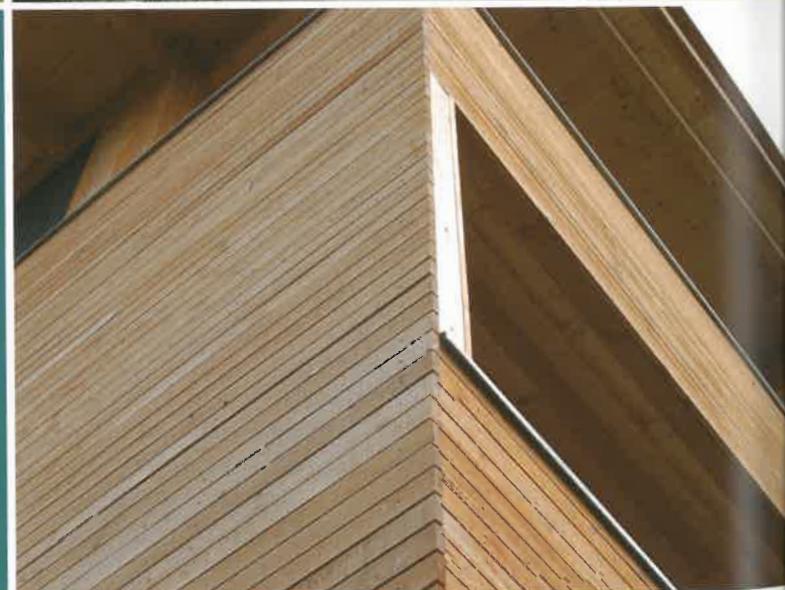


LEGNO



Solo legno?

L'uso opportuno del legno ne vede l'utilizzo solo dove è conveniente, anche in accoppiamento ad altri materiali.



INNOVAZIONE LEGGERA

A tronchi sovrapposti, a pannelli intelaiati, con tavole incrociate: tecnologie differenti per funzioni portanti o di tamponamento. Un'architettura finalmente affrancata dalla dimensione solo residenziale. In attesa di uscire ... dai confini regionali

Rossano Albatici

In alto a sinistra, Casa Siller (Oris BZ).
In alto a destra, Casa Zuegg (arch. Tschöll - Ciardes BZ).
Al centro a sinistra, Casa Huber-Schnarf (arch. Aichner e Seidl - Valdaora BZ).
Al centro a destra, Casa Schöpf (arch. Tschöll - Vezzano BZ).
Al centro a destra, risoluzione della correlazione d'angolo esterna fra due chiusure verticali.
In basso a sinistra, Casa Zipperle (geom. Erlacher - Lagundo BZ).
In basso a destra, particolare angolo della serra di casa Zuegg (arch. Tschöll - Ciardes BZ).

Molto spesso, parlando di edifici di legno, si confonde il piano più propriamente legato alla concezione strutturale e costruttiva con quello relativo agli elementi di finitura. Ossia si suppone, erroneamente, che l'edificio di legno debba essere tutto di legno e che il materiale debba essere ben visibile, esposto, in qualche modo "dichiarato". Si dovrebbe parlare più propriamente, invece, di edilizia a prevalente impiego di legno, nella quale il materiale, come sempre dovrebbe accadere, viene utilizzato solo là dove è conveniente, ossia dove si possono sfruttare al meglio le sue proprietà anche in accoppiamento ad altri materiali.

Le caratteristiche che rendono il legno attuale nel campo dell'edilizia sono molteplici, a partire dal fatto che risponde alla rinnovata attenzione verso le tematiche ambientali nel settore delle costruzioni che è, con il 38% dell'energia utilizzata in Europa, il settore produttivo più energivoro e il primo responsabile delle relative emissioni di anidride carbonica equivalente. È oramai noto, infatti, che il legno può essere considerato "carbon neutral" in quanto le

piante, crescendo, fissano una certa quantità di carbonio presente nell'aria che viene poi riceduta all'ambiente durante la fase di smaltimento o di riconversione energetica dell'elemento, secondo un ciclo che si può considerare chiuso. L'energia necessaria per produrre e porre in opera elementi di legno, inoltre, è ridotta rispetto a quelli composti da altri materiali (dal 30-50% rispetto al calcestruzzo fino a 70-80% per l'acciaio), e la loro costruzione si presenta semplice e veloce. Basti pensare che la parte strutturale di un edificio multipiano di legno, fondazioni escluse, viene in genere terminata in una o due settimane in base alle dimensioni dell'intervento, e che i tempi medi di realizzazione, dal momento dell'inizio degli scavi alla consegna del fabbricato, variano dai 5 agli 8 mesi.

