

ANDREA BOERI
DANILA LONGO
STEFANO PIRACCINI

Scheda sul sito >

IL PROGETTO DELL'INVOLUCRO IN LEGNO

Qualità costruttiva ed efficienza energetica

DARIO FLACCOVIO EDITORE

Andrea Boeri Danila Longo Stefano Piraccini

IL PROGETTO DELL'INVOLUCRO IN LEGNO

Qualità costruttiva ed efficienza energetica



Dario Flaccovio Editore

Andrea Boeri - Danila Longo - Stefano Piraccini
IL PROGETTO DELL'INVOLUCRO IN LEGNO

ISBN 978-88-579-0123-7

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: marzo 2012

Boeri, Andrea

Il progetto dell'involucro in legno : qualità costruttiva ed efficienza energetica / Andrea Boeri, Danila Longo, Stefano Piraccini. - Palermo : D. Flaccovio, 2012.
ISBN 978-88-579-0123-7

I. Infissi in legno. I. Longo, Danila. II Piraccini, Stefano <1976->. 694.6 CDD-22 SBN Pal0241686

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

AUTORI E COLLABORATORI

Andrea Boeri ha coordinato il progetto e la struttura della pubblicazione.

Danila Longo ha curato il progetto editoriale, definito l'impostazione e curato l'edizione della pubblicazione.

Stefano Piraccini ha curato i contenuti specifici relativi al materiale ligneo e alle tecnologie relative presentati nella pubblicazione.

Andrea Boeri, Francesca Dallacasa, Danila Longo, Stefano Piraccini, Eleonora Venzi sono autori dei testi pubblicati. I loro contributi alla redazione dei capitoli sono individuati a seguire:

Cap. 1 Sostenibilità, innovazione, efficienza energetica: **Andrea Boeri, Stefano Piraccini** con la collaborazione di **Eleonora Venzi** (1.4. Certificazioni di sostenibilità).

Cap. 2 Il materiale: **Stefano Piraccini**.

Cap. 3 Le tecniche costruttive e i comportamenti energetici: **Andrea Boeri, Danila Longo, Stefano Piraccini** con la collaborazione di: **Francesca Dallacasa** (3.3. Tipologie parietali) per l'elaborazione delle simulazioni dei comportamenti energetici; **Kristian Fabbri** per la consulenza in tema energetico.

Cap. 4 Sistemi di rivestimento in legno: **Andrea Boeri, Danila Longo, Stefano Piraccini**.

Parte II Casi studio: **Danila Longo, Stefano Piraccini**.

Si ringraziano

- l'arch. Kristian Fabbri per la preziosa collaborazione e consulenza fornita sugli aspetti fisico-tecnici generali e sul comportamento energetico dei sistemi analizzati.
- Margherita Potente per l'elaborazione grafica dei dettagli costruttivi nelle schede dei casi studio.
- i progettisti degli edifici recensiti nella parte *Casi studio* per la disponibilità, la collaborazione e il materiale fornito.
- tutti gli Autori e gli Studi citati per la gentile collaborazione.

Stampa: Tipografia Priulla, marzo 2012

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Introduzione

PARTE PRIMA – Tecnologie per involucri in legno

I. SOSTENIBILITÀ, INNOVAZIONE, EFFICIENZA ENERGETICA

1.1. Tecnologie leggere a elevate prestazioni	pag.	11
1.2. La scelta sostenibile delle risorse.....	»	12
1.3. Innovazioni culturali e tecnologiche.....	»	13
1.4. Certificazioni di sostenibilità.....	»	16
1.4.1. Politiche di acquisti verdi e Green Public Procurement (GPP).....	»	25
1.4.2. Il progetto Carb-Mark	»	26

2. IL MATERIALE

2.1. Legno massello.....	»	27
2.1.1. Abete rosso (<i>Picea abies</i>).....	»	29
2.1.2. Cedro rosso (<i>Thuja placata</i>).....	»	32
2.1.3. Douglas (<i>Pseudotsuga mensiesii</i>).....	»	34
2.1.4. Iroko (<i>Chlorophora excelsa</i>).....	»	36
2.1.5. Larice (<i>Larix decidua</i>).....	»	38
2.1.6. Pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>).....	»	40
2.1.7. Rovere (<i>Quercus petraea</i>).....	»	42
2.1.8. Teak (<i>Tectona grandis</i>).....	»	44
2.2. Il legno ricomposto	»	47
2.2.1. Pannelli compensato	»	49
2.2.2. Pannelli lamellari	»	53
2.2.3. Pannelli di particelle.....	»	56
2.2.4. Pannelli di particelle a scaglie orientate.....	»	59
2.2.5. Pannelli di fibre.....	»	62
2.2.6. Pannelli stratificati ad alta densità.....	»	67

3. LE TECNICHE COSTRUTTIVE E I COMPORTAMENTI ENERGETICI

3.1. Sistemi costruttivi	»	69
3.2. Chiusure verticali esterne.....	»	78
3.2.1. Classificazione funzionale.....	»	80
3.2.2. Strati funzionali.....	»	83
3.3. Tipologie parietali.....	»	90
3.3.1. Parete isolata all'interno.....	»	93
3.3.2. Parete isolata all'esterno	»	100
3.3.3. Parete ventilata.....	»	106
3.3.4. Parete doppia.....	»	112
3.3.5. Parete ventilata isolata.....	»	118
3.3.6. Parete frangisole.....	»	124

4. SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN LEGNO

4.1.	Sistemi di rivestimento esterno in legno	»	127
4.1.1.	Rivestimento in legno massello	»	130
4.1.1.1.	Prodotti di prima lavorazione	»	131
4.1.1.2.	Prodotti di seconda lavorazione.....	»	134
4.1.2.	Rivestimento in legno ricomposto.....	»	139
4.1.3.	Struttura di collegamento	»	149
4.1.4.	Connessioni tra elementi tecnici	»	156
4.2.	Durabilità del rivestimento ligneo	»	168
4.2.1.	Agenti disgreganti.....	»	171
4.2.2.	Variazioni igrometriche.....	»	175
4.2.3.	Variazioni termiche	»	178
4.2.4.	Precipitazioni atmosferiche.....	»	179
4.2.5.	Azione dei venti.....	»	180
4.2.6.	Orientamento e morfologia della facciata.....	»	181
4.2.7.	Preservare le facciate.....	»	183

PARTE SECONDA – Casi studio

Caso studio n. 1	– Casa Ef-Kern.....	»	194
Caso studio n. 2	– Casa per vacanze.....	»	196
Caso studio n. 3	– Casa unifamiliare a Bad Tolz.....	»	198
Caso studio n. 4	– Youth Center	»	202
Caso studio n. 5	– Vejby Strand Summer House	»	204
Caso studio n. 6	– Padiglione della scultura.....	»	208
Caso studio n. 7	– Bodio Center.....	»	212
Caso studio n. 8	– Casa a Flavill.....	»	214
Caso studio n. 9	– Residenza a Rivarolo.....	»	218
Caso studio n. 10	– Residenza a Dortmund.....	»	222
Caso studio n. 11	– Residenza a Brandenburg	»	226
Caso studio n. 12	– Residenza e uffici a Rosenheim	»	232
Caso studio n. 13	– Torre Cube.....	»	236
Caso studio n. 14	– Residenza per vacanze.....	»	242
Caso studio n. 15	– Cimitero di guerra inglese a Klagenfurt	»	246
Caso studio n. 16	– Asilo Meridiana.....	»	248
Caso studio n. 17	– Scuola materna Ponticelli	»	254
Caso studio n. 18	– Gianido.....	»	260
Bibliografia.....		»	267

Introduzione

Questo manuale sulla tecnologia dell'architettura in legno vuole essere uno strumento operativo utile alla progettazione di chiusure verticali dotate di buon livello prestazionale, sia in termini di efficienza energetica che di durabilità. Viene approfondito il tema del rivestimento esterno, analizzando tecniche e sistemi atti a favorire la durabilità del materiale al contatto con gli agenti atmosferici esterni. L'obiettivo è di supportare le conoscenze necessarie per la costruzione di chiusure esterne lignee in grado di garantire le performance proprie dell'involucro edilizio, mettendo in evidenza le interazioni tra i diversi strati funzionali e illustrando le varianti tipologiche in relazione alle tecniche costruttive. Il volume è strutturato come un utile manuale sulle pelli lignee in cui sono trattate in maniera integrata le problematiche relative a criteri di sostenibilità, fattori di innovazione, specie lignee naturali e materiali ricomposti, tecniche applicative, comportamenti energetici, durabilità dei rivestimenti. In sintesi le conoscenze necessarie per realizzare un involucro edilizio con un buon livello prestazionale.

Il primo capitolo del volume inquadra l'argomento approfondendo gli aspetti relativi alla sostenibilità ambientale, all'innovazione tecnologica e all'efficienza energetica.

Il secondo capitolo analizza le principali specie e le tipologie di ricomposti a matrice lignea presenti sul mercato. Ogni prodotto viene illustrato sotto forma di scheda tecnica contenente le principali caratteristiche del materiale e l'applicabilità nelle chiusure esterne, con particolare attenzione alla provenienza della specie in merito all'utilizzo consapevole e sostenibile della risorsa legno.

Il terzo capitolo illustra il quadro generale dei sistemi costruttivi degli edifici in legno, con particolare attenzione alle tecniche costruttive necessarie alle diverse tipologie parietali, operando una classificazione funzionale degli strati che li compongono. Per ogni tipologia, definita da una caratteristica stratigrafia funzionale, sono valutate le prestazioni energetiche estive e invernali in termini generali e in riferimento a quattro località campione, rappresentative di differenti condizioni climatiche, in ambito nazionale: Milano, Bologna, Roma e Palermo.

Il quarto capitolo si configura come un approfondimento relativo al tema del rivestimento esterno in legno. Vengono individuate le tecniche costruttive utili a favorire la durabilità delle facciate dell'edificio rispetto sia all'azione erosiva

degli agenti atmosferici che agli attacchi da funghi e insetti. Si delineano inoltre le opportune strategie manutentive per conservare in efficienza i sistemi lignei.

Nella seconda parte del testo schedature di casi studio nazionali ed europei di best practice sono utilizzate per illustrare materiali, componenti e sistemi caratterizzanti le tecnologie del legno. Vengono presentati edifici lignei significativi sia per la qualità del progetto che per l'efficienza delle tecniche costruttive impiegate.

Il volume intende presentare criticamente e promuovere, diffondendone la conoscenza specifica, una tecnologia largamente diffusa in diverse nazioni europee che sconta in Italia diffusi pregiudizi. Le principali motivazioni della difficoltà di diffusione sono da ricercare non tanto nelle caratteristiche tecniche dei sistemi costruttivi, ma in una cultura architettonica storicamente legata ai materiali pesanti e al perdurare di un radicato timore relativo alla insufficiente durabilità del materiale ligneo in applicazioni esterne, spesso in effetti conseguenza di errori progettuali e di una limitata conoscenza delle tecniche costruttive. Certamente la natura organica del materiale, sebbene limitata nei legni ricomposti, deve essere attentamente valutata nelle modalità di applicazione, poiché il legno modifica il proprio volume in funzione delle variazioni igrometriche e muta l'aspetto superficiale a seguito dell'esposizione ai fattori climatici. È quindi necessario utilizzare avvertenze adeguate, quali prevedere contenuti di umidità in equilibrio con il contesto climatico, mantenere ventilate le superfici e limitare il ristagno d'acqua per prevenire il deterioramento e l'attacco di agenti patogeni. Cultura costruttiva, consapevolezza tecnica e innovazione tecnologica forniscono le condizioni per ottenere ottime prestazioni e buona durabilità delle chiusure in legno. È compito del progettista adottare nella fase progettuale le scelte tecniche opportune: dall'analisi del contesto climatico, alla scelta del materiale fino alle tecniche applicative.

PARTE PRIMA
Tecnologie per involucri in legno

I. SOSTENIBILITÀ, INNOVAZIONE, EFFICIENZA ENERGETICA

I.1. Tecnologie leggere a elevate prestazioni

L'utilizzo di tecnologie a umido di tipo pesante, connotate da pietra, laterizio, cemento e blocchi di varia natura, caratterizza la quasi totalità del panorama costruttivo italiano. Sebbene tali tecnologie consentano realizzazioni di qualità elevata, gli edifici residenziali in particolare presentano spesso chiusure perimetrali di limitata qualità, in grado di soddisfare i minimi requisiti funzionali ma generalmente poco efficienti dal punto di vista energetico e scarsamente adattabili se non con interventi invasivi. Queste murature di uso corrente presentano patologie ricorrenti: sono generalmente poco isolate sia acusticamente che termicamente, mostrano ponti termici in corrispondenza delle connessioni strutturali e dei serramenti, necessitano di strati protettivi come tinteggiature e intonaci che nel tempo tendono a deteriorarsi.

In generale l'edificio costruito a umido non è facilmente modificabile, non risulta agevole ridefinirne gli spazi mediante la sostituzione di componenti, implementarne la dotazione impiantistica, né in generale adeguarne le caratteristiche alle mutevoli esigenze dell'abitare contemporaneo.

Il settore della produzione edilizia è comunque in rapida evoluzione: soluzioni costruttive a umido a elevate prestazioni stanno oggi progressivamente sostituendo i sistemi correnti di minore costo, messi in opera da maestranze poco qualificate, che hanno caratterizzato gran parte della produzione del patrimonio edilizio degli ultimi decenni.

Analogamente si stanno affermando sistemi costruttivi leggeri a elevate prestazioni, con caratteristiche costruttive spesso innovative, legati principalmente al materiale ligneo e ai suoi derivati. L'applicazione di tecniche di prefabbricazione leggera,

con produzione e lavorazione in officine di qualità controllata, trasporto e montaggio in opera da parte di squadre specializzate con garanzia di tempi e risultati, tende a rendere tali soluzioni più interessanti e concorrenziali.

Il quadro di riferimento è delineato dalla Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica in edilizia, che rivede e implementa la precedente Direttiva 2002/91/CE. Essendo gli edifici responsabili del 40% del consumo globale di energia nell'Unione si mira a un notevole innalzamento della loro efficienza energetica, con particolare attenzione a perseguire il migliore rapporto tra costi e benefici. I limiti di consumo previsti saranno severi: entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere a energia quasi zero, con anticipazione di un paio di anni (al 2018) per gli edifici di pubblica fruizione. Anche le ristrutturazioni importanti¹ dovranno essere occasioni per migliorare significativamente la prestazione energetica mediante misure efficaci sotto il profilo dei costi, con requisiti minimi di comportamento energetico stabiliti in funzione delle locali condizioni climatiche.

La situazione reale in ambito nazionale è deficitaria. Nel settore residenziale si riscontrano prestazioni mediamente carenti. Nell'ambito del contenimento dei consumi energetici i dati

¹ Direttiva 2010/31/UE art. 2 «Ristrutturazione importante»: ristrutturazione di un edificio quando:

- a) il costo complessivo della ristrutturazione per quanto riguarda l'involucro dell'edificio o i sistemi tecnici per l'edilizia supera il 25% del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale questo è situato; oppure
- b) la ristrutturazione riguarda più del 25% della superficie dell'involucro dell'edificio.

sono preoccupanti: il fabbisogno medio per la climatizzazione invernale dei fabbricati residenziali varia da 250 kWh/m²a per i fabbricati più vecchi a circa 150 kWh/m²a nelle costruzioni degli anni '90². A confronto, gli edifici energeticamente più efficienti consumano dieci volte di meno: un edificio passivo non consuma più di 15 kWh/m²a, uno in classe Gold CasaClima non più di 10 kWh/m²a, un edificio in classe A dell'Emilia-Romagna meno di 25 kWh/m²a comprendendo la produzione di acqua calda sanitaria.

Un elevato fabbisogno energetico corrisponde in genere a condizioni di scarso comfort interno: in una casa ben costruita, con chiusure efficienti e adeguate soluzioni impiantistiche, la limitata necessità di fabbisogno è dovuta al buon livello di comfort fornito in maniera passiva dalla costruzione e può essere garantita con impianti evoluti a bassa temperatura, offrendo condizioni di benessere costante e uniforme ai fruitori. Condizioni di elevato fabbisogno energetico sono dovute principalmente a inefficienza del sistema di involucro per scarsa coibentazione e qualità dei componenti utilizzati e a carenze esecutive. In tali situazioni, oltre ad avere bisogno di molta energia, l'edificio manifesta patologie che ne rendono poco confortevole l'uso, quali scarso isolamento delle murature perimetrali con possibili condizioni di formazione di muffe, bassa efficienza termica e di tenuta all'aria delle finestre, rilevanti ponti termici. Le superfici interne tendono inoltre a trovarsi a temperature eccessivamente differenti da quelle dell'aria interna, provocando condizioni di disagio e squilibrio termico agli abitanti.

In questo contesto l'applicazione delle chiusure leggere può trarre motivo di diffusione. Esse possono essere realizzate con sistemi sufficientemente flessibili, che garantiscono un'applicazione rapida tramite fissaggi meccanici a secco; con relativa semplicità possono essere smontate, modificate o semplice-

² La situazione migliora, seppure limitatamente, nelle costruzioni successive alla legge 10 del 1991 *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*.

mente integrate e riparate. Può inoltre essere programmato il processo di recupero e riciclaggio di alcuni componenti e materiali.

Il sistema costruttivo ligneo, per la natura stessa del materiale, favorisce la riduzione dei ponti termici e rappresenta ormai una valida alternativa alle tecniche costruttive tradizionali. Specie in ambito residenziale e in edifici di dimensione contenuta il ricorso a strutture in acciaio può essere ausiliario, consentendo di valorizzare al massimo le varie tipologie ormai estremamente evolute di sistemi costruttivi lignei.

Questi hanno in comune la limitata trasmittanza termica del materiale di base rispetto ad altri materiali da costruzione, unita alla progressiva innovazione tecnologica che investe il settore immettendo sul mercato prodotti e sistemi altamente performanti. Basti pensare che il legno di conifera ha coefficiente di conduttività termica di 0,13 W/mK, quasi la metà del mattone porizzato (0,21 W/mK), molto minore del mattone pieno (0,70 W/mK) e del cemento armato (2,10 W/mK). Eventuali ponti termici possono essere ridotti al minimo mediante l'interposizione di strati isolanti, generando sistemi di chiusura con trasmittanze termiche che si attestano attorno a 0,20-0,15 W/m²K. Per conferire maggiore massa al pacchetto e migliorare il comportamento in periodo estivo possono essere utilizzati isolanti di buona densità come le fibre di legno oppure sistemi compositi specifici.

1.2. La scelta sostenibile delle risorse

Nell'architettura contemporanea l'involucro edilizio tende, al contempo, a definire la caratterizzazione morfologica degli edifici e a costituire l'elemento tecnico funzionale che principalmente regola gli interscambi energetici tra ambiente interno ed esterno. In questo contesto le chiusure in legno costituiscono un settore di rilevante interesse per le potenzialità d'innovazione relative all'evoluzione dei sistemi e delle tecniche, volte a incrementare i livelli qualitativi e rendere più rapidi i processi di assemblaggio in cantiere dei componenti,

limitando sensibilmente l'utilizzo delle risorse idriche. Risulta inoltre possibile un elevato livello di controllo della qualità globale dell'involucro nel ciclo di vita dell'edificio, della qualità dei singoli materiali e componenti nelle fasi di progettazione, costruzione, manutenzione, recupero, riuso e riciclaggio. L'esigenza di sostenibilità ambientale impone una valutazione globale delle scelte per contenere l'uso delle risorse materiali ed energetiche, favorendo l'eliminazione dei prodotti nocivi e gli interventi sul territorio di carattere reversibile e con un impatto limitato.

Il forte riscontro ottenuto da temi come la sostenibilità ambientale e la flessibilità ha favorito la diffusione delle tecnologie leggere che, dotate di buone caratteristiche prestazionali in tema di efficienza energetica invernale e rapidità di posa in opera, hanno ricoperto una notevole quota del mercato. Il legno, a differenza della maggior parte dei materiali da costruzione, è rinnovabile e può essere impiegato garantendone la disponibilità per le generazioni future. Le specie lignee da utilizzare sono quelle derivate da colture programmate e certificate; la loro applicazione deve privilegiare valutazioni globali legate all'analisi del ciclo di vita, produzione e dismissione. La gestione e l'utilizzo delle foreste devono essere regolati con modalità e livelli tali da salvaguardare la loro produttività, biodiversità, capacità di rigenerazione, vitalità e la capacità di svolgere, oggi e in futuro, le loro funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale, senza recare danni ad altri ecosistemi. Sono presenti varie organizzazioni che operano nel settore ambientale che offrono informazioni e strumenti utili per i gestori forestali, certificando il livello di sostenibilità della produzione.

Una migliore gestione della risorsa legno è resa possibile dalle innovazioni tecnologiche che hanno consentito negli ultimi anni il riutilizzo efficiente degli scarti di produzione per lo sviluppo di una vasta gamma di prodotti in legno ricomposto. In tal modo si è ridotta la componente organica del legno naturale e sono state ottimizzate le prestazioni richieste dall'industria edile. Il settore dei legni ricomposti comprende una vasta

gamma di prodotti specifici per chiusure leggere e rivestimento esterno, tali da garantire risultati tecnici ed estetici superiori, o semplicemente differenti, da quelli ottenuti con l'impiego del massello, mantenendo nella maggior parte dei casi gli stessi requisiti di flessibilità, biodegradabilità e riciclabilità.

Nell'industria delle costruzioni le chiusure lignee si collocano tra i sistemi costruttivi che rispettano requisiti di sostenibilità ambientale, sia per le caratteristiche intrinseche del materiale rinnovabile che per la tecnologia a secco che consente la costruzione di involucri prestazionali limitando il dispendio di energie e riducendo i tempi di realizzazione.

1.3. Innovazioni culturali e tecnologiche

Le intrinseche caratteristiche di reperibilità, leggerezza, resistenza meccanica, lavorabilità e flessibilità nella realizzazione di elementi diversi e intercambiabili hanno fatto del legno un materiale che ha accompagnato nei secoli l'attività costruttiva. Con buona probabilità è stato il primo materiale di cui l'uomo si è servito per costruire la propria abitazione. Successivamente è stato utilizzato per fabbricare l'ossatura portante di interi edifici, per realizzare parti e componenti dell'involucro edilizio e come elemento fondamentale nelle opere di finitura e decorazione. Tuttavia a partire dal secondo dopoguerra, nonostante numerosi esempi d'uso da parte di maestri quali Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Louis Kahn, ha subito una notevole flessione nell'impiego. Il fenomeno viene riscontrato in prevalenza nelle regioni dove la risorsa naturale lignea non è presente in grandi quantità e in aree culturali caratterizzate da una tradizione costruttiva legata al materiale pesante, conseguenza di una presenza diffusa di cave di pietra o argilla. È possibile attribuire la minore utilizzazione delle tecnologie costruttive lignee a una molteplicità di motivazioni di natura assai diversa, anche per l'impiego di nuovi materiali e tecniche provenienti dal processo industriale, sostenuti da fattori economici in espansione. I virtuosismi strutturali di acciaio e cemento armato hanno caratterizzato il costruire di un intero secolo.

Tuttavia, in anni recenti e seppure lentamente, il legno è stato progressivamente riproposto sia come materiale strutturale che come elemento di decoro e di rivestimento. Processo tecnologico e ricerca hanno apportato innovazioni anche nel campo delle tecnologie del legno rinnovandone l'impiego nelle costruzioni: strutture lamellari capaci di ricoprire luci notevoli, nuovi sistemi di costruzione in legno massiccio che garantiscono prestazioni energetiche elevate e spessori contenuti, produzione di ricomposti sempre più performanti e di resine che garantiscono livelli crescenti di durabilità e affidabilità. Il processo è inoltre stato favorito dalla progressiva presa di coscienza relativa alla necessità di rispettare maggiormente l'ambiente tramite l'impiego sostenibile delle risorse. La sostenibilità ambientale è un obiettivo interdisciplinare che richiede una maggiore attenzione etica, in particolare nel mercato delle costruzioni.

Edifici di nuova costruzione e riqualificazioni devono essere progettati con requisiti differenti rispetto al passato, legati in particolare al risparmio energetico, alla flessibilità delle abitazioni, al controllo del ciclo di vita delle costruzioni fino al riciclaggio e smaltimento dei componenti. La concezione dell'architettura cerca un legame sempre maggiore con l'ambiente, in direzione di una progressiva autonomia energetica dai combustibili fossili, possibilmente riducendo l'incidenza degli impianti: un approccio culturale estremamente differente rispetto a quello dell'edifico-macchina che si prefigurava negli anni '50-'70.

In questo, l'attività di ricerca sul materiale ha prodotto una forte spinta migliorando le prestazioni strutturali, limitando l'impiego di collanti nocivi, utilizzando utilmente cascami e scarti di lavorazione.

Per migliorare la durabilità sono stati progettati ricomposti che rendono il legno quasi isotropo, così come è stata studiata una serie di sistemi preservanti che ne aumentano la resistenza agli agenti naturali e animali e la resistenza al fuoco. L'attività di ricerca dell'industria chimica ha sviluppato nuovi prodotti capaci di limitare le operazioni di manutenzione ordinaria, incrementando la durabilità soprattutto nell'applica-



▲ Figura 1.1. Peter Zumthor, copertura per gli scavi archeologici romani, Coira, Svizzera, 1986. Vista esterna



▼ Figura 1.2. Scavi archeologici romani di Coira. Vista interna

zione in esterno. La produzione di pannelli di fibre e particelle ha permesso di utilizzare tutte le parti della pianta, anche gli scarti che in passato potevano essere impiegati unicamente come legna da ardere. Analizzando l'intera filiera produttiva, si può osservare come la quantità di energia impiegata, rispetto alla maggioranza dei materiali da costruzione, sia decisamente inferiore. Soprattutto se considerato che, al termine del ciclo di vita dell'edificio, il legno può essere riciclato o smaltito per biodegradabilità e combustione, tramite la demolizione selettiva o la decostruzione del fabbricato. Le caratteristiche strutturali dei nuovi materiali lignei e l'impiego di sistemi costruttivi innovativi offrono la possibilità di realizzare non solo edifici di piccole dimensioni, ma anche alberghi, scuole ed edifici pubblici, con un'attenzione particolare all'ambiente e al risparmio energetico. A tal proposito, i diversi sistemi che certificano la qualità del costruire sostenibile – tra i quali il sistema LEED-Leadership in Energy and Environmental Design di ampia diffusione internazionale – assicurano ampio riscontro alle costruzioni in legno.

Sia le capacità espressive del materiale che le tecniche costruttive si presentano coerenti con le logiche formali contemporanee, il progetto può relazionarsi al contesto senza particolari limiti compositivi imposti dal sistema costruttivo. È ormai obsoleto il pregiudizio che costruire con il legno produca falsificazioni tipologiche e tecnologiche che manifestano carenze culturali rispetto alla coerenza dell'architettura con il luogo, la tradizione costruttiva e gli archetipi tipologici. I sistemi costruttivi lignei si presentano come uno strumento flessibile, efficace e prestazionale nella realizzazione di molteplici tipologie di edifici. È comunque demandata al progettista la capacità di gestirli coerentemente al contesto, secondo propria sensibilità.

Oltre alle ottime prestazioni dei sistemi costruttivi, le qualità estetiche del materiale ne favoriscono l'impiego nel rivestimento degli edifici. In anni recenti il legno ha caratterizzato le facciate di numerose opere di maestri dell'architettura contemporanea quali Herzog & De Meuron, Baumschlager & Eberle e Zumthor, che lo hanno utilizzato per involucri lignei



▲ Figura I.3. Peter Zumthor, chiesa di S. Benedict, Sumvitg, 1988. Vista esterna

▼ Figura I.4. Chiesa di S. Benedict a Sumvitg. Vista interna



caratterizzati da purezza formale che ne valorizza la tessitura superficiale. Dall'evoluzione delle tecniche costruttive è stato reso possibile un mutamento dei linguaggi compositivi. Se nel passato il rivestimento veniva utilizzato per nobilitare la struttura dell'edificio seguendo la morfologia delle murature, oggi si riscontrano nuove soluzioni capaci di generare facciate che si distaccano dall'involucro edilizio, schermi avanzati che integrano nuove prestazioni tecnologiche. Il tutto viene spesso ricondotto a una ricerca di purezza formale priva di ornamenti. Il legno conserva un legame indissolubile con la tradizione: ha una valenza duplice, che molti materiali innovativi non riescono a eguagliare per stabilire un rapporto sinergico con il tessuto rurale e urbano al quale l'edificio deve relazionarsi. Un requisito essenziale del rivestimento consiste nel soddisfare l'espressività ornamentale.

Le facciate contemporanee sono in grado sia di caratterizzare la morfologia dell'edificio che di collaborare attivamente alla regolazione dei flussi energetici che attraversano l'involucro edilizio. Possono integrare sistemi compositi, che comprendono tra l'altro strati di ventilazione, isolamenti funzionali a eliminare i ponti termici generati dalla struttura, barriere al vento e al vapore.

1.4. Certificazioni di sostenibilità

Nel 2010 la superficie totale di foreste certificate era pari a circa 360 milioni di ettari; solo il 10% delle foreste nel mondo erano certificate, 2/3 dal PEFC e 1/3 dall'FSC³.

La diffusione delle certificazioni aveva portato inizialmente al sorgere di numerosi organismi normativi, prevalentemente internazionali e regionali, concentrati in Nord America e in Europa. L'impatto della certificazione è stato limitato ed estremamente variabile da un continente all'altro: lo sviluppo più marcato di nuovi schemi di certificazione si è registrato in Paesi esportatori di legname che devono rispondere alle

ingenti richieste del mercato, in particolare Svezia, Finlandia, Norvegia, Canada, USA, Brasile, Australia, Indonesia e Malesia. In Africa, invece, l'interesse verso la certificazione si è sviluppato molto più lentamente che in altri continenti, nonostante alcuni paesi aderenti all'African Timber Organization abbiano da alcuni anni iniziato a studiare e sviluppare propri schemi nazionali.

Recentemente vi è stata un'inversione di tendenza; parallelamente a un forte aumento della richiesta di certificazione, diffusasi anche in Asia, Africa e Oceania, si sono contraddistinti i due schemi maggiori, non contestualizzati all'interno di un orizzonte nazionale, ma rivolti alla difesa delle foreste di tutto il globo, il PEFC e il FSC. La diffusione di tali schemi viene quantificata principalmente secondo la dimensione dei territori certificati e vede il PEFC emergere come l'organo più diffuso, con 243,9 milioni di ettari di foreste certificate per la gestione sostenibile, a fronte dei 147,8 milioni di ettari dello schema FSC. È opportuno specificare che se invece si volessero ordinare secondo il numero di certificati emessi, lo schema FSC risulterebbe più diffuso.

Il PEFC, lo schema con la maggiore superficie forestale certificata, di origine europea, si è espanso in tutto il mondo e oggi la maggior parte del patrimonio forestale PEFC, il 63% della copertura forestale globale certificata con tale sistema, si trova in Nord America, dove risultano ben 152 milioni di ettari di foreste certificate. A questo valore si aggiunge un'altra parte importante, pari al 30%, costituita dal patrimonio europeo che consiste in 72 milioni e 100 mila ettari di foreste certificate per la gestione sostenibile; infine piccoli ma significativi incrementi in Oceania (4%), Asia (2%) e Sud America (1%)⁴. Per quanto riguarda la certificazione della Catena di custodia PEFC, i dati significativi riguardano il numero di certificati emessi, non quindi la superficie coperta. In questo ambito l'Europa occupa il primo posto, coprendo l'83% della diffusione complessiva PEFC con 7150 certificati emessi, a fronte di un 7% dell'intero continente americano suddiviso in 629 certificati

³ Studio UNECE-Timber committee 2009-10, <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/sp-25.pdf>.

⁴ Fonte: <http://www.pefc.org/about-pefc/who-we-are/facts-a-figures>.

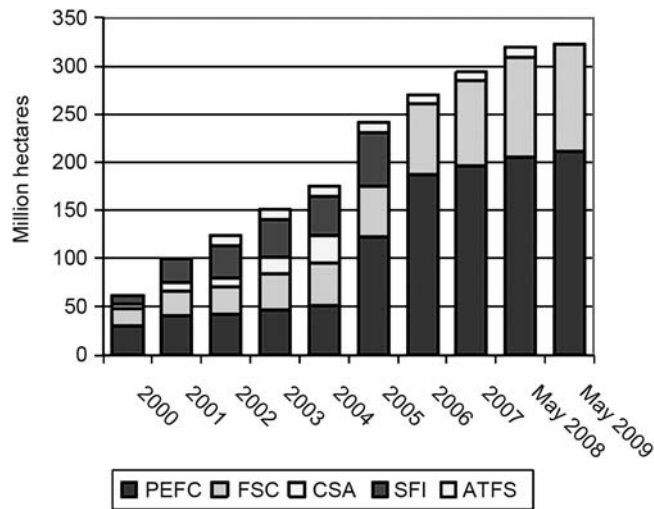


Figura 1.5. Il grafico mostra l'aumento, negli anni, delle aree forestali certificate dai maggiori schemi: evidenzia, da un lato, una forte crescita di territori certificati nell'anno 2005; dall'altro, l'emergere e il prevalere, nel 2009, dei due schemi FSC e SFI (fonte: modificata da <http://www.dovetailinc.org/reportsview/2010/sustainable-forestry/pkathryn-fernholz/forest-ertification-status-report>)

stiliti. Questi dati sottolineano le differenti caratteristiche naturali dei due territori.

Il secondo schema, FSC, con connotazione sin dall'inizio internazionale, si estende oggi equamente in Nord America come in Europa, con circa 60 milioni di ettari di superficie certificata in ognuna delle due aree. È importante annotare che il numero di certificati emessi per la gestione sostenibile forestale delle superfici stimate risulta invece molto differente, a causa della differente natura dei due territori: mentre in Europa compaiono 447 certificati, in Nord America la stessa estensione è suddivisa in soli 194 attestazioni, per le maggiori estensioni forestali⁵.

Inoltre, nell'ambito delle certificazioni legate alla rintracciabi-

⁵ Fonte: <http://www.fsc.org/facts-figures.html>.

lità dei prodotti (Catena di custodia), oltre alla forte presenza dei 10.880 certificati europei e dei 4772 nordamericani, emerge la presenza altrettanto consistente del continente asiatico, con 4605 certificati emessi.

Di seguito si distinguono quindi gli schemi più comunemente accettati, che hanno la caratteristica di poter essere adottati su base volontaria, scorrendo brevemente quelli di diffusione minore, prima di passare all'analisi dettagliata dei due già citati. Inoltre qualche accenno al sistema di certificazione ambientale adottato a livello comunitario (EMAS):

- EMAS (Schema comunitario per l'ecogestione e l'audit);
- ISO 14001 (International Organization for Standardization);
- CSA (Canadian Standards Association);
- SFI (Sustainable Forestry Initiative);
- ATFS (American Tree Farm System);
- PEFC (Pan-European Forest Certification);
- FSC (Forest Stewardship Council).

EMAS

Schema comunitario per l'ecogestione e l'audit – Reg. CE n. 761/2001.

Lo schema di certificazione di qualità ambientale EMAS è nato per il settore industriale europeo nel 1995, con l'obiettivo di incrementare il profilo ambientale di aziende e organizzazioni che volontariamente si pongono l'obiettivo di attuare misure di gestione ambientale, a miglioramento del proprio impatto. Esso si rivolge, oltre che agli stati membri dell'Unione Europea, anche ad altri Paesi dello spazio economico europeo (Islanda, Liechtenstein, Norvegia) e ai Paesi candidati all'adesione.

Lo schema non prevede e non impone limiti o soglie e non emette un certificato di conformità a requisiti di gestione ambientale, ma una "dichiarazione ambientale", rilasciata da un Ente autonomo certificatore (in Italia è disponibile dal 1997 e viene emesso dall'ANPA – Agenzia Nazionale Per La Protezione Ambientale).

Nel 2001 il Regolamento EMAS è stato esteso anche ai servizi privati e pubblici e integrato allo schema ISO 14001. La di-

chiarazione ambientale si distingue dallo schema ISO. Inoltre la dichiarazione ambientale ha uno scopo prevalentemente divulgativo: comunica al pubblico le problematiche e i programmi ambientali dell'azienda, anche attraverso il logo, che viene rilasciato all'azienda stessa nel momento dell'iscrizione all'elenco nazionale.

ISO 14001/04

La International Organization for Standardization ha sede in Svizzera ed è uno dei principali organismi di standardizzazione internazionale che riunisce enti di normazione nazionali. Esso svolge attività di promozione e sviluppo di standard volontari per facilitare il commercio internazionale.

Per quanto riguarda il materiale ligneo, all'interno della serie ISO 14000 si trovano gli standard inerenti alla gestione dei sistemi ambientali, sorti su richiesta dell'industria cartaria canadese e di quella australiana nel 1994, in seguito all'iniziativa FSC. La serie ISO 14001/04 definisce un quadro normativo non limitato al settore forestale ma rivolto a tutti i processi industriali. L'azienda che aderisce alla normativa identifica le proprie attività che possono avere un impatto ambientale e si impegna nel continuo miglioramento del proprio impianto produttivo, con un approccio definito "sistemico", che si fonda cioè sulla gestione ottimale delle risorse e dei processi all'interno della strategia aziendale e della norma internazionale di riferimento, senza tuttavia dover rispondere a misure o valutazione delle prestazioni imposte.

Questo aspetto, comune allo schema precedente, è visto tuttavia come un punto debole dei due modelli, poiché la mancanza di criteri di valutazione imposti con una normativa, comporta che essa venga effettuata solo sul processo produttivo e trascuri gli aspetti di gestione della foresta, che invece sono importanti.

La certificazione ambientale ha validità 3 anni; il costo varia in funzione della dimensione e del settore dell'azienda, oltre che dall'ente di certificazione, e oscilla tra 5.000 e 25.000 euro per la prima certificazione, a cui vanno aggiunti il costo delle ispezioni annuali e delle eventuali consulenze esterne. La

richiesta di certificazione ISO viene valutata tramite la presentazione di tre documenti:

- l'analisi ambientale iniziale con l'individuazione delle problematiche;
- il manuale di gestione ambientale, con la specifica delle procedure gestionali e degli strumenti che l'azienda mette in atto per raggiungere la riduzione dell'impatto;
- la verifica interna sul rispetto della normativa e del manuale.

Lo schema ISO non prevede l'impiego di un marchio identificativo e può essere adottato contemporaneamente ad altri rivolti al settore forestale come, per esempio, il PEFC, il CSA e il FSC. Si possono infatti trovare aziende che presentano due certificazioni, poiché gli schemi condividono obiettivi simili; i sistemi possono pertanto integrarsi facilmente.

Oggi si nota un aumento continuo della richiesta di certificazione ISO 14001 da parte delle aziende italiane tanto che, negli ultimi quattro anni, il numero delle certificazioni ambientali ha registrato complessivamente un incremento di quasi il 23%. Secondo Accredia, per quanto riguarda i settori che investono di più nelle certificazioni ambientali, al primo posto si trovano i soggetti operanti nei servizi pubblici (1660 siti produttivi certificati), seguiti dal comparto dei servizi professionali d'impresa (1389) e dalle aziende attive nella produzione e distribuzione di energia elettrica (1263)⁶.

CSA

La Canadian Standards Association ha sede a Toronto, in Canada, ed è una organizzazione nazionale di standardizzazione incentrata maggiormente sui settori tecnici: oltre all'industria forestale canadese e nordamericana, si è occupata nello specifico di approfondire gli standard di GFS approvati nel 1996. Il CSA è stato recentemente riconosciuto dal PEFC ed è diventato membro a pieno titolo del Consiglio del PEFC (PEFCC). Lo sche-

⁶ Dati forniti da Federico Grazioli, presidente dell'Organismo nazionale Accredia, Ente Italiano di Accreditamento.

ma CSA deriva da quello elaborato da ISO 14001, ma aggiunge lo sviluppo di alcuni criteri di valutazione della produzione: le aziende che presentano richiesta di certificazione devono inserire tali criteri nei piani di gestione, a seguito di un processo di partecipazione pubblica in cui si valutano e discutono, insieme alle parti interessate, 21 indicatori tratti dallo schema GFS. In seguito, un ente terzo accreditato procede con l'ispezione sul terreno e la valutazione necessaria a confermare il raggiungimento o i progressi verso gli obiettivi predefiniti.

SFI

La Sustainable Forestry Initiative è un programma dell'Associazione americana per le foreste e la carta (AFPA, American Forest & Paper Association).

Sorta nel 1994, la partecipazione alla AFPA comporta anche l'adesione automatica alla SFI; è stata inoltre riconosciuta dal PEFC ed è entrata ufficialmente nel Consiglio del PEFC come membro ordinario.

Non è ancora chiara la risposta del mercato americano a questo tipo di certificazione: nonostante la SFI sia supportata da molte categorie economiche, tuttora non ha ottenuto l'appoggio da parte delle organizzazioni non governative ambientaliste. Dal 1998 anche organizzazioni forestali governative e associazioni ambientaliste possono entrare come membri del programma.

Lo schema oggi interessa 205 aziende forestali e 44 membri negli USA; esso si basa su 12 principi e 30 indicatori di performance obbligatori per le aziende che, a differenza di quanto visto in precedenza, possono decidere se "autocertificarsi" o richiedere la verifica a una azienda associata, poiché, all'interno di tale schema, non è fondamentale che la valutazione venga condotta da un ente terzo.

ATFS

L'American Tree Farm System è stato approvato dal PEFC dal 2008.

Lo schema produce certificazioni forestali: si rivolge pertanto ai proprietari terrieri impegnati nella buona gestione delle fo-

reste, al fine di garantire un determinato livello di sostenibilità nelle attività di amministrazione del territorio e nella gestione della foresta.

La certificazione forestale viene rilasciata da un organismo terzo, indipendente e accreditato, che successivamente si occupa anche di sottoporre a verifica sia i programmi proposti da gruppi di gestori e da singoli proprietari, titolari del certificato, che dalle regioni americane inserite nel ATFS, al fine di accertare la conformità agli standard di sostenibilità. Tali organismi vengono selezionati da un membro dell'International Accreditation Forum (IAF), dell'American National Accreditation Board (ANAB) o dello Standards Council of Canada (SCC); la verifica effettuata assicura ai consumatori la provenienza dei prodotti da foreste gestite in modo sostenibile, a difesa dei benefici economici sociali e ambientali.

FSC

L'organizzazione

Il Forest Stewardship Council (FSC) è un'organizzazione internazionale non governativa e senza scopo di lucro (no-profit) che include tra i suoi membri gruppi ambientalisti e sociali (Greenpeace, WWF, Legambiente, Friends of Earth, Amnesty International, ecc.), comunità indigene, proprietari forestali, industrie che lavorano e commerciano legno, grandi gruppi della distribuzione (B&Q, Castorama, Home Depot, Ikea, ecc.), scienziati e tecnici, che operano insieme allo scopo di



Figura 1.6. Marchio della Gestione Forestale Responsabile – FSC-ITA-0118

promuovere in tutto il mondo una corretta gestione delle foreste e delle piantagioni.

Fondata nel 1993, FSC è una realtà internazionale la cui autorità principale è costituita dall'Assemblea generale dei soci; questa è divisa in tre camere (ambientale, sociale ed economica) con equo potere di voto, suddiviso in modo tale da assicurare l'equilibrio degli interessi della società. Ogni camera al suo interno è ripartita ulteriormente per garantire un equo bilanciamento fra i rappresentanti del Nord e del Sud del mondo.

L'assemblea si occupa nello specifico di accreditare gli enti di certificazione e di definire gli standard di gestione forestale e le procedure per l'applicazione delle norme FSC a livello nazionale.

L'attività del FSC

L'FSC non effettua direttamente attività di certificazione, ma definisce la "gestione forestale responsabile", ovvero stabilisce i principi, i criteri e le procedure per la certificazione della qualità ambientale nelle attività forestali e assicura il rispetto di tali aspetti da parte dei soggetti certificati. Infatti, attraverso un programma di accreditamento degli enti di certificazione da parte di ASI⁷, si ottiene che le valutazioni delle aziende effettuate dagli enti stessi siano di natura indipendente e con valore internazionale.

L'FSC, quindi, si occupa della gestione del marchio, normalmente richiesto da grandi aziende e da gruppi d'acquisto europei e nordamericani, soprattutto catene di *fai-da-te*; essa promuove all'interno di tali aziende sia l'attenzione ambientale nella gestione delle piantagioni e delle foreste sia la compatibilità tra l'attività delle aziende e l'ambiente naturale e la realtà sociale dei territori in cui si trovano le coltivazioni di legname. L'FSC infatti tutela e garantisce anche il rispetto dei diritti dei lavoratori e delle popolazioni locali, promuovendone uno sviluppo economico sostenibile, secondo i principi della Dichiarazione di Rio.

La certificazione secondo gli standard FSC: principi e criteri di valutazione

Gli organismi di certificazione accreditati da FSC possono rilasciare due tipi di certificato:

1. certificazione della gestione forestale responsabile: l'ottenimento di tale documento avviene a seguito di una valutazione della gestione forestale, sulla base della pianificazione territoriale degli aspetti selvi-colturali nell'intero ciclo di vita, dalle prime fasi fino all'abbattimento e al disboscamento, favorendo il rinnovo della coltivazione, i diradamenti, le cure colturali e la difesa fitosanitaria. La valutazione viene effettuata sulla base di 10 principi e criteri (P&C) di riferimento, incentrati sulla buona gestione forestale, elaborati da FSC con il consenso e la partecipazione di tutte le parti interessate, definite *stakeholders*. I P&C, inizialmente riferiti a foreste e piantagioni gestite per la produzione di legname, possono tuttavia essere applicati a quelle destinate a prodotti forestali non legnosi come ad altri beni e servizi. Questi 10 principi e criteri hanno valore internazionale e si basano su parametri ambientali e sociali validi in tutto il mondo, tuttavia vanno applicati al contesto locale della realtà specifica, soprattutto nel suo carattere geologico ed ecologico. FSC rivolge infatti particolare attenzione alle "foreste piccole ed a bassa intensità di prelievo", definite *SLIMFS* (*Small and Low Intensity Managed Forests*) e cerca di incoraggiare la partecipazione e l'ecocertificazione a scala locale, decentralizzando il proprio operato e favorendo la formazione di gruppi di lavoro, agenzie e comitati consultivi nazionali e regionali, come la nomina di responsabili nazionali. A questi gruppi periferici spetta il ruolo di stabilire gli standard locali sulla base dei 10 P&C internazionali, con la partecipazione di tutti gli *stakeholders*;
2. certificazione della rintracciabilità dei prodotti forestali (*chain of custody*): l'ottenimento di tale documento avviene a seguito di una valutazione della rintracciabilità del prodotto legnoso nelle diverse fasi successive alla lavora-

⁷ Accreditation Service International, www.accreditation-services.com.

zione, dall'arrivo dei tronchi in segheria alla produzione di semi-lavorati (componenti per mobili, per infissi, ecc.) e del prodotto finito (porte, mobili, pavimenti, ecc.), fino alla commercializzazione. La certificazione avviene in seguito alla verifica di rispetto di sei criteri definiti, al fine di assicurare la rintracciabilità del prodotto e tutelare il cliente garantendo che la provenienza del legno (o di altri prodotti a base di legno, come la cellulosa, o di prodotti forestali non legnosi) presente nel prodotto finale sia effettivamente legata a una foresta certificata per la gestione sostenibile.

I soggetti che possono accedere alla certificazione

La certificazione della buona gestione forestale può riguardare sia una singola proprietà forestale o la singola industria del legno che gruppi di proprietà forestali: questi infatti, identificato un soggetto gestore al loro interno e attuata così un'economia di scala, ottengono un unico certificato collettivo, riducendo i tempi e i costi del processo di certificazione. Tale procedura è rivolta sia a gruppi di piccole aziende impegnate nello stesso tipo di lavorazione del legno, ognuna dotata di un unico sito produttivo, che a imprese multi-sito, in cui sia evidente la presenza di una sede centrale e di una rete di siti/uffici locali: in questo caso, tutti i siti devono usare procedure e modalità tecniche analoghe.

Il logo e le etichette FSC

Il raggiungimento della certificazione della gestione forestale o della certificazione della catena di custodia determina la possibilità o meno di utilizzare il sistema di etichettatura FSC. Attualmente ci sono tre diverse etichette FSC:

- FSC 100%: i prodotti che presentano questa etichetta provengono interamente da foreste certificate, conformi agli standard ambientali e sociali di FSC;
- FSC MISTO: i prodotti in questo caso sono realizzati con legno certificato-FSC e/o legno controllato e/o legno riciclato post-consumo. Questi prodotti garantiscono una gestione sostenibile delle risorse forestali;

- FSC RICICLATO: i prodotti che presentano questa etichetta sono ottenuti grazie all'uso di legno o fibra di legno riciclati post-consumo, in accordo con lo standard FSC.

La presenza di tale logo sui prodotti, oltre a migliorare la gestione aziendale dei produttori forestali e delle industrie del legno e a contribuire alla salvaguardia delle foreste, costituisce un valido strumento di marketing per le aziende stesse, che possono così testimoniare il proprio impegno per la tutela dell'ambiente e dei valori etici e sociali delle foreste.

Il gruppo FSC-Italia

Il gruppo, creato nel 2001 e ufficialmente riconosciuto da FSC internazionale nel 2002, ha sede a Legnaro (PD), presso il Dipartimento TeSAF dell'Università di Padova, e opera perseguendo gli obiettivi e le finalità del Forest Stewardship Council internazionale.

L'azione del gruppo mira quindi alla salvaguardia dell'ambiente e delle risorse forestali in Italia, concentrandosi sulla gestione responsabile delle foreste e dei prodotti legnosi, in linea con quanto stabilito dallo schema FSC.

L'attività del gruppo FSC-Italia consiste nella definizione degli standard per un'efficace gestione forestale in linea con principi e criteri definiti dal FSC internazionale, opportunamente adattati alle realtà forestali del territorio italiano. Inoltre esso



Figura 1.7. Etichette FSC: FSC 100% (ex FSC puro), FSC misto, FSC riciclato

si occupa di prestare assistenza tecnica ai soggetti interessati alla certificazione FSC e di promuoverne nel territorio il marchio; supporta lo scambio di conoscenze e informazioni tra i soggetti coinvolti nella gestione forestale e nel settore della lavorazione del legno e incoraggia l'adozione di studi e progetti pilota sui temi della gestione forestale sostenibile, della certificazione e del mercato dei prodotti forestali certificati. Come FSC, anche il gruppo italiano si basa sulla presenza di un organo centrale, suddiviso nelle tre Camere previste dall'Istituto internazionale (Camera ambientale, Camera economica, Camera sociale), a cui si aggiunge una Camera degli osservatori.

PEFC

L'organizzazione

L'acronimo PEFC sta per Programme for the Endorsement of the Forest Certification schemes, cioè Programma per il riconoscimento di schemi di certificazione forestale. Il PEFC è un'organizzazione non governativa, no-profit, indipendente, che promuove a livello mondiale la gestione sostenibile delle foreste attraverso una certificazione riconosciuta a livello internazionale e rilasciata da un organismo di certificazione esterno, autonomo rispetto al PEFC.

Lo schema di certificazione PEFC, creato nel 1999 da proprietari forestali e dall'industria del legno europei per facilitare il mutuo riconoscimento degli schemi di certificazione forestale nazionali, ora è il principale sistema di certificazione europeo. Attualmente risultano certificati secondo il sistema PEFC oltre 232 milioni di ettari, per lo più in Canada, Stati Uniti, Finlandia, Norvegia, Svezia, Germania, Francia e Austria. Esso è rivolto specificatamente alla certificazione delle foreste, del legno e della carta; non può quindi essere adottato da aziende appartenenti ad altri settori economici.

Il PEFC opera perseguendo una serie di obiettivi che riguardano la promozione della gestione sostenibile delle foreste e di un'immagine positiva forestale e del legno come materia prima rinnovabile; il coordinamento, lo sviluppo e l'implementazione dello schema del PEFC; la valutazione della conformità

degli schemi di certificazione dei partecipanti rispetto ai requisiti dello schema generale; la garanzia agli acquirenti dei prodotti del legno e della carta che l'attività condotta nelle aree forestali sia avvenuta tramite un gestione sostenibile.

Il PEFC è nato in risposta alle difficoltà emerse nell'individuare uno strumento che potesse rispondere in modo soddisfacente alle peculiari situazioni del contesto europeo: esso si è manifestato fin da subito come l'alternativa ai sistemi di certificazione esistenti, soprattutto rispetto a quello del Forest Stewardship Council (FSC), inadeguato soprattutto nel caso di proprietà forestali di piccole dimensioni.

L'attività del PEFC

Il PEFC è una struttura che si occupa del riconoscimento degli schemi di certificazione forestale nazionali o regionali; è un organismo di normazione (non produce certificazioni né accreditamento) che fissa gli elementi comuni e i requisiti minimi che devono in seguito essere necessariamente rispettati negli schemi nazionali.

Lo schema nazionale deve essere sviluppato attraverso un processo a partecipazione multilaterale, in modo da garantire la trasparenza delle decisioni. Il progetto viene poi valutato da consulenti indipendenti che valutano la conformità ai requisiti PEFC per l'individuazione dei criteri, la gestione forestale sostenibile, la catena di custodia⁸ e gli enti di certificazione. Infine tutti i responsabili degli schemi nazionali di certificazione forestale del PEFC votano per riconoscere la validità dello schema candidato, per la quale è necessaria una maggioranza di due terzi. I progetti vengono riesaminati almeno ogni 5 anni e solo gli schemi nazionali che vengono riconosciuti possono utilizzare il logo PEFC.

Lo schema garantisce quindi la sostenibilità della filiera foresta-legno-carta e la gestione forestale rispettosa dell'ambiente, economicamente valida e socialmente positiva, attraverso un attestato indipendente che certifica la gestione sostenibile delle foreste: in questo modo garantisce sul mercato continui

⁸ Vedere il punto 2 de *La certificazione secondo gli standard PEFC*, p. 24.

flussi di prodotti legnosi provenienti da milioni di ettari di foreste certificate per la gestione sostenibile.

La Gestione Forestale Sostenibile (GFS) e i criteri di valutazione

Per *certificazione della gestione forestale* si intende una procedura di verifica riconosciuta e testata che conduce all'emissione, da parte di un organismo indipendente, di un certificato di attestazione della conformità delle forme di gestione boschiva, rispetto a determinati requisiti di "sostenibilità" definiti dallo schema: in tal modo si garantisce che il costante sviluppo economico e sociale delle risorse non comprometta le esigenze delle future generazioni.

La certificazione comporta quindi una gestione e un uso delle foreste e dei territori forestali all'insegna di un atteggiamento di rispetto della loro biodiversità, produttività, capacità rigenerativa e vitalità, che mantenga inalterate, sia ora che in futuro, le funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, na-

zionale e globale, senza determinare danni ad altri ecosistemi. Il percorso per la certificazione forestale PEFC (descritto nel "Documento tecnico" presentato alla Conferenza interministeriale di Lisbona del 1998) segue una serie di standard, rappresentati da sei criteri-base per lo sviluppo di uno schema di certificazione nazionale (o di livello inferiore): questi sono validati da 27 indicatori quantitativi, qualitativi e/o descrittivi, di carattere legislativo, istituzionale, finanziario e formativo, e sono completati da una serie di 12 linee-guida operative. Queste stabiliscono 45 modalità pratiche con cui condurre le attività di pianificazione e di gestione forestale.

La certificazione secondo gli standard PEFC segue due differenti metodologie:

1. certificazione di gestione forestale sostenibile: vale 5 anni e assicura la gestione sostenibile delle foreste. Annualmente vengono effettuate verifiche di conformità attraverso sopralluoghi in azienda, da parte di un organismo

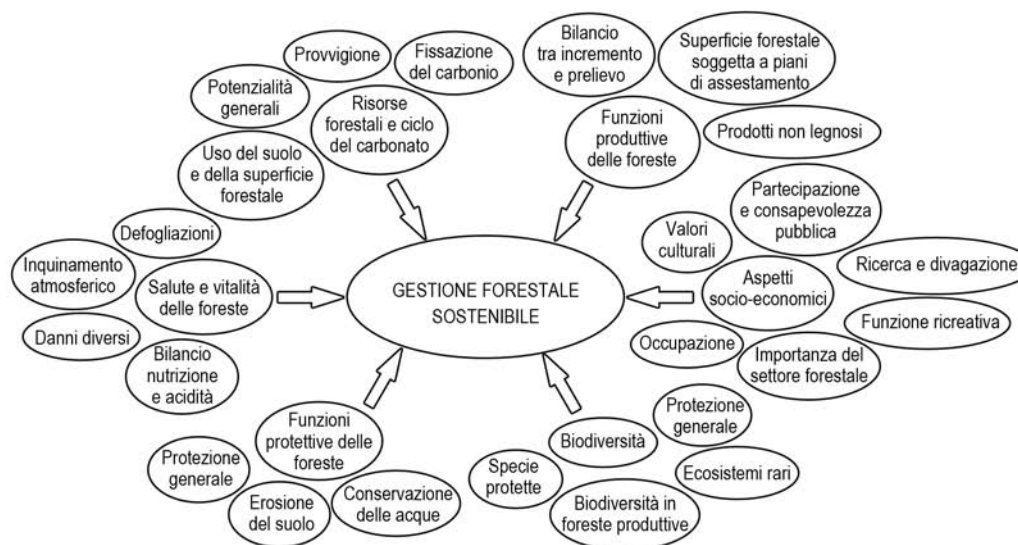


Figura 1.8. Schema del percorso verso la certificazione forestale PEFC. I sei criteri rappresentano gli elementi centrali della GFS e sono validati da 27 indicatori quantitativi, qualitativi e/o descrittivi (fonte: modificata da <http://www.pefc.it/criteri.asp>)

di certificazione accreditato e totalmente indipendente rispetto al PEFC;

2. certificazione di catena di custodia (CoC – *chain of custody*): questo titolo fornisce garanzia che il prodotto provenga effettivamente da una foresta certificata. La certificazione infatti è un sistema appositamente strutturato per tracciare il materiale nel suo percorso, dalla foresta al prodotto finito. Al termine, un organismo di certificazione indipendente e accreditato verifica che il sistema di registrazione del flusso del legno dell'azienda sia conforme ai requisiti dello schema di certificazione PEFC. Anche in questo caso, come per la gestione forestale, il certificato CoC vale 5 anni e annualmente vengono condotte verifiche di conformità.

I soggetti che possono accedere alla certificazione

Il PEFC gode a livello internazionale del sostegno di numerosi soggetti appartenenti al settore foresta-legno quali proprietari forestali, amministrazioni pubbliche, organizzazioni e associazioni per la commercializzazione del legno, associazioni di categoria e della società, sindacati dei lavoratori, organizzazioni non governative e organizzazioni ambientaliste.

A differenza della certificazione FSC, il singolo proprietario forestale può fare domanda per la certificazione individuale solo se le possibilità della certificazione regionale o di gruppo siano limitate o inesistenti oppure se egli possiede una superficie forestale così estesa da permettere la verifica della sostenibilità della sua gestione. Sono quindi favorite le organizzazioni dei proprietari forestali e altre organizzazioni coinvolte nella gestione di foreste che possono fare richiesta di essere certificate come gruppo, a condizione che tutti i proprietari, membri del gruppo, si impegnino a soddisfare i requisiti dello schema di certificazione. In seguito, i proprietari forestali certificati vengono inseriti in un registro contenente tutti i dati rilevanti, istituito e mantenuto dai singoli organismi.

Il logo e le etichettature

Il principio alla base dell'etichettatura sancisce che un'azienda

può apporre il logo sui suoi prodotti solo se il contenuto certificato PEFC supera il 70%, dato confermato dalla documentazione di inventario in ogni fase del processo. PEFC offre quindi tre marchi standard per identificare i prodotti certificati PEFC, in cui il logo è accompagnato da diverse diciture:

1. “Da Foreste gestite in modo sostenibile – Certified PEFC”: questo logo è valido per compagnie certificate CoC e per proprietari/gestori di foreste certificate SFM, e testimonia che il prodotto proviene da “foreste gestite in maniera sostenibile e da risorse controllate”. Il contenuto del legno certificato è quindi del 100%;
2. “Promuove la gestione forestale sostenibile e il riciclaggio – PEFC Certified & Recycled”: questo logo è valido per compagnie certificate CoC e testimonia che il prodotto proviene da “foreste gestite in maniera sostenibile e da risorse riciclate e controllate”. È stato introdotto nel luglio 2005 come alternativa rivolta alle aziende che utilizzano materia prima riciclata nei propri prodotti: è un'etichetta combinata del logo PEFC e del *Mobius Loop* e rende possibile alle aziende dichiarare in maniera ufficiale e immediata il contenuto della materia prima presente, inserendo infatti all'interno del simbolo la percentuale di materiale riciclato. La nuova etichetta può essere utilizzata sui prodotti nei quali il contenuto totale di legno o di fibre certificato PEFC e di materia prima riciclata PEFC supera il 70%;
3. “Promuove la gestione forestale sostenibile – *Promoting Sustainable Forest Management SFM*”. Questo logo è rivolto solo agli enti certificati che hanno ottenuto la licenza d'uso del logo stesso e il marchio sul prodotto, il cui uso è ammesso anche separatamente dal prodotto stesso, per fini divulgativi. Possono ottenerlo sia compagnie certificate per la catena di custodia (gruppo C) che proprietari e gestori certificati per la gestione sostenibile delle foreste (gruppo B).

Quanto esaminato fino ad ora, riguarda il mercato visto dalla parte del produttore; è fondamentale tuttavia coinvolgere



Figura 1.9. Loghi comunemente utilizzati per le certificazioni PEFC: PEFC Certified, PEFC Certified and Recycled (fonte: <http://www.pefccanada.org/custody.htm>) e PEFC Promoting Sustainable Forest Management SFM (fonte: http://www.nepcon.net/files/resource_1/documents/Certification/PEFC/PEFC%20logo%20usage%20rules%20NOV08.pdf)

in questo atteggiamento di gestione sostenibile delle materie anche il cittadino-consumatore, che negli ultimi anni è diventato sempre più l'attore fondamentale del processo di produzione e consumo sostenibili (SCP).

Agli Enti pubblici spetta il compito di indirizzare i cittadini verso scelte di consumo più consapevoli e sostenibili, per ampliare sempre più questa parte di mercato costituita da consumatori criticamente coscienti. Lo strumento più efficace diventa la trasformazione di se stessi in esempi di soggetti con un corretto profilo ambientale, impostando le proprie scelte nella medesima direzione e introducendo criteri di "preferibilità" ambientale negli appalti pubblici, in modo tale da fornire una corsia preferenziale a chi opera già secondo tali principi. In questo modo si indirizza il sistema produttivo a metodi e tecnologie più ecocompatibili influenzando anche il mercato privato.

1.4.1. Politiche di acquisti verdi e Green Public Procurement (GPP)

Il *Green Public Procurement (GPP)*, ovvero Acquisti verdi pubblici, è lo strumento che le Pubbliche amministrazioni utilizzano, sia in Italia che negli altri Paesi europei ed extraeuropei, per

acquistare prodotti o servizi più rispettosi dell'ambiente e della salute dei cittadini.

Il GPP è uno degli strumenti operativi più importanti nell'ambito delle politiche ambientali delle amministrazioni pubbliche: esso ha superato l'impostazione settoriale e normativa rispetto alle soluzioni precedentemente adottate, a favore di un approccio più ampio, trasversale alle diverse problematiche e rivolto al coinvolgimento di tutti i soggetti operanti all'interno del sistema. Lo scopo principale è quello di rafforzare e orientare le politiche riguardanti i prodotti e i servizi verso un mercato più ecologico, nell'arco dell'intero ciclo di vita del prodotto, dalla produzione fino allo smaltimento come rifiuto. Una Pubblica Amministrazione che opera nella logica degli "acquisti verdi" prende in considerazione, infatti, non solo il valore economico del bene o del servizio, ma anche gli effetti ambientali che un bene o un servizio può avere nel corso del suo intero ciclo di vita.

Per quanto riguarda il tema analizzato in senso stretto, il GPP assume una notevole importanza: oltre a contribuire ad arginare il mercato illegale di legno, può promuovere su scala globale le gestioni forestali che conciliano la tutela ambientale con l'equità sociale e l'efficienza economica, diventando quindi uno strumento fondamentale di potenziamento dell'iniziativa.

Il quadro di riferimento normativo italiano ha inteso facilitare l'adozione e l'implementazione di pratiche di GPP da parte delle amministrazioni pubbliche, con l'emanazione del Decreto Interministeriale n. 135 dell'11 aprile 2008 di approvazione del "Piano d'azione nazionale sul *Green Public Procurement*" e con l'emanazione di successivi decreti ministeriali che fissano i "Criteri ambientali minimi" per le categorie di beni, servizi e lavori, ambito oggettivo d'intervento del piano d'azione.

1.4.2. Il progetto Carb-Mark

Il progetto Carb-Mark, già attivo in due regioni del Nord Italia (Veneto e Friuli Venezia Giulia), esce dalla strada battuta dalle certificazioni presentate in precedenza, ma persegue, utilizzando strumenti differenti, stessi obiettivi e finalità. Esso opera al fine di creare un mercato locale volontario dei crediti di carbonio⁹, attraverso la definizione di tecniche e azioni legislative specifiche e al coinvolgimento di proprietari forestali, amministrazioni locali e piccole e medie imprese nella compravendita di crediti di carbonio locale.

Il mercato si muoverà nell'ottica di scambiare crediti di carbonio, al fine di ridurre le emissioni di gas serra, una delle cause

principali dei cambiamenti climatici; inoltre la caratteristica principale del mercato dei crediti è data dal fatto che la produzione dei crediti di carbonio avviene per opera di attività di mitigazione locali e non in altri paesi.

Gli obiettivi specifici del progetto mirano a mitigare l'effetto dei gas serra favorendo la fissazione del carbonio e pongono grande attenzione allo sviluppo del contesto sociale, cercando sia di generare reddito per le zone svantaggiate, attraverso il servizio di fissazione del carbonio estratto dall'ecosistema foresta, sia di promuovere parallelamente l'adozione di strategie di compensazione da parte di amministrazioni locali, sia di responsabilizzare le piccole e medie imprese alla riduzione del proprio impatto ambientale.

Il mercato è entrato in funzione verso la fine del 2010, quando le piccole e medie imprese locali hanno avuto l'opportunità di abbattere su base volontaria le loro emissioni comprando crediti di carbonio locali e permetterà sempre più lo scambio di crediti di un ampio spettro di attività agro-forestali, dalla gestione forestale al commercio di prodotti legnosi, dalla forestazione urbana al *bio-char*. Tuttavia, per ora, il conteggio dei prodotti legnosi come attività di mitigazione è riconosciuto solo nei mercati volontari del carbonio.

⁹ Un credito di carbonio è un'entità "intangibile", generata da un'attività che assorbe anidride carbonica o evita le emissioni di gas serra.

2. IL MATERIALE

2.1. Legno massello

CARATTERISTICHE BIOLOGICHE

Il legno è composto da cellule che svolgono tre principali funzioni: trasportano la linfa all'interno dell'albero, sostengono la pianta, costituiscono la sua riserva nutritiva. L'aspetto muta di forma e dimensione in relazione alle diverse specie lignee, principalmente suddivise in conifere e latifoglie. Il legno di conifera ha una struttura semplice, composta da cellule disposte lungo l'asse del tronco, mentre quello di latifoglia presenta una struttura più complessa composta da cellule tubolari e a tubo, utili al trasporto della linfa. Altre classificazioni del legno dipendono da caratteristiche generate dalla differente disposizione delle cellule che portano a diversificare il colore, l'anatomia e la struttura macroscopica del materiale. Tutte le specie sono composte, sebbene in percentuali diverse, da cellulosa, emicellulosa e lignina, e ogni specie in misura variabile contiene sostanze solubili (alcaloidi e tannini) da cui dipendono la variazione cromatica al contatto con l'ambiente esterno e la protezione naturale dagli agenti atmosferici. La struttura del tronco composta da anelli concentrici, ognuno dei quali corrisponde a un anno di vita, si suddivide principalmente in due zone: una parte più esterna, la zona corticale, e una parte interna, a sua volta suddivisa in alborno, durame e midollo. Nel mercato delle costruzioni viene utilizzata in prevalenza la zona interna, con particolare predilezione per durame e midollo che, in funzione delle varie specie, tende ad avere caratteristiche prestazionali superiori in termini di durabilità.

CARATTERISTICHE FISICHE

Nella scelta della tipologia lignea è importante verificare le

principali caratteristiche fisiche individuate in densità, umidità e deformabilità.

Densità: può variare da 100 kg/m³ a 1200 kg/m³, indica la struttura del materiale in relazione alla porosità. È utile valutare peso e conducibilità termo-acustica che, in relazione ad altri materiali di costruzione, si attesta generalmente su buoni livelli.

Umidità: indica la quantità di acqua contenuta all'interno dei tessuti, presente in percentuale elevata al momento dell'abbattimento del fusto (20-50%) e ridotta durante le operazioni di stagionatura (8-20%). Il tenore di umidità influenza la stabilità dimensionale del materiale e la sua resistenza meccanica. Il legno è un materiale poroso e igroscopico che scambia continuamente molecole di acqua con l'aria che lo circonda tendendo sempre a equilibrarsi alle condizioni climatiche dell'ambiente in cui è mantenuto. L'umidità di equilibrio è la quantità di umidità contenuta nei pori del legno una volta raggiunto l'equilibrio igrometrico con l'ambiente circostante.

Deformabilità: la percentuale di umidità contenuta nel legno cambia in funzione delle variazioni di umidità relativa presente nell'ambiente esterno. A ogni variazione dell'1% di umidità corrisponde un coefficiente di deformabilità dimensionale caratteristico di ogni specie, che indica la propensione a ritiri o rigonfiamenti.

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Il carattere anisotropo del legno determina un diverso comportamento alle sollecitazioni, se esercitate longitudinalmente o trasversalmente alle fibre. La risposta meccanica è inoltre influenzata da variabili come la massa, il tenore di umidità e

la presenza di difetti. Per determinare le resistenze agli sforzi vengono eseguite prove su campioni di legno sano, utili a specificare le caratteristiche delle diverse specie.

Il legno resiste meglio a compressione e trazione quando gli sforzi agiscono parallelamente alle fibre, e in maniera proporzionale al contenuto di umidità del materiale.

Al contrario, la resistenza a flessione e taglio è più efficace quando le sollecitazioni avvengono lungo la direzione perpendicolare. La durezza del legno varia proporzionalmente alla densità del materiale e all'età della pianta, mentre è inversamente proporzionale al contenuto di umidità. Altre caratteristiche come elasticità, flessibilità e lavorabilità variano in relazione al contenuto di umidità e al peso specifico del materiale.

CARATTERISTICHE ESTETICHE

L'aspetto superficiale del legno è determinato sia dalle caratteristiche biologiche che dalle operazioni di taglio e lavorazione, che possono essere eseguite in modo da determinare un preciso risultato estetico. I fattori biologici determinano il colore, la presenza di pigmenti e il comportamento delle fibre lungo l'asse del tronco. La fibratura può comporre diverse

tessiture: è diritta quando corre parallela all'asse verticale della pianta, oppure irregolare quando le fibre si attorcigliano attorno a nodi, contrafforti o ramificazioni.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Il legno è un materiale comunemente utilizzato in edilizia che, a differenza di altri, è riproducibile, biodegradabile, flessibile e riciclabile.

Il suo processo di produzione segue regole naturali ed è rigenerativo.

Per garantirne la sostenibilità il legno impiegato nelle costruzioni deve provenire da foreste gestite in maniera controllata, in modo da consentire la sostituzione delle piante abbattute con nuove piantagioni.

La gestione può essere effettuata utilizzando tecniche differenti come la piantagione di specie autoctone in aree degradate, l'integrazione a foreste esistenti di aree gestite a scopo produttivo e un abbattimento selettivo che limiti l'erosione del suolo favorendo la qualità ambientale della foresta.

Per la salvaguardia ambientale sono stati istituiti in tutto il mondo enti ed istituzioni con lo scopo di certificare l'uso sostenibile delle foreste.

2.1.1. Abete rosso (*Picea abies*)



Figura 2.1. Abete

PROVENIENZA E APPROVVIGIONAMENTO

L'abete rosso è diffuso in Europa settentrionale dove la pianta cresce spontaneamente. La sua maggior produzione può riscontrarsi nei soprassuoli caratteristici delle Alpi centro-orientali. Questa specie può svilupparsi in foreste pure di solo abete rosso, o miste insieme ad abete bianco, faggio, larice e pino. Forti quantitativi di legname, sia in tronchi che in segati, vengono importati da Austria, Germania e da paesi dell'Europa nord-orientale.

È una pianta a elevata riproduzione, caratterizzata da un fusto piuttosto regolare che, talvolta, presenta alla base piccoli contrafforti. Può crescere fino all'età di 600 anni, ma viene comunemente tagliata raggiunti gli 80-120 anni, quando il tronco si attesta a una altezza di circa 50 m e un diametro a petto d'uomo pari a 80 cm.

Massa volumica media a umidità normale	450 kg/m ³	
Ritiro	Da medio a basso	
Nervosità	Modesta	
Durezza	Bassa	
Resistenza a compressione assiale media	380 kg/cm ²	
Resistenza a flessione media	730 kg/cm ²	
Modulo di elasticità a flessione	15.000 N/mm ²	
Resistenza all'urto	Modesta	
Flessibilità	Discreta	
Conducibilità termica	$\lambda = 0,126 \text{ W/mK}$	
Umidità di equilibrio (DIN 68.100)	37%	7,0
	83%	16,4
Classe di durabilità (UNI EN 350) ¹	4	

Tabella 2.1. Caratteristiche tecniche dell'abete¹

¹ La norma UNI EN 350, dal titolo *Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno – Durabilità naturale del legno massiccio – Guida ai principi di prova e classificazione della durabilità naturale del legno*, definisce i metodi di prova per la valutazione della durabilità del legno massiccio, dei prodotti a base di legno e la relativa classificazione della specie legnosa. La classificazione di durabilità naturale del legno è riferita alla resistenza agli organismi xilofagi, funghi, insetti (coleotteri ed isoteri) e organismi marini. Per la durabilità naturale ai funghi da carie, alle termiti, agli organismi marini per le specie legnose a durame differenziato viene considerato solamente il durame, in quanto l'alburno è generalmente non durabile, mentre per la durabilità agli insetti (coleotteri) viene considerato solamente l'alburno in quanto il durame è quasi sempre resistente. Per quanto riguarda la durabilità naturale agli attacchi micotici si individuano le seguenti classi:

- classe 1: molto durabile;
- classe 2: durabile;
- classe 3: moderatamente durabile;
- classe 4: poco durabile;
- classe 5: non durabile.

Mentre per quanto riguarda la durabilità naturale agli attacchi di insetti (coleotteri e termiti) le classi sono le seguenti:

- R: resistente;
- MR: moderatamente resistente;
- NR: non resistente.

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

È un agrifoglio leggermente resinoso, con densità che dopo l'essiccazione raggiunge i 450 kg/m³. È soggetto a una lenta variazione di umidità relativa che lo rende piuttosto stabile in ambiente esterno, soprattutto dopo una corretta stagionatura e un procedimento di essiccazione in forni. L'essiccazione naturale avviene molto velocemente e può comportare fessurazioni e instabilità dei nodi.

La sua struttura tipica di legno dolce è piuttosto porosa: questo garantisce peso proprio limitato e minore conducibilità termica.

È una delle specie largamente impiegate nel settore delle costruzioni, ma la sua durabilità in ambiente esterno può essere compromessa dalla propensione a patologie da funghi e insetti che attaccano indistintamente alborno e durame. È un legno poco elastico che presenta bassa resistenza all'impatto, è dotato di una resistenza media a flessione e rottura, mentre è scarsa la propensione alla sagomatura in presenza di vapore. Le operazioni di lavorazione vengono eseguite con facilità mentre i fissaggi meccanici, anche se di semplice esecuzione, hanno modesta tenuta.

La natura porosa consente un buon incollaggio e favorisce il trattamento con sistemi preservanti; ottimi risultati vengono raggiunti con il metodo dell'impregnazione in autoclave.

CARATTERISTICHE ESTETICHE

Legno biancastro e giallognolo, di poca lucentezza soprattutto in corrispondenza delle superfici radiali, allo stato fresco emana un debole odore resinoso. Al taglio del tronco sono ben visibili anelli dall'andamento piuttosto uniforme la cui ampiezza varia in relazione al luogo in cui la pianta è cresciuta.

La superficie del legno si presenta regolare e pulita anche se possono riscontrarsi tasche di resina e legno di compressione. La tessitura varia da fine a media mentre la fibratura è fortemente influenzata dall'area di crescita. La fibratura si mantiene diritta quando coltivato in boschi coetanei regolari e poco ramosi; questa caratteristica non si presenta, invece, negli alberi isolati cresciuti in alta quota contraddistinti da folta ramosità.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La produzione di abete in area alpina e nell'Europa settentrionale avviene prevalentemente in foreste gestite a scopo produttivo in larga parte certificate dagli organismi che ne verificano la produzione sostenibile. L'abete rosso è una specie che non presenta particolari rischi ambientali; tuttavia è bene prestare attenzione al legname proveniente dalla Russia dove sono presenti foreste primarie sfruttate in assenza di regolari controlli.

La pianta caratteristica di queste foreste si sviluppa con una crescita molto lenta in rapporto alle specie provenienti da foreste gestite a scopo produttivo. Questa caratteristica la rende riconoscibile per una estrema vicinanza degli anelli di accrescimento che si attesta sotto al millimetro, mentre nelle specie provenienti dalle regioni europee la distanza varia comunemente da 2-3 mm.

APPLICAZIONE NELLE CHIUSURE VERTICALI

È un legno particolarmente adatto alla produzione degli elementi strutturali utilizzati negli edifici. Il suo impiego negli strati funzionali della chiusura non a contatto con l'ambiente esterno garantisce una buona durabilità e ottimi livelli prestazionali sia in termini energetici, per la natura porosa, che di sicurezza, per il buon comportamento alle sollecitazioni dei carichi. Tuttavia, la sua scarsa resistenza all'attacco di agenti patogeni ne limita la durabilità in ambiente esterno.

Il legno di abete è particolarmente indicato per la produzione di elementi strutturali, pannelli in legno massiccio e di tamponamento, mentre può essere utilizzato senza particolari indicazioni anche come rivestimento interno.

Il suo impiego nel sistema di rivestimento esterno non garantisce elevate prestazioni in termini di durabilità. In questo contesto applicativo è bene limitarne l'uso a climi caratterizzati da limitate escursioni igrometriche, utilizzando trattamenti preservanti e favorendone l'applicazione in corrispondenza di oggetti o altri sistemi di protezione da pioggia e radiazione solare.

È un legno tendenzialmente stabile, ma è necessario prestare particolare attenzione alla presenza di canastri che possono favorire la comparsa di evidenti deformazioni dimensionali soprattutto in presenza di ambienti umidi. Nonostante la limitata durabilità al contatto con agenti atmosferici, resta il

legno maggiormente impiegato nel settore delle costruzioni. Le buone caratteristiche meccaniche in termini di resistenza lo rendono particolarmente versatile, soprattutto per quanto riguarda la produzione di elementi strutturali e prodotti in legno ricomposto come compensati e pannelli strutturali.

2.1.2. Cedro rosso (*Thuja placata*)



Figura 2.2. Cedro rosso

PROVENIENZA E APPROVVIGIONAMENTO

L'area dove la specie cresce spontanea comprende le regioni nord-orientali degli Stati Uniti e vaste superfici del Canada sud-orientale dove sono presenti vaste foreste millenarie. Viene importato in Italia da entrambi gli stati e, in relazione all'area di provenienza, al nome commerciale viene aggiunto quello dello stato di importazione.

Nonostante il nome comune, la pianta non è un vero cedro ma appartiene alla famiglia delle Cupressaceae come il cipresso e la sequoia. La pianta, tagliata tra 120 e 150 anni, raggiunge altezze elevate comprese tra 45 e 76 m, mentre le dimensioni del fusto variano tra 1 e 4 m di diametro.

Nonostante le considerevoli dimensioni della pianta i fusti presenti sul mercato hanno dimensioni contenute, diametro di 50 centimetri e altezza che si attesta sui 18-20 m.

Massa volumica media a umidità normale*	370 kg/m ³	
Ritiro	da medio a basso	
Nervosità	Basso	
Durezza	Media	
Resistenza a compressione assiale media	410 kg/cm ²	
Resistenza a flessione media	605 kg/cm ²	
Modulo di elasticità a flessione	6.100 N/mm ²	
Resistenza all'urto	Bassa	
Flessibilità	Discreta	
Conducibilità termica	$\lambda = 0,110 \text{ W/mK}$	
Umidità di equilibrio** (DIN 68.100)	37%	7,1
	83%	16,9
Classe di durabilità (UNI EN 350)	2	

* T di 20° e umidità relativa = 65%.

** In base alla DIN 68.100, l'umidità di equilibrio è calcolata in rapporto alle prove effettuate sottoponendo il materiale da una condizione igrotermica definita normale (T di 20° e umidità relativa = 65%) a una umida (83%), e successivamente riportate all'equilibrio in ambiente più secco (37%).

Tabella 2.2. Caratteristiche tecniche del cedro rosso

L'alburno ha uno spessore assai contenuto a vantaggio del durame che raggiunge dimensioni notevoli.

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

È un legno dal peso specifico limitato, con densità pari a soli 370 kg/m³. Il legname più sottile si essicca rapidamente anche se possono comparire lievi segni di degrado. La patologia viene aggravata nel legname di maggior spessore, per il quale diventa opportuno un processo di essiccazione più lento.

Questa specie lignea ha un processo di raggiungimento dell'umidità di equilibrio molto lento che garantisce elevate prestazioni in termini di stabilità dimensionale, anche se applicato in ambienti esterni umidi e in presenza di forti escursioni igrometriche.

Mentre l'alburno è facilmente attaccabile dagli insetti, il dura-

me si presenta particolarmente resistente e, se applicato in ambiente esterno senza sistemi preservanti, attiva un processo di depolimerizzazione della cellulosa che auto-protegge naturalmente il legno. La resistenza meccanica è piuttosto bassa come la propensione alla sagomatura in presenza di vapore. È facilmente lavorabile sia a mano che a macchina ma presenta difficoltà nel fissaggi meccanici, che devono essere aumentati per consentire una buona tenuta.

È preferibile utilizzare viti o chiodi galvanizzati o in rame in quanto l'acidità del legno può causare corrosione dei metalli e alterazioni cromatiche. In particolare, se applicato in ambiente umido, possono presentarsi formazioni di colore scuro nell'immediato intorno del punto di fissaggio. L'incollaggio può essere eseguito agevolmente come il trattamento con coloranti e cere che consente eccellenti finiture.

CARATTERISTICHE ESTETICHE

È un legno non resinoso, piuttosto fragile, con un colore fortemente differenziato tra alburno e durame. Il primo è di colore biancastro, mentre il secondo a contatto con l'aria varia da rosa-porporino allo stato fresco a bruno-rossiccio.

È caratterizzato dalla massiccia frequenza di piccoli nodi, una fibratura piuttosto diritta marcata da anelli di accrescimento e una tessitura fine. Una delle caratteristiche principali è il lieve odore aromatico che continua a rilasciare anche dopo lo stato fresco. Se esposto agli agenti atmosferici, si attiva un processo di desaturazione che muta il colore verso un grigio argentato.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La pianta proviene da specifiche aree geografiche e deve essere coltivata in foreste certificate, dove viene garantito l'abbattimento selettivo degli alberi che hanno raggiunto un adeguato stato di crescita, consentendo uno sviluppo intensivo delle piante più giovani, soprattutto considerandone il lento sviluppo. Tuttavia nell'approvvigionamento è bene prestare particolari attenzioni alle garanzie di certificazione: infatti in commercio sono presenti fornitori che importano considerevoli quantità di legname proveniente da foreste millenarie del Canada occidentale.

APPLICAZIONE ALLE CHIUSURE VERTICALI

È un legno caratterizzato da elevati livelli prestazioni sia in termini di durabilità che di stabilità dimensionale. Queste caratteristiche lo rendono particolarmente indicato nelle applicazioni in esterno, in ambienti soggetti a elevata umidità relativa e considerevoli variazioni termo-igrometriche, anche per le sue qualità autoprotettive. In principio il cedro rosso veniva importato in Europa per la costruzione di mobili e oggetti di arredo: il particolare profumo, infatti, lo rendeva un legname di pregio per la realizzazione di prestigiosi pezzi di arredo. Oggi l'importazione di questa specie viene determinata dalla richiesta in altri campi di applicazioni, soprattutto per la costruzione di rivestimenti esterni in qualsiasi contesto climatico. Le elevate caratteristiche estetiche del materiale, determinate dal colore rosso acceso e dal gradevole profumo emanato, lo classificano come uno dei legnami di maggior pregio.

2.1.3. Douglas (*Pseudotsuga mensiesii*)



Figura 2.3. Douglas

PROVENIENZA E APPROVVIGIONAMENTO

Cresce spontaneo nelle foreste presenti nella parte occidentale dell'America settentrionale, della Columbia britannica e del Messico, spingendosi a Occidente sino alla costa e a Oriente sino alle Montagne Rocciose. In passato il douglas è stato introdotto anche in Gran Bretagna, Australia e Nuova Zelanda e, data la facile adattabilità della pianta al suolo, sono presenti aree di rimboscamento anche in Italia e in altre nazioni europee. Coltivato nei luoghi di origine è uno degli alberi che raggiunge le maggiori altezze. Nei boschi i fusti, privi di rami per almeno 20 m, raggiungono diametri tra 0,9 e 1,5 m e altezze pari a 95 m. In Europa le dimensioni sono ridotte, attestandosi intorno a 50 m di altezza e a diametri di circa 1 metro. La pianta raggiunge un'età di 500-700 anni e i singoli esemplari possono superare i 1000 anni di età.

Massa volumica a umidità normale	530 kg/m ³	
Ritiro	Basso	
Nervosità	Modesta	
Durezza	Mediocre	
Resistenza a compressione assiale	350-620 kg/cm ²	
Resistenza a flessione	490-1.080 kg/cm ²	
Modulo di elasticità a flessione	13.000 N/mm ²	
Resistenza all'urto	Bassa	
Flessibilità	Discreta	
Conducibilità termica	$\lambda = 0,110 \text{ W/mK}$	
Umidità di equilibrio (DIN 68.100)	37%	8,3
	83%	16,1
Classe di durabilità (UNI EN 350)	Legno americano	3
	Legno europeo	4

Tabella 2.3. Caratteristiche tecniche del douglas

Nei luoghi adatti il douglas cresce velocemente e presenta incrementi del 100% maggiori rispetto all'abete rosso. La specie è caratterizzata da rapido accrescimento unito a facile adattamento alle condizioni ecologiche, tanto da prestarsi a rimboscamenti in aree diverse da quelle di crescita spontanea.

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

Il douglas appartiene ai legni mediamente pesanti con massa volumica di 550 kg/m³. L'essiccazione è piuttosto rapida e generalmente non presenta eccessivo imbarcamento; a volte possono generarsi fessurazioni in corrispondenza dei nodi che tendono ad allentarsi. Per ottenere una buona stabilità del materiale, dopo la fase di essiccazione è necessaria una lunga stagionatura. Il legno posato in opera è quindi stabile e presenta una elevata rigidità, resistenza a flessione e a rottura, mentre la resistenza all'impatto si colloca nella media. È

un legno dolce con una struttura porosa che garantisce peso proprio limitato e bassa conducibilità termica. Il douglas raggiunge rapidamente l'umidità di equilibrio e, se messo in opera in climi caratterizzati da elevate escursioni igrotermiche, può generare fessurazioni. L'alburno chiaro è poco esteso e nettamente separato dal durame. Il douglas importato proviene da piante piuttosto vecchie che contengono una porzione elevata di legno con anelli annuali ravvicinati dello spessore di circa 1 mm. Questa caratteristica genera zone di legno tardivo sottili che conferiscