **n.d.**

Mc di legno utilizzato: **1.500mc**

Mq realizzati: **5.100mq**

Tempistiche di realizzazione: **13 settimane**

Provenienza legno: **Trentino Alto-Adige**

Certificazione prodotti di legno: **PEFC Solidale**



meccaniche del materiale e hanno portato alla progettazione di sistemi di carpenteria metallica ad hoc per trasferire i carichi strutturali alle fondazioni.

L'utilizzo di pannelli in legno di grandi dimensioni - da 3,5 metri di altezza fino a 13,5 metri di lunghezza - ha consentito di velocizzare il processo di posa e, di conseguenza, di ottimizzare le tempistiche del cantiere nel rispetto dei costi concordati in fase di preventivo. Il lavoro è stato complessivamente realizzato in 13 settimane con l'ausilio di un numero molto ridotto di operai altamente specializzati.





 **FLA**
Eventi

Con il supporto tecnico

FLA
FEDERLEGNOARREDO