

# **Sistemi integrati e sostenibilità negli edifici in legno**

## 5.1 • INTRODUZIONE

Prima dell'avvento dell'industrializzazione del processo di produzione edilizio l'oggetto architettonico è costituito quasi esclusivamente da componenti strutturali che assumono oltre alla funzione del 'tenere' le altre funzioni di confort abitativo (protezione, riparo, ecc.) sfruttando semplicemente le caratteristiche dei materiali e le condizioni climatiche del sito. Quasi sempre c'è un fuoco con i fumi più o meno regimentati, a volte qualche cavedio o canale di scarico delle acque. C'erano anche i 'decori', ben integrati con gli elementi strutturali, a volte essi stessi componenti strutturali. Furono questi, per primi ad essere 'attaccati' con l'avvento dell'architettura dell'era industriale e razionale (noto, in merito il volume "Parole nel vuoto" di Adolf Loos) associando, spesso, all'abitazione la figura retorica di 'macchina'.

In sostanza si passa da un'architettura inerziale passiva o massiva (involucro semplice di chiusura) ad una architettura contenete componenti attivi (reti di servizio e di flusso energetici); i manufatti architettonici non sono più composti da sole masse che definiscono e separano un interno da un esterno.

Col tempo gli edifici diventano più 'leggeri', diafani complessi, ricchi di nuove componenti e sistemi. Si producono singoli elementi o sistemi di elementi, componenti pre-finite, sino alla quasi totale prefabbricazione di porzioni o intere abitazioni (piccoli edifici trasportabili su gomma).

In buona parte del mondo industrializzato si punta sulla ricerca di sistemi facilmente 'integrabili' e alla riduzione dei tempi di cantiere spostando l'attenzione su progettazione, programmazione e prefabbricazione.

In Italia, e soprattutto nell'edilizia residenziale, per varie ragioni politiche ed economiche, ha prevalso, e tuttora prevale, la realizzazione in opera degli edifici, di buona parte delle strutture e dell'assemblaggio di tutte le componenti. Inoltre la realizzazione a umido (soprattutto in latero-cemento) ha sempre richiesto una insignificante elaborazione progettuale e quasi nessuna programmazione a vantaggio della definizione delle opere direttamente in cantiere. Il progetto è sempre stato ridotto a quantificare, definire il 'cosa' deve essere realizzato (i volumi, la configurazioni spaziale, il trattamento delle superfici, le distribuzioni funzionali) e non le qualità, il 'come' e soprattutto il 'perché', le relazioni fra le singole componenti dell'edificio e fra questo ed il contesto ambientale in cui è inserito.

Le conseguenze di tale politica edile ha determinato un deterioramento del settore causato prevalentemente da:

- fossilizzazione su poche tipologie costruttive;
- indifferenziazione di materiali e relative tecniche costruttive;
- ricerca di convenienza economica nelle forniture di prodotti sempre più standardizzati;
- specializzazione mono settoriale delle maestranze;
- necessità di manodopera poco qualificata.

Ma la conseguenza più grave, a nostro parere, è la riduzione di possibilità di ricerca e innovazione tecnologica, sempre più relegate ad ambiti operativi e settori

di mercato di nicchia.

Ciò che si è affermato è un sistema costruttivo relativamente banale e consuetudinario, prevalentemente realizzato e modificato in opera. Il passaggio dall'architettura 'inerziale', passiva all'edilizia industriale è stato segnato essenzialmente dall'inserimento di nuovi 'orpelli' e sistemi giustapposti ad un corpo senza qualità e sempre più scarso. In tal caso più che di integrazione architettonica si deve parlare di giustapposizione di componenti.

Un sistema integrato è tale, invece, se le singole componenti dell'edificio risultano distinte ma interconnesse, legate tra loro da un preciso e preordinato sistema di relazioni tali da rendere più efficiente il complesso ed efficaci le soluzioni. Nei sistemi integrati le singole componenti svolgono più d'una funzione, almeno una propria o principale ed altre di supporto e/o relazione.

In genere sono scoperte scientifiche, di materiali e tecniche, o il cambiamento di condizioni di stato (energia, ambiente, ecc.) ad innescare processi virtuosi di innovazione ed uno di questi si verificò negli anni settanta con la prima grande crisi energetica.

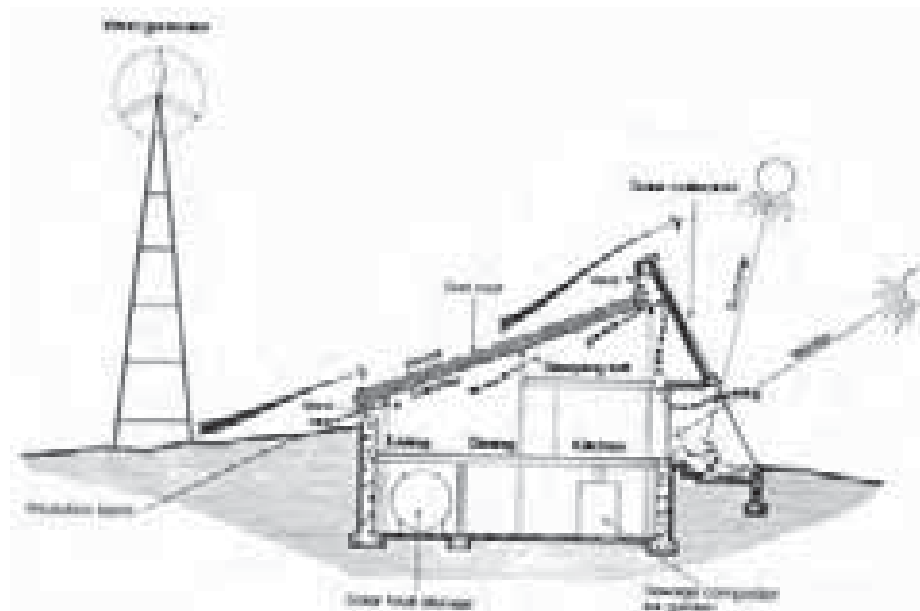


Figura 5.1 \_Ouroboros south house, Rosemount - Minnesota - U.S.A. – 1973/74. Progettata e costruita dagli studenti della Università di Minnesota sotto la direzione di Dennis Holloway. Questa casa rappresenta un tentativo di realizzazione di un sistema integrato autosufficiente utilizzando “i diversi flussi e ritmi di energia che attraversano il nostro ambiente” con materiali e tecniche costruttive a basso costo. Tratte da *L'Architettura della Evoluzione* di Los S. e Pulitzer N).

La nascita dei movimenti ecologisti in quegli anni non erano solo una risposta alla crisi in atto (ecosistemi, realizzazione e gestione di sistemi complessi, autosufficienza energetica, ecc.) ma nascevano e si sviluppavano all'interno del più ampio movimento di contestazione socio politica; era parte di quel nuovo modo di vivere definito alternativo. Sconfitta sul piano politico e pian piano anche

su quello sociale, con quell'esperienza molte sue istanze vennero relegate ai margini della sperimentazione scientifica e sociale.

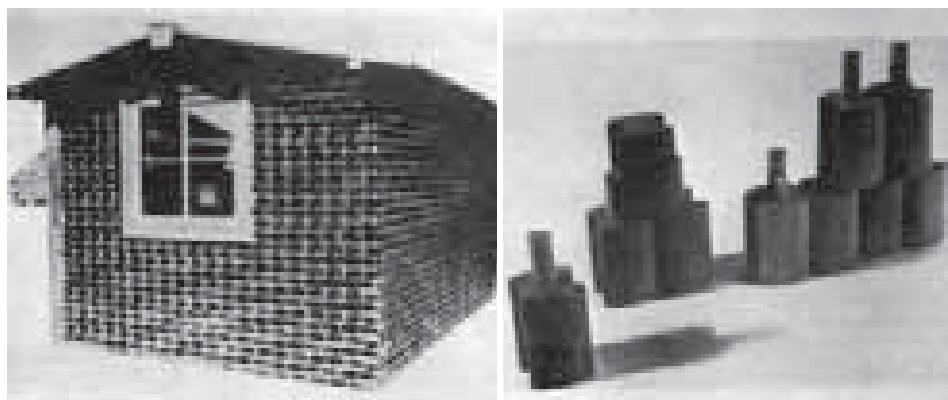


Figura 5.2 \_Wobo Project di N.J. Habraken - anni '60. Questo progetto è un sistema aperto che riunisce componenti e risorse disponibili localmente, comprendenti prodotti e rifiuti da assemblare per costruire edifici. Tratte da *L'Architettura della Evoluzione* di Los S. e Pulitzer N.

In Italia, uno fra gli stati più dipendenti dal punto di vista energetico, la rovina del pensiero ecologico e delle sue applicazioni in ambito ambientale ed energetico è stata più profonda che altrove.

Solo nella seconda metà degli anni novanta si rinnova l'interesse verso i temi cari all'ambientalismo. In particolare l'attenzione si rivolge ancora all'energia e soprattutto alle disastrose conseguenze ambientali prodotte dal modello di sviluppo neocapitalista. Nasce l'era della "sostenibilità".

Ridurre i consumi, operare sui processi, chiudere cicli, integrare sistemi, si passa in pochissimo tempo dall'efficienza tecnologica per ridurre gli impatti, alla decrescita felice, alla riduzione essenziale dei bisogni.

Ciò che lentamente viene recuperato anche dal movimento ecologista degli anni 70 sono i concetti di complessità, di integrazione organica, di approccio sistemico, l'inclusione del pensiero biologico e delle biologia stessa nel mondo "artefatto".

L'applicazione di questi concetti alla progettazione architettonica conduce alla realizzazione di edifici complessi in cui tutte le componenti sono integrate, interdipendenti ma autonome. Inoltre, per l'impiego di risorse naturali, l'applicazione dei principi della bioclimatica, necessitano che l'abitazione si orienti, che il sistema casa si relazioni, faccia propri i fattori climatici, idrogeologici, ecologici.

Per la realizzazione di abitazioni ecologiche, solari, integrate, ecc., abbiamo a disposizione know how, materiali, tecniche e tecnologie; manca una adeguata politica e programmazione da parte degli enti pubblici (un adeguamento degli uffici tecnici e una corretta ed esaustiva applicazione della normativa), e soprattutto il recupero di quelle lacune accumulate in tanti anni di 'monocultura' costruttiva, ossia:

- sperimentazione ed innovazioni tipologiche;

- differenziazione dei materiali e delle tecniche costruttive;
- sviluppo di tecniche e risorse locali;
- formazione di mano d'opera specializzate nell'applicazione di nuove soluzioni tecnico - tipologiche.

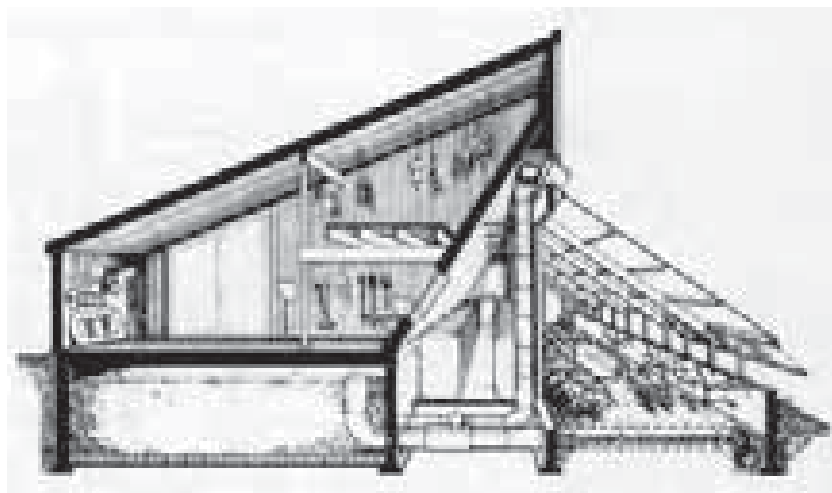


Figura 5.3\_Prince Edwar Island Ark - Progetto del New Alchemy Institute (NAI) - Little Pond - Canada - 1969/76. La casa comprende due parti: nella prima si collocano l'abitazione, il deposito e la vasca di accumulo di calore; nella seconda parte, esposta a sud, è localizzata la serra in parte destinata alle coltivazioni per l'autoconsumo. Tratte da l'Architettura della Evoluzione di Los S. e Pulitzer N.

## 5.2 • INTEGRAZIONE TECNOLOGICA E SOSTENIBILITÀ DEL PROCESSO EDILIZIO

Un sistema integrato, a differenza di un complesso di elementi, è caratterizzato più che dall'insieme di parti, dalle relazioni che li regolano.

Nello specifico, la realizzazione di un edificio come sistema è dato come il risultato delle interazioni fra l'ambiente costruito stesso e l'ambiente naturale che lo circonda. Componenti ed elementi strutturali sono materia e strumenti, un sistema integrato sottende una logica organizzativa per rispondere a requisiti relativi all'abitare in sé, all'abitante e all'ambiente in cui tutto è inserito. Si potrebbe rappresentarlo come un insieme di tre sistemi tra loro correlati: l'architettonico, l'ambiente e l'abitare.

La casa come sistema, diciamo non banale, diventa il risultato di un processo in cui le operazioni da svolgere e la successione delle fasi, si differenziano abbastanza dal modo di produzione edilizio convenzionale.

Possiamo individuare all'interno di tale processo cinque fasi operative:

- Progetto per sistemi
- Verifica: tecnico ambientale e tecnico economica
- Rimodulazione esecutiva
- Controllo: assemblaggio
- Gestione del sistema

È possibile realizzare un manufatto edilizio impiegando materiali e sistemi strutturali differenti, senza alterare la logica organizzativa proposta.

Qui si sceglie di analizzare sistemi a secco ed in particolar modo sistemi strutturali in legno per specifiche proprietà che li rende appropriati a soddisfare tutti i requisiti necessari all'ottenimento di sistemi integrati con un alto valore aggiunto in termini di sostenibilità. Modalità e tecniche produttive delle case in legno si sono innovate tantissimo negli ultimi anni. Qui non faremo riferimento ad una particolare tipologia costruttiva ma ad una modalità produttiva. Tenendo conto che è possibile produrre case in legno totalmente prefabbricate o totalmente auto costruite in cantiere, tratteremo una via di mezzo, una prefabbricazione di singole componenti (sicuramente la struttura portante) assemblate in cantiere. Tale modalità di produzione edilizia presenta molti vantaggi dal punto di vista culturale e sociale ma soprattutto rappresenta un'ottimale transizione (soprattutto in Italia) dalla convenzione all'innovazione.

### 5.3 • PROGETTARE PER SISTEMI INTEGRATI

Nel passaggio da un cantiere convenzionale ad un cantiere di architettura integrata sostenibile l'incidenza del lavoro progettuale rispetto a quello di direzione delle opere cambia radicalmente. Nei primi, spesso realizzati con tecniche a umido (si fa riferimento soprattutto all'edilizia residenziale di piccola e medie dimensioni, ossia la più diffusa in Italia) progetto e programma assumono un ruolo quasi di orientamento alle successive fasi di cantierizzazione.

Nel realizzare un edificio che deve rispondere a precisi requisiti di qualità ed efficienza, utilizzando sistemi con differenti gradi di prefabbricazione e prevalentemente a secco, il ruolo e rilievo che hanno progetto e programmazione rispetto alla gestione del cantiere è rovesciato. È facile intuire come ciò accada se si pensasse alla prefabbricazione totale dell'edificio: il cantiere si riduce alla realizzazione della base di fondazione del manufatto che è integralmente realizzato e premontato in laboratorio. Fra la prefabbricazione totale e la realizzazione completa a pie' d'opera ci sono varie tipologie di intervento intermedie, ma tutte quelle che includono fattori come:

- analisi ambientale e climatica;
- scelta appropriata di tipologia strutturale;
- montaggio a secco;
- integrazione tecnologica;
- efficienza energetica;
- qualità ambientale interna

hanno bisogno di una importante e consistente fase di elaborazione tecnica ed economica indipendente da dove e come viene realizzato il manufatto; prefabbricato o meno un edificio integrato è caratterizzato da una continua attenzione e cura delle connessioni, delle relazioni fra abitante e casa, casa ed ambiente, fra tutte le componenti che infine definiscono lo spazio dell'abitare.

In tal caso la definizione progettuale dell'edificio, il disegno del progettista già in fase definitiva (definizione necessaria per le autorizzazioni amministrative) deve contenere soluzioni che ben integrano elementi dei tre principali ambiti di intervento: tipologia strutturale, sistemi tecnologici, finiture (interne ed esterne). Più il processo di definizione svilupperà in forma integrata gli ambiti suddetti meno cambiamenti inattesi si avranno in fase di verifica finale.

L'iter progettuale è determinato da una funzione di processo fondamentale per i sistemi viventi: il feedback, la retroazione del sistema. Esemplicando: viene definita una bozza di progetto per raggiungere determinati risultati (meccanici, qualitativi, efficienza); segue verifica e se i risultati, diciamo effettivi, si allontanano da quelli di progetto (risultati attesi) si interviene modificando lo stesso progetto, ossia si retroagisce sulle ipotesi fatte. I cicli di definizione, verifica e retroazione si dovrebbero ripetere fino a quando i valori di progetto, quelli attesi (che contengono anche desideri e sogni dell'abitante futuro) sono abbastanza vicini a quelli verificati. Va da sé che se il progettista possiede tutte le competenze in sé i tempi del processo su descritto si riducono notevolmente. Dato che di tali

supereroi se ne trovano pochi in circolazione, per ottenere un progetto di edificio come sistema integrato consigliamo la costituzione di un gruppo di lavoro ben differenziato per competenze specialistiche: i mitici gruppi interdisciplinari. È molto più semplice e divertente, in gruppo, riuscire a controllare tutte le variabili di un progetto architettonico orientate ad ottenere un preciso risultato: funzionale, efficiente, sostenibile, e molto probabilmente bello.

La stessa équipe è fondamentale per la programmazione dell'intero processo costruttivo, sia in fase di elaborazione ma soprattutto in fase di produzione delle componenti e di assemblaggio delle stesse in opera.

Analizziamo, quindi, come le scelte eseguite per ognuno dei tre settori su definiti, caratterizzano il lavoro di elaborazione progettuale, partendo dal presupposto che il legno non è presente solo come componente strutturale.

### **Tipologia strutturale.**

Attualmente sono in uso diverse tipologie strutturali in legno: Pannelli Portanti a Strati Incrociati, Platform Frame, Blockhaus, Strutture Intelaiate a Travi e Pilastri massello o composti, ecc.. Ad esclusione del Blockhaus massiccio, tutti gli altri possono essere definiti come sistemi portanti a sezione ridotta. In un sistema portante a sezione ridotta, le componenti di chiusura sono definite dalla combinazione per strati di elementi architettonici ed impiantistici articolati in tre sottosistemi: involucro esterno, struttura portante ed involucro interno.

Nelle opere a secco la struttura non svolge solo la funzione di trasmissione dei carichi al suolo, è il supporto per i due involucri, per gli impianti e per le finiture. Gli orizzontamenti e le elevazioni sono composti da stratificazioni di elementi fisici con precise sequenzialità e relazioni funzionali.

Tutte le tipologie strutturali in legno succitate presentano ottime capacità di connessione ed integrazione delle varie componenti che costituiscono gli involucri interni ed esterni. In particolare i Pannelli a Strati Incrociati, come tutti i sistemi a piani strutturali continui, presentano i seguenti vantaggi:

- le connessioni con altre componenti non sono vincolate alla discontinuità degli elementi portanti; possono usufruire di una superficie continua di ancoraggio permettendo la massima libertà nell'ordire e distribuire qualsiasi ulteriore componente, sia esso associabile ad un piano, una rete o ad un sistema di punti;
- la produzione industriale ad alta precisione di questi elementi strutturali permette di poter disporre, in fase progettuale, di un riferimento fisico invariante a cui associare altre componenti o dispositivi. Ciò consente di poter predefinire con grande precisione la distribuzione, le connessioni discrete o continue, le stratificazioni ed il dimensionamento di ogni singolo componente, con la certezza che in fase di montaggio le discrepanze possibili fra progetto e messa in opera saranno quasi insignificanti.





Figura 5.4\_Parete di un edificio Xlam.

Per i sistemi costruttivi ad elementi discreti (telai o telai e pannelli) il passo degli elementi portanti è un vincolo importante di riferimento per tutte le altre componenti da assemblare. In tal caso il passo dovrà uniformarsi all'elemento di chiusura dominante, o meglio alle sue misure. Purtroppo in molti casi le misure degli elementi che costituiscono la stratificazione del pacchetto di chiusura non sono unificate; potremo avere modularità da 50 cm (alcuni pannelli isolanti) da 60 cm e sui multipli (più diffuso fra pannelli di legno, cartongesso o fibrogesso, ecc.) o sottomultipli di 200 (pannelli in legno cemento): ovviamente in una sequenza del genere 50 - 60 - 200 il secondo passo non può modularsi con gli altri due. A volte occorre creare un'opportuna alternanza di elementi puntuali e superfici piane, tenendo conto che le superfici spesso sono costituite da elementi sottili quindi con una portanza limitata.

È evidente che in un sistema a secco buona parte del lavoro di progettazione è dedicato alle modalità di connessione fra componenti e sistemi nelle differenti scale. Sono queste, assieme alla configurazione spaziale dell'edificio a determinare la scelta della tipologia strutturale e a definirne le caratteristiche dimensionali.

Per tutte le tipologie di strutture in legno attualmente in uso, il grado di flessibilità in termini di varianti significative in corso d'opera degli aspetti formali e dimensionali è abbastanza basso. Una volta avviato il piano di taglio o montati i telai, modifiche significative possono richiedere lo smontaggio e la riproduzione delle porzioni interessate. Ciò è possibile, a volte non richiede tempi eccessivi ma incide sui costi ed in un certo senso annulla diverse qualità che caratterizzano la tecnologia del legno: costi, tempi e programmazione.

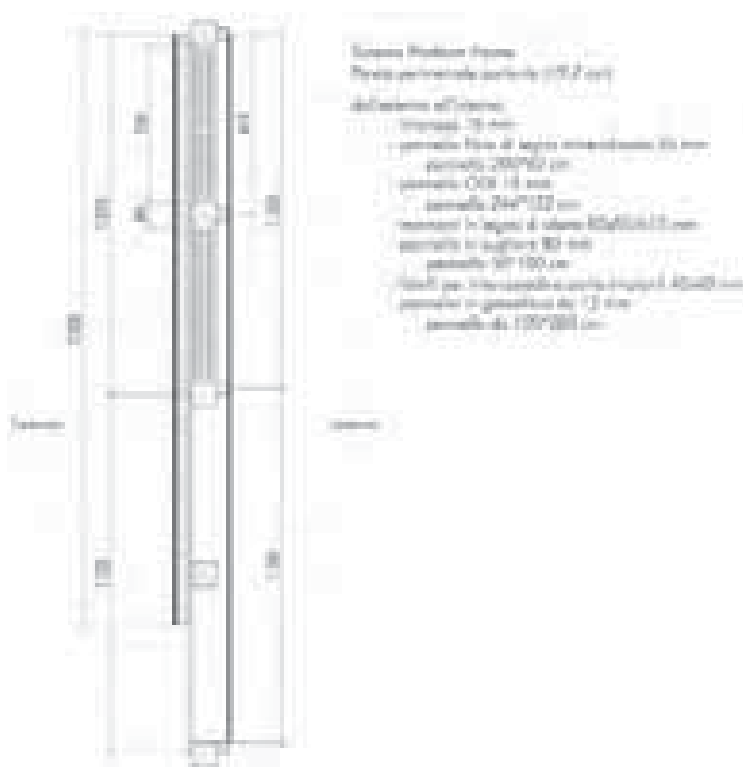


Figura 5.5\_In una parete realizzata col sistema PlatformFrame, all'interno, il passo di 122 cm dell'OSB e dei montanti si associa male con le dimensioni del pannello di sughero (ma anche con quello in fibra di legno) e ancora peggio con il passo del cartongesso o fibrogesso. Soluzioni possibili, diversamente onerose in funzione dei contesti, sono rifilare i pannelli OSB, realizzare un'ulteriore orditura di montanti interni con passo 120 cm. All'esterno lo stesso passo dell'OSB è incompatibile con le dimensioni di eventuali pannelli in legno cemento (200 cm).

### Impianti tecnologici.

Negli edifici in legno, l'elemento strutturale (ad esclusione di alcune tipologie in blockhaus) è centrale nella stratigrafia tipica degli elementi di chiusura (verticali ed orizzontali). Il lato interno è composto da una intercapedine contenente principalmente gli impianti tecnologici con parte della coibentazione ed altri cavedii di servizio. L'intercapedine interna può essere considerata continua tra parete – pavimento – parete ed a volte anche col soffitto; il progetto deve controllare la distribuzione sui piani ottimizzando l'ingombro (riduzione delle sezioni dell'intero pacchetto di chiusura) ed evitando sovrapposizioni problematiche, soprattutto nei piani di calpestio dove passa la maggior parte del cablaggio delle varie reti. Nel caso in cui si installi impianto ad irraggiamento a pavimento è bene dividere i piani orizzontali in specifiche aree di servizio per i vari impianti.

Pertanto in fase di progettazione l'integrazione impiantistica grava sui seguenti aspetti:

- sezioni dei pacchetti con razionalizzazione della stratificazione delle reti e programmazione dell'ordine di assemblaggio (ogni sistema ha proprie

- peculiarità di montaggio e passare prima uno o l'altro non è indifferente);
- controllo delle forature degli elementi strutturali (nel montaggio degli impianti spesso si riducono le sezioni resistenti della struttura, pannello o telaio che sia, con estrema leggerezza) sia orizzontali (meno problematici se programmati) che verticali;
- attraversare gli elementi lignei con reti elettriche e canne fumarie è fattibile ma con opportune precauzioni;
- definizione della continuità di collegamento, soprattutto nelle strutture a telaio, fra struttura, impianti, finiture ed eventualmente arredo.

### **Finiture.**

Per la progettazione delle componenti di finitura, nelle strutture lignee occorre dedicare molta attenzione a due aspetti peculiare di questo materiale:

- un'adeguata predisposizione di dispositivi di protezione esterna dagli agenti atmosferici, incide sulla efficienza e durabilità dei materiali come sulla qualità dell'ambiente interno più dell'uso di sostanze chimiche che spesso si dimostrano nel tempo inutili;
- la difesa degli elementi strutturali, all'interno, da eventuali imprevisti danni agli impianti soprattutto idrico e termico (se idronico); la considerazione che una casa di legno si muove, sempre.

Per le finiture come per gli impianti e la struttura, il ruolo del progetto nella definizione dettagliata di tutti le componenti e relativi collegamenti è fondamentale per una struttura a secco anche se non totalmente prefabbricata, per la semplice constatazione che modificare in opera non solo non conviene ma soprattutto spesso non è possibile a meno di radicali ed onerosi cambiamenti.

Non è facile in Italia accettare quest'ultimo assunto. Infatti, nella maggior parte della produzione edile, il ruolo del progettista è, dalla committenza ridotto quasi a sbriga faccende e dalle imprese a 'complicazioni inutili': i risultati sono sotto gli occhi di tutti.

### **5.3.1 Verifica tecnico ambientale e tecnico economica**

Si è scelto di suddividere le fasi di verifiche progettuali in due parti (tecnico-ambientale e tecnico-economica) per la peculiare procedura amministrativa italiana per l'ottenimento delle dovute autorizzazioni, peculiarità data dalla 'ferrea' applicazione dei regolamenti nella gestione quantitativa dello sviluppo e nessuna, anche minima concessione soddisfacenti requisiti di qualità ed efficienza.

Qui non si produce architettura si produce edilizia. Solo da pochi anni dovrebbe essere inevitabile realizzare edifici per lo meno efficienti e da ancor meno, alcuni Comuni cosiddetti virtuosi iniziano ad orientare lo sviluppo urbano e architettonico verso criteri di qualità utilizzando premi o sgravi per chi opera secondo requisiti di sostenibilità ambientale. Amministrativamente ciò che vale e determina le regole del gioco è la massimizzazione della produzione volumetrica e laddove si pongono specifici vincoli paesaggistici o architettonici il fine è non solo il lecito tutelare il patrimonio esistente ma anche prescrivere condizioni formali e materiali

alle nuove costruzioni (ingerenze sulle scelte compositive del progettista).

Infatti uno dei prodotti maggiormente innovati in Italia è il coppo.

Pertanto è opportuno, date le specificità delle case di legno e per ottimizzare tempi ed economia ed evitare inutili approfondimenti tecnici, suddividere la produzione di elaborati e verifica in due fasi, pre e post autorizzazione.

Negli edifici in legno è importante definire, nella prima fase (autorizzativa) con sufficiente precisione:

- la tipologia della struttura portante. Il legno in generale, a meno di differenze specifiche nelle varie tipologie oggi in uso, ha dei limiti prestazionali oltre i quali necessitano soluzioni speciali o ibridazioni tecnologiche. Per chi non è avvezzo all'uso strutturale del legno, deve tener conto che il comportamento meccanico di questo differisce sostanzialmente da quello delle tipologie a telaio in acciaio o calcestruzzo armato, che spingere le performance oltre certi limiti comporta accettare soluzioni tipo 'collaboranti' legno – acciaio o legno – calcestruzzo che oltre ad incidere sui costi dell'opera può creare non pochi problemi per chi ha scelto di rispettare i principi della bioarchitettura. Nel comporre superfici e volumi, oltre a rispettare le norme urbanistiche è bene verificarne la fattibilità strutturale; le necessità di calcolo nel rispetto della normativa antisismica potrebbe comportare modifiche compositive tali da richiedere un ulteriore passaggio autorizzativo. Le prefigurazioni formali di un fabbricato devono necessariamente rispettare le norme quanto le specificità fisico meccaniche della materia utilizzata;
- i pacchetti tecnologici. Nel definire i pacchetti di chiusura dell'edificio è importante stabilire in questa fase i materiali che lo compongono e le soluzioni impiantistiche da adottare per l'incidenza che questi hanno sulle dimensioni delle sezioni e in caso di scelte prestazionali particolari, sui costi. Due gli aspetti principali da valutare: le caratteristiche termotecniche dei materiali di chiusura incidono sulla sezione della tamponatura in funzione della classe di efficienza energetica che si vuol raggiungere (al netto degli incentivi volumetrici per il risparmio energetico); le scelte tipologiche degli impianti soprattutto se integrati o la presenza o meno di impianti con particolari esigenze di posa (es. aspirapolvere centralizzato);
- finiture esterne. In presenza di vincoli paesaggistici o architettonici, per gli edifici in legno a secco, conoscere le caratteristiche fisico tecniche dei materiali di finitura esterna è importante nella scelta dei sistemi di stesura o di collegamento, ciò può comportare modifiche sulla combinazione dei pacchetti tecnologici e quindi sulle dimensioni degli stessi.

Ad autorizzazioni ottenute l'elaborazione dettagliata degli esecutivi strutturali, architettonici ed impiantistici passa per due altre importanti verifiche, quelle ambientali ed economiche.

Negli edifici in legno si sta consolidando l'uso di derivati del legno o altre fibre vegetali nella produzione dei pacchetti di chiusura e nelle finiture. La scelta non è solo di natura ecologica, ma anche di prestazioni e di confort ambientale interno. In questi casi la verifica di sostenibilità ambientale è di per se data.

Infatti:

- il legno (e suoi derivati) è prodotto da una delle poche fonti energetiche definibile come illimitata: il sole;
- la sua produzione richiede un sesto dell'energia necessaria per produrre lo stesso elemento in acciaio;
- una casa in legno richiede la metà di energia primaria di una costruzione in latero - cemento;
- non ha alcun 'debito di carbonio' e riduce, piuttosto che incrementare, l'impronta ecologica dell'edificio;

Per alcuni dei prodotti maggiormente utilizzati nell'edilizia convenzionale è stato calcolato l'incidenza ambientale presente in tutte le fasi della vita del prodotto. Lo strumento più diffuso per tale analisi è L.C.A. - Life Cycle Assessment (per le aziende si adottano le certificazioni ISO 14040, 14041, 14042, 14043). Per la maggior parte dei prodotti non si conoscono questi dati né sono di facile determinazione. C'è chi mette in dubbio la stessa efficacia degli strumenti di calcolo e di certificazione.

Dal nostro punto di vista basterebbe porre attenzione a pochi ed essenziali requisiti nell'uso di prodotti per l'edilizia:

- le materie da cui è derivato (vegetale, minerale, sintetico);
- la tipologia dei processi produttivi (consumo di suolo, acqua, energia, e produzione di scarti solidi, liquidi o gassosi pericolosi);
- la provenienza e tipologie di trasporto nella distribuzione;
- il consumo di altre risorse naturali o emissioni di sostanze tossiche in fase di montaggio e di gestione;
- valore del prodotto a fine vita funzionale.

L'uso di materiali naturali non comporta alcuna rinuncia dal punto dell'efficienza e prestazioni, nella maggior parte dei casi l'ostacolo che incontrano i più è di natura informativa, economica e di accessibilità al mercato.

È bene chiarire che le analisi economiche dei prodotti edili (e non solo) riferite ai solo prezzi di mercato sono per lo più fallaci in quanto non contengono costi ambientali e consumo di risorse naturali, né una corretta valutazione dei costi in fase di gestione, per non parlare dell'analisi di fine vita (possibilità di recupero e riciclaggio o facile smaltimento).

Per le verifiche economiche delle soluzioni adottate diffusamente nelle strutture in legno (molte utilizzate generalmente nelle strutture a secco) occorre tenere presente che:

- la documentazione ufficiale (in particolare i prezziari di molte regioni) di buona parte delle opere concernenti strutture in legno, componenti in bioarchitettura ed impianti ad alta efficienza e relative integrazioni, è scarsa e non sempre affidabile (salvo casi specifici regionali) visto che sino ad oggi la maggior parte della produzione di edifici in legno è prevalentemente prefabbricata o gestita dai grossi gruppi del settore;
- non è possibile adottare un confronto comparativo con le voci di costo

abituali in quanto troverete che buona parte degli elementi strutturali sono contemporaneamente facile supporto di componenti tecnologici oppure già elementi divisorii interni su cui non potrebbero servire profili per fissaggio di elementi di finiture o potrebbero non servire finiture;

- va valutata l'economia prodotta dalla riduzione dei tempi di cantieri;
- struttura e tamponamento ligneo hanno un costo inferiore agli stessi componenti in latero – cemento con il vantaggio ulteriore nella semplicità, dei primi per l'assemblaggio di cappotto e intercapedini porta impianti;
- le case di legno se realizzate con materiali edili convenzionali (non bioecologici) risultano, a parità di efficienza meccanica ed energetica, concorrenziali agli edifici in laterizio portante (o altra tipologia di blocchi) e in latero-cemento. Nel caso in cui, cosa auspicabile, venga completato con componenti in bioedilizia il costo può aumentare mediamente del 10%, constatando che il costo del materiale in se (es. fibra di legno rispetto al polistirene, o calce idraulica rispetto al cemento) può essere maggiore fino al 40%, ma il materiale incide per meno di un terzo sul costo complessivo dell'opera oltre al fatto che spesso il maggior costo di alcuni materiali porta con se un minor costo della posa;
- dal punto di vista tecnologico, gli impianti ad alta efficienza, comprensibilmente, hanno costi maggiori degli impianti convenzionali ma in questi casi il maggior costo è di fatto un'anticipazione di capitale facilmente ammortizzabili con i successivi mancati costi di gestione (non solo energetici);
- la realizzazione di intercapedini porta impianti all'interno e all'esterno della struttura portante lignea (meglio se a superficie continua) permette una facile integrazione e assemblaggio e conseguente riduzione di tempi e costi di posa.

I vantaggi concessi dall'uso di tecnologie integrate con strutture in legno, possono essere compromessi se, nei casi di montaggio degli edifici in sito, non ci sia o sia scarsa la diffusione commerciale in ambito locale (diciamo almeno regionale) dei materiali necessari a realizzarli. Per ovviare a ciò necessita organizzare prima dell'avvio del cantiere l'acquisizione dei materiali stessi in modo da poter chiudere senza soluzione di continuità il cantiere, per lo meno l'involucro. E ciò nelle tipologie costruttive in esame è possibile.



Figura 5.6\_Casa per civile abitazione, spazi interni definiti dagli elementi strutturali in pannelli di legno portanti ed integrazione tecnologica di pavimento radiante (Casa Mazza, Linguaglossa, Catania).

### 5.3.2 Rimodulazione esecutiva

A verifica eseguita del progetto, o meglio dei progetti abitualmente suddivisi in architettonico, strutturale ed impiantistico, l'integrazione dei singoli progetti specialistici avviene mantenendo sia da un punto di vista logico funzionale che fisico delle costanti di riferimento e cioè:

- l'organizzazione complessiva del sistema;
- i piani o telai strutturali, verticali ed orizzontali;
- i livelli di stratificazione distributiva.

Ogni progetto di sistema ha un proprio schema funzionale in cui sono evidenziate le parti fondamentali che lo costituiscono e le relazioni (connessioni) fra le parti.

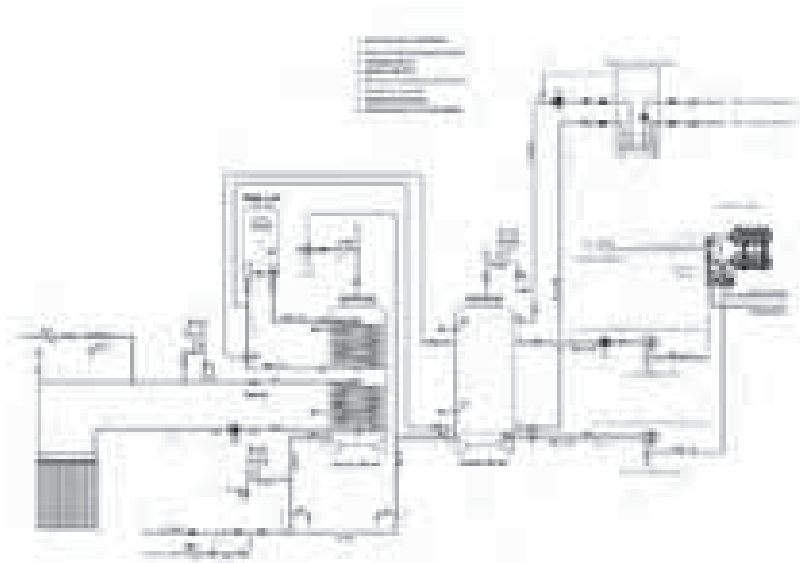


Figura 5.7 \_Schema funzionale impianto termo idraulico Fonti di generazione solare e geotermico con backup a gas gpl

Un importante lavoro nell'elaborazione degli esecutivi è mettere in relazione i vari sistemi dal punto di vista funzionale e fisico. Ci sono due strumenti utili in merito, il flow chart e gli elaborati costruttivi. Da un lato la logica funzionale fra sistemi rappresentata appunto dal diagramma dei flussi, e dall'altro la collocazione fisica degli stessi.

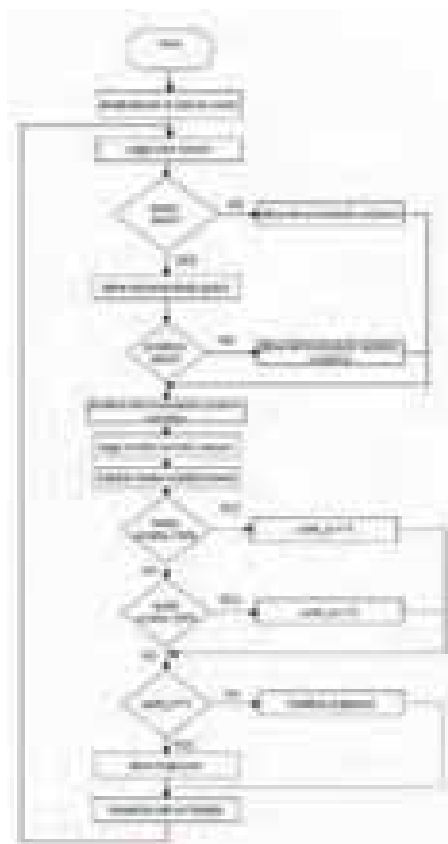


Figura 5.8\_

In un edificio sostenibile l'integrazione funzionale è tanto importante quanto quella fisica. Come detto sin dall'inizio, l'edificio contemporaneo, in un modo o nell'altro è un composto o aggregato di elementi con differenti funzioni finalizzato a produrre un determinato livello di comfort abitativo. Le esigenze ambientali ed economiche attuali richiedono che si realizzi quello stesso composto con la massima efficienza ed efficacia. Quindi utilizzando al massimo le possibilità dei singoli componenti e loro interazioni.

I principali flussi e cicli che producono e definiscono il livello di comfort e qualità dell'abitare sono ovviamente acqua ed energia; entrambi i cicli possono essere suddivisi in acquisizione (input, ingresso, generazione, ecc.), uso (distribuzione, diffusione) e scarto (output, uscita). Va da sé che un edificio contenente un adeguato livello di comfort e definito ad alta efficienza non può che ridurre il fabbisogno di acquisizione di fonti in ingresso, ottimizzarne la distribuzione, e ridurre e/o recuperare gli scarti in uscita. Strutture, componenti e finiture naturali e soprattutto in fibre vegetali garantiscono ottime risultati in tutti e tre le suddette fasi di gestione ma anche in fase di produzione e di fine esercizio, ossia sull'intero ciclo di vita del manufatto.



Il corretto funzionamento dei cicli in se e nell'interazione fra cicli, deve essere effettuato da un appropriato sistema di controllo con livelli di automazione variabili (es. una produzione energetica integrata a più fonti di generazioni deve essere necessariamente gestito da centraline di controllo o PLC - *programmable logic controller*). La massima automazione (con prevalenza di controlli elettronici) corrisponde alla minima partecipazione dell'utenza e spesso ad una minima consapevolezza dei meccanismi che producono qualità al proprio abitare; la minor automazione (controllo prevalente meccanico) corrisponde alla massima partecipazione dell'utenza alla messa in esercizio dei vari sistemi tecnologici.

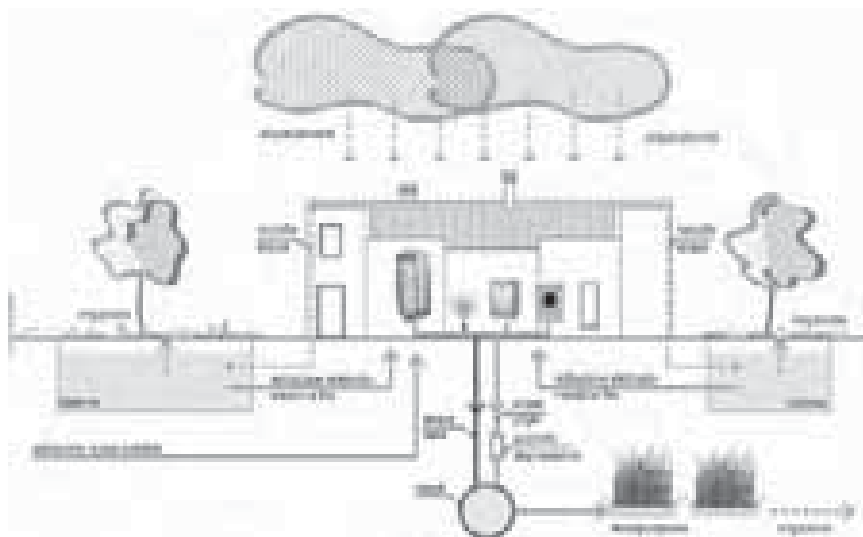


Figura 5.9\_Ciclo dell'acqua.

Quanto suddetto in termini di logica funzionale trova la sua concretizzazione fisica non solo in appositi spazi dedicati (vani tecnici, cavedi) ma e soprattutto dentro e fra le componenti architettoniche (pareti, solai, ecc.) che costituiscono il fabbricato. I piani strutturali verticali ed orizzontali sono i supporti delle componenti impiantistiche che si collocano con una precisa sequenza in funzione di specifiche esigenze di posa (distribuzione delle linee, curvature, pendenze) e della flessibilità dei singoli impianti.

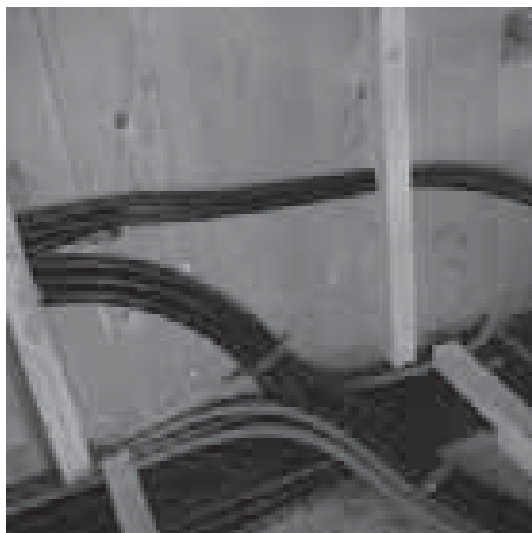


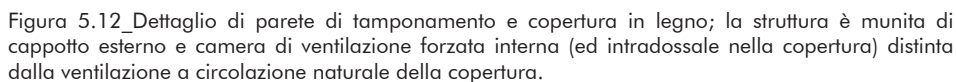
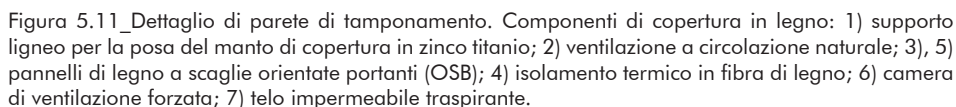
Figura 5.10\_Dettaglio attacco parete a pavimento

Ottimale è destinare singoli piani di posa per ogni tipologia di impianto (in questo modo i punti critici di sovrapposizione si ridurrebbero nei passaggi dal piano verticale o quelli orizzontali e viceversa) con un inconveniente non secondario rappresentato dall'aumento della dimensione delle sezioni dei piani e del loro peso. Per questo si cerca di ridurre il numero dei livelli di stratificazione di posa ponendo particolare attenzione alle inevitabili sovrapposizioni (es. equilibrando la distribuzione utilizzando anche le pareti).

Nelle case di legno (come in buona parte delle tipologie a secco) a meno di differenze generate da particolari condizioni bioclimatiche, possono essere individuate delle costanti nella distribuzione delle componenti tecnologiche che compongono gli involucri interni ed esterni, soprattutto delle componenti termotecniche (masse inerziali ed isolanti, sistemi radianti, ventilazione naturale e forzata, ecc.).

Una stratigrafia abbastanza comune è la seguente (dall'esterno verso l'interno e dall'alto verso il basso):

- rivestimento esterno (a umido o a secco e ventilato);
- intercapedine integrata per isolamento termico, cavedi e supporti passanti d'ancoraggio (per la connessione di elementi portati esterni alla struttura portante);
- struttura portante;
- intercapedine integrata per isolamento, distribuzione impianti, camere di ventilazione naturale o forzata, supporti passanti di ancoraggio;
- rivestimento interno.



La composizione stratigrafica degli orizzontamenti interni, nella maggior parte dei casi (soprattutto nell'edilizia residenziale) contiene solo una delle due intercapedini integrate, quella esterna o superiore (nella successione dei piani dall'alto verso il basso). In caso di solai o coperture lignee a vista, viene escluso, ovviamente, il rivestimento interno o inferiore.



In strutture a secco semi-prefabbricate e montate in sito, per riuscire a gestire in forma integrata tutte le scelte – strutturali, architettoniche, tecnologiche – occorre ri-disegnare i dettagli costruttivi rimodulando componenti e soluzioni funzionali settoriali in un unico assemblato che continui a garantire le esigenze prestazionali di tutti gli elementi che concorrono a definire il sistema.

E' con la rimodulazione degli esecutivi che si effettuano le ultime verifiche di compatibilità ed integrazione tecnico-funzionale necessaria per avviare la fase di assemblaggio.

### **5.3.3 Definizione e controllo delle fasi di montaggio**

Se consideriamo la progettazione come definizione di elementi de-composti di sistema, la programmazione e relative verifiche come definizione di tempi e modalità aggregative, il cantiere lo si assume come luogo di ri-composizione del sistema.

Come premesso ed argomentato, nella realizzazione di edifici in legno sostenibili le fasi di progettazione, verifica e programmazione assorbono buona parte del lavoro dei tecnici e del tempo necessario alla chiusura dell'intero ciclo produttivo. La riduzione dei tempi di cantiere sono dovuti all'interazione di diversi fattori:

- le caratteristiche specifiche della tipologia strutturale (il legno);
- il montaggio a secco;
- il livello di definizione degli elaborati progettuali;
- la certezza dimensionale necessaria per permettere di produrre e/o organizzare buona parte delle componenti con l'anticipo sufficiente a rispettare i tempi programmati;
- facilità di programmazione delle fasi di montaggio.

In cantiere, il lavoro svolto dalla Direzione è prevalentemente un lavoro di coordinamento della distribuzione nel tempo di materie ed operatori.

In merito ai materiali c'è da tenere ben presente che ancora oggi in Italia, o meglio in buona parte del territorio nazionale, non è consuetudine utilizzare tipologie costruttive in legno, per lo più limitate alla produzione di coperture ed a volte di solai. Quindi per evitare interruzioni spiacevoli delle attività in cantiere, è necessario ordinare con debito anticipo tutto ciò che necessita per il completamento della struttura e delle componenti architettoniche soprattutto se si scegliesse di completare la struttura in legno con materiali e tecniche specifiche della bioarchitettura.

Particolare attenzione è da porre agli ancoraggi (nodi), fatto valido per qualsiasi tipologia strutturale si scelga, così per le tipologie in legno, dove le connessioni sono semplicissime, di facile e di veloce realizzazione ma realizzate con materiali con diverse caratteristiche fisiche e meccaniche, (solitamente legno e acciaio) e difficilmente modificabili una volta messi in opera a scapito non tanto dei costi quanto dei tempi.

Per la successione corretta di opere e operatori possiamo utilizzare una metafora biologica e raffigurare il processo di montaggio di una casa di legno (in particolare modo quello relativo alla tipologia con pannelli a strati incrociati) alla formazione ed applicazione di tessuti su una struttura (scheletro) perfettamente determinata

ed estremamente ricettiva (come supporto su cui collegarsi e/o da modificare). È quest'ultima caratteristica a semplificare notevolmente la gestione integrata dei vari sistemi: avere un riferimento continuo ed invariante in tutte le fasi del ciclo produttivo.

### **5.3.4 Gestione e regolazione del sistema**

Nella gestione e regolazione degli impianti tecnologici applicati in una struttura a sistema integrato, non vi sono particolari indicazioni specifiche per le tipologie in legno.

In tutti i casi le scelte impiantistiche che determineranno una maggior o minor interazione dell'utenza con tutti i dispositivi di controllo, è fatta a monte. Tale interazione o dipendenza (utenza – gestione/controllo) è determinata dalla scelta dei singoli sistemi e loro interazioni:

- sistemi passivi (serra, giardino d'inverno, camino solare, muro di trombe);
- sistemi attivi (solare termico ad acqua o aria, fotovoltaico, eolico, geotermia);
- circolazione naturale o forzata dei flussi;
- sezionamento tecnico e funzionale degli impianti;
- controllo meccanico o elettro-meccanico.

Di fatto, non è appropriato parlare di sistemi sostenibili se non si rispettano alcuni principi fondamentali in merito ai consumi energetici e all'efficacia degli impianti ai quali è fatto carico la produzione del comfort ambientale interno.

Innanzitutto l'intero edificio deve garantire le necessarie alterazioni delle condizioni ambientali interne principalmente in virtù delle caratteristiche morfologiche, dimensionali, termofisiche, ecc. di tutti le componenti architettoniche che definiscono la chiusura dell'edificio stesso. E ciò può essere considerata prerogativa degli edifici in legno, in termini di efficienza, a parità di dimensioni fisiche, qualità e impatto ambientale.

Infine, nella realizzazione degli impianti, si deve intervenire su quanti più possibili livelli di integrazione e di ottimizzazione dell'efficienza, e precisamente su:

- integrazione architettonica (es. pavimenti, pareti e soffitti radianti, pannelli solari a tetto o parete ecc.);
- integrazione funzionale di sistema nelle fasi di diffusione, distribuzione e generazione (utilizzo degli stessi dispositivi di diffusione, reti di distribuzione e fonti di generazione – rinnovabili e non – per il condizionamento invernale ed estivo).

Principio base imprescindibile, indipendentemente da un uso razionale dell'energia, dall'utilizzo di impianti ad alta efficienza o dallo sfruttamento di energia rinnovabile, è la riduzione dei consumi, nel condizionamento termico come nel consumo di energia elettrica, concordi nel ritenere che la migliore energia è quella non prodotta (non consumata).

## 5.4 • NODI E CRITICITÀ NEGLI EDIFICI IN LEGNO

Per quanto banale o scontato possa sembrare è bene ricordare che ciò che caratterizza il legno nella sua essenza è:

- che si muove;
- è durabile solo se correttamente usato.

In un edificio in legno i giunti si comportano in modo uniforme se costituiti da stesso materiale ed ancorato a medesimo supporto, laddove ciò non è possibile non ha alcun senso trattare i giunti come un continuo (soprattutto nelle finiture), più sensato è considerarli separati. Queste considerazioni non riguardano, ovviamente, le strutture e il comportamento meccanico del legno, ma i micro movimenti dello stesso, quelle piccole variazioni di stato che tanto incidono sugli aspetti architettonici, e come vedremo di seguito non solo dal punto di vista formale.

Possiamo affermare come principio che le criticità delle strutture in legno hanno a che fare con le componenti architettoniche che definiscono il livello di comfort abitativo e che operano affinché ogni elemento della struttura si trovi nelle condizioni ottimali in termini di durabilità. In prevalenza hanno a che fare con il contatto col suolo, con la chiusura e con l'apertura dell'involucro dell'edificio.

### 5.4.1 Attacco a terra

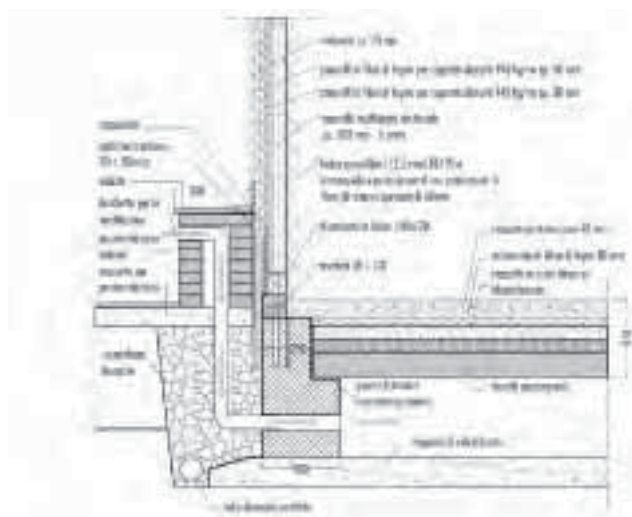
A terra si trasmettono i carichi dell'edificio. Dalla terra ci si deve distaccare, per la salubrità ambientale e dei materiali; ciò per quanto considerato in tutte le tipologie costruttive, negli edifici in legno è principio fondamentale.

Fisicamente, una fondazione che risponda bene ai due requisiti suddetti raggiunge il risultato migliore quando occupa il minor spazio possibile di suolo scegliendo la tipologia strutturale di fondazione che ottimizza la trasmissione dei carichi a terra nella minore superficie piana possibile. Viene da pensare subito ai pali di fondazione, e pur non essendoci criteri generali indipendenti dalla realtà geologica in cui si interviene, per le case in legno e per aspetti relativi alla bioarchitettura sono da prediligere alcune soluzioni piuttosto che altre.

La platea, consigliata in siti con terreni a bassa portanza e/o cedevoli, consigliamo di evitarla. La distribuzione dei gravi è perfetta ma anche il contatto col suolo è perfetto rappresentando una spiacevole continuità per alcuni aspetti fisici e per altri aspetti (campi magnetici ed energie "sottili") una interruzione definitiva della continuità di campo magnetico naturali. Tenendo conto anche dell'elevato consumo di calcestruzzo armato, in termini di sostenibilità, salubrità abitativa e durabilità dei materiali edili, questa sorta di barriera 'permeabile' crea più problemi di quanti ne risolva. Laddove sia inevitabile, consigliamo di realizzare un solaio ventilato sulla platea di fondazione, interrotto solo dagli appoggi degli elementi strutturali, e tale da garantire discontinuità igrometrica col suolo e continuità di aereazione con lo spazio abitato.

I pali di fondazione, per quanto su detto, rappresentano la soluzione ideale in quanto riduce al minimo il contatto sul piano di posa distribuendo i carichi in profondità. Il solaio a terra è così separato nettamente dal suolo. Ma come tutti

In questo caso, come per la platea, una volta garantita la ventilazione del piano, si dovranno realizzare opportune opere necessarie a garantire una discontinuità igrometrica (dal basso verso l'alto) e sicurezza idraulica (in caso di emergenza e guasti, da dentro verso fuori).



- predisporre un'opportuna differenza di quota fra piano interno e calpestio esterno (differenza anche minima per garantire una barriera dell'acqua dall'esterno verso l'interno);
- distacco mediante barriera vapore del corpo in C.A. con gli elementi di appoggio superiore;
- rialzo in mattoni pieni o conglomerato idraulico, realizzato da molti operatori del settore per spostare la base di appoggio dei legni ad una quota superiore al piano di posa degli impianti, come sicurezza da eventuali rotture impreviste e non immediatamente individuabili;
- attacco a terra con cordolo in legno ad alta resistente all'umidità, generalmente in Larice;
- adeguato collegamento del cordolo ligneo alla fondazione. Nella scelta di creare una continuità del cappotto termico dalla parete di chiusura alla fondazione, appurare che l'ancoraggio del cordolo ligneo sia ad una distanza adeguata dallo spigolo della fondazione, e specificamente, dal copriferro e dal ferro d'angolo;



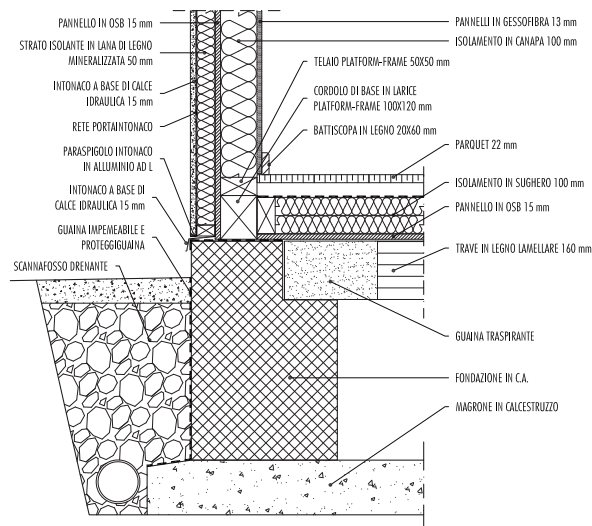


Figura 5.16\_Dettaglio fondazione.

- verifica della continuità delle intercapedini portaimpianti orizzontali e verticali: nella posa degli impianti tecnologici si deve esser certi di non essere costretti a sezionare, oltre quanto necessario e previsto, gli elementi strutturali (estradosso della fondazione in C.A. e/o cordolo ligneo);
- nella maggior parte dei casi, la faccia esterna della parete di chiusura, è consigliabile averla distaccata dal piano orizzontale esterno (di calpestio o meno), o ritenerla tale, realizzando un giunto elastico impermeabile;
- garantire, all'interno o all'esterno del pacchetto di chiusura verticale (sufficiente su due opposte facciate, con preferenza nord-sud) il passaggio della ventilazione delle fondazioni;
- nella realizzazione dello scannafosso o altro sistema di drenaggio del terreno in aderenza alla fondazione, laddove possibile ventilare anche il tubo drenante.



Figura 5.17\_Esploso

### 5.4.2 Copertura

La copertura, in tutte le tradizioni costruttive è il principale elemento a qualificare uno spazio chiuso come 'casa'; è l'elemento a cui istintivamente viene attribuito il valore di protezione, è il cappello, l'ombrello. In quasi tutte le culture la chiusura del tetto è festeggiata.

Tradizionalmente negli edifici in legno la copertura si è sempre estesa oltre i muri di tamponamento, sia in gronda che sul timpano, per meglio proteggere le teste dei muri. In definitiva la raccolta e lo smaltimento dell'acqua piovana avveniva fuori dalla proiezione perimetrale dell'edificio. Spesso oggi, per riprendere elementi stilistici tradizionali di alcune aree geografiche magari anche da tipologie strutturali non in legno, o semplicemente per scelta formale del progettista e/o del committente, la gronda viene incassata, non percepibile dall'esterno e posizionata in corrispondenza delle teste delle pareti, per ottenere una continuità di piano della facciata.

In questi casi, come nel caso di copertura piana negli edifici in legno, l'attenzione da porre per l'impermeabilizzazione deve essere massima.

Si consiglia come criteri guida:

- garantire continuità muro-tetto all'isolamento termico onde evitare eventuali ponti termici;
- separare vani e relativi dispositivi per la ventilazione del tetto o del solaio, dalle componenti per l'impermeabilizzazione degli stessi;
- il nodo gronda-parete, viene risolto con un giunto elastico impermeabile.



Figura 5.18\_Dettagli copertura.

In breve è consigliabile, per quanto gli elementi strutturali in elevazione e copertura siano omogenei per tipologia e continui come collegamenti, e preferibile che l'impermeabilizzazione del nodo sia discontinuo e separato dall'isolamento termico (che è continuo) mediante il vano di ventilazione.

Molto spesso gli edifici in legno, in copertura presentano un manto in lamiera (in rame, zinco titanio, alluminio, ecc.) con doppia graffatura, in questi casi, con la gronda, l'intero manto deve poter muoversi liberamente rispetto alle sottostrutture.

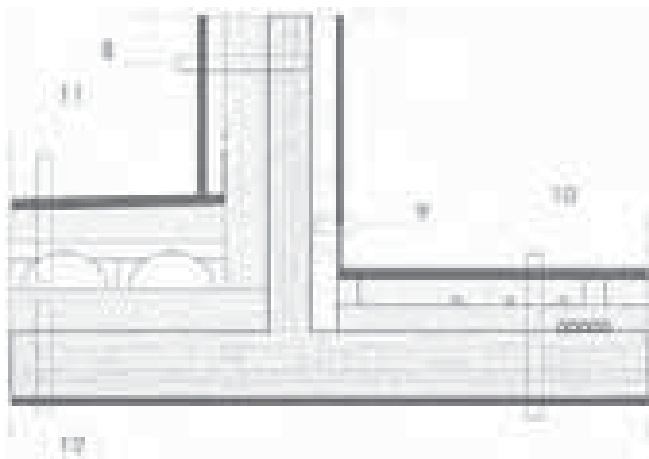


Figura 5.19\_8) intonaco 15 mm, lana di legno mineralizzata 35 mm, isolamento termico in sughero 80 mm, pannello XLam 80 mm; 9) montanti in legno 50x60, gessofibra 12 mm, battiscopa in legno 12 mm; 10) pavimentazione in parquet 20 mm, massetto in calce idraulica 50 mm, riscaldamento a pavimento d=16 mm, listelli in legno 40x50 mm, telo traspirante impermeabilizzante, di sughero 50 mm, impianto elettrico, pannello XLam 120 mm, gessofibra 12 mm; 11) pavimentazione esterna in pietra 20 mm, massetto in calce idraulica fibro-rinforzata, cupolini h=90 mm; 12) sughero 80 mm, pannelli XLam120 mm, gessofibra 12 mm.

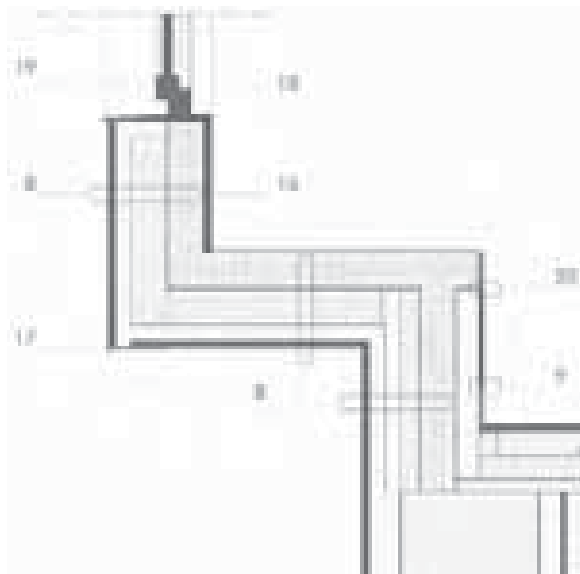


Figura 5.20\_8) intonaco 15 mm, lana di legno mineralizzata 35 mm, isolamento termico in sughero 80 mm, pannello XLam 80 mm; 9) montanti in legno 50x60, gessofibra 12 mm, battiscopa in legno 12 mm; 17) scossalina in alluminio; 18) infisso legno-alluminio; 19) davanzale in pietra lavica 20 mm; 20) rivestimento in legno, scossalina, gessofibra.

### 5.4.3 Bucature

*Interruzione di continuità dei piani di chiusura.*

Negli edifici in legno ogni forma di discontinuità della chiusura esterna deve essere risolta da un punto di vista idraulico assumendo gli elementi del giunto creato come componenti in movimento. Che il tamponamento sia costituito da elementi giuntati dello stesso materiale (legno – legno) o di materiali diversi, che sia interrotto per la realizzazione di aperture per l'illuminazione e la ventilazione naturali, o per la realizzazione di giunti elastici strutturali, risulta sempre appropriato comporre l'elemento di giunzione con elementi separati assicurando libertà di movimento differenziato fra le parti garantendo la tenuta all'acqua come da norma prevista (cfr. par. 4.2.4).

Nella tradizione costruttiva e come il buon senso suggerirebbe, gli edifici in legno hanno coperture a falde inclinate opportunamente in funzione delle caratteristiche climatiche locali, con sporti su tutti i lati a coprire le teste dei muri. In molti casi si sceglie di non farsi limitare dalle caratteristiche del materiale strutturale progettando solai di copertura piani in legno o più semplicemente sbalzi, balconi, terrazze, ecc.. In questi casi nel risolvere i giunti a 'L' non consigliamo un giunto continuo elastico di natura plastica, cementizia o altro capace di aderire e legare opportunamente con le due parti da collegare.

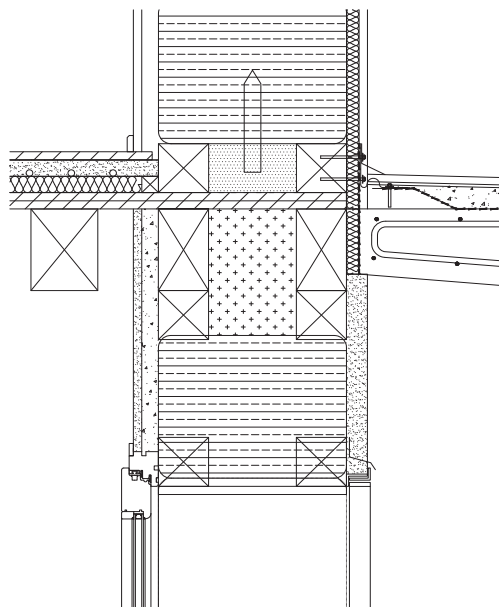


Figura 5.21\_Giunto fra edificio in struttura di legno e solaio di intercapedine in latero - cemento

A parer nostro, non c'è sufficiente verifica sperimentale nelle diversissime condizioni climatiche presenti in Continente e sulle Isole, tali da assumersi il rischio di danni imprevedibili su elementi e punti estremamente delicati.

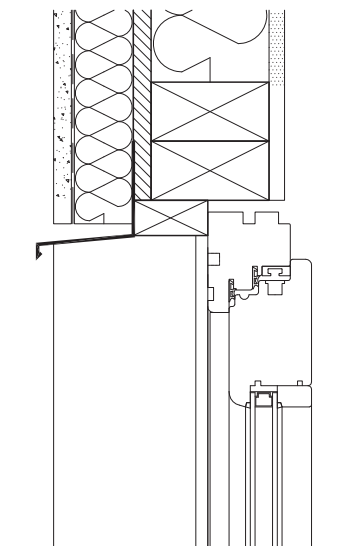


Figura 5.22\_Dettaglio apertura:architrave

È preferibile trattare il piano orizzontale come elemento finito separato dai piani verticali ad esso associati e giuntare i piani con giunti metallici elastici (meglio se diviso in due parti).

Nel caso degli infissi esterni le discontinuità da risolvere sono meno complesse.

I tagli verticali delle facciate sono facilmente risolvibili anche con l'uso di materiali non particolarmente prestanti da un punto di vista idraulico.

I tagli verticali hanno bisogno di maggior cura che si tratti di porte finestre o finestre.

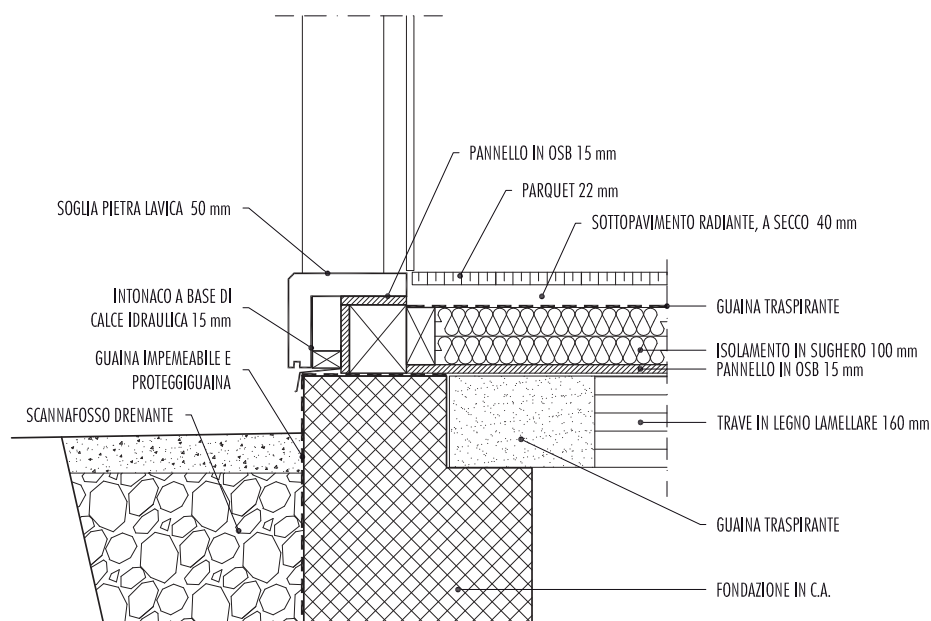


Figura 5.23\_Dettaglio fondazione. Giunto fondazione-soglia-infisso.

Nelle prime il giunto di maggior interesse e particolarità è quello a terra fondazione-soglia-infisso, mentre nel caso delle finestre è preferibile usare scossaline metalliche almeno nel giunto della soglia munito, come quello in corrispondenza dell'architrave, di efficiente rompi goccia.

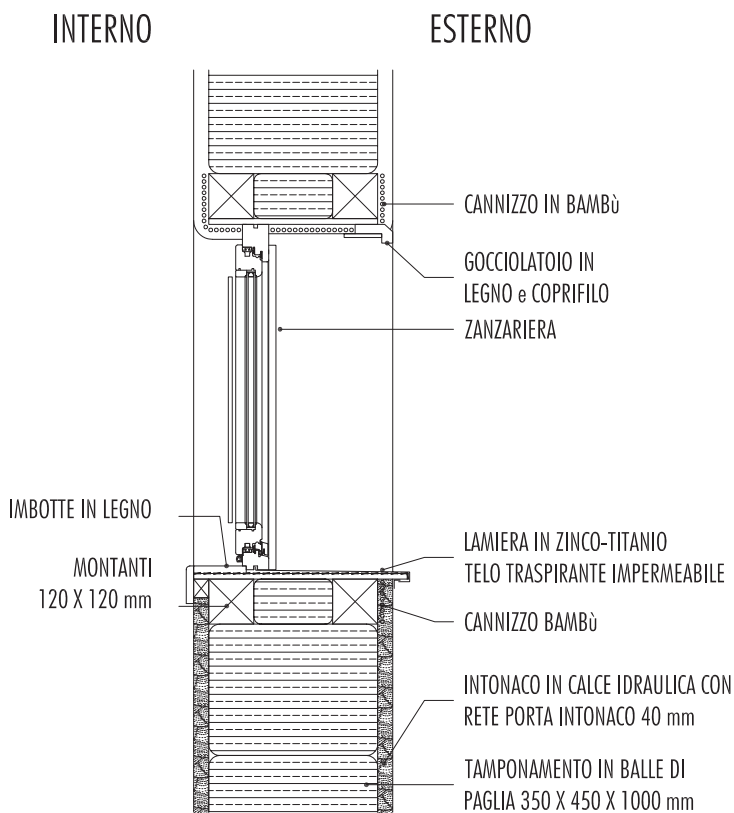


Figura 5.24\_Dettaglio infisso.

## 5.5 • FINITURE INTERNE: MATERIALI E SOLUZIONI APPLICABILI

Le superfici che delimitano, confinano, racchiudono gli spazi interni sono il luogo della mediazione, dell'interazione tra l'edificio ed i volumi d'aria in esso contenuti, tra l'edificio ed i suoi occupanti.

Su queste superfici si svolgono scambi di tipo termico, igrometrico e chimico che influiscono sulla qualità dell'aria e del comfort interno. Su queste superfici si riflettono e vengono assorbite onde luminose ed acustiche provenienti dall'interno e dall'esterno; da queste superfici provengono segnali per la vista, l'udito, il tatto, l'olfatto che influenzano, per lo più inconsapevolmente, il benessere psico-fisico dell'occupante.

La scelta dei materiali e delle soluzioni per la finitura delle superfici interne dovrebbe tener conto di tutte queste interazioni ed avrà un ruolo determinante sulla qualità dell'abitare e sulla fruibilità dell'edificio e dei suoi spazi.

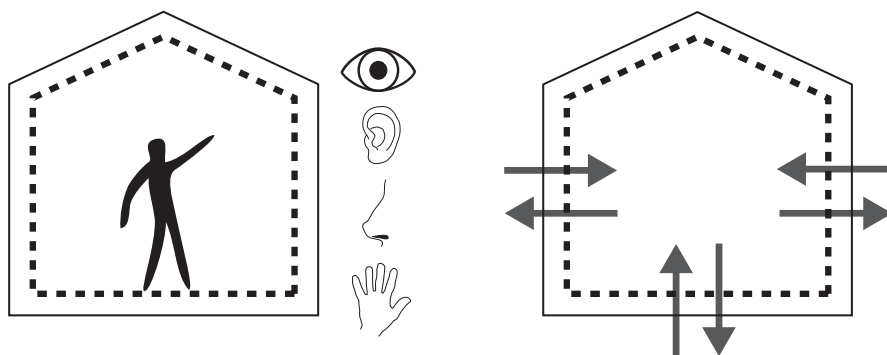


Figura 5.25\_ Interazioni tra l'abitante ed il rivestimento interno e tra questo e l'esterno

Per orientarsi nella variegata ed estesa offerta del mercato, in termini di materiali e soluzioni possibili, si propone di seguito un elenco di requisiti che le finiture scelte dovrebbero possedere per garantire un'efficiente integrazione col sistema costruttivo in legno ed un'alta qualità bio-ecologica dell'intervento.

*Affinità col sistema costruttivo.*

Materiali con un certo grado di flessibilità intrinseca, che siano in grado di "muoversi" e "deformarsi", se non di "modellarsi" al supporto cui sono applicati, così da assecondare gli assestamenti ed i movimenti caratteristici di una struttura lignea.

*Affinità con la natura e le caratteristiche chimiche del legno.*

Materiali traspiranti che consentano una continuità nelle prestazioni igrometriche e traspiratorie tra tutte le componenti dell'edificio, tra interno ed esterno.



### *Salubrità.*

Materiali senza componenti ed additivi sospetti che garantiscano l'assenza di emissioni nocive, o potenzialmente nocive, durante tutto il proprio ciclo di vita. Gli ambienti interni, confinati, sono sempre più a "tenuta stagna", con modesti ricambi d'aria con l'esterno e conseguentemente trattengono le eventuali emissioni di sostanze dannose, quali i composti volatili, all'origine di allergie, intolleranze e malattie respiratorie.

### *Bassa energia incorporata.*

Materiali che nelle fasi di produzione, trasformazione ed approvvigionamento, necessitino di bassi consumi energetici con ridotte emissioni di CO2.

### *Reperibilità locale.*

Materiali che sia possibile reperire, produrre o trasformare in loco.

Supportando l'economia locale si aumenta il livello di condivisione dell'intervento, si stimola la creazione di filiere, si minimizzano i costi energetici ed ambientali legati al trasporto. L'impiego di materiali locali consente inoltre la produzione di interventi site specific, integrati col territorio e le sue risorse, con il contesto ecosistemico.

### *Riciclabilità e biodegradabilità.*

Materiali che al termine del proprio ciclo di vita non divengano rifiuto da smaltire ma, secondo la filosofia "Dalla culla alla culla", nutriente da reimmettere in un ciclo tecnico (riciclabilità) o naturale (biodegradabilità).

### *Semplicità di posa.*

Materiali e tecniche che non necessitano di utensili o sistemi di posa complessi, prestandosi a pratiche di autocostruzione e conseguentemente di automanutenzione, ordinaria e straordinaria. L'impiego di tecniche semplici ed accessibili, facili da imparare e comunicare, facilita l'attivazione di processi di partecipazione, condivisione e coinvolgimento delle comunità locali.

L'applicazione dei criteri guida proposti porta inevitabilmente a prediligere soluzioni e materiali di origine naturale le cui proprietà intrinseche li rendono adatti all'impiego proposto.

Essi non necessitano infatti di additivi e trattamenti chimici e, di conseguenza, non rilasciano emissioni nocive. Alcuni materiali quali l'argilla, la calce ed, in misura minore, anche il legno, hanno addirittura proprietà antibatteriche ed igienizzanti. Non subendo processi di trasformazione complessi ed essendo spesso disponibili localmente, hanno una bassa energia incorporata.

L'impiego di finiture di origine naturale consente inoltre di recuperare, riscoprire, riattualizzare tecniche e saperi materiali tradizionali la cui efficacia è stata testata in secoli di pratica ed esperienza.

### Finiture a base di calce ed argilla.

Calce ed argilla sono materiali di origine minerale che impastati con acqua, inerti, fibre, olii, agiscono come leganti e consentono di realizzare rivestimenti per superfici orizzontali e verticali di spessore variabile dai pochi millimetri delle velature, ai 2-3 cm degli intonaci ai 15-20 cm di alcuni battuti per pavimentazione. Sono materiali utilizzati per migliaia di anni per le finiture di edifici sia nobili che popolari, subiscono trasformazioni minime e, soprattutto nel caso dell'argilla, sono spesso disponibili in situ.

L'avvento dei leganti di tipo cementizio e dei polimeri di sintesi, che non richiedono manodopera specializzata e sono facilmente industrializzabili, ha portato ad una graduale scomparsa di questi materiali dalla pratica edilizia contemporanea. Negli ultimi anni si è assistito ad un recupero su ampia scala delle finiture a base di argilla e calce grazie a ricerche e studi che hanno consentito di verificarne e documentarne le prestazioni, la composizione, le tecniche di posa. Il risultato è stato la possibilità di comunicare e condividere un sapere altrimenti confinato negli ambiti molto ristretti del restauro e degli appassionati.

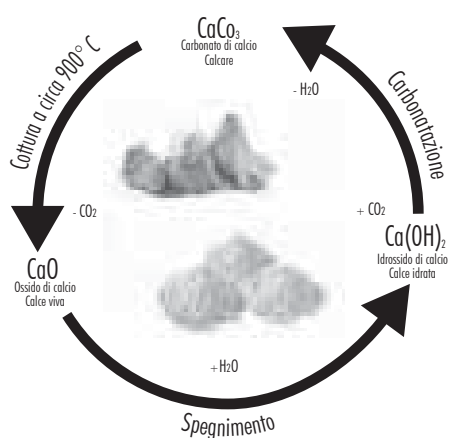


Figura 5.26\_Il ciclo della calce; mattoni in argilla.

L'argilla è completamente biodegradabile e reversibile; può essere recuperata, frantumata e riutilizzata senza perdere le sue qualità e proprietà fisico-chimiche. La sua caratteristica più apprezzata è la capacità di assorbire l'umidità dell'ambiente e dei materiali con cui è a contatto e di trattenerla all'interno della propria struttura porosa, per poi rilasciarla nell'aria quando questa ha un minor contenuto di umidità. Questa caratteristica prende il nome di igroscopicità e rende l'argilla una finitura ideale per materiali quali legno e paglia che spesso, dopo la posa, conservano una certa quantità di umidità che è bene smaltire.

La calce, a differenza dell'argilla, dovendo essere cotta, subisce un processo di trasformazione energivoro le cui emissioni saranno compensate dalla sua capacità di assorbire  $\text{CO}_2$  nel ciclo di vita, attraverso il fenomeno della carbonatazione. La calce è più dura e resistente all'usura dell'argilla, ha proprietà igienizzanti, antibatteriche ed antimuffa grazie alla forte basicità e possiede buone doti di igroscopicità.

### *Intonaci.*

L'intonaco è un rivestimento compatto costituito da più strati con caratteristiche e funzioni diverse, con uno spessore variabile tra 1,5 e 2 cm a seconda del supporto su cui viene applicato. Il primo strato, a contatto col supporto, prende il nome di rinzafo ed ha una granulometria grossolana che gli conferisce una conformazione ruvida, ottimo aggrappo per gli strati successivi. Al rinzafo segue l'arriccio, vero corpo dell'intonaco, con la funzione di uniformare la superficie intonacata. L'ultimo strato, detto intonachino o velatura, protegge gli strati sottostanti e rende l'intonaco esteticamente gradevole.

L'intonaco, per aderire alle superfici verticali ed orizzontali, necessita di un supporto con un forte aggrappo meccanico. Le superfici che non dispongano di siffatto aggrappo, dovranno essere rivestite con stuoie, listellature in legno o pannelli rigidi in lana di legno, fibre vegetali o sughero. La tradizione ci consegna l'uso, per la realizzazione di tramezzature, ma anche di controsoffitti e volte, degli incannucciati, stuoie di canne palustri legate con fil di ferro.

Nel caso l'intonaco dovesse essere applicato su elementi in legno, quali architravi o porzioni del telaio, questi dovranno essere opportunamente lavorati, realizzando incisioni trasversali o chiodature, per dotarli dell'aggrappo meccanico richiesto.

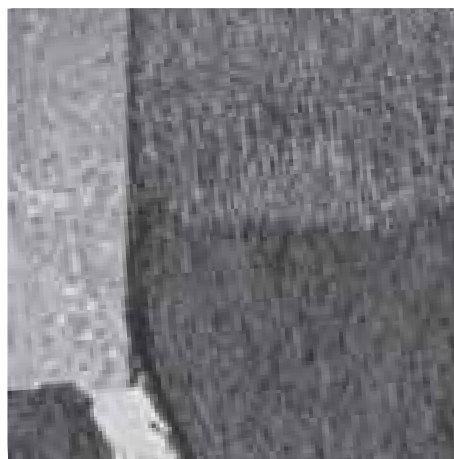
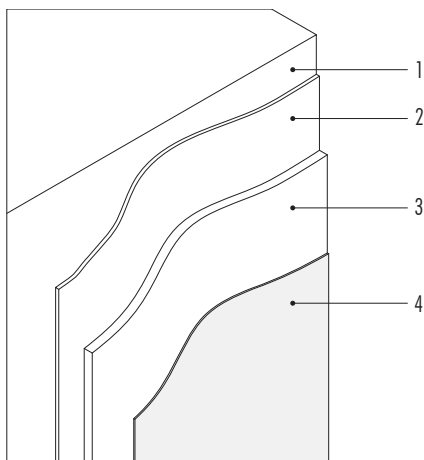


Figura 5.27 \_Stratigrafia di un intonaco a calce: supporto (1), rinzafo (2), arriccio (3), velatura (4); intonaco in argilla su balle di paglia.

### *Velature.*

La velatura o intonachino, è l'ultimo strato nella composizione di un intonaco. Ha granulometria fine ed uno spessore complessivo inferiore ai 3 mm. E' lo strato più esterno, a contatto diretto con l'ambiente e con gli abitanti. Protegge la parete dall'usura quotidiana, preserva gli strati sottostanti e contemporaneamente dona carattere all'ambiente che delimita attraverso colore e trama superficiale, interazione con la luce e tattilità.

Se nell'impasto della velatura di calce, al posto della sabbia, si usa la polvere di marmo, la velatura prende il nome di intonaco a stucco; le caratteristiche di traspirabilità rimangono simili ma, con un opportuno trattamento a base di oli e cera d'api, diventa idrorepellente ed adatto a rivestire pareti di bagni e cucine.

La velatura di argilla può invece contenere aggregati minerali e vegetali quali sabbia, paglia, fiori, foglie con effetti estetici molto particolari.

Le velature possono essere applicate anche su di una superficie finita diversa dall'intonaco, quale un pannello di tamponamento in legno o in gessofibra. In questo caso la funzione della velatura è prettamente estetica e la traspirabilità è legata alla natura del supporto sottostante.

#### *Tadelakt.*

Il tadelakt è una tecnica d'intonacatura marocchina impermeabile nata inizialmente per rivestire le cisterne per la raccolta dell'acqua ed estesa poi agli ambienti umidi in genere quali hammam, bagni e fontane. Questa tradizione ha rischiato di scomparire prima di essere recuperata per la realizzazione di bagni, docce, lavandini e pavimenti in abitazioni private europee e nord americane. La base è una calce naturale debolmente idraulica, estratta da colline vicino Marrakech, secondo metodi di selezione della materia prima e di cottura trasmessi attraverso le generazioni. E' una calce rozza che contiene molte impurità, che consente di non utilizzare altri aggregati e che produce un caratteristico reticolo superficiale di microfessure.

E' applicata a mano con utensili in legno e pietra per uno spessore di 1-2 cm e necessita di manodopera specializzata. Viene colorata in pasta con terre e pigmenti naturali, lucidata con pietre specifiche e finita con uno strato di sapone nero tradizionalmente a base di olio di oliva, che, oltre a renderla impermeabile, le conferisce un aspetto dal forte impatto estetico.

#### *Pitture.*

La pittura consiste nell'applicazione di un sottile strato coprente per abbellire le superfici, per donare profondità e colore, per conferire atmosfera e tono allo spazio interno, per impedire lo spolvero superficiale.

Non sempre la pittura è necessaria, alcune finiture quali le velature in argilla, possono infatti essere lasciate al naturale, soprattutto se la velatura è colorata in pasta.

Pitture decorative a base di calce si usano dall'età della pietra e venivano realizzate con gli ingredienti disponibili in loco, dal latte, alle uova, dal sangue alle terre colorate.

#### *Battuti.*

Sin dall'antichità la necessità di ottenere pavimentazioni stabili e resistenti all'usura ha portato alla sperimentazione del battuto ovvero di un impasto modellabile, livellabile, compattato con pietre o utensili in legno. Il battuto ha lo scopo di eliminare acqua ed aria dall'impasto migliorandone le doti di impermeabilità. I primi battuti erano in terra e sono ancora largamente utilizzati nelle aree rurali di Africa, Sud America ed Asia. La superficie del battuto viene spesso finita con impasti a base di oli, polpe vegetali o escrementi animali che, battuti anch'essi, conferiscono alla pavimentazione impermeabilità e resistenza all'usura.

In occidente, i battuti storicamente più diffusi e tecnicamente più evoluti sono quelli a base di calce, sabbia e pietrame che a seconda della stratificazione,

della composizione e della finitura finale prendono denominazioni diverse, tra cui battuto bianco e rosso, cocchiopesto e terrazzo veneziano.

Il cocchiopesto è una miscola di calce e laterizi frantumati di varia granulometria nata in epoca romana per rivestire le cisterne e diffusamente utilizzato fino alla metà del novecento. E' un composto impermeabile ma con un'alta capacità traspirante grazie alle proprietà igroscopiche di laterizio e calce che conferiscono all'impasto un caratteristico colore bianco e rosso o rosato.

La diffusione del battuto a Venezia nasce invece dalla necessità di realizzare pavimentazioni elastiche con un basso ritiro igrometrico. Le abitazioni ed i palazzi veneziani, costruiti su pali in legno affondati in terreni sabbiosi, erano affetti da cedimenti fisiologici in fondazione con una conseguente flessione delle travi e dei solai sotto le pavimentazioni. L'elasticità del battuto e la stabilità della calce consentivano di realizzare estese pavimentazioni flessibili e senza fessurazioni. Nei palazzi e nelle residenze nobiliari, i battuti veneziani, venivano impreziositi con l'inserimento nell'impasto di tessere in marmo, pietre colorate, vetro o di terre ed ossidi ottenendo pavimentazioni dalle straordinarie qualità estetiche.

Oggi è ancora possibile realizzare battuti in calce o terra per interni rivolgendosi a ditte specializzate. Gli spessori sono più contenuti rispetto ai battuti tradizionali, che arrivavano anche a 45-50 cm, con una riduzione della capacità di assorbire le sollecitazioni statiche e la conseguente facile comparsa di microfessurazioni. Le doti di elasticità, l'inerzia termica, l'igroscopicità e l'impatto estetico unico, grazie anche alla possibilità di colorare l'impasto e di inserirvi inserti minerali e vegetali, ne fanno comunque una pavimentazione ideale per un edificio in legno. I battuti sono inoltre compatibili con i sistemi di climatizzazione radianti sottopavimento.

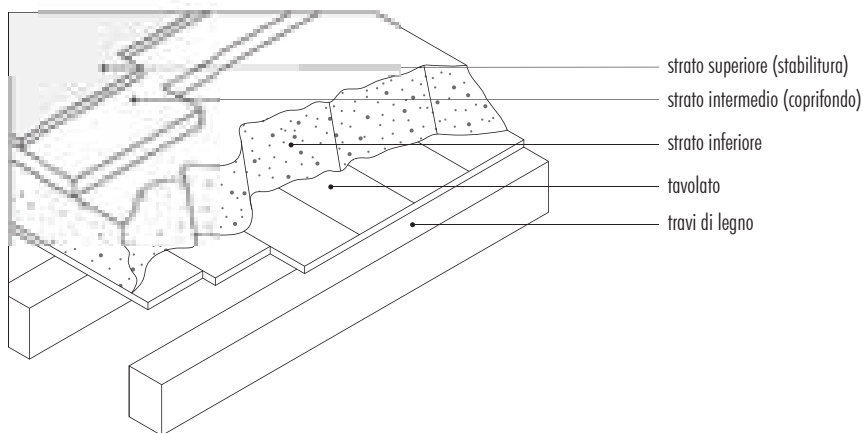


Figura 5.28 \_Stratificazioni di una pavimentazione tradizionale tipo in cocchiopesto.

### **Finiture di origine vegetale.**

Le finiture di origine vegetale sono prodotti costituiti per lo più da tessuti organici provenienti da processi di fotosintesi clorofilliana.

Questi tessuti possono essere di matrice legnosa se provengono da specie arboree o di matrice erbacea se provengono da specie erbacee. Sono prodotti altamente biodegradabili in grado di rientrare velocemente nei processi di degradazione naturale. Questi stessi processi non devono attivarsi durante il ciclo di vita del prodotto per non comprometterne la durabilità; ragion per cui è importante garantire traspirabilità e ventilazione ma, soprattutto, che le finiture vegetali non si trovino in condizioni di umidità permanente aprendo la strada all'aggressione da parte di muffe, funghi o insetti.

### **Rivestimenti in legno.**

Il legno per interni si presenta solitamente nella forma di tavole, pannelli o listellature. Per garantirne l'atossicità è bene preferire il legno massello non trattato. Il legno per interni non necessita di alcun trattamento chimico superficiale che, tra l'altro, potrebbe inibirne le proprietà igroscopiche ed antistatiche. Si ricorda inoltre che il legname trattato chimicamente, alla fine del suo ciclo di vita, diventa un rifiuto speciale con i conseguenti problemi e costi di smaltimento.

L'impiego più comune del legno in interni è nella realizzazione di pavimentazioni, in particolare nella realizzazione di parquet, ovvero liste o listoni di legno massello con giunzioni maschio femmina. I metodi di posa più comuni sono l'incollaggio, la posa flottante e la posa chiodata. Quest'ultimo è il metodo più complicato ma anche l'unico che consente di realizzare una pavimentazione senza l'uso di colle e consiste nel chiodare od avvitare le tavole ad un sottofondo che può essere costituito da dormienti in legno, detti magatelli, da un tavolato in legno o da pannelli in compensato, OSB o gessofibra.

Al di sotto delle tavole è bene collocare un materassino fonoassorbente, in feltro o sughero, per ridurre i rumori prodotti dal calpestio ma anche per tamponare eventuali risalite di umidità dal sottofondo.

Il legno è un tessuto igroscopico che interagisce con l'umidità presente nell'ambiente in cui viene collocato, dilatandosi e contraendosi, fino a raggiungere un equilibrio igrometrico. Prima dell'installazione è necessario misurare i livelli di umidità del sottofondo e dell'ambiente che devono corrispondere ai livelli di umidità indicati dal fornitore del legname. Livelli di umidità eccessivi, in fase di esercizio, potrebbero provocare pericolose dilatazioni con deformazioni e rotture.

Il legname destinato alla posa necessita comunque di acclimatarsi per cui, prima dell'installazione, è buona regola lasciarlo per alcuni giorni all'interno del locale in cui andrà installato.

Un rivestimento in legno, una volta installato, si muoverà, soprattutto nella direzione ortogonale alle fibre. Perimetralmente devono essere predisposti opportuni spazi per consentirne la dilatazione, spazi che saranno poi mascherati dal battiscopa. Il battiscopa non va mai fissato alla pavimentazione, ma alle pareti, così da lasciare che le tavole possano scorrere liberamente al di sotto di esso.

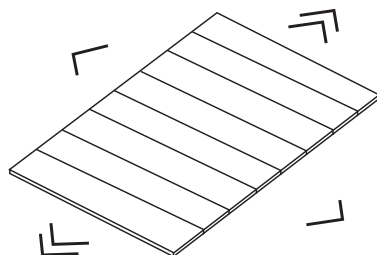


Figura 5.29\_Le tavole in legno interagendo con l'umidità ambientale si dilateranno in maniera più accentuata nella direzione ortogonale alle fibre.

Le pavimentazioni in legno sono compatibili con i sistemi di climatizzazione radianti sottopavimento. Questi potranno essere alloggiati all'interno di un massetto di calce idraulica interposto tra i magatelli o all'interno di un letto di sabbia asciutta, al di sotto dei pannelli di compensato o di gessofibra (metodo Tolin) cui è fissato il parquet.

Dopo la posa, il legname potrà essere trattato con impregnanti a base di oli, cere e pigmenti naturali che ne aumenteranno la resistenza all'usura e conferiranno al legno le qualità cromatiche che si desiderano.

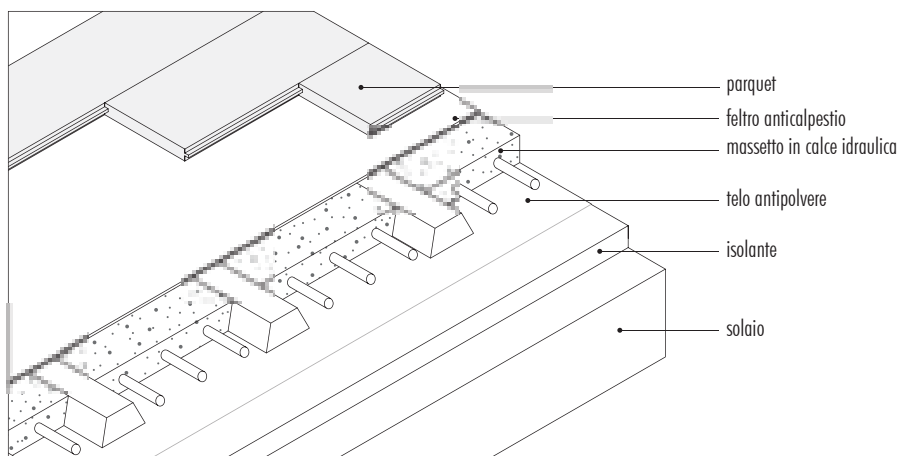


Figura 5.30\_Pavimentazione in legno su massetto radiante in calce idraulica.

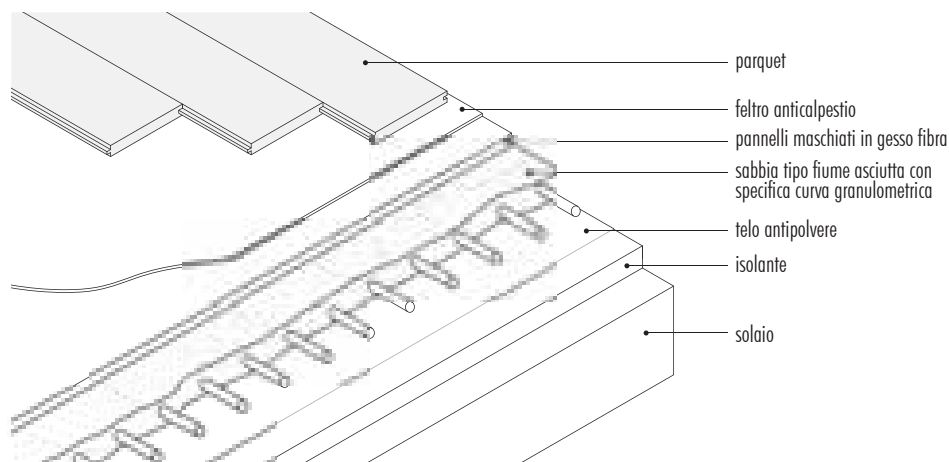


Figura 5.31\_Pavimentazione in legno su massetto radiante a secco, in sabbia.

### *Rivestimenti in bamboo.*

Il bamboo è una specie erbacea diffusa in alcune zone dell'estremo oriente e del centro America. Le specie di bamboo sono più di 1500 ma solo alcune di esse sviluppano un tronco legnoso adatto ad essere lavorato e trasformato per l'uso in edilizia. Come altre specie erbacee, può essere coltivato facilmente e rapidamente, consentendo di integrarne la produzione nel territorio in cui si intende utilizzare. Uno slogan spesso utilizzato per la promozione della coltivazione del bamboo è "coltivare case". Alcune specie di bamboo in soli 5 anni producono infatti canne di sezione adeguata ad un impiego strutturale.

Le canne di bamboo, dette culmi, dopo essere state trattate per preservarle dall'attacco di funghi ed insetti, vengono tagliate in liste verticali, successivamente incollate o legate tra di loro per ottenere tavole, pannelli e stuoie. Le pavimentazioni in tavole di bamboo prevedono sia la posa flottante che incollata e necessitano delle stesse attenzioni alle condizioni di umidità ambientale e di possibilità di dilatazione di una pavimentazione in legno.

I lavorati in bamboo vengono per lo più prodotti all'estero e contengono colle, è quindi importante verificare la disponibilità di tutte le certificazioni di qualità ambientale.

L'importazione della materia prima, i culmi, è invece più complessa, essendo difficile avere garanzie sulla qualità e la natura dei trattamenti cui è stata sottoposta.

### *Stuoie di fibre vegetali.*

Stuoie ottenute dall'intreccio di fibre vegetali molto resistenti alla trazione ed all'usura quali agave, giunco e cocco. Possono essere posate a terra su massetti o tavolati a copertura o in sostituzione della pavimentazione. La stuoia viene solitamente fornita su di un supporto in caucciù o in lattice che ne facilita la posa e ne migliora la stabilità durante il calpestio.



### *Pavimentazioni resilienti in Linoleum.*

Per pavimentazione resiliente si intende una pavimentazione che deve avere particolari doti di resistenza all'usura e all'aggressione di sostanze chimiche e batteri.

Il Linoleum nasce nel 1860 da un brevetto inglese. E' costituito da un impasto di olio di lino ossidato, farina di legno, sughero, carbonato di calcio, resine (quali la colofonia) e pigmenti naturali, spalmato su di un tessuto di iuta. Un insieme di materiali naturali che lo rendono completamente biodegradabile, ipoallergenico e resistente a muffe e batteri. E' una pavimentazione adatta per ambienti in cui è importante la salubrità e l'igiene quali quelli scolastici, ma anche cucine e bagni. Le sue doti di durezza, resistenza all'usura e durabilità lo rendono inoltre adatto ad ambienti soggetti ad intenso calpestio.

Si sporca facilmente, ma è molto resistente alle macchie; data la sua resistenza è comunque facile da pulire. In commercio lo si trova in teli di altezza di 2 mt con lunghezze che variano dai 15 ai 30 ml, in una grande varietà di colori.

Se si sceglie il linoleum per la sua naturalità è necessario leggere con molta attenzione le schede tecniche poiché molti produttori aggiungono una finitura superficiale in PVC per facilitarne la lavabilità.

### *Rivestimenti acustici.*

Il comfort acustico di un ambiente si ottiene proteggendo l'abitante dal rumore prodotto all'esterno e all'interno dell'edificio. Se la sorgente sonora è all'esterno, si interviene attraverso tecniche di isolamento acustico, interponendo all'interno dell'involucro materiali e soluzioni che interrompano la propagazione delle onde sonore.

Se la sorgente si trova all'interno dell'ambiente, si interviene invece attraverso tecniche di assorbimento sonoro, ovvero di insonorizzazione.

L'insonorizzazione di un ambiente, importante ove vi sia necessità di abbassare il livello di rumorosità interna o di migliorarne la qualità acustica, si ottiene attraverso l'applicazione di rivestimenti acustici a parete e a soffitto.

I rivestimenti acustici agiscono attraverso il fenomeno della fonoassorbenza caratteristico dei materiali porosi e dei materiali a risonanza.

I materiali assorbenti porosi sono materiali leggeri a pori aperti, come il sughero o la lana di legno, semplice o preintonacata. E' la tecnica di rivestimento più semplice e può essere adottata anche per superfici già finite, siano esse parete o soffitti, attraverso colla o tasselli; agisce principalmente sui toni alti.

I rivestimenti fonoassorbenti a risonanza sono pannelli, separati dal supporto, costituiti da materiali a pori chiusi, come il gessofibra o il legno, che vibrano e smorzano l'energia sonora trasformandola in energia cinetica. Agiscono sui toni bassi e possono presentarsi anche nella forma di listellature di legno o di incannucciati.

L'assorbimento dei toni medi avviene invece combinando fonoassorbenza e risonanza, collocando un pannello esterno a risonanza ed un materiale interno poroso. A questo proposito, una soluzione interessante sono i pannelli in abete massello, opportunamente fresati, con materassini interni in fibre di canapa e fibre di legno che fungono anche da isolante termico.

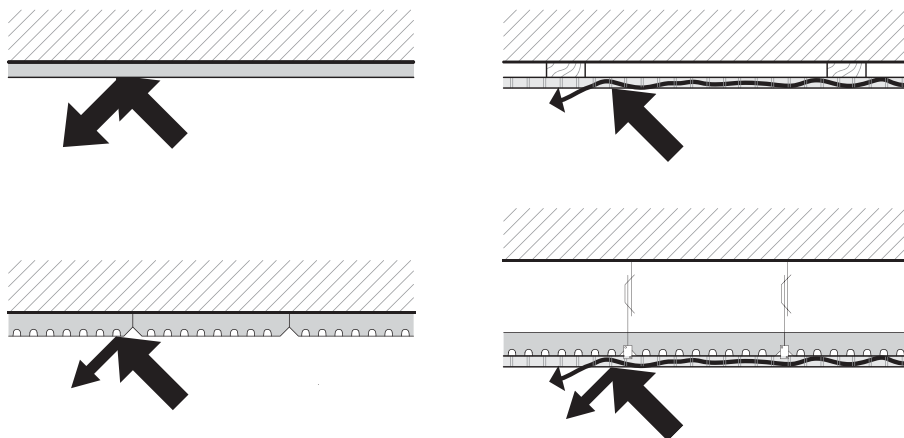


Figura 5.32 \_Comportamenti all'onda sonora di diversi tipi di rivestimento. Dall'alto in basso, da sinistra a destra: nessun rivestimento acustico; rivestimento fonoassorbente con materiale poroso; rivestimento fonoassorbente con materiale a risonanza; combinazione dei due tipi di rivestimento.

I rivestimenti a pannelli, essendo separati dalle superfici cui sono fissati, posseggono notevoli potenzialità espressive consentendo di modellare lo spazio interno non solo acusticamente ma anche architettonicamente. I soffitti in legno di Alvar Aalto per la Viipuri Library a Vyborg in Finlandia ne sono uno straordinario esempio.

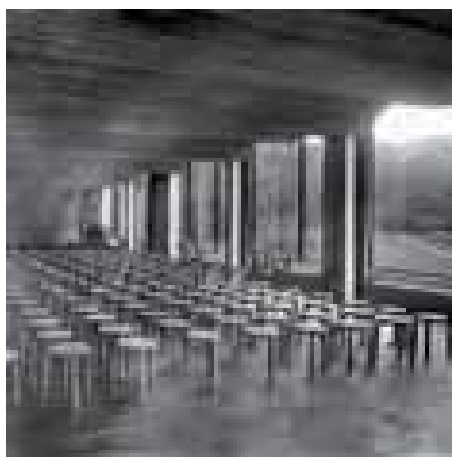


Figura 5.33 \_Esempio di pacchetto fonoassorbente con materiali porosi (fibra di legno) e materiali a risonanza (pannelli in abete fresato). Il controsoffitto della libreria di Viipuri di Alvar Aalto.

E' importante ricordare che il legno possiede per sua natura alcune specificità acustiche. La velocità di trasmissione del suono attraverso di esso è molto bassa, caratteristica che ne fa un buon isolante acustico. Questa caratteristica varia con l'essenza, poiché dipende dalla struttura anatomica ed in particolare dall'orientamento delle fibre. La superficie levigata del legno ha inoltre un comportamento particolare nei confronti del suono. Essa riceve infatti il suono

restituendolo con caratteristiche qualitative superiori, combinando effetti fisici differenti, tra cui la risonanza.

### **Trattamenti e manutenzione.**

#### *Trattamenti.*

Le finiture interne, siano esse di origine minerale o vegetale, possono essere trattate con impregnanti a base di oli vegetali, saponi, cera d'api, allo scopo di aumentarne la resistenza all'usura, rallentarne il deterioramento superficiale e l'alterazione cromatica, migliorarne la lavabilità, la resistenza alle macchie, l'impermeabilità e l'idrorepellenza. La naturalità di questi ingredienti preserva le caratteristiche di traspirabilità delle finiture trattate e garantisce l'assenza di sostanze chimiche potenzialmente dannose per l'organismo umano.

I trattamenti vanno solitamente ripetuti con cadenza annuale o pluriennale a seconda del supporto trattato e dell'esposizione all'usura. Un'esposizione prolungata all'irraggiamento solare può innescare processi di fotodegradazione con un'alterazione della coloritura della finitura o con un decadimento del trattamento applicato.

#### *Manutenzione.*

Le finiture trattate, siano esse di origine minerale o vegetale, per loro natura interagiscono con il microclima interno, con le variazioni di temperatura, di umidità e di luminosità. Registrano il passare del tempo, delle stagioni, si modellano ed assecondano le specificità dell'ambiente con cui interagiscono. Nella capacità di "invecchiare" senza compromettere le proprie prestazioni, risiede la specificità di queste finiture, il loro potenziale anche estetico. Una corretta manutenzione, che consisterà per lo più nella periodica applicazione dei trattamenti o nella riparazione di piccole lesioni, ne garantirà una durabilità pari a quella dell'edificio.

L'apprendimento dei metodi di lavorazione e posa delle finiture consente all'occupante una facile automanutenzione della propria abitazione, ispirato dal significato etimologico del termine (*manus tenere*).

## 5.6 • RIVESTIMENTI ESTERNI: MATERIALI E SOLUZIONI APPLICABILI

Tema di questo capitolo sono quei materiali e dispositivi che, applicati sulle pareti esterne dell'edificio, hanno la funzione di mediare tra questo e l'ambiente circostante. Sul mercato è disponibile una molteplicità di soluzioni a bassa ed alta tecnologia, dalla plastica al titanio, dagli schermi LED alle ceramiche più sofisticate, dal bamboo ai tessuti vegetali. Per garantire una continuità tematica, ma anche etica, con l'argomento di questo testo, si prenderanno in considerazione solo quelle soluzioni che esaltino le potenzialità funzionali ed espressive del legno e dei prodotti derivati dalle biomasse più in generale.

Sulla base delle diverse caratteristiche tecniche e delle funzioni svolte, le soluzioni di facciata trattate saranno suddivise in due macro categorie: schermi e rivestimenti. I rivestimenti comprendono gli elementi, indispensabili, di chiusura del pacchetto parete, l'ultimo strato, la superficie di mediazione nei confronti degli agenti atmosferici, dell'irraggiamento solare ma anche dell'ecosistema circostante.

Gli schermi comprendono, invece, quei dispositivi che filtrano e controllano l'incidenza della radiazione luminosa, creano e regolano un microclima superficiale o semplicemente mediano visivamente tra la facciata ed un osservatore esterno. Il ruolo degli schermi è principalmente il controllo dell'introspezione o la creazione di una trama, di un filtro visivo sulla facciata, sulla scorta della tradizione mediterranea della persiana.

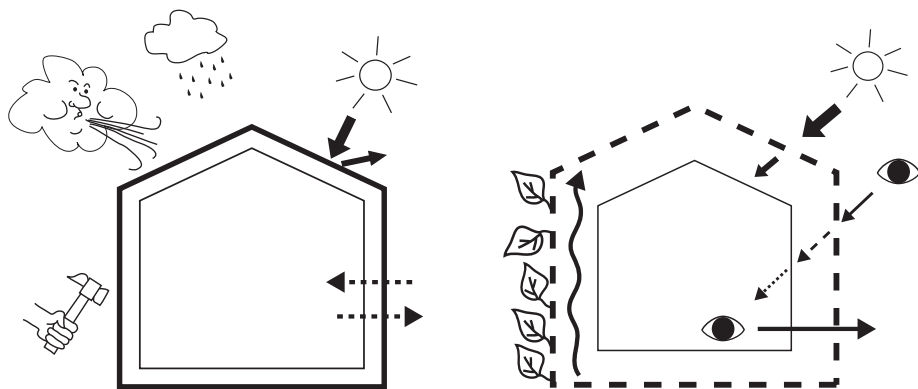


Figura 5.34 \_Le diverse funzioni svolte da un rivestimento (a sinistra) ed uno schermo (a destra).

### Schermi

Uno schermo può essere realizzato con listelli e tavole, alette fisse od orientabili, graticci, ma anche intrecci di rami o di canne di bamboo. Può essere collocato su di una struttura indipendente, autoportante, oppure essere ancorato direttamente all'edificio. Gli ancoraggi alle pareti esterne meritano accuratezza nel disegno e nella realizzazione poiché non ne devono compromettere l'integrità e l'impermeabilità all'acqua. Si ricorda infatti che gli ancoraggi ricevono oltre al carico dovuto al peso proprio del dispositivo, il carico dovuto all'azione del vento.

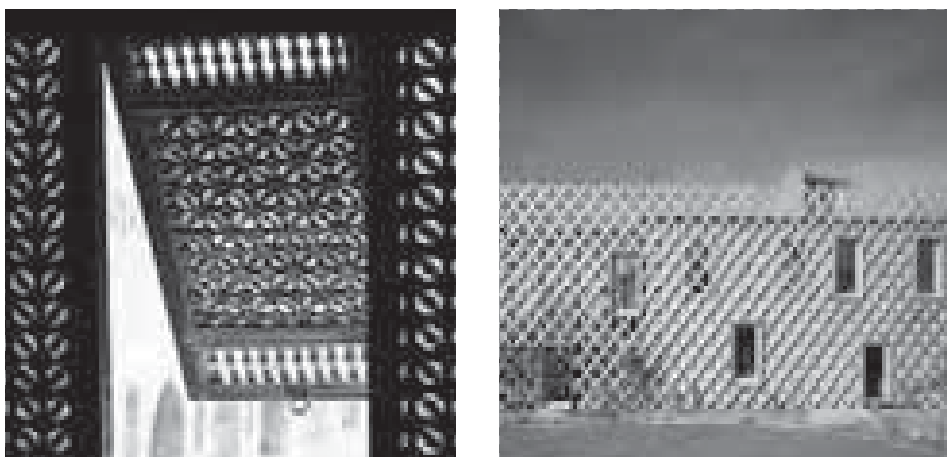


Figura 5.35\_Esempi di schermature in legno; tradizione e contemporaneità.

### *Schermi verdi.*

Quando l'azione di schermatura è operata dalle foglie e dal corpo di un organismo vegetale, si parlerà di schermi o di pareti verdi.

Una parete verde ha una valenza estetica, funge da barriera nei confronti del vento, da filtro nei confronti della radiazione solare ma, soprattutto, contiene un alto potenziale ecologico.

L'integrazione di un sistema vivo in un edificio consente infatti di disporre di alcuni dei servizi caratteristici degli ecosistemi, i cosiddetti servizi ecologici. I servizi ecologici vanno dal controllo micro climatico, alla regimentazione delle acque, dall'abbattimento delle polveri all'ombreggiamento, dall'abbattimento del carico solare alla produzione di biomassa e di nutrimento. Ragionare in termini di servizi è fondamentale perchè consente di misurare e di quantificare i benefici che ci offre un sistema vivo, evitando derive bucoliche.

Una parete verde è un efficace supporto alla biodiversità, una funzione importante quando l'edificio dovesse inserirsi in un contesto dall'alta valenza naturalistica o all'interno di una rete ecologica.

I diversi sistemi verdi disponibili si differenziano innanzitutto per la collocazione del suolo fertile, del substrato di supporto alla crescita delle piante. Il substrato può trovarsi alla base dell'edificio ed ospitare piante rampicanti, sul tetto dell'edificio ed ospitare piante cascanti; il substrato può essere infine integrato alla parete e contenuto, sotto forma di materassini, in speciali pannelli preinverditi.

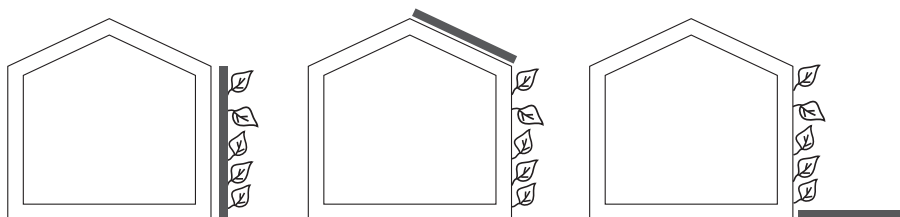


Figura 5.35\_Collocazione del suolo rispetto alla parete verde: in facciata, in copertura, a terra.

Il modo più semplice, economico e duraturo per realizzare una parete verde è quello di mettere a dimora piante rampicanti nel suolo intorno all'edificio e di creare strutture di supporto autoportanti, o ancorate alle pareti, che saranno presto colonizzate dalle piante.

Le strutture di supporto possono essere grate, griglie o cavi tesi. Nel caso di cavi tesi si consiglia di non fissare gli ancoraggi direttamente alle pareti in quanto le tensioni indotte dalle ramificazioni delle piante sui cavi potrebbero strappare gli ancoraggi o creare fessurazioni.

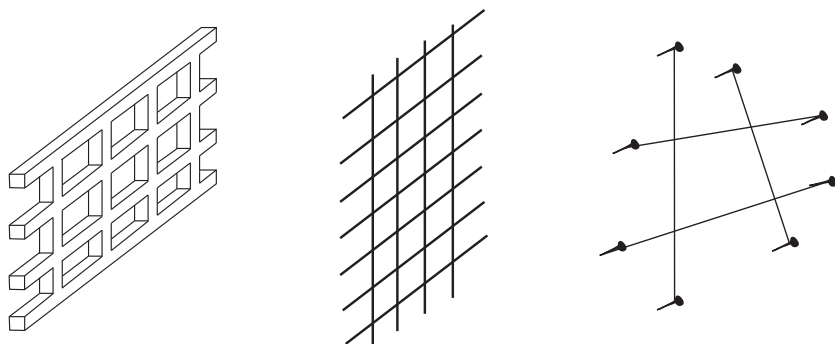


Figura 5.36\_Tipologie più comuni di ancoraggio del verde alla parete: graticcio, rete, cavi tesi.

E' molto importante la selezione delle specie vegetali con cui realizzare la parete verde. Queste vanno scelte in base al contesto climatico in cui si vanno a collocare per garantirne la sopravvivenza e la piena efficacia, ma soprattutto vanno scelte in base alla funzione che devono svolgere. La capacità di schermare è influenzata dalla copertura e dalla geometria foliare propria di ogni singola specie; una specie caducifolia ci consentirà di ombreggiare una parete in estate e di lasciarla esposta al sole in inverno.

Da non sottovalutare la capacità di uno schermo verde di rallentare il raffreddamento superficiale della parete sottostante e di smorzare l'azione della pioggia battente e del vento.

L'integrazione di sistemi viventi con un edificio in legno merita alcune attenzioni particolari. E' necessario evitare che questi attivino o facilitino processi di degradazione o decomposizione delle parti lignee favorendo infiltrazioni d'acqua o l'accesso ad insetti. E' importante a tal proposito distaccare gli schermi verdi dall'edificio, lasciando una intercapedine d'aria che eviti il formarsi di concentrazioni di umidità sulla superficie esterna delle pareti. Le specie vanno inoltre selezionate con cura, differenziandole in base all'esposizione cosicché le pareti sottostanti possano sempre asciugarsi.

### Rivestimenti in legno massello

I rivestimenti esterni in legno, sono ormai parte integrante del "linguaggio"

dell'architettura contemporanea a tutte le latitudini; essi provengono da una tradizione secolare che in forme diverse ritroviamo in tutti e cinque i continenti. In Europa è una tradizione ancora viva nei paesi del Nord e nelle regioni montane come le nostre Alpi.



Figura 5.37\_Esempi contemporanei di rivestimenti in legno.

Nella storia, la scelta di utilizzare rivestimenti in legno, ove non fosse l'unica risorsa disponibile per le costruzioni, è legata principalmente alla necessità di proteggere l'edificio da ambienti esterni aggressivi e dalla necessità di ventilare gli ambienti interni. Gli ambienti marini, ad esempio, uno dei contesti più aggressivi a causa dell'azione erosiva e corrosiva di vento e salsedine, sono caratterizzati da un vasto uso di rivestimenti in legno, mutuati dall'esperienza e dalle tecniche maturate per la realizzazione delle imbarcazioni. Ancor oggi è facile associare le coste del Mare del Nord e del Mar Baltico a colorati edifici in legno.

La necessità di ventilare ci riporta invece agli ambienti rurali, a stalle, granai e fienili destinati a contenere merci per la cui conservazione o asciugatura è fondamentale un continuo ricambio d'aria per evitare pericolose concentrazioni di vapore acqueo ed umidità. Sulle Alpi troviamo stalle e masi con rivestimenti in legno integri che hanno più di cento anni.



Figura 5.38\_Esempi di rivestimenti in legno nella tradizione. Facciate di abitazioni in legno e torba in Islanda; un fienile sulle Alpi Carniche.

Protezione dagli agenti atmosferici e ventilazione sono le due principali funzioni cui si associa ancora oggi l'impiego dei rivestimenti in legno.

I rivestimenti si presentano generalmente nella forma di tavole orizzontali, diagonali e verticali, o da scandole.

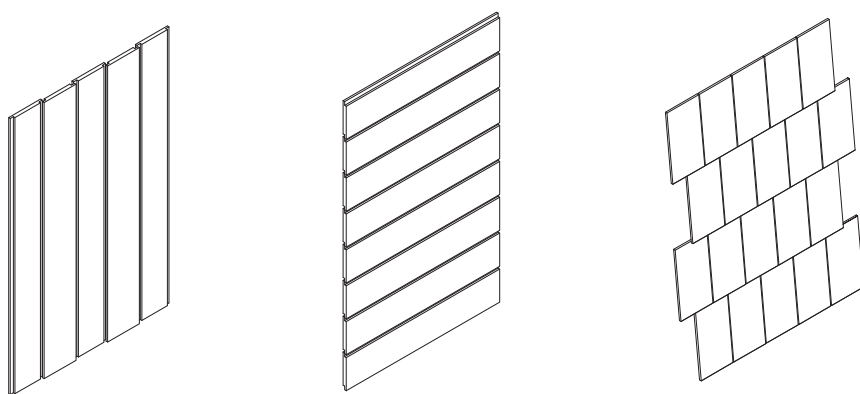


Figura 5.39\_Alcune tipologie di rivestimenti in legno. A tavole verticali, a tavole orizzontali, a scandole.

#### *Scandole, shingles and shakes.*

Le scandole sono “schegge”, assicelle di legno, ricavate tagliando (shingles) o spaccando (shakes) tronchetti di legno non stagionato, posate in strati sovrapposti ed utilizzate principalmente per la copertura dei tetti. Le scandole ottenute manualmente, a spacco, sono più resistenti in quanto le fibre superficiali si presentano intere e oppongono maggiore resistenza all'assorbimento dell'acqua. Le scandole prodotte industrialmente, a taglio sega, hanno un aspetto meno



rustico ma comportano il taglio longitudinale delle fibre superficiali rendendole vulnerabili all'assorbimento di acqua.

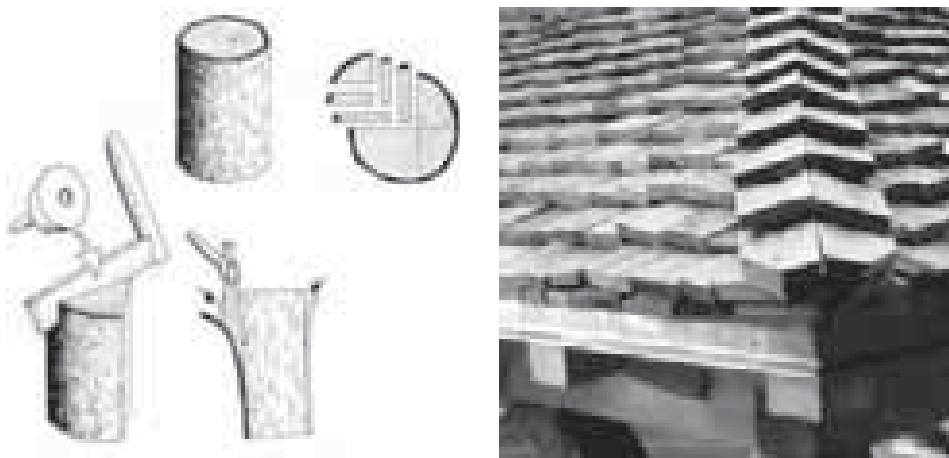


Figura 5.40 \_Realizzazione di scandole a spacco; una copertura con scandole in castagno.

L'utilizzo delle scandole è, attualmente, quasi scomparso dal territorio nazionale fatte salve alcune regioni dell'arco alpino in cui il loro impiego è legato soprattutto alla volontà di contestualizzare alcuni edifici con l'ambiente montano. Sulle Alpi l'essenza più utilizzata per la realizzazione delle scandole è il larice affiancata dal pino e dall'abete; in altre regioni troviamo il castagno, nei trattati storici il rovere o il faggio. In America del Nord l'essenza più comune è il "Western Red Cedar", impiegata diffusamente per tutte le tipologie di rivestimento esterno e largamente importata anche in Europa.

Le specie legnose citate sono tutte, ad eccezione di pino ed abete, specie legnose durabili le cui caratteristiche di resistenza consentono di utilizzare le scandole al naturale senza impregnati e trattamenti chimici.

La dimensione di una scandola si aggira tra un minimo di 150 mm x 450 mm x 10 mm ed un massimo di 250 mm x 600 mm x 25 mm.

Il punto debole delle scandole sono le superfici in cui le fibre sono più esposte, ovvero i fianchi e, soprattutto, le teste che offrono all'esterno le fibre segate trasversalmente. Nella realizzazione di un rivestimento si dovrà fare molta attenzione a proteggerne le superfici laterali e la parte sommitale con lattoneria adeguata, possibilmente in rame poiché il solfato di rame prodotto dalla pioggia, agisce localmente come biocida. Altrettanto importante è la circolazione dell'aria e la possibilità, attraverso un giunto di almeno 5 mm tra un elemento e l'altro, che le singole scandole possano "muoversi" reciprocamente.

Al di sotto del rivestimento in scandole va comunque installato un telo traspirante che impedisca ad eventuali infiltrazioni di acqua di procedere attraverso la parete o la copertura.

La pendenza minima delle coperture deve essere del 30% per evitare qualsiasi ristagno d'acqua.

La durata media di un rivestimento in scandole va dai 50 anni del rovere ai 10-20

anni dell'abete. Per una corretta manutenzione è necessario che le scandole siano facilmente accessibili consentendo l'eventuale sostituzione di elementi deteriorati. Eventuali funghi o muffe superficiali possono essere rimosse con una spazzola.

### *Tavole in legno massello.*

Il rivestimento in tavole di legno massello è il rivestimento ligneo che con più successo è stato traghettato dalla tradizione nel linguaggio dell'edilizia contemporanea, grazie anche a importanti processi di industrializzazione.

Nella tradizione, le tavole, segate dopo un adeguato periodo di stagionatura, erano posate in opera orizzontalmente sovrapponendole l'una sull'altra. I trattamenti, quando presenti, consistevano nell'impregnazione con oli e resine naturali o nella bruciatura della superficie esterna.

La meccanizzazione dei processi di trasformazione e lavorazione ha prodotto tavole con profili sagomati che ne consentono la posa complanare con giunti del tipo maschio femmina. La sagomatura della tavola consente di migliorare le prestazioni del rivestimento ed allo stesso tempo, di gestirne il disegno, la composizione.

I paesi occidentali che hanno oggi la normativa e la legislazione tecnica più completa nell'ambito dei rivestimenti in tavole sono il Canada ed i paesi Scandinavi; a queste normative si farà riferimento per le indicazioni che si forniranno di seguito. Attualmente l'essenza più utilizzata per i rivestimenti in legno è il Western Red Cedar, conifera proveniente principalmente dalle foreste della British Columbia (Canada). Alcune ricerche (Greenpeace) hanno evidenziato che gran parte di questo legname proviene da foreste non certificate (gestione non sostenibile).

Tra le specie legnose quelle che hanno caratteristiche di durabilità più simili al Red Cedar sono il Larice (europeo e siberiano), la Robinia e la Quercia. La Quercia ha costi troppo alti, a meno che non sia messa in opera non stagionata. In questo caso in fase di realizzazione si dovranno avere alcune accortezze per consentirne l'assestamento. La Robinia è un'essenza molto interessante per le sue caratteristiche di resistenza all'esterno e di difficile aggredibilità da parte dei funghi. E' poco utilizzata perché di non semplice lavorabilità; di contro è di facile coltivabilità e reperibilità tant'è che in alcuni paesi è considerata infestante.

A causa della difficile tracciabilità del Larice Siberiano, l'alternativa più realistica ai legni americani, in Europa, attualmente, è il Larice Europeo.

La durabilità naturale e la possibilità di impregnazione è definita dalla EN 350-2: "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida alla durabilità naturale e trattabilità di specie legnose scelte di importazione in Europa". Per maggiori informazioni a riguardo si rimanda alla pubblicazione "Durabilità e manutenzione delle strutture di legno" edita da Conlegno nel 2011.

La promozione dell'impiego del legno all'esterno, ove non vi sia una tradizione consolidata, è frenata da dubbi e resistenze legate alla vulnerabilità al fuoco, alla manutenzione ed a presunti costi elevati.

E' importante evidenziare alcune criticità che rendono invece quella del legno una scelta appetibile.

1. **Sostenibilità:** la natura del materiale; la possibilità di non trattarlo e di renderlo quindi esente da sostanze potenzialmente dannose per l'uomo e l'ambiente, cosicché, al termine del ciclo di vita, possa essere biodegradato e non smaltito come rifiuto speciale; la sua affinità con altri materiali naturali impiegati; la traspirabilità intrinseca; la possibilità di approvvigionamento locale.
2. **Costi:** i maggiori costi possono essere compensati con il risparmio di intonaco e mattoni a vista, con l'alleggerimento dell'edificio ed il conseguente ridimensionamento delle fondazioni. Un rivestimento in legno è inoltre un efficace supporto per i sistemi di isolamento a cappotto e consente, in quanto sistema a secco, processi di preparazione e preassemblaggio fuori opera con una conseguente riduzione dei tempi di posa.
3. **Immagine:** il legno non deve essere più associato ad edifici a basso costo e si deve restituire valore alla sua nudità alla stregua di materiali come il cotto, il rame e la pietra.
4. **Autocostruzione:** i rivestimenti in legno si prestano ad interventi di autocostruzione per la flessibilità, la semplicità di montaggio e l'accessibilità al materiale ed agli strumenti di posa.

### **Durabilità e manutenzione**

La durabilità di una facciata in legno oltre alla durabilità intrinseca dell'essenza impiegata è legata ad una corretta progettazione, costruzione e manutenzione della stessa.

#### *Accorgimenti costruttivi.*

Nella realizzazione di un rivestimento esterno in legno si deve avere grande cura nella gestione dell'acqua e dell'umidità. L'umidità che proviene dall'interno dell'edificio deve poter uscire all'esterno ed essere smaltita nell'ambiente. L'acqua proveniente dall'esterno non deve penetrare il rivestimento ligneo e se questo dovesse accadere deve poter essere smaltita il più velocemente possibile. Si devono evitare accumuli di acqua o umidità negli strati interni della parete, negli elementi di cui è costituita e tra il rivestimento e l'edificio.

Si consiglia di non installare il rivestimento a contatto diretto con la parete sottostante. Un sistema efficace è quello di applicare il tavolato su di una listellatura verticale con un passo tra i listelli tra 40 e 60 cm per consentire la ventilazione. Tra la listellatura e la parete si posizionerà una guaina traspirante, permeabile al vapore acqueo, che consentirà lo smaltimento del vapore acqueo proveniente dall'interno dell'edificio ed allo stesso tempo impedirà che l'aria che circola all'interno dell'intercapedine raffreddi la superficie della parete.

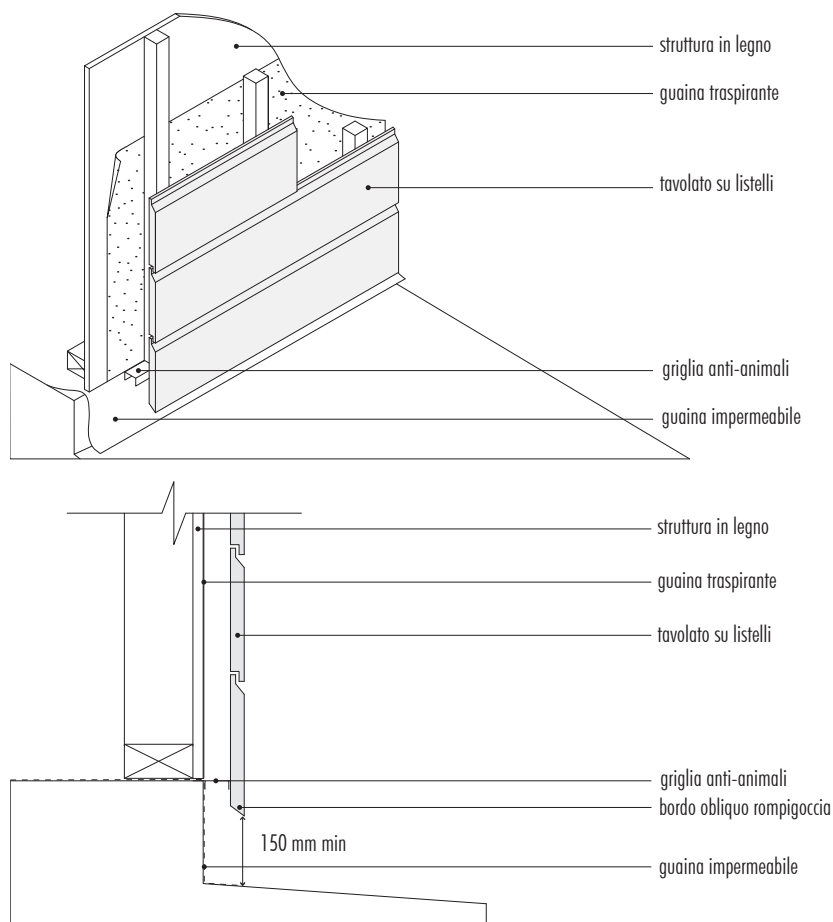


Figura 5.41\_Ricostruzione assonometrica e sezione di una parete tipo in legno. In evidenza l'intercapedine ventilata e le attenzioni da prestare alla base del rivestimento.

L'intercapedine servirà anche a smaltire l'acqua che dovesse penetrare dall'esterno a causa di piogge intense e prolungate. A questo proposito sono fondamentali alcuni accorgimenti costruttivi e l'impiego di lattonerie opportunamente sagomate. La parte sommitale del rivestimento sarà protetto dalla pioggia con l'aggetto del tetto o comunque con una scossalina distaccata dall'ultima tavola per consentire la circolazione dell'aria e sagomata con un'aletta rompigoccia. Le teste delle tavole saranno anch'esse protette da scossaline per evitare che l'acqua penetri attraverso le fibre tagliate trasversalmente. Se il rivestimento ha un'altezza importante è bene provvedere ad installare scossaline intermedie che intercettino e smaltiscano l'acqua raccolta dalla parete.

La parte inferiore del rivestimento dovrà essere distaccata dal terreno almeno 15 - 20 cm e l'ultima tavola dovrebbe essere sagomata in maniera che lo spigolo inferiore agisca da rompigoccia.

Tutte le aperture perimetrali al rivestimento dovrebbero essere protette con reti per

impedire l'ingresso ad animali ed insetti.

La membrana traspirante è l'elemento fragile del sistema. Si farà quindi attenzione che non possa essere danneggiata dall'esterno e che non sia esposta direttamente al sole sottoponendola a processi di foto-degradazione.

Le tavole saranno sagomate realizzando giunti di sovrapposizione che impediscano l'ingresso dell'acqua. I giunti tra le tavole possono essere chiusi o aperti. Alcuni paesi come la Norvegia non prevedono la possibilità di giunti aperti poiché attraverso questi si potrebbe danneggiare la sottostante membrana. In altri paesi come la Scozia i giunti aperti sono accettati a patto di proteggere adeguatamente la membrana sottostante. La presenza di giunti aperti permette dilatazioni delle tavole anche importanti, consentendo l'installazione di tavole di maggior larghezza ma soprattutto l'impiego di legname non stagionato e quindi più economico e di più facile reperibilità locale.

E' fondamentale infine evitare superfici lignee orizzontali su cui l'acqua possa stagnare.

### **Trattamenti**

Gli elementi in legno collocati in esterno vanno incontro a processi naturali di decadimento a causa dell'azione degli agenti atmosferici e dei raggi UV (fotodegradazione). La scelta di un'essenza resistente, una corretta stagionatura, gli accorgimenti costruttivi sopra descritti ed una corretta manutenzione, impediranno che il decadimento comprometta l'integrità e l'efficacia del rivestimento producendo solo un cambiamento del colore e della trama superficiale.

L'impiego di specie legnose naturalmente durabili, la rimozione dell'alburno e l'evitare che si creino le condizioni che favoriscono la proliferazione di muffe e funghi e l'aggressione da parte degli insetti, possono ridurre drasticamente il rischio di attacchi biologici.

Il legno non trattato invecchierà naturalmente assumendo una tipica colorazione grigio-argento. Le facciate di edifici storici e dei masi alpini testimoniano che il legno non trattato può resistere decenni all'esterno senza degradarsi.

Il naturale invecchiamento superficiale del rivestimento può essere rallentato od arrestato applicandovi impregnanti e vernici a base di resine naturali ed oli essenziali, preservando la traspirabilità del legno.

Una vernice opaca, permeabile al vapore, ha una durata quasi doppia rispetto ad un rivestimento trasparente. E' bene evitare colori troppo chiari che consentono la penetrazione dei raggi UV e colori scuri che portano effetti di surriscaldamento superficiale. L'impiego di trattamenti o rivestimenti chimici va valutato in base al rischio cui espone l'eventuale decadimento della componente lignea da trattare, ovvero alla possibilità che costituisca pericolo per l'incolumità di persone.

Si ricorda che un trattamento chimico priverà il legname delle sue naturali doti di traspirabilità e che, al termine del suo ciclo di vita, dovrà essere smaltito come rifiuto speciale.

Tutti i trattamenti che verranno dati superficialmente saranno soggetti a dilavamento e a foto degradazione ad opera dei raggi UV perdendo in breve tempo qualsiasi efficacia. Qualunque trattamento importante dovrebbe quindi essere effettuato prima della posa in opera così da garantire che anche tutte le superfici a contatto

con altri elementi o materiali siano protette.

Qualunque vernice coprente non traspirante, a causa dell'azione essiccante del sole e della pressione sottostante del vapore acqueo, andrà incontro a distacco.

Le teste delle tavole in cui la fibra tagliata trasversalmente è esposta devono essere protette dall'assorbimento di acqua.

Le superfici scabre, a taglio sega, assorbono più impregnante e lo trattengono più a lungo allungando i cicli di manutenzione.

E' bene evitare profili con spigoli vivi; in questi punti il rivestimento sarà più sottile ed avrà una durabilità minore.

Sulle facciate più esposte o più difficilmente accessibili, è preferibile evitare di trattare il legname, privilegiando la scelta di specie legnose maggiormente durabili. Se il rivestimento necessita di essere trattato periodicamente, è bene lasciare un giunto di almeno 10 mm verso altri materiali in maniera da poter ricoprire agevolmente tutte le giunzioni.

Le viti esterne a vista sono un elemento di debolezza poiché la testa della vite rompe le fibre esterne delle tavole creando un punto di possibile marcescenza. Se le viti o le chiodature sono applicate nelle giunzioni, è bene assicurarsi che siano inaccessibili all'acqua altrimenti porteranno acqua all'interno della tavola.

#### *Shou-sugi-ban o yaki-sugi.*

Una tecnica tradizionale giapponese che prevede la bruciatura superficiale delle tavole (con un bruciatore), la rimozione della parte carbonizzata con una spazzola, il lavaggio, l'essiccazione ed infine il trattamento con un turapori naturale a base di olio. Il Sugi è il Cedro Giapponese, una specie di cipresso. In occidente questo trattamento è stato applicato con successo sul Red Cedar. Il risultato è un rivestimento con un colore cangiante tra il nero, l'argento ed il marrone scuro, con una particolare resistenza all'acqua, al decadimento ed al fuoco.



Figura 5.42 Shou-sugi-ban, tecnica tradizionale giapponese di trattamento del rivestimento in legno tramite bruciatura superficiale delle tavole.

### *Falu rödfärg.*

Il rosso Falun è una vernice per esterni tradizionale svedese in uso dal sedicesimo secolo. La colorazione varia dal rosso mattone al nero ed è composta di acqua, farina di segale, olio di lino ed i residui delle miniere di rame di Falun (cittadina a nord di Stoccolma) che contengono silicati, ossido di ferro, composti di rame e zinco (componenti oggi considerati tossici in molti paesi). In esterno ha una permanenza di 15 – 20 anni. Provenendo dalle regioni del Nord Europa è da verificare il decadimento in presenza di forte soleggiamento.

### *Trattamento termico del legno.*

La stabilità del legname e la sua resistenza agli attacchi biologici possono essere aumentati sottoponendolo a trattamenti termici. Il legno viene esposto ad alte temperature (200 – 260 gradi) per circa 24 h, il risultato è una colorazione più scura, un aumento della stabilità dimensionale, un accrescimento della resistenza contro gli attacchi fungini. L'unica controindicazione sembra essere una riduzione delle proprietà meccaniche. Negli ultimi anni questo trattamento è utilizzato soprattutto per ottenere su legname europeo colorazioni molto scure, sia in interno che in esterno, tipiche di alcune specie legnose tropicali. Un esempio è la facciata del padiglione Finlandia all'expo di Hannover.

### *Vaporizzazione.*

Il legname viene trattato, in apposite camere, con vapore a 100° per circa 20 ore. Il risultato è fondamentalmente una variazione, invecchiamento, del colore dell'essenza.

## 5.7 • VOCI DI CAPITOLATO PER LA PROGETTAZIONE DI EDIFICI IN LEGNO

Si propone, di seguito, un elenco di voci di capitolato strutturato secondo i temi trattati nel libro. L'obiettivo è quello di fornire al tecnico alcune indicazioni operative minime per valutare e gestire la complessità di un cantiere con sistemi costruttivi e finiture in legno.

### NOTA GENERALE

Le indicazioni di seguito riportate sulle voci di capitolato, pur corredate da riferimenti normativi e tecnici aggiornati allo stato dell'arte al momento della loro stesura, sono puramente informative e riflettono esclusivamente il punto di vista degli Autori e non possono essere ritenute in alcun modo vincolanti dal punto di vista tecnico o legale.

### Opere strutturali in legno

#### Qualità dei materiali.

Tutti i materiali e prodotti a base di legno per uso strutturale, devono essere classificati secondo la resistenza e identificati secondo le procedure applicabili descritte nel **Capitolo 11.1** e nel **Capitolo 11.7** delle NTC 2008 e forniti da fornitori qualificati dal Servizio Tecnico Centrale o come "Produttore", ossia stabilimento di prima lavorazione di elementi base di legno strutturale non ancora lavorati a formare elementi strutturali pronti per la messa in opera o come "Centro di lavorazione" se trasforma i prodotti (anche già marcati CE) in elementi strutturali mediante lavorazioni (tagli, intagli, forature, applicazione di ferramenta, etc.).

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di verificare la veridicità della documentazione accompagnatoria degli elementi strutturali componenti il lotto, ed in particolare e per ogni assortimento, deve essere presa visione dei seguenti documenti:

- Certificato di marcatura CE rilasciato da Ente notificato preposto al Controllo di Produzione in Fabbrica relativamente la Norma Armonizzata di Prodotto interessata oppure a specifico sistema autorizzativo rilasciato tramite procedura ETAG/CUAP (Benestare Tecnico Europeo);
- Dichiarazione di conformità rilasciata dal produttore o centro di lavorazione;

in alternativa, per quei prodotti non coperti da normativa comunitaria e per i prodotti che si possono ancora collocare all'interno del periodo di coesistenza, lo stesso Direttore Lavori deve accertarsi del regime di validità dell'attestato di qualificazione ministeriale come produttore o della denuncia di attività come centro di lavorazione.

Qualora il Direttore Lavori ritenga che vi sia una mancata rispondenza tra il materiale in ingresso in cantiere e la documentazione accompagnatoria del prodotto in esame è tenuto a rifiutare il lotto dandone opportuna motivazione. deve controllare che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche



tecniche del produttore.

I limiti di emissione di formaldeide libera per gli incollaggi sono stabiliti dalle rispettive norme di prodotto per i prodotti strutturali a base di legno (EN 14080 per il legno lamellare, EN 13986 per i pannelli a base di legno).

Per gli elementi metallici utilizzati nei collegamenti della struttura realizzati su disegno (ferramenta speciale), dovranno essere usati acciai conformi alla normativa per le costruzioni metalliche sia per quanto riguarda i materiali che le saldature (DM.14/01/2008 o Eurocodice 3 EN 1993-1), così come per i bulloni e le barre filettate. Gli elementi di ferramenta, devono essere conformi a specifica norma armonizzata qualora esistente, ( ad esempio i connettori speciali (anelli e piastre dentate) devono essere conformi alla UNI EN 912 o alle indicazioni contenute nell'apposito un Benestare Tecnico Europeo.

*Voce tipo legno massiccio.*

L'indicazione della classe di resistenza è già sufficiente per identificare il tipo di legno sotto il profilo della resistenza, tuttavia è opportuno indicare anche la specie legnosa ed eventualmente altre caratteristiche tecnologiche specifiche della specie legnosa utilizzata (ad esempio limiti massimi di deviazione di fibratura, anche più stringenti rispetto ai requisiti di classificazione, per specie legnose possibilmente affette da tale difetto come il larice).

L'indicazione del trattamento è facoltativa e deve essere valutata in fase di progetto in funzione della classe di rischio e della specie legnosa.

E' necessario specificare il tipo di lavorazione superficiale, piallatura o a grezzo; nel caso si chiedi materiale piallato specificare sempre che le dimensioni indicate si riferiscono al materiale già piallato.



Fornitura di elemento strutturale in legno massiccio di Abete Rosso (o altra specie di conifera/latifoglia) prodotto secondo la EN 14081 di classe di resistenza ... secondo EN 338 e EN 1912 (o secondo UNI 11035-1 E UNI 11035-2 per legno di provenienza italiana), a sezione rettangolare, piallato, a spigoli vivi/smussati (descrivere la lavorazione o il tipo di fornitura) di dimensioni ...x...mm (dopo piallatura), con umidità inferiore al ...%, accompagnato dalla documentazione

accompagnatoria relativa alla qualificazione emessa dal fornitore o dallo stabilimento di produzione; (marcatura CE in base alla EN 14081 o qualificazione ministeriale del produttore secondo quanto indicato al §11.7 delle NTC 2008), contenente i riferimenti della fornitura, la classe di qualità del legno e la classe di resistenza in accordo alla EN 338 e EN 1912 o il profilo caratteristico delle resistenze per legno di provenienza italiana classificato secondo la UNI 11035-1 e UNI 11035-2. Le tolleranze dimensionali dovranno essere conformi alla EN 336. Ogni elemento finito, dopo forature, tagli ecc., dovrà essere trattato con prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio ... secondo la norma EN 335, aventi classe di penetrazione ... secondo la norma EN 351.

#### *Voce tipo legno lamellare.*

L'indicazione del trattamento è facoltativa, si veda quanto detto per il legno massiccio.

Qualora la fornitura si riferisca a travi curve è necessario prescrivere anche lo spessore delle lamelle così come previsto nel progetto in funzione del raggio di curvatura della trave in accordo a quanto previsto nella EN 1995-1-1.



Fornitura di elemento strutturale in legno lamellare incollato di Abete Rosso (o Abete Bianco, Larice, Douglasia, Pino) omogeneo/combinato prodotto in conformità alla norma EN 14080, di classe di resistenza ... secondo UNI EN 1194, con sezione di dimensioni ...x...mm. Le lamelle esterne devono presentare gli anelli di accrescimento con la concavità rivolta verso l'alto. Le tolleranze dimensionali dovranno essere conformi a EN 390. I giunti a dita (o a pettine) di testa fra le tavole devono essere conformi alle indicazioni riportate della norma EN 385 e EN 387. Ogni elemento deve essere accompagnato dalla certificazione emessa dal produttore (marcatura CE in base alla EN 14080 o qualificazione ministeriale del produttore secondo quanto indicato al §11.7 delle NTC 2008), dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali di grandi luci, contenente i riferimenti sulla fornitura, sul metodo usato per la classificazione delle lamelle (se a macchina con l'indicazione del tipo di macchina classificatrice), sulla classe di qualità del legno, sul tipo di incollaggio e la qualità di colla usata,

che deve essere omologata secondo la EN 301, che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione dell'elemento e superare le prove descritte da EN 391, EN 392. L'emissione di formaldeide dei collanti deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 14080. Ogni elemento finito, dopo forature, tagli, ecc., dovrà essere trattato con prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio ... secondo la norma EN 335, aventi classe di penetrazione ... secondo la norma EN 351.

*Voce tipo pannelli di legno massiccio a strati incrociati.*

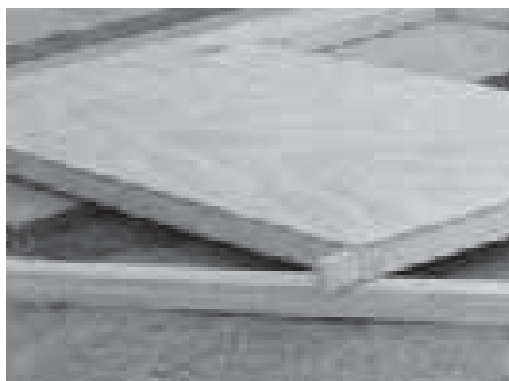
Indicare il tipo di lavorazione superficiale, "industriale" o "a vista". Alcuni produttori propongono lo strato esterno a vista di specie legnosa diversa dall'abete e con particolari trattamenti di finitura.

L'indicazione del trattamento è facoltativa, si veda quanto detto per il legno massiccio.



Fornitura di pannello di legno massiccio a strati incrociati in legno di Abete Rosso (o Larice, Pino, Douglasia) formato da tavole di legno massiccio di classe... secondo la EN 338 a ... strati con spessore di ...mm e con tolleranze dimensionali accettabili secondo EN 324. Ogni elemento deve essere accompagnato dalla certificazione emessa dal produttore (marcatura CE in base a Benestare Tecnico Europeo o Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego secondo le NTC), dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio, contenente i riferimenti sulla fornitura, sul metodo usato per la classificazione delle tavole (se a macchina con l'indicazione del tipo di macchina classificatrice), sulla classe di qualità del legno, sul tipo di incollaggio e la qualità di colla usata, che deve essere omologata secondo la EN 301, che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione dell'elemento e superare le prove descritte da EN 391, EN 392. . I giunti a dita (o a pettine) di testa fra le tavole devono essere conformi alle indicazioni riportate della norma EN 385 e EN 387. L'emissione di formaldeide delle colle deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 13986. Se necessario dovrà essere previsto il trattamento prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio ... secondo la norma EN 335, aventi classe di penetrazione ... secondo la norma EN 351.

*Voce tipo pannelli compensato.*



Fornitura di pannello compensato in legno di Pioppo (o altra specie) prodotto secondo la EN 13986 e secondo la EN 636-2, di spessore ...mm, di dimensioni ...x... di classe di resistenza ... secondo EN 1072 ed EN 12369, lavorato/trattato, accompagnato dalla certificazione emessa dal fornitore o dallo stabilimento di produzione (marcatura Ce in base alla EN 13986), dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio, contenente i riferimenti della fornitura, la classe di qualità del legno, il metodo usato per la classificazione delle tavole costituenti gli strati (se a macchina con l'indicazione del tipo di macchina classificatrice, il tipo di incollaggio e la qualità di colla usata in riferimento alla EN 301 che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione. L'emissione di formaldeide dei collanti deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 13986. Se necessario dovrà essere previsto il trattamento prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio ... secondo la norma EN 335, aventi classe di penetrazione ... secondo la norma EN 351.

*Voce tipo pannelli a scaglie orientate (OSB).*



Fornitura di pannello a scaglie orientate prodotto secondo la EN 13986 e secondo la EN 12369, di spessore ...mm, di dimensioni ...x... Ogni elemento deve essere accompagnato dalla certificazione emessa dal produttore (marcatatura CE secondo la EN 13986), dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio, contenente i riferimenti sulla fornitura, sul tipo di incollaggio e la qualità di colla usata, che deve essere omologata secondo la EN 301, che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione dell'elemento e superare le prove descritte da EN 391, EN 392. L'emissione di formaldeide dei collanti deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 13986. Se necessario dovrà essere previsto il trattamento prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio ... secondo la norma EN 335, aventi classe di penetrazione ... secondo la norma EN 351.

*Voce tipo per ferramenta metallica.*

1. Chiodi ad aderenza migliorata



Fornitura e posa in opera di chiodi ad aderenza migliorata, di diametro  $d = \dots$  mm e lunghezza  $L = \dots$  mm aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro gambo liscio  $d_g = \dots$  mm
- diametro testa chiodo  $d_t = \dots$  mm
- acciaio con  $f_{u,k} \geq 600$  N/mm<sup>2</sup>- zincatura galvanica di spessore minimo 7  $\mu$ m
- marcatatura CE in conformità al Benestare Tecnico Europeo o ad equivalente qualificazione ministeriale

I chiodi possono essere utilizzati per il collegamento di lamiera esterne di acciaio, piastre, nastri forati, scarpe, profili angolari e staffe con preforni di diametro  $\varnothing = 5$  mm, su legno massiccio, lamellare e su pannelli a base di legno.

## 2. Viti AutoForanti (AF) e a Tutto Filetto (TF).

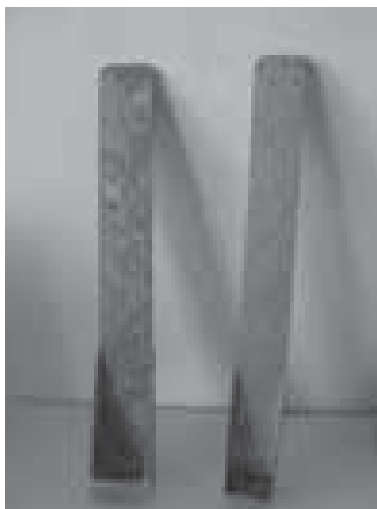


Fornitura e posa in opera, di viti per legno auto foranti a filetto parziale (AF) o a tutto filetto (TF), di diametro  $d = \dots$  mm e lunghezza  $L = \dots$  mm, e lunghezza filetto  $L_f = \dots$  mm aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro gambo liscio  $d_g = \dots$  mm
- diametro nocciolo parte filettata  $d_n = \dots$  mm
- diametro esterno parte filettata  $d = \dots$  mm
- diametro testa vite  $d_t = \dots$  mm
- acciaio con  $f_u, k \geq 600$  N/mm<sup>2</sup>- zincatura galvanica di spessore minimo 12  $\mu$ m
- marcatura CE in conformità alla normativa EN 14592:2008

La posa in opera può essere effettuata senza preforo nel legno di conifera, mediante avvitatori muniti di un'adeguata coppia torcente.

## 3. Hold-down



Fornitura e posa in opera di Hold-down costituiti da profilo angolare piegato a freddo, con flange laterali di rinforzo saldate, di altezza  $H = \dots$  mm, profondità  $L = \dots$  mm e larghezza  $B = \dots$  mm, spessore  $s = \dots$  mm, con piastra di base di spessore  $s_b = \dots$  mm tipo .... avente le seguenti caratteristiche:

- acciaio qualità ... secondo la norma EN 10025-2:2004 con  $f_{u,k} \geq \dots$  N/mm<sup>2</sup>-zincatura galvanica FeZn 12c di spessore minimo ...  $\mu\text{m}$
- due flange laterali di rinforzo saldate, di dimensioni... e spessore ... mm
- rondella di forma quadrata con spessore  $S = 10$  mm

Inoltre l'hold-down dovrà avere numero  $N = \dots$  fori di diametro  $d \dots$  mm sul lato lungo e un foro nella piastra di base di diametro  $d_b = \dots$  mm.

La posa in opera, per il fissaggio su legno, deve essere effettuata con chiodi ad aderenza migliorata (o viti) di diametro ... mm e lunghezza minima .. mm.

L'unione su calcestruzzo può essere realizzata mediante tirafondi di diametro  $d_a = \dots$  mm e lunghezza  $L = \dots$  mm in fori di diametro  $d_f = \dots$  mm con ancorante di tipo chimico o meccanico.

#### 4. Angolari metallici



Fornitura e posa in opera di angolari metallici costituiti da profilo angolare piegato a freddo, di altezza  $H = \dots$  mm, profondità  $L = \dots$  mm e larghezza  $B = \dots$  mm, spessore  $s = \dots$  mm, con piastra di base di spessore  $s_b = \dots$  mm tipo .... avente le seguenti caratteristiche:

- acciaio qualità ... secondo la norma EN 10326 con  $f_{u,k} \geq \dots$  N/mm<sup>2</sup>-zincatura a caldo per immersione in continuo Z 275 (275 gr Z/m<sup>2</sup>) di spessore minimo ...  $\mu\text{m}$
- rondella per acciaio di diametro  $D = \dots$  mm e spessore  $S = \dots$  mm

Inoltre l'angolare dovrà avere numero  $N = \dots$  fori di diametro  $d \dots$  mm e sul lato superiore e numero  $N = \dots$  fori di diametro  $d \dots$  mm su quello inferiore.

La posa in opera, per il fissaggio su legno, deve essere effettuata con chiodi ad aderenza migliorata (o viti) di diametro ... mm e lunghezza minima .. mm.

L'unione su calcestruzzo può essere realizzata mediante tirafondi di diametro  $d_a = \dots$  mm e lunghezza  $L = \dots$  mm in fori di diametro  $d_f = \dots$  mm con ancorante di tipo chimico o meccanico.

## **Capitolati prestazionali.**

Si forniscono di seguito alcune indicazioni per la redazione dei capitolati prestazionali a corredo di progetti preliminari o definitivi o per la redazione dei capitolati relativi agli appalti integrati.

In riferimento ai sistemi costruttivi per l'edilizia residenziale già descritti nel Capitolo 3, si riportano di seguito delle indicazioni relative ai particolari costruttivi più importanti.

## **Collegamento alle strutture di fondazione.**

Il collegamento con le strutture di fondazione deve essere tale da eliminare le risalite di umidità dal terreno, evitare il contatto diretto fra legno e conglomerato cementizio ed evitare che acqua proveniente dalla pioggia battente sui marciapiedi o da altre cause possa causare ristagno permanente all'interno a contatto con le strutture di legno. Questo dettaglio può essere risolto in modi diversi a seconda della tipologia strutturale dell'edificio; di seguito si riportano dunque le descrizioni per le soluzioni possibili del collegamento con la fondazione differenziandole per tipologia costruttiva in riferimento anche a quanto già detto nel Capitolo 3.

### *Edifici XLam*

#### **1. Caso A**

Collegamento dei pannelli portanti alla fondazione realizzato tramite l'interposizione di un cordolo in legno lamellare o massiccio realizzato con specie legnosa durabile (es. larice). Il contatto fra l'elemento ligneo e la fondazione di cemento è protetto con la posa di una guaina bituminosa risvoltata o su un ulteriore cordolo di c.a. di fondazione sottostante o comunque sulla struttura di fondazione in c.a., ma mai risvoltata verso l'alto sulla struttura lignea, in modo da evitare ristagni d'acqua causa di possibile degrado della struttura. Il cordolo di legno è connesso alla struttura di fondazione tramite barre metalliche, collegate alla fondazione in c.a. mediante fori appositamente preparati e iniettati con ancorante chimico o cementizio, e lato legno con dado di serraggio e rondella per grandi strutture alloggiati in opportune fresature a tazza sull'estradosso dell'elemento ligneo. Nel caso di presenza di sotto-cordolo in calcestruzzo non armato o muratura le barre metalliche di collegamento devono ancorarsi alla sottostante struttura di fondazione in c.a. (platea o travi rovesce). Per il fissaggio dei pannelli parete al cordolo ligneo sono utilizzate viti auto-foranti a presidio dello scorrimento disposte sfalsate e inclinate su entrambe le facce del pannello avendo cura che tutto il filetto penetri nel cordolo, mentre il collegamento con la struttura di fondazione di cemento armato è realizzato con la posa di elementi metallici di presidio al sollevamento (hold-down) posti in corrispondenza delle estremità della parete o delle aperture e giuntato al pannello con chiodi o viti e alla struttura di cemento armato con una barra filettata ancorata in modo simile a quanto descritto precedentemente per le voci di capitolato relative alla ferramenta. L'interfaccia fra il cordolo e la parete è completata dall'interposizione di una guarnizione in gomma con funzione di disaccoppiante acustico e di tenuta all'aria del giunto. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità



degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.43\_Collegamento delle pareti alle fondazioni con interposizione di cordolo in legno lamellare di larice posto sopra cordolo in calcestruzzo con interposizione di disaccoppiante acustico. Al di sotto del cordolo viene posta una guaina bituminosa che risvolta sul lato esterno.

## 2. Caso B

Collegamento fra pannelli portanti e fondazione tramite angolari metallici a presidio allo scorrimento, collegati alla struttura di cemento armato con barre filettate completate da dado di serraggio ancorate con ancorante chimico o cementizio in fori appositamente preparati, e alla struttura di legno con viti autoforanti. Il contatto fra il pannello e la fondazione di cemento è protetto con la posa di una guaina bituminosa lasciata piana ma mai risvoltata verso l'alto sulla struttura lignea, in modo da evitare ristagni d'acqua dannosa per la durabilità della struttura. A presidio al sollevamento è posto un elemento metallico chiamato hold-down giuntato al pannello con chiodi o viti e alla struttura di cemento armato con una barra filettata ancorata in modo simile a quanto descritto precedentemente per il fissaggio dell'angolare. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.44\_Collegamento diretto delle pareti alla platea di fondazione. Nella foto la platea è coperta da un foglio di OSB.

### *Edifici platform frame*

Il cordolo inferiore del telaio della parete è connesso alla struttura di fondazione tramite barre metalliche di presidio allo scorrimento, ancorate lato calcestruzzo tramite ancorante chimico o cementizio in fori appositamente preparati, e lato legno con dado di serraggio e rondella per grandi strutture. Talvolta lo stesso collegamento può essere realizzato mediante l'interposizione di un cordolo di base in legno massiccio o lamellare realizzato con specie legnose durabili. Il contatto tra parete e fondazione è protetto da una guaina bituminosa risvoltata sul conglomerato o lasciata piana ma mai risvoltata verso l'alto sulla struttura lignea, come per il sistema XLam. A presidio del sollevamento è posto un hold-down collegato ai montanti verticali della parete con chiodi o viti, e alla struttura di cemento armato con una barra filettata ancorata in modo simile a quanto descritto precedentemente per il corrente di base. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.45 Particolare del collegamento alle fondazioni con tirafondi metallici e con hold-down in un edificio Platform.

### *Edifici a travi e pilastri*

Il collegamento dei pilastri alla fondazione deve garantire la presenza di una distanza fra l'elemento ligneo e il piano di fondazione di almeno 10/15cm sopra il livello finito del marciapiede. L'elemento metallico che realizza il giunto deve garantire il drenaggio e l'aerazione dell'estremità del pilastro ligneo interessato; il collegamento lato legno è realizzato con connettori metallici di vario tipo (viti, chiodi, spinotti, bulloni) mentre lato cemento armato si inseriscono barre filettate completate da dado di serraggio. Quando richiesto devono essere poste in opera le opportune protezioni al fuoco di tutti gli elementi metallici che garantiscono la resistenza del giunto, dunque tappi di legno, tavolette poste come elementi di sacrificio o di ripristino dei tagli delle lavorazioni ecc... Gli eventuali bulloni presenti devono essere dotati di rondelle idonee che aumentino la superficie di trasmissione della forza sul legno. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.46\_ Collegamento del pilastro alle fondazioni con porta pilastri in modo da distaccare il legno di 15 cm rispetto al livello finito del marciapiede.

### *Edifici a blocchi massicci o a tronchi*

Il collegamento alla struttura di fondazione è realizzato con l'inserimento in opportuni fori, sia nel legno che nel cemento armato, di barre filettate. Queste sono ancorate alla fondazione mediante ancorante chimico o cementizio nel foro preparato e soffiato, mentre si ancorano al più basso elemento ligneo che costituisce la parete tramite un dado di giunzione, ovvero un dado che garantisca oltre che il serraggio della barra anche l'unione con la barra che collega tutti gli altri elementi della parete completato da una rondella per strutture lignee. Nell'interfaccia fra parete e fondazione è interposta una guaina bituminosa risvoltata sul conglomerato o lasciata piana ma mai risvoltata verso l'alto sulla struttura lignea, in modo da evitare ristagni d'acqua e risalita di umidità dal piano di fondazione dannosa per la durabilità della struttura. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

### **Collegamento fra strutture verticali.**

#### *Edifici XLam*

##### **1. Collegamento fra pannelli parete.**

Il collegamento di pannelli adiacenti in una parete composta da più pannelli giuntati verticalmente, avviene o mediante la posa di una striscia di legno multistrato con dimensioni standardizzate, da alloggiare in opportune lavorazioni presenti negli spessori dei pannelli o mediante giunto a mezzo legno. Nel primo caso sui pannelli parete è presente una lavorazione a femmina centrata nello spessore del pannello stesso, o posta su una faccia del pannello, che consente l'inserimento della striscia e facilita il montaggio della struttura. La resistenza dell'unione è garantita

## 2. Collegamento fra pareti ortogonali.

Il collegamento fra due pareti ortogonali, è realizzato con viti autoforanti inserite inclinate, in modo da interessare più strati resistenti del secondo pannello, per una lunghezza sufficiente a far penetrare tutto il filetto nel secondo elemento ligneo. Il giunto è completato dalla posa di una guarnizione di tenuta all'aria. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.47\_Giunto verticale fra pannelli parete realizzato con chiodi.

A destra: Collegamento verticale fra pareti ortogonali e orizzontale fra pareti e cordolo.

## *Edifici platform frame*

### 1. Collegamento fra gli elementi della parete.

Il collegamento fra gli elementi, montanti e correnti costituenti l'intelaiatura della parete con i pannelli di rivestimento struttura di compensato o OSB posti su uno o su entrambi i lati dell'intelaiatura, a seconda delle esigenze strutturali, avviene con viti o chiodi posti ortogonali al piano del pannello di diametro non superiore ai 3,1 mm e aventi un interasse dipendente dal calcolo comunque sempre doppio nel montante di supporto centrale (non superiore a 300 mm) rispetto a quelli laterali al pannello (non superiore a 150 mm). Il collegamento fra montanti e correnti è invece realizzato con chiodi o viti disposte inclinate e collocate su entrambe le facce del montante. Specialmente nel caso in cui sia utilizzato l'OSB come rivestimento strutturale è opportuno lasciare fra due pannelli affiancati un giunto di qualche mm fra i pannelli per permettere le variazioni dimensionali dovute alle variazioni del contenuto di umidità del pannello stesso. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

## 2. Collegamento fra pareti ortogonali.

Il collegamento fra pareti resistenti, avviene ancora con chiodi o viti disposte inclinate ad tenere uniti i due montanti di estremità delle pareti ortogonali che si incontrano.



Figura 5.48 Collegamento fra pannelli di OSB e corrente inferiore della parete.  
A destra: Collegamento verticale fra pareti ortogonali in un edificio Platform.

### *Edifici a travi e pilastri*

Il giunto fra travi e pilastri avviene generalmente con l'uso di elementi di ferramenta speciale, progettata nella forma e nelle dimensioni propriamente necessarie per la soluzione del giunto strutturale, completata da ferramenta ordinaria. Per giunti con elementi secondari, o con geometrie semplici e importanza ridotta può essere sufficiente l'uso di elementi di ferramenta ordinaria quali scarpe metalliche o piastre a scomparsa d'acciaio o alluminio. Gli eventuali bulloni presenti devono essere dotati di rondelle idonee che aumentino la superficie di trasmissione della forza sul legno. Quando richiesto devono essere poste in opera le opportune protezioni al fuoco di tutti gli elementi metallici che garantiscono la resistenza del giunto, dunque tappi di legno, tavolette poste come elementi di sacrificio o di ripristino dei tagli delle lavorazioni ecc.

Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.49\_Diverse modalità di collegamento fra trave e pilastro: con sella di appoggio sul pilastro e collegamento con viti (a sinistra) e con pilastro composto da doppio elemento collegato alla trave passante e collegamento con viti (a destra).

### *Edifici a blocchi massicci*

#### 1. Collegamento fra gli elementi della parete.

Il collegamento fra gli elementi orizzontali costituenti le pareti è formato principalmente dal contatto diretto fra gli elementi orizzontali che, attraverso una precisa lavorazione in estradosso e intradosso, si scambiano azioni di scorrimento. Il tutto è integrato dall'inserimento di biette, viti o tasselli di legno e comunque assicurato contro il sollevamento da barre filettate verticali poste in serie e unite fra loro da dadi di giunzione in fori passanti nei diversi elementi strutturali della parete. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

#### 2. Collegamento fra pareti ortogonali.

Il collegamento fra pareti ortogonali avviene tramite un'opportuna lavorazione delle estremità degli elementi orizzontali che vanno così a realizzare un giunto di carpenteria.

### **Collegamento fra strutture orizzontali**

#### *Edifici a pannelli portanti*

#### 1. Collegamento fra pannelli solaio.

Il collegamento di due pannelli adiacenti avviene tramite la posa di una striscia di legno massiccio multistrato con dimensioni standardizzate, da alloggiare in opportuni scassi presenti su un lato dei pannelli o mediante giunto a mezzo-legno. Nel primo caso sui pannelli solaio è presente un semplice scasso posto sull'estradosso con dimensioni tali che dall'accostamento di due pannelli si ricavi lo spazio necessario ad accogliere la striscia multistrato e consentire così il montaggio della struttura. La resistenza dell'unione è garantita dall'inserimento di un certo numero, variabile con il calcolo, di viti auto-foranti che connettono la striscia multistrato ai pannelli che si accostano. Le dimensioni, le quantità, gli

interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.



Figura 5.50\_Collegamenti orizzontali fra pannelli solaio con strisce multistrato.

## 2. Collegamento fra solaio e pareti

Il collegamento fra il solaio e le pareti verticali, è realizzato con viti auto-foranti inserite inclinate per una lunghezza sufficiente a far penetrare tutto il filetto nei pannelli parete. Il giunto è completato dalla posa di una guarnizione di tenuta all'aria. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

### *Edifici platform frame*

#### 1. Collegamento degli elementi strutturali del solaio.

Il collegamento fra gli elementi dell'orditura del solaio, travi o travetti con i pannelli di rivestimento strutturale in compensato o OSB, , avviene con viti o chiodi posti ortogonali al piano del pannello di diametro non superiore ai 3,1 mm e aventi un interasse dipendente dal calcolo comunque sempre doppio nell'elemento di supporto centrale, (non superiore a 300 mm) rispetto a quelli laterali al pannello (non superiore a 150 mm). Il collegamento fra gli elementi dell'orditura del solaio, è invece realizzato con staffe metalliche angolari o scarpe, chiodi o viti. Lungo i bordi del solaio dovrà essere previsto un cordolo di collegamento in legno, collegato al cordolo superiore della parete sottostante con viti o chiodi come da progetto e dovranno essere previsti degli elementi di controvento (in inglese blocking o bridging) ortogonali all'orditura del solaio per il fissaggio dei pannelli. Le dimensioni, le quantità, gli interassi, la posizione e la qualità degli elementi devono essere conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

#### 2. Collegamento fra solaio e pareti.

Il collegamento fra solaio e pareti verticali, avviene ancora con chiodi o viti di collegamento del cordolo inferiore della parete alle strutture del solaio, con



diametro e interasse conformi a quanto riportato dalle tavole progettuali o nella relazione di calcolo.

#### *Edifici a travi e pilastri*

La realizzazione del solaio può essere fatta o con pannelli XLam o con il sistema Platform e pertanto segue le stesse indicazioni date per i due sistemi costruttivi precedenti. Talvolta come elemento di irrigidimento nel piano al posto del pannello di OSB o compensato può essere previsto un doppio tavolato incrociato con il posizionamento di almeno due chiodi ad aderenza migliorata di diametro 3,1 mm ad ogni incrocio fra tavole.

#### *Edifici a blocchi massicci o a tronchi*

1. Collegamento fra elementi costituenti l'orditura del solaio.

Si veda quanto detto per gli edifici a travi e pilastri.

### **Coperture**

Le soluzioni per la realizzazione della copertura non sono strettamente legate a una specifica tipologia costruttiva, ma generalmente risultano associabili a diversi tipi di edifici. Per questo motivo nel paragrafo seguente si riportano le voci relative ad alcune soluzioni possibili per la copertura abbandonando la divisione secondo tipologia costruttiva delle strutture in elevazione.

#### *Coperture con travi e travetti*

Si tratta di coperture realizzate con la posa in opera di elementi in legno lamellare o massiccio di varie dimensioni e lunghezze fissate fra loro e alla struttura portante con elementi di ferramenta speciale e ordinaria. La struttura è completata o da un doppio tavolato generalmente con spessore compreso fra 2-4 cm lavorato o lasciato grezzo o con un irrigidimento realizzato con pannelli di OSB o compensato.

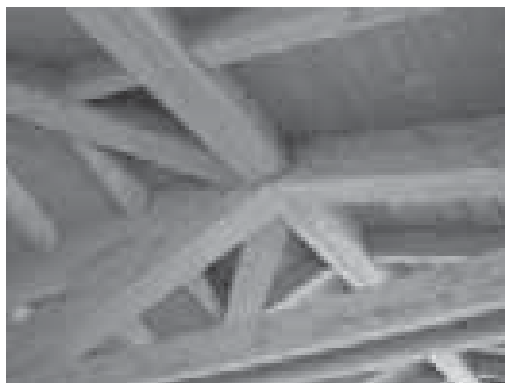


Figura 5.51\_Copertura tradizionale con doppia orditura di elementi di legno lamellare e doppio tavolato incrociato.

### *Copertura con struttura a pannelli XLam*

Questo tipo di copertura, abbinata solitamente agli edifici a pannelli portanti, è realizzata con la posa di un pannello massiccio a strati incrociati a sostegno del pacchetto di copertura. Sono realizzabili sia coperture piane che a falde. Talvolta per ridurre lo spessore dei pannelli XLam viene realizzata una copertura con travi e pannelli XLam di irrigidimento che possono essere resi anche collaboranti con l'inserimento di viti a tutto filetto di collegamento tra i pannelli e le travi (tale soluzione va comunque attentamente valutata in quanto normalmente l'irrigidimento prevede l'inserimento di un numero rilevante di viti).



Figura 5.52\_Solaio di copertura con pannelli travi di legno lamellare e irrigidimento con pannelli XLam.

### *Copertura con capriate leggere*

Si tratta di una tipologia di copertura che solitamente è associata agli edifici tipo platform frame. Le strutture di copertura sono realizzate giuntando con piastre dentate delle tavole in legno massiccio strutturale accostate a formare la geometria della capriata. L'interasse basso a cui sono poste tali elementi permette di posare direttamente un tavolato che sostiene il pacchetto di copertura realizzato come nel caso di copertura a travi e travetti.



Figura 5.53\_Copertura con capriate leggere collegate con piastre dentate

## **Isolamento e risparmio energetico.**

### **Tetto inclinato su pannello X Lam**

Fornitura e posa in opera di pacchetto di copertura da applicare su pannello di copertura in legno lamellare X Lam; escluso il manto di copertura.

Il pacchetto sarà composto dalle seguenti componenti.

#### *Manto igrovariabile.*

Applicazione di manto igrovariabile con funzione di barriera all'aria ed alla polvere per tetti a falda con gestione intelligente dell'umidità, come freno al vapore in fase invernale e traspirante per lo smaltimento durante il periodo estivo; fornito e posto in opera in monostrato su supporto realizzato secondo le indicazioni della ditta produttrice. Il telo verrà sormontato e chiuso ermeticamente con l'utilizzo degli appositi nastri ed adesivi.

I nastri verranno applicati sul sormonto dei manti e per garantire la perfetta sigillatura del pacchetto su tutti gli elementi passanti.

#### *Isolamento termico – pannello in fibra di legno.*

Isolamento termoacustico per tetto ventilato in pannelli isolanti di fibra di legno di conifera (residui di segherie), densità ca. 140 kg/m<sup>3</sup>, senza collanti poliuretanici, certificato CE secondo UNI EN 13171, conduttività termica dichiarata  $\lambda_D = 0,038$  W/mK, permeabilità al vapore acqueo  $\mu = 5$ , capacità termica massica 2.100 J/Kg·K, classe di reazione al fuoco E secondo UNI EN 13501-1.

Certificato per la bioedilizia della natureplus®, certificato per la provenienza del legno FSC, certificato NFB Natural Fiber Board per il sistema di fissaggio naturale delle fibre.

Fornito e posto in opera a doppio strato con giunti accostati a secco, fissaggio tramite inchiodatura con chiodi a testa lunga o avvitatura della controlistellatura su supporto realizzato secondo le indicazioni della ditta produttrice. Dello spessore di progetto.

#### *Isolamento termoacustico - pannello fibra di legno alta densità.*

Isolamento termoacustico per sottotetto in pannelli porosi certificato CE secondo UNI EN 13171, certificato FSC per la provenienza del legno, certificato NFB Natural Fiber Board per il sistema di fissaggio naturale delle fibre, conducibilità termica  $\lambda_D = 0,046$  W/mK, densità ca. 210 kg/m<sup>3</sup>, permeabilità al vapore acqueo  $\mu = 5$ , resistenza a compressione al 10% di deformazione 100 kPa. Fornito e posto in opera a monostrato con giunti accostati a secco. Per uno spessore minimo di 19 mm.

.

#### *Telo permeabile al vapore.*

Impermeabilizzazione con sistema impermeabile aperto alla diffusione Sd ca. 0,09m, impermeabile all'acqua, resistente ai raggi UV; fornito e posto in opera a secco.

Esecuzione conforme disegno. S'intendono compresi i materiali di fissaggio,

compresa la preventiva pulizia delle superfici, gli sfridi, nonché ogni altra prestazione accessoria occorrente quali: posa di telo di raccordo con finestre, sigillatura di tubazioni passanti con apposito elemento di raccordo, sigillatura dei raccordi.

#### *Guarnizioni per chiodi e viti.*

Applicazione di una guarnizione per chiodi e viti sulla superficie di contatto del controlistello di ventilazione e del telo impermeabile per garantire l'impermeabilità all'acqua del sottomanto.

#### *Listelli e controlistelli in legno.*

Listelli e controlistelli con sezioni indicativamente pari a 4x5cm, forniti e posti in opera su predisposto pacchetto di isolamento, fissaggio con chiodi o viti su struttura del tetto.

Esecuzione conforme disegno. S'intendono compresi i materiali di fissaggio, gli sfridi, nonché ogni altra prestazione accessoria occorrente.

### **Cappotto esterno su parete in legno**

Fornitura e posa in opera di sistema di isolamento termico a cappotto su parete esterna in legno. Previa preparazione della superficie attraverso la verifica ed eventuale rettifica della planarità, rimozione di macchie di grasso e polvere, sigillatura delle connessioni tra pannelli strutturali, tra pannello e telaio di porte e finestre e sigillatura di tutti i corpi passanti.

Il pacchetto sarà composto dalle seguenti componenti.

#### *Isolamento termico.*

Pannelli isolanti di fibra di legno di conifera (residui di segherie), senza collanti poliuretanici, con bordi dritti, intonacabili sulle due facce certificato CE secondo UNI EN 13171, WS 1,0; densità ca. 150 kg/m<sup>3</sup>, conduttività termica dichiarata  $\lambda_D = 0,040$  W/mK, permeabilità al vapore acqueo  $\mu = 5$ , classe di reazione al fuoco E secondo UNI EN 13501-1.c, certificato per la bioedilizia della natureplus®, certificato per la provenienza del legno FSC, certificato NFB Natural Fiber Board per il sistema di fissaggio naturale delle fibre.

La posa sarà a corsi sfalsati e maschiati negli spigoli, con eventuale inserimento di apposito pannello per la coibentazione delle spalle e dei ciellini delle aperture. Tutti i punti di contatto del sistema con elementi diversi (cornici, gronde, sporti,...) verranno impermeabilizzate con l'inserimento dell'apposito nastro di sigillatura. Il fissaggio avverrà mediante sistema rosetta e vite in acciaio da avvitare, con protezione termica della vite, omologati ETA secondo ETAG 014 con lunghezza adeguata allo spessore del pannello.

Verranno fissati n. 4 tasselli per pannello per le facciate e n. 5 tasselli per pannello per gli elementi di bordo. Le rosette avranno piattello da 60 mm, con rigidità > 0,5 N/mm e resistenza al carico > 2,0 kN secondo ETA TR 026.

#### *Protezione della base del cappotto.*

Profilo di partenza in estruso di alluminio, spessore > 10/10 mm, per la chiusura

e finitura dello zoccolo. Il profilo sarà fissato ad almeno 30 cm da terra e sarà completo di bordo gocciolatoio.

Applicazione di pannello in XPS incollato e rasato con apposito composto impermeabilizzante per l'isolamento al piede della muratura.

#### *Finitura esterna.*

Rasatura armata con rasante a base di inerti selezionati e legante di calce idraulica naturale applicato su pannello in due mani per uno spessore totale di almeno 6 mm. La prima mano verrà stesa con spatola dentata ed all'interno verrà annegata apposita rete in fibra di vetro 160 gr/mq, spessore 0,45 mm, maglia 4x4 mm, carico di rottura > 2000 N/5 cm nei due sensi, avendo cura di sormontare la rete per almeno 10 cm. La seconda mano di rasatura sarà stesa con spatola liscia e servirà per garantire la planarità della finitura.

L'armatura sarà integrata con appositi elementi per il rinforzo diagonale degli angoli delle aperture ed elementi parasigolo in pvc con rete d'armatura a protezione degli spigoli dei fabbricati.

La finitura del sistema sarà con intonachino permeabile al vapore a base di calce idraulica.

### **Componenti impiantistiche.**

#### **Impianto tipo per la climatizzazione invernale.**

Fornitura e posa in opera di un impianto di climatizzazione invernale con caldaia a condensazione, accumulo ed integrazione solare e sistema di distribuzione sottopavimento. Il sistema sarà costituito dalle seguenti componenti.

*Caldaia a condensazione* con alimentazione G20 a metano, avente rendimento minimo pari a 1 e potenza nominale come da progetto. La caldaia verrà fornita insieme ai seguenti dispositivi: pompa di circolazione, vaso di espansione, organi di sicurezza, riscaldatore istantaneo per ACS, regolazioni o comandi esterni/remoti e tutti i tubi e raccordi come da progetto.

*Sistema solare a circolazione forzata* costituito da collettori solari piani vetrati e serbatoio di accumulo coibettato e munito di scambiatore immerso.

*Centralina di termoregolazione.*

*Collettore di distribuzione a n vie* per impianto radiante di riscaldamento e raffrescamento con valvola miscelatrice modulante, testine termostattizzabili e regolatore di portata.

*Cassetta di alloggiamento collettore*, in lamiera di acciaio, per montaggio ad incasso nel muro, completa di coperchio.

*Tubo multistrato*, in PEX o in rame di sezione e passo come da progetto, clip fermatubi a fissaggio manuale e striscia isolante perimetrale.

Sono compresi i materiali di consumo, la minuteria e la manodopera necessari alla messa in opera dell'impianto a regola d'arte.

## **Componenti elettriche per la prevenzione degli incendi**

*Sistema per la protezione di sistemi luminosi su controsoffitti EI 120, tipo EFF 109 300/350 o equivalente, costituito da una cupola in fibra minerale e grafite intumescente, espandibile fino a 5 volte il suo spessore iniziale, per assicurare l'isolamento in caso d'incendio.*

*Sistema per la protezione di scatole elettriche 503 su parete in cartongesso EI 120, tipo EFF 50-T o equivalente, costituito da una copertura intumescente a base di fibra minerale e grafite e da una scatola 503 ancorata mediante un sistema di fissaggio di fili d'acciaio, per assicurare l'isolamento in caso d'incendio.*

*Fornitura di schiuma poliuretanicapoliuretanica monocomponente tipo Sitol Schiumapur Antincendio o equivalente, classificata B1 secondo DIN 4102, con formulazione specifica e certificata per l'impiego in sistemi tagliafuoco, sigillatura, fissaggio e tamponamento di sistemi elettrici e tubazioni in sistemi classificati EI 180.*

*Intasamento dell'intercapedine con schiuma antincendio: estrusione del materiale con apposita pistola, riempiendo la cavità per il 50% circa; la restante parte verrà automaticamente intasata dalla schiuma nella fase di reazione e di espansione; rifinitura tramite taglio e pulizia.*

*Fornitura e posa in opera di lamina termoisolante, tipo BOX BIFIRE o equivalente, per la protezione antincendio di scatole elettriche da incasso e cassette di derivazione con resistenza al fuoco certificata EI 180, su pareti in cartongesso, costituita da lamina in alluminio e gel superisolante, spessore 0,8 mm.*

*Scatola portafrutto/derivazione speciale in tecnopolimero autoestinguente, tipo AVE BL06CG o equivalente, per impianti sottotraccia, in pareti in cartongesso e tramezze leggere in materiale isolante autoestinguente, base con predisposizione per inserzione setti separatori, resistenza al fuoco (GWT) 850°C, grado di protezione IP4X, conforme a norma CEI 23-48 (EN 60670-1).*

## **Finiture interne.**

### **Rivestimenti a secco.**

*Rivestimento in pannelli di gessofibra.*

Fornitura e posa in opera di rivestimento interno con lastre in gessofibra.

Le lastre saranno fissate direttamente alla parete ovvero fissate ad una sottostante orditura. L'orditura sarà costituita da montanti in legno o da profili metallici a norma UNI EN 14195 -DIN 18182 T.1 e sarà acusticamente isolata dalle strutture perimetrali con strisce di lana minerale o di fibra di cocco.

Le lastre in gessofibra saranno composte da un impasto di gesso e cellulosa senza altri additivi leganti, levigate, classe A2 s1 d0 di reazione al fuoco, ad elevate prestazioni di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, con densità a secco pari a  $1150 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ , conducibilità termica  $\lambda = \text{ca } 0,30 \text{ W/mK}$ , fattore di resistenza alla diffusione del vapore almeno  $\mu = 15$ , durezza superficiale Brinell 20 - 30 N/mm<sup>2</sup>.

Le lastre saranno posate "a correre" in verticale con gli eventuali giunti orizzontali sfalsati di almeno 20 cm.

Il fissaggio avverrà al supporto sottostante con idonee viti o tasselli, poste ad interasse non superiore a 25 cm.

I fissaggi saranno distanti almeno 10 mm dai bordi e 50 mm dagli angoli delle lastre. Per la modalità di finitura dei giunti e l'eventuale stuccatura delle superfici si leggano le indicazioni in scheda tecnica del produttore.

### **Supporti in fibra vegetale per intonaci.**

*Pannelli in canna palustre per cappotti.*

Fornitura e posa in opera di pannelli isolanti con spessore minimo di 50 mm, in cannuccia di palude di origine italiana, legata mediante filo in acciaio zincato.

Il pannello verrà fissato alla sottostante parete in legno mediante tasselli in plastica o graffe metalliche.

*Stuoia in canna palustre.*

Fornitura di stuoia in cannuccie di palude o in canne spaccate specie Arundo Donax, di origine italiana, legate insieme con filo in acciaio zincato.

### **Finiture a base di calce.**

*Intonaco a base di calce idraulica.*

Fornitura e posa in opera di intonaco in triplo strato, a base di calce idraulica naturale (NHL).

1° strato – Rinzafo:

previa bagnatura con acqua delle pareti da intonacare, fino a rifiuto della stessa, si procederà alla stesura a cazzuola (senza lisciatura) di malta confezionata con le seguenti componenti: grassello, calce idraulica, aggregati calcarei da 0/4 mm o 5 aggregati silicei, acqua. Lo spessore sarà tale da regolarizzare il supporto (circa 5 mm).

Si attenderà, quindi, la completa asciugatura della malta (1 – 2 giorni in inverno).

2° strato – Arriccio:

previa bagnatura come sopra, si procederà alla stesura mediante frattazzo di legno della malta così confezionata con le seguenti componenti: grassello, calce idraulica, aggregati calcarei da 0/4 mm o aggregati silicei, acqua. Lo spessore minimo sarà di 5 mm fino ad un massimo di 20mm per strato.

Si procederà alla posa dello strato di una rete in fibra alcalino – resistente, tipo fibra di vetro, soprattutto nelle zone di passaggio fra materiali differenti.

3° strato – Stabilità:

sull'arriccio stagionato alcuni giorni, previa bagnatura con acqua fino a rifiuto, si procederà alla posa della malta confezionata con le seguenti componenti: grassello, calce idraulica, aggregati calcarei da 0/2 mm o aggregati silicei, acqua. L'applicazione avverrà con frattazzo metallico e la rifinitura mediante frattazzo di spugna, legno o metallo in funzione dell'effetto desiderato.

Ad intonaco ultimato, si procederà alla nebulizzazione con acqua delle superfici

per alcuni giorni; nel caso di temperature elevate ed umidità relativa bassa, si procederà anche alla protezione delle superfici con telo di materiale plastico per ridurre l'evaporazione dell'acqua d'impasto.

L'eventuale mano di finitura (dello spessore di circa 1 mm) andrà posta in opera almeno 10 giorni dopo l'ultimazione dell'intonaco.

#### *Tonachino.*

Fornitura e posa in opera di strato di finitura dello spessore di circa 1 mm costituito da malta confezionata con le seguenti componenti: grassello di calce, sabbia vagliata da 0/2 mm, acqua. L'applicazione potrà avvenire mediante frattazzo di spugna. La malta potrà essere colorata in pasta utilizzando esclusivamente terre naturali od ossidi non tossici.

#### *Tadelakt.*

Fornitura e posa in opera di rivestimento in Tadelakt originale marocchino. Il materiale adoperato sarà costituito da calce idraulica leggermente spenta, ottenuta dalla calcinazione di calcare impuro, misto a quarzi e altro materiale lapideo, estratto dalle colline intorno alla città di Marrakech.

L'applicazione avverrà su supporto in calce idraulica, rustico ed uniformemente assorbente, privo di lesioni o integrazioni di materiali differenti. Nel caso si presenti tale evenienza, si procederà alla rimozione delle parti distaccate ed all'applicazione di un nuovo strato di fondo di malta di calce idraulica NHL di circa 1 cm di spessore.

Su supporti come cartongesso, fibra di gesso, intonaci di argilla o gesso, si procederà all'applicazione di una mano di fondo alla caseina ed alla rasatura della superficie come sopra.

Si procederà alla bagnatura del supporto con acqua fino a rifiuto della stessa ed alla preparazione di tutta la malta necessaria, miscelando la calce da tadelakt esclusivamente con acqua, e pigmenti resistenti alla calce (terre naturali e ossidi). Dopo circa 12 ore, si procederà alla stesura del materiale sul supporto da rivestire mediante frattazzi in legno di cedro di varie dimensioni. Successivamente si procederà alla lisciatura con spatola metallica ed alla levigatura mediante il massaggio della superficie con un ciottolo di fiume.

Dopo alcune ore, con la superficie ancora assorbente, si procederà all'applicazione, con pennello, di sapone nero disciolto in acqua ed alla lisciatura con il ciottolo. Si procederà con movimenti circolari continui, finché la superficie non raggiunga un colore più scuro ed un aspetto lucido.

Dopo l'asciugatura completa, circa 4 settimane ma variabile con le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente, si procederà all'applicazione con un panno di cera d'api naturale.

#### *Stucco.*

Fornitura e posa in opera di finitura a stucco a base di grassello di calce e polvere di marmo da 0/0.5 mm, da applicare in due o tre mani con spatola metallica fino ad ottenere un effetto liscio e lucido.



### *Pittura a calce.*

Fornitura e posa in opera di pittura a calce ottenuta da 1 parte di grassello di calce,  $\frac{3}{4}$  di aggregati calcarei da 0/0,04 mm e 3 o 4 parti di acqua in base al grado di copertura desiderato. È possibile aggiungere terre naturali od ossidi. È ammessa l'aggiunta di altre componenti naturali per ridurre lo spolvero. Sono esclusi i materiali di sintesi, nocivi e dannosi per la salute.

### **Finiture a base di argilla.**

#### *Intonaco a base di argilla.*

Fornitura e posa in opera di intonaco a base di argilla costituito da tre strati.

1° strato - Intonaco di fondo a base di argilla:

posa in opera di intonaco in doppio strato (20 + 10 mm) confezionato con premiscelato secco di argille, aggregati calcareo-silicei a granulometria controllata 0-4 mm, non radioattivi ed esenti da scarti di precedenti lavorazioni, e con fibre vegetali di piccola pezzatura.

Si procederà con l'applicazione a mano o a spruzzo (con macchine intonacatrici di tipo tradizionale) su superfici, pulite e preventivamente inumidite, interne o protette da rischi di dilavamento e umidità di risalita e scabre che garantiscano l'aggrappo di tipo meccanico, previa operazione di mescolamento e diluizione mediante agitatore ad immersione e secondo le prescrizioni riportate in scheda tecnica (nel caso di applicazione a mano).

2° strato - Intonaco di rasatura a base di argilla:

posa in opera di intonaco fine (minimo 2-3 mm) per rasatura, confezionato con premiscelato secco di argille, aggregati calcareo-silicei a granulometria controllata 0-0,5 mm, non radioattivi ed esenti da scarti di precedenti lavorazioni

Si procederà con l'applicazione a mano su intonaco di fondo a base di argilla, pulita e preventivamente inumidita, o su altra superficie scabra che garantisca l'aggrappo meccanico esclusivamente su superfici interne o protette da rischi di dilavamento. L'applicazione dovrà avvenire in 2 mani incrociate tirate in piano con frattazzo metallico, successivamente si procederà alla lavorazione della superficie con frattazzo di spugna, feltro o metallo in base alla finitura desiderata. È possibile l'aggiunta di fibre vegetali o additivi naturali a fini decorativi.

#### *Finitura colorata a base di argilla.*

Posa in opera di finitura a base di argilla (minimo 2 mm), confezionata con premiscelato secco di argille, aggregati calcareo-silicei a granulometria controllata 0-0,3 mm, non radioattivi ed esenti da scarti di precedenti lavorazioni. Si procederà con l'applicazione a mano su intonaco di rasatura a base di argilla, già asciutto, o su altra superficie scabra che garantisca l'aggrappo meccanico. L'applicazione avverrà esclusivamente su superfici interne o protette da rischi di dilavamento e umidità di risalita.

È necessario inumidire preventivamente le superfici interessate. L'applicazione dovrà avvenire in 2 mani tirate in piano con frattazzo metallico; successivamente si procederà alla lavorazione della superficie con frattazzo di spugna, feltro o metallo in base alla finitura desiderata.

È possibile l'aggiunta di fibre vegetali o additivi naturali a fini decorativi e per ottenere una vasta gamma di colori.

#### *Pittura per interni a base di argilla.*

Esecuzione di tinteggiatura su superfici interne, pulite, stabili ed uniformemente assorbenti. La posa in opera dovrà avvenire in due mani, a pennello o a spruzzo. La base di argilla bianca potrà essere colorata mediante la miscelazione di pigmenti naturali nelle proporzioni riportate nella scheda tecnica.

#### *Stucco per interni a base di argilla.*

Applicazione su superfici interne di stucco a base di argilla bianca, colorabile in pasta con pigmenti naturali. L'applicazione dovrà avvenire in tre mani con frattazzo metallico ed un'ulteriore mano al fine di ottenere una finitura lucida.

#### *Fissativo per intonaci e finiture d'argilla.*

Applicazione su superfici poco coese di intonaco o argilla, di fissativo a base di acqua, standolio di ricino, cera carnauba e polisaccaridi naturali. Il prodotto dovrà uniformare le caratteristiche di assorbimento del fondo ma essere permeabile al vapore e non dovrà contenere sostanze di sintesi e nocive. Si procederà all'applicazione in 2 o 3 mani a pennello o a spruzzo.

#### **Altre finiture per superfici interne.**

##### *Fissativo con legante vegetale.*

Applicazione su superfici poco coese di fissativo naturale a base di resine vegetali e cera d'api. Il prodotto deve essere esente da sostanze di sintesi e da essiccativi a base di piombo. Previa rimozione meccanica delle parti non aderenti e spolvero della superficie, si procederà all'applicazione del prodotto con rullo o pennellessa, rimuovendo l'eccesso di prodotto mediante un panno asciutto prima dell'essiccazione.

##### *Pittura murale a base di oli essenziali.*

Applicazione di una o due mani di pittura traspirante a base di oli e resine vegetali, cera d'api vergine e sali di boro. Il prodotto deve essere traspirante e resistente alle muffe. Costituita da materie prime naturali provenienti da fonti rinnovabili e minerali, esenti da sostanze chimiche e d'origine petrolifera. Si procederà all'applicazione in due mani a rullo su supporto pulito e sgrassato.

##### *Encausto.*

Applicazione di una velatura a base di cera d'api, terpene di agrumi e olio di lino su superfici dipinte di bianco, anche con pittura a calce. La posa dovrà avvenire a mano mediante pennello, fino ad ottenere un effetto vellutato.

È possibile miscelare il prodotto con ossidi e terre naturali.

#### **Pavimenti in calce ed argilla.**

##### *Pavimento in battuto di cocchiopesto monostrato.*

Fornitura e posa in opera di pavimentazione in battuto di cocchiopesto monostrato costituito da una miscela di calce idraulica naturale NHL, cocchiopesto, sabbie

silicee e carbonatiche, frammenti di origine vulcanica e fibre sintetiche antiritiro in polipropilene o fibre naturali tipo fibre di sisal.

Previa pulitura del massetto e la posa in opera di un telo di protezione, si procederà alla stesura della miscela in modo da formare uno strato di circa 6 cm di spessore all'interno del quale andrà annegata una rete in materiale alcalino-resistente.

Si procederà, quindi, alla battitura della superficie con macchinario idoneo. A stagionatura avvenuta, si procederà alla levigatura della superficie con levigatrici o monospazzole, in funzione dell'effetto desiderato.

#### *Pavimento in battuto di cocchiopesto a doppio strato.*

Fornitura e posa in opera di pavimentazione in battuto di cocchiopesto a doppio strato. Lo strato di finitura sarà costituito da cocchiopesto, calce idraulica, sabbie silicee, sabbie carbonatiche, frammenti di origine vulcanica.

Strato di fondo - sarà costituito da una miscela di calce idraulica naturale, cocchiopesto, sabbie silicee e frammenti di origine vulcanica dello spessore fino a 12 mm.

Previa pulitura del massetto preesistente, si procederà alla stesura della malta con consistenza semi umida nello spessore di circa 6 cm ed alla battitura della superficie mediante macchinario apposito. Si avrà cura di irruvidire la superficie in modo da poter accogliere la mano successiva.

Strato di finitura - sarà costituito da una miscela di cocchiopesto, calce idraulica, sabbie silicee, sabbie carbonatiche, frammenti di origine vulcanica. Si procederà alla stesura della malta con consistenza semi umida ed alla battitura della superficie mediante macchinario apposito. Con la malta ancora in fase plastica, si procederà al lavaggio della superficie fino al raggiungimento dell'effetto desiderato.

Si procederà, quindi, alla protezione del pavimento con telo in PVC che dovrà restare in opera per 15 – 20 giorni dalla posa.

#### *Pavimento in argilla cruda.*

Fornitura e posa in opera di pavimento in argilla cruda in tre strati.

1° strato - Previa pulitura del sottofondo e verificata l'assenza di umidità di risalita, si procederà alla posa in opera di un massetto in argilla dello spessore minimo di 4 cm, costituito da una miscela di argilla cruda, sabbia calcarea, gesso certificato e fibre naturali (paglia, agave, ecc.). Steso il materiale, si procederà al compattamento mediante staggia ed alla lisciatura con frattazzo o disco rotante.

2° strato – si procederà alla rasatura del massetto con uno strato di fondo con spessore da 3 ad 8 mm, costituito da una miscela di argilla cruda, olio di lino cotto, essenza di arancio e cera d'api. La stesura andrà eseguita in due mani mediante spatola d'acciaio.

3° strato – si procederà alla stesura e lisciatura con frattazzo d'acciaio di un'ulteriore strato di circa 3 mm, costituito da argilla cruda, olio di lino cotto, essenza di arancio, cera d'api e terre naturali od ossidi.

4° strato: si procederà all'applicazione di due mani di protezione a base di olio di lino, noce e papavero cotto, essenza d'arancio.

5° strato: ad asciugatura completa dell'olio, si procederà all'applicazione dello strato impermeabilizzante costituito da emulsione acquosa di cera d'api naturale.

## Finiture vegetali

### *Parquet massello avvitato.*

Fornitura e posa in opera di parquet di legno massello naturale proveniente da foreste certificate, esente da trattamenti chimici, dell'essenza scelta dalla DD.LL..

Il legname verrà posato quando nell'edificio ci saranno le condizioni di umidità adeguate e, comunque, dopo un periodo di ambientamento, al suo interno, di alcuni giorni.

I listoni di legno massello, dello spessore minimo di 2 cm, andranno avvitati su dormienti in legno di abete di sezione minima di 4 x 4 cm, disposti con interasse di 30 cm, con vite alloggiata nella maschiatura praticata sul listone. Tra i dormienti ed i listoni verrà interposto un materassino anticalpestio in sughero, feltro o fibra di cocco.

Tra i listoni e le pareti perimetrali si lascerà un giunto di almeno 1 cm, al fine di permettere la naturale dilatazione del legno. L'eventuale battiscopa sarà fissato alla parete e pressato sui listoni per evitare la formazione di fessure.

Prima della consegna la superficie andrà levigata e trattata con prodotti a base di oli essenziali e cera d'api secondo le indicazioni della DD.LL..

### *Parquet radiante su sottofondo in sabbia.*

Posa in opera di pavimento radiante in legno su sottofondo a secco.

Previa verifica del livellamento e pulitura del piano di posa, si procede alla posa di uno strato di isolamento termico costituito da pannelli di sughero termoformati dello spessore minimo di 4,0 cm.

Sui pannelli, si posizionerà la tubazione dell'impianto radiante, di materiale, sezione e passo come da progetto termico; si procederà alla realizzazione di un sottofondo di sabbia asciutta, con opportuna curva granulometrica, dello spessore di 5 cm. Sulla sabbia, perfettamente livellata, si posizionerà un telo traspirante antipolvere, sopra il quale si poserà uno strato di tenuta costituito da lastre di gessofibra accostate dello spessore minimo di 15 mm.

Il parquet in listoni di legno massello sarà avvitato, nelle maschiature, al pannello di gessofibra.

### *Stuoia in fibra vegetale.*

Fornitura e posa in opera di stuoia costituita da un intreccio di fibre vegetali quali agave (sisal), giunco di mare, cocco o similari, esente da trattamenti chimici, fissate ad un supporto di lattice naturale.

La stuoia verrà incollato al sottofondo tramite l'uso di una colla composta da un'emulsione di lattice di gomma e resine naturali

### *Linoleum.*

Fornitura e posa in opera di pavimentazione in linoleum dello spessore di 2,5 mm, composto da olio di lino ossidato, resine naturali, farina di legno, pigmenti naturali e riempitivi inerti, con un supporto in tela di juta. Il piano di posa dovrà essere liscio, privo di crepe ed asciutto. Eventuali fughe dovranno essere livellate prima della posa. Preventivamente si dovrà procedere all'acclimatazione del materiale per almeno 24 ore ad una temperatura superiore ai 15 °C.

La posa sarà effettuata con colla composta da un'emulsione di lattice di gomma e resine naturali.

Se richiesto dalla DD.LL., prima della consegna si dovrà procedere alla pulitura mediante monospazzola ed alla impermeabilizzazione e lucidatura mediante ceratura con cera d'api esente da paraffina.

### **Rivestimenti acustici**

*Pannello preformato in sughero compresso per rivestimento acustico.*

Fornitura e posa in opera di rivestimento a membrana in aderenza alla struttura realizzato con pannelli fonoassorbenti e termoisolanti in sughero biondo naturale preformato e pretinteggiato di spessore variabile tra 3 e 5 cm, del formato previsto dal produttore, densità 200/220 kg/mc e omologati dal ministero degli interni in Classe 1 per la reazione al fuoco. I pannelli saranno forniti del colore e nelle dimensioni stabilite dalla DD.LL. e fissati all'intradosso mediante listellatura lignea con sezione minime di 2 x 2 cm.

*Pannelli in lana di legno mineralizzata.*

Fornitura e posa in opera di pannelli fonoassorbenti in lana di legno a fibra sottile mineralizzata con magnesite ad alta temperatura conforme alla Norma EN 13168 – Tipo: “Pannello in lana di legno con legante Magnesite” - per uno spessore minimo di 8 mm, delle dimensioni indicate dal produttore scelto, omologato dal Ministero dell'Interno in Classe 1 di reazione al fuoco secondo circolare 3 MI.SA(95) 3 del 28/2/95. I pannelli andranno fissati direttamente alla parete od al soffitto mediante tasselli adeguati o fissati ad una struttura intermedia opportunamente dimensionata.

I pannelli possono essere forniti pretinteggiati come da disposizione della DD.LL..

*Controsoffitto appeso in lastre di gessofibra.*

Fornitura e posa in opera di controsoffitto acustico appeso costituito da una lastra singola o doppia di gessofibra avvitata ad una struttura portante in legno di abete fissata al soffitto mediante pendini metallici. Tra il controsoffitto e le pareti perimetrali si collocherà un giunto elastico opportunamente dimensionato.

*Controsoffitto in legno massello e fibra di legno e canapa.*

Fornitura e posa in opera di rivestimento fonoassorbente per soffitto con spessore inferiore a 10 cm, costituito da pannello scanalato di abete massello di fibra tenera senza nodi, pannello duro in fibra di legno dello spessore minimo di 2 cm e pannello flessibile in fibra di canapa dello spessore minimo di 3 cm.

Si procederà al fissaggio meccanico della struttura costituita da profili in legno massello di dimensione raccomandate 50 x 60 mm, al posizionamento dei pannelli fonoassorbenti ed al fissaggio dei pannelli in abete mediante sistema di aggancio maschio – femmina.

## **Trattamenti**

*Impregnante antimuffa e ritardante d'incendio.*

Applicazione su superfici di legno assorbente e pareti assorbenti di impregnante ignifugo e preventivo di muffa ed insetti xilofagi. Il prodotto, di origine naturale, composto prevalentemente da sali di boro, dovrà essere esente da biocidi e materie prime di sintesi.

Previa pulitura di tracce di grassi e colle, si procederà all'applicazione del prodotto secondo le modalità ed i rapporti di diluizione riportati sulla scheda tecnica fornita.

*Impregnante per il trattamento delle pavimentazioni in legno.*

Applicazione di una o due mani di impregnante naturale trasparente o colorato con terre naturali, per il trattamento di pavimentazioni e piani lavoro in legno assorbente.

L'applicazione avverrà a pennello o rullo, facendo attenzione a distribuire bene il prodotto. Dopo 20-30 minuti passare con un panno assorbente, omogeneizzando la superficie ed asportando l'eccesso di prodotto. Può essere necessario carteggiare, carta sottile 180-200, dopo l'applicazione della prima mano. Previa pulitura della superficie da vecchie vernici, grassi e tracce di collanti e carteggiatura fino a grana 150.

Prodotto di elevata resistenza basato sulla cottura artigianale di oli vegetali di Aleurites, resine vegetali emulsionati in acqua e sali borici. Esente da sostanze di origine petrolifere e da essiccanti a base di piombo; fornito con dichiarazione completa di tutti i componenti utilizzati.

*Olio indurente per parquet.*

Applicazione di olio indurente naturale per il trattamento di pavimentazioni in legno, costituito principalmente da resina vegetale di dammar, olio di lino cotto e sali di boro. Il prodotto non dovrà contenere sostanze nocive per l'uomo e l'ambiente, di sintesi, ed essiccanti a base di piombo. Previa pulitura del supporto, si provvederà all'applicazione del prodotto mediante pennello, monospazzola o spandicera. Successivamente si provvederà alla rimozione di prodotto mediante panno assorbente.

## **Rivestimenti esterni.**

Per le pareti verdi e gli schermi ombreggianti in legno, data la grande variabilità progettuale disponibilità di soluzioni e sistemi, si rimanda alla manualistica specifica ed ai cataloghi dei produttori.

## **Rivestimenti in legno massello**

*Scandole di larice.*

Fornitura e posa in opera di scandole di larice europeo non trattato e certificato FSC, ottenute mediante fenditura del legname lungo le fibre. Si procederà alla posa in opera sulla superficie da rivestire di un telo impermeabile all'acqua e permeabile al vapore, facendo attenzione a sovrapporre i giunti di almeno 15 cm; successivamente verranno montati arcarecci in legno con un passo tra i listelli

dipendente dalle dimensioni minime delle scandole. Si procederà alla posa in opera delle scandole in doppio strato parzialmente sovrapposto, mediante chiodatura sui listelli sottostanti, prestando attenzione a lasciare un giunto di almeno 5 mm fra di esse.

*Rivestimento per pareti esterne a doghe orizzontali o verticali.*

Fornitura e posa in opera di doghe in legno di larice europeo, di larghezza e spessore come da progetto, non trattato e certificato FSC. Si procederà al rivestimento della parete con una guaina impermeabile all'acqua e permeabile al vapore, facendo attenzione a sovrapporre i giunti di almeno 15 cm. Si realizzerà una listellatura verticale in legno di abete con un passo tra i listelli tra 40 e 60 cm. Nel caso di doghe verticali, alla listellatura verticale, che consente la ventilazione della parete, si sovrapporrà un'ulteriore listellatura orizzontale.

Si procederà, quindi, alla posa in opera delle doghe facendo in modo che l'ultima si distacchi dal terreno di almeno 15 – 20 cm e che presenti uno spigolo sagomato in modo da fungere da rompigoccia.

Le testate laterali delle doghe e la doga sommitale andranno protette con scossaline metalliche opportunamente sagomate o con altri dispositivi che le proteggano dall'azione degli agenti atmosferici.

## **Trattamenti**

*Impregnante per protezione e coloritura del legno in esterni.*

Applicazione di 1 o 2 mani, a pennello o a pistola, ad intervallo di ca 16 ore, su legno assorbente, di fondo turapori ottenuto dalla cottura di olio di lino ed aleurites, e dalla successiva aggiunta di acqua e sali di boro. Entro 60 min. dall'applicazione si procede alla rimozione di eventuali eccessi di prodotto con panno assorbente o pennello asciutto. Previa pulitura e carteggiatura della superficie con grana 150. L'umidità ottimale della superficie è inferiore al 12%.

Il prodotto dovrà essere privo di sostanze di sintesi ed essiccativi a base di piombo ed essere testato in esterni secondo le norme ASTM D1006.

*Pittura coprente per esterni.*

Applicazione di vernice naturale composta da olio di aleurites, resina di dammar, olio di lino, sali di boro, ossidi e terre colorate. Le eventuali altre sostanze presenti non dovranno essere di sintesi e nocive per l'uomo e per l'ambiente. Previa pulitura e sgrassatura delle superfici, si procederà all'applicazione con pennello per smalto o pistola a spruzzo. Si procederà ad una seconda mano ad avvenuta essiccazione della prima.

*Shou-sugi-ban.*

Trattamento a fiamma di doghe in legno massello di conifera. Il trattamento consisterà nella fiammatura della faccia esterna della doga mediante l'uso di bruciatore a gas per circa 2 minuti. Successivamente si provvederà alla rimozione dei residui di combustione con spazzola ed acqua, all'asciugatura ed all'applicazione di un turapori naturale a base di olio vegetale.

*Falu rodfang.*

Applicazione in 2 mani di pittura all'acqua di colore rosso Falun, costituita da farina di segale, olio di lino ed i residui di ossidi di ferro, biossido di silicio, rame e zinco presenti naturalmente nella terra delle miniere di rame di Falun in Svezia.







## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Banham Reyner - Architettura della seconda età della macchina - Electa 2004
- [2] Imperadori Marco - La meccanica dell'Architettura – in Architettura integrata, soluzioni per un futuro possibile supplemento di Area 101.
- [3] Los Sergio e Pulitzer Natasha - L'Architettura della evoluzione Edizioni Luigi Parma – Bologna – 1977
- [4] Maturana H., Varela F. - L'albero della conoscenza – Garzanti Editori 1992
- [5] Pallante Maurizio - L'uso razionale dell'energia: Teoria e pratica del negawattora - Bollati Boringheri
- [6] Tafuri Manfredo - Storia dell'architettura italiana - Einaudi 1986
- [7] Zaffagnini Mario – Presentazione a L'architettura della evoluzione.
- [8] Thoma E. – “La natura del legno” - Edicom Edizioni, Monfalcone, 2009
- [9] Nutsch W. – “Finiture e interni in legno” - Sistemi Editoriali, Napoli, 2010
- [10] Haun L. – “Habitat for Humanity how to build a house”- The Taunton Press, Newtown, 2008
- [11] Davies I., Walker B., Pendlebury J. – “Timber Cladding in Scotland”- ARCA Publications Ltd, Edinburgh, 2002
- [12] Weismann A., Bryce K. – “Using natural finishes” - Green Books Ltd, Devon, 2008
- [13] Braungart M., McDonough W., - “Dalla culla alla culla” - Blu Edizioni, Torino, 2003
- [14] Hugues T., Steiger L., Weber J. - “Timber Construction” - Birkhauser Edition Detail, Munich, 2004
- [15] “Installing Prefinished Hardwood Flooring” - Bayside USA, LLC d/b/a FindAnyFloor.com, 2008