Quest'ultimo aspetto è anche dovuto al fatto che il legno è un materiale che si presta bene alla produzione di elementi prefabbricati. Essi possono essere totalmente prefabbricati, ossia dotati di finiture interne ed esterne, serramenti, sistema impiantistico e quindi pronti ad essere trasportati dallo stabili-

I nodi da sciogliere

| | | |
|--|---|---|
| Protezione dal fuoco con sistemi passivi | Elementi strutturali | Sovradimensionamento la sezione degli elementi strutturale (riferimento Eurocodice 5) |
| | | Trattamento con rivestimenti ignifughi |
| | Trattamento con rivestimenti intumescenti | |
| Bassa inerzia termica | Elementi di rivestimento | Trattamento con prodotti ignifughi |
| | Alternative alla leggerezza del materiale | Sistemi di appesantimento delle pareti: uso di finiture con massa elevata e di materiali isolanti compatti e pressati Elementi costruttivi massicci (al posto di quelli leggeri) o appesantiti |
| Protezione dagli agenti atmosferici | In fase di progettazione | Scegliere specie con elevata durabilità; corretta progettazione dei dettagli costruttivi per evitare ristagno d'acqua e condensa |
| | In fase di posa | Evitare "bagnature" e conseguente marcescenza del legno |
| | Durante l' ciclo di vita | Manutenzione periodica (resistenza alle intemperie, alle radiazioni UV e all'attacco di funghi e insetti) |

mento in cantiere per essere poi assemblati assieme agli altri elementi, oppure parzialmente prefabbricati, ossia completi solo della parte strutturale e con la predisposizione degli elementi di correlazione e di altre eventuali finiture. Anche in questo secondo caso, tuttavia, le fasi in cantiere sono accelerate se l'elemento è stato adeguatamente progettato e predisposto all'accoglimento degli altri sub-sistemi. Viene da sé che la corretta progettazione e realizzazione delle correlazioni fra i vari elementi costruttivi è il vero punto importante di una costruzione in legno, in quanto le funzioni di tenuta e di forza devono essere garantite da giunti adeguati a livello di forma e di materiale utilizzato. Anche se il legno è un materiale facilmente lavorabile in cantiere, la predisposizione di dettagli e risoluzioni al bordo precisi consente maggiore facilità di posa e velocità di operazione, maggiore sicurezza per i lavoratori e minori rischi di incidente (soprattutto per strutture con elevato numero di piani), un limitato intervento a posteriori per risolvere eventuali errori che, seppur facilmente realizzabile, potrebbe compromettere la corretta esecuzione dell'intero intervento. Ovviamente, in caso di parziale prefabbricazione o addirittura di costruzione on-site (procedura, quest'ultima, sempre meno utilizzata se non nei casi di autocostruzione), i giunti possono essere completamente realizzati in opera e gli eventuali errori di posa possono essere sempre corretti in modo semplice ed immediato.

Negli ultimi quindici anni si è assistito a un vero e proprio revival delle costruzioni di legno, che partendo dal settore di nicchia dell'edilizia residenziale a basso numero di piani, si sta espandendo anche

| I plus del legno in sei punti |
|--|
| Carbon neutral |
| Energy saving |
| Costruzione veloce |
| Elementi prefabbricabili |
| Interazione con altri sub-sistemi |
| Ridotta conduttività/ottimo isolamento |

verso altre tipologie come alberghi, supermercati e soprattutto edifici per uffici. La costante che è presente in tutti gli interventi è il ricorso a pannelli prefabbricati di legno sia con funzione portante sia con funzione di tamponamento. In questo contesto si possono individuare tre procedimenti costruttivi: il procedimento a tronchi sovrapposti, il procedimento a pannelli intelaiati, il procedimento a pannelli pieni con tavole incrociate.

Carbon neutral

Il legno cede il carbonio acquisito durante la fase di smaltimento o di riconversione energetica, in un "ciclo chiuso".

Il procedimento a tronchi sovrapposti

Il procedimento a tronchi sovrapposti, noto anche come block-bau o procedimento a blinde, è caratterizzato dalla sovrapposizione di elementi portanti (tronchi o segati) disposti longitudinalmente. Mentre in passato gli elementi costruttivi,

Prefabbricato e in opera

A fianco, edificio di legno a pannelli portanti prefabbricati in fase di costruzione (arch. Arnaldo Savorelli, realizzazione progetto Ecosisthema - Verona). In alto a destra, pannello prefabbricato in fase di sollevamento e trasporto.

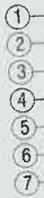
In basso a destra, predisposizione degli impianti in controparte per edifici a setti pieni (realizzazione Rasom Holz&Co - Pozza di Fassa TN).



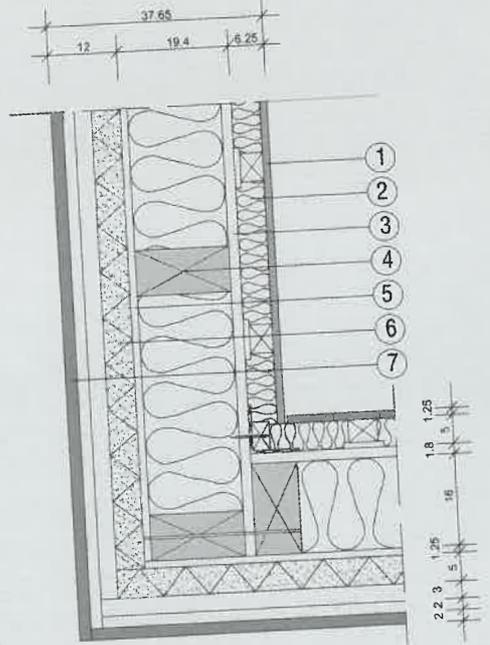
Tavole incrociate

Esempio di correlazione solaio-parete per elementi realizzati col procedimento a tavole incrociate

1. pannello di finitura
2. listellatura di supporto con interposto isolante termico
3. parete massiccia di tavole incrociate a 5 strati



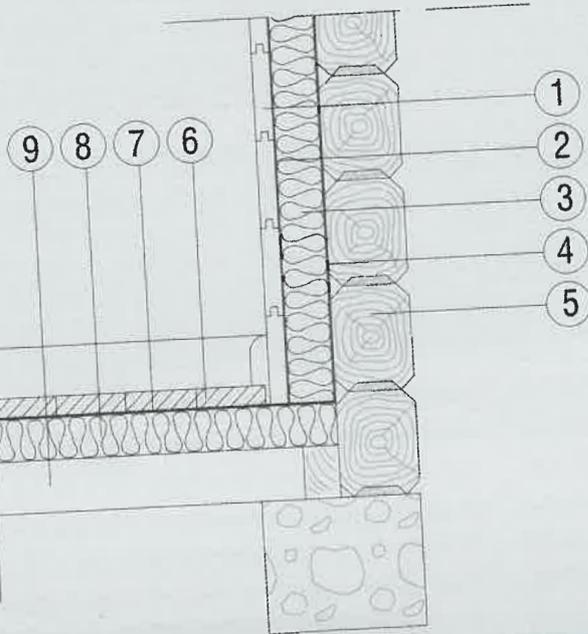
4. isolante esterno
5. isolante con interposta listellatura di supporto
6. barriera al vento
7. rivestimento esterno
8. solaio massiccio di tavole impilate
9. riempimento con impermeabilizzazione
10. isolante acustico
11. massetto
12. pavimento



A tronchi sovrapposti

Attacco a terra di una parete realizzata con procedimento blockbau

1. tavole in abete
2. tessuto traspirante
3. isolamento termico con interposta listellatura
4. freno vapore
5. elementi portanti in legno
6. pavimento in legno
7. barriera al vapore
8. isolante con listellatura di supporto
9. solaio di base



Pannelli intelaiati

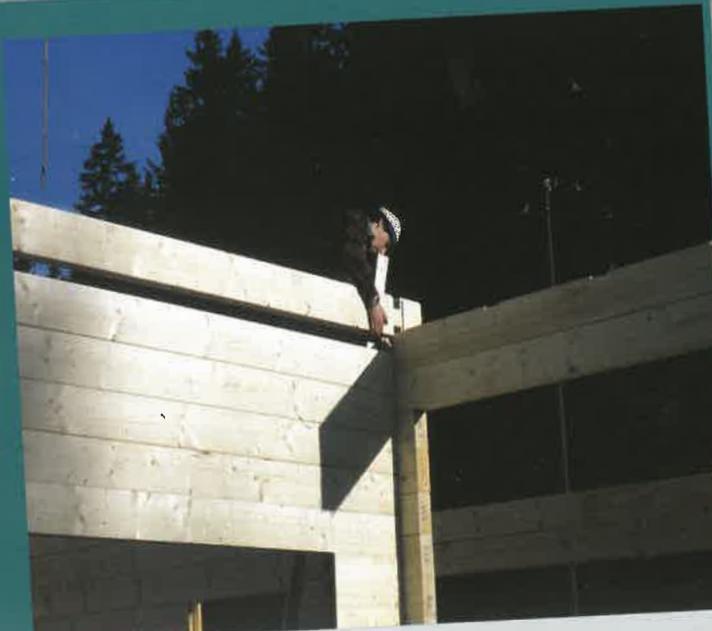
Esempio di realizzazione di un nodo d'angolo fra due pannelli intelaiati

1. pannello di finitura
2. listellatura di supporto con interposto isolante
3. pannello strutturale a base di legno
4. montante con interposto isolante
5. pannello di finitura estradossale a base di legno
6. pannello di rivestimento in legno leggero
7. listellatura con rivestimento esterno

A tronchi sovrapposti

A fianco, fase di posizionamento in cantiere di un elemento longitudinale: correlazione d'angolo.

A destra, elementi monodimensionali sagomati al bordo con tripla maschiatura.



realizzati impiegando materiale locale e con tecniche e strumenti tradizionali, erano lavorati per lo più all'ascia, oggi il grado di meccanizzazione della lavorazione e quindi della qualità del prodotto finale è molto elevato. Questo comporta l'uso di specie legnose anche non locali e di elementi in legno lamellare opportunamente sagomati, la presenza sul mercato di prodotti finiti di varie forme e con differenti modalità di unione, dalle più semplici alle più complesse, l'offerta di elementi preassemblati già dotati di materiale isolante.

Attualmente, l'elemento di base, sia esso un tronco scortecciato o un componente lamellare, viene lavorato in macchine dette "centro di taglio automatico" che realizzano il profilo desiderato senza intervento di operatore esterno, ma semplicemente tramite input da computer di controllo su disegno dell'utente, per mezzo di frese verticali e orizzontali e di trapani inclinabili. Le moderne macchine di taglio realizzano direttamente anche la geometria per i nodi d'angolo. Sono presenti sul mercato diversi elementi con un proprio specifico profilo, studiati in modo da garantire il soddisfacimento di tre requisiti: la tenuta, l'accoppiabilità degli elementi e la facilità di montaggio. Generalmente, gli elementi hanno uno spessore variabile fra 90mm e 130mm, per arrivare fino a 270mm con isolante termico interposto. I profili sono realizzati con delle sagomature al bordo superiore e inferiore per garantire l'unione tramite incastro maschio-femmina (semplice o multiplo), mentre il profilo laterale può essere piano o curvo, verticale o inclinato. Il giunto d'angolo è generalmente realizzato tramite un semplice incastro legno-legno nel quale possono essere predisposti

tiranti metallici o spinotti di legno con funzione stabilizzante, oppure con elementi d'angolo verticali a sezione squadrata (dei veri e propri pilastri) nei quali i tronchi si incastrano "a infilare".

Gli elementi realizzati in officina hanno una lunghezza massima di 8 metri, essenzialmente per esigenze di trasporto e manovrabilità in cantiere, e sono protetti da una o due mani di impregnante, che sarà poi ridato in cantiere una volta conclusa la fase di montaggio (con particolare attenzione, ovviamente, alle zone di giunzione e alla finitura estradossale).

Il procedimento a pannelli intelaiati

Detto anche "platform frame", questo procedimento costruttivo si basa sulla progettazione di setti piani realizzati tramite un'intelaiatura lignea costituita da segati disposti verticalmente a passo costante e da un corrente inferiore (soglia) e uno superiore (cappello) spesso raddoppiati. Il passo dipende dai carichi ai quali la parete è soggetta, dal

tipo di rivestimento utilizzato e dalla presenza o meno di materiale isolante interposto. Possono essere presenti anche correnti intermedi e obliqui con funzione di controventamento. I setti hanno l'altezza di un piano e sono posti in opera sopra i solai intermedi, generalmente anch'essi di legno e

Energy saving

L'energia per produrre in legno è 30/50% in meno di quella utilizzata per il cls e il 70/80% in meno di quella per l'acciaio.

A pannelli intelaiati



A sinistra, edificio a setti intelaiati in fase di costruzione.

In basso a sinistra, pannello intelaiato in fase di costruzione in stabilimento (realizzazione Rasom Holz&Co - Pozza di Fassa TN).

A fianco a destra, completamento di pannelli intelaiati con il materiale isolante direttamente in cantiere.

In alto a destra, correlazione d'angolo fra due pannelli intelaiati (berchtold holzbau - Wolfurt Austria).

In basso a destra, posizionamento degli impianti in pannelli intelaiati.



Tavole incrociate

A fianco, elementi prefabbricati per solaio a tavole impilate. Al centro, edificio a pannelli con tavole incrociate in fase di costruzione.

Si nota lo spesso strato di isolamento in pannelli di sughero, il cassonetto per avvolgibile esterno per eliminare il ponte termico e il rivestimento finale con tavole disposte orizzontalmente.

In basso a destra, pannello con tavole incrociate realizzato mediante macchine di produzione automatica con predisposti i fori per i serramenti (realizzazione Rasom Holz&Co - Pozza di Fassa TN).

Sotto, inserimento del sistema impiantistico "in traccia".



con sistemi tradizionali, a formare edifici di altezza massima fino a 5 piani fuori terra. I pannelli intelaiati sono rivestiti con un tavolato o con pannelli piani di legno che possono fungere anche da elemento di controvento (nel qual caso sono detti pannelli strutturali) e che sono generalmente collegati all'intelaiatura tramite chiodatura. La correlazione fra i pannelli può essere del tipo legno-legno con o senza elementi di unione interposti poi fissati tramite chiodi o viti in acciaio, oppure può avvenire tramite piastre sagomate in acciaio che garantiscono un'unione maschio-femmina. Recentemente sono stati introdotti sistemi di correlazione brevettati a coda di rondine che evitano completamente l'uso di elementi metallici.

Attualmente, i pannelli intelaiati sono assemblati in officina tramite sistemi meccanizzati con l'uso di manodopera addestrata, con dimensioni e forma su richiesta del progettista. I pannelli escono dall'officina già finiti e pronti per la posa in opera, spesso completi degli elementi per l'impianto idrotermosanitario ed elettrico, predisposti per l'inserimento dei serramenti e degli elementi a corredo, completi di

finitura estradossale (se in tavole, mentre quella intonacata o in mattoni è fatta preferibilmente in opera) e con materiale isolante interposto (se in materassini o in rotoli, mentre l'isolante insufflato è generalmente posto in opera).

Il procedimento a pannelli con tavole incrociate

E' un procedimento innovativo il cui studio è iniziato negli anni Novanta in Austria e Germania, per essere poi ufficialmente proposto al mercato nel 1997. Si tratta di pannelli costituiti da tavole grezze di legno massiccio disposte a strati incrociati fra loro perpendicolari in numero variabile da cinque a sette, a formare setti pieni di forma rettangolare con spessore variabile fra 95 e 160 mm, e comunque mai minore di 75 mm. Le tavole possono essere unite tramite incollaggio (è impiegata colla PUR esente da formaldeide o con resina melamminica), con chiodi di legno e resine o con chiodi in alluminio. Quest'ultima possibilità rappresenta l'ultima frontiera in questo campo, in quanto sono state commercializzate particolari macchine di produzione automatica che possono utilizzare anche tavole di bassa categoria di forma e dimensioni diverse, ne regolarizzano le dimensioni in spessore, le correlano sul piano tramite opportune scanalature al

bordo e uniscono i vari strati fra loro tramite chiodature con elementi in alluminio grappati.

I pannelli così ottenuti possono essere poi tagliati della forma desiderata, si possono ricavare aperture, appoggi e quant'altro richiesto dal progettista, generalmente sempre con l'utilizzo di macchine a controllo numerico. Questo rende la produzione del pannello rapida, conveniente e molto flessibile, in quanto può anche essere utilizzato, per esempio, per realizzare solai, solette per scale o balconi. Il peso della struttura (maggiore rispetto ai pannelli intelaiati) è controbilanciato dal perfetto comportamento a lastra o piastra, dalla non necessità di un sistema di controventamento di piano, dalla rapidità di esecuzione in officina e dalla notevole industrializzazione del procedimento. Il pannello viene poi rifinito generalmente con del materiale isolante e con una finitura estradossale a scelta (per lo più in pannelli di legno rivestiti, in tavole di legno, con elementi di laterizio o semplice intonacatura) mentre all'intradosso viene applicato un pannello di legno, di cartongesso o di terra cruda, disposto su una intelaiatura che lascia una camera d'aria per il posizionamento degli impianti. Questi ultimi possono anche essere inseriti "in traccia" secondo metodi tradizionali derivati dalla pratica del laterizio, ma è una tecnica poco utilizzata. La correlazione con gli altri elementi portanti della costruzione segue le stesse modalità dei pannelli intelaiati. Una variante alle tavole incrociate è quella delle "tavole impilate", ossia segati di legno disposti a coltello e collegati con chiodi o tasselli di legno duro o perni metallici, disposti complanari o sfalsati alternativamente o scanalati (per motivi formali ma anche acustici),

smussati, a vista o rivestiti. Questi pannelli, tuttavia, sono utilizzati essenzialmente per solai e non per la parte resistente delle chiusure verticali.

Protezione al fuoco degli elementi edilizi di legno

Per limitare i danni dovuti a un incendio, gli elementi di legno vanno adeguatamente protetti attraverso sistemi passivi. Questi ultimi, a differenza di quelli attivi che riguardano soprattutto la gestione delle misure di sicurezza per bloccare la sorgente di fuoco o comunque impedire che l'incendio si sviluppi in maniera irrimediabile, hanno lo scopo di rendere più difficile l'innesco del materiale e di assicurarne comunque la resistenza al fuoco nel caso di aggressione diretta della fiamma. In questo contesto, è necessario considerare separatamente gli elementi strutturali da quelli di rivestimento.

La chiave di progetto

La correlazione tra i diversi elementi costruttivi, l'adeguamento e la predisposizione agli altri sub-sistemi sono gli elementi essenziali di una costruzione in legno.

Elementi strutturali

Si possono individuare tre principali sistemi di protezione passiva.

Il primo consiste nella corretta progettazione dimensionale dell'elemento. In caso di incendio, infatti, un elemento di legno inizia la combustione tipicamente a temperature comprese fra i 200 e i 300 °C quando sviluppa una sorta di meccanismo

Per compensare la leggerezza



A destra, pannello portante a tavole incrociate con finitura interna in pannelli di cartongesso e finitura esterna con: superisolamento in fibra di legno pressata, guaina impermeabile, camera d'aria, pannello portante ed elementi di rivestimento in pietra faccia a vista (realizzazione Rasom Holz&Co - Pozza di Fassa TN).

A sinistra, rivestimento di pannelli di legno con controparte esterna di mattoni in laterizio.



Architettura contemporanea in Alto Adige

Gli edifici di legno costruiti con i procedimenti descritti nell'articolo si stanno rapidamente diffondendo soprattutto nell'Italia settentrionale. L'utilizzo del legno nelle costruzioni, infatti, fa parte della tradizione costruttiva della zona alpina dove si trovano sia esempi di "edilizia minore" interamente di legno o misti pietra-legno, sia edifici nobili che, generalmente in pietra, sfruttano la leggerezza e la resistenza a flessione del legno nei solai spesso a vista e finemente decorati. Dopo anni di oblio dovuti al largo e sovente inappropriato utilizzo di materiali "moderni" come calcestruzzo e acciaio in edifici anonimi e fuori contesto, si assiste oggi al riappropriarsi da parte dei progettisti della capacità di combinare l'uso innovativo di un materiale locale e tipico della tradizione con la proposizione di un linguaggio architettonico contemporaneo ed essenziale (come essenziale è la cultura di montagna), associato a una forte attenzione verso l'ambiente. Attenzione che è duplice: da un lato si cura l'inserimento nel contesto paesaggistico e il rapporto con il costruito (assunto come cifra tipologica e non come modello), dall'altro si pone estrema attenzione alle problematiche energetiche dal punto di vista sia bioclimatico con lo sfruttamento di risorse rinnovabili e gratuite come il sole e il vento, sia del raggiungimento di alte prestazioni a livello di involucro e di sub-sistema impiantistico riferendosi principalmente allo standard passivo. L'architettura che ne risulta introduce in qualche modo una nuova tipologia che quasi vuole esibire la sua sostenibilità e che, oramai tipica del panorama austriaco, viene ripresa nel nostro paese essenzialmente in Alto Adige. La questione tuttora aperta è se questa architettura, sicuramente sostenibile dal punto di vista energetico-ambientale, lo sia anche per quanto concerne il rapporto con il contesto, con la storia, la cultura e la tradizione dei luoghi.

difensivo con la realizzazione di uno strato di carbone superficiale che ne protegge parzialmente la struttura sia grazie alla bassa conduttività termica che mantiene bassa la temperatura interna sia evitando lo scambio di gas con l'ambiente e ritardando così la combustione degli strati più interni. In base al livello di protezione REI che l'elemento deve soddisfare, sarà sufficiente in prima istanza sovradimensionare la sezione minima resistente sui lati esposti alle fiamme di una quantità pari a 0.9 mm al minuto per elementi massicci e 0.7 mm al minuto per elementi di legno lamellare incollato, secondo le indicazioni della norma UNI 9504:1989, anche se sarebbe più corretto utilizzare un parametro che tenga conto della specie legnosa. Il docu-

mento più completo in tal senso è l'Eurocodice 5 tradotto dall'UNI come Norma Europea Sperimentale ENV 1995-1-2, ancora però poco utilizzato perché mancano i Documenti di Applicazione Nazionale e senza un effettivo valore di legge.

Il secondo sistema riguarda l'uso di rivestimenti ignifughi, ossia di materiali di sacrificio dallo spessore anche dell'ordine di qualche centimetro che impediscono, limitano o ritardano la combustione del materiale grazie al loro elevato isolamento termico.

Il terzo sistema riguarda l'uso di rivestimenti intumescenti, ossia materiali che, stesi sull'elemento sotto forma di vernice, sviluppano una reazione chimica in caso di incendio che li porta a gonfiarsi producendo una schiuma (intumescenza o meringa) che, solidificando, funge da isolante termico. Questo tipo di rivestimento può anche fungere da ritardante di fiamma attraverso la produzione di gas non infiammabili in grado di bloccare le reazioni di ossidazione in fase gassosa estinguendo in tal modo le fiamme.

Elementi di rivestimento

In questo caso l'attenzione è rivolta alle sole caratteristiche di reazione al fuoco del materiale, ossia del "grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto" e quindi alle modalità con le quali esso facilita il perdurare se non addirittura l'aumentare dell'incendio. Il decreto di riferimento è il DM 30/11/83 che prevede 6 classi, dalla 0 per materiali non combustibili fino alla 5. I prodotti a base di legno hanno generalmente una reazione al fuoco 3 o 4, che può essere ridotta fino alla classe 1 con l'utilizzo di prodotti ignifughi. In questo caso, all'elemento di legno viene assegnata una classe di reazione al fuoco pari a quella del materiale di rivestimento qualora adeguatamente certificato.

Segue a pagina 671

| Materiale | Calore specifico (kJ/kg K) | Densità (kg/m ³) | Capacità termica (kJ/m ² K) | Conduttività (W/mK) |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|--|--|
| Acciaio | 0,510 | 7850 | 4003,5 | 47 |
| Acqua | 4,187 | 1000 | 4187 | 0,60 |
| Aria secca | 1,005 | 1,2 | 1,2 | 0,0243 |
| Calcestruzzo | 0,880 | 2100 | 1848 | 1,60 |
| Legno di latifoglie | 1,600 ÷ 2,380 | fino a 800 | 1280 ÷ 1904 | 0,18 |
| Legno di conifere | 1,600 ÷ 2,380 | fino a 600 | 960 ÷ 1428 | 0,13 flusso di calore trasversale alla fibra |
| Legno di conifere | 1,600 ÷ 2,380 | fino a 600 | 960 ÷ 1428 | 0,22 flusso di calore lungo la fibra |
| Mattone pieno | 0,840 | 1600 | 1344 | 0,70 |
| Polistirene espanso | 1,400 | 25 | 35 | 0,035 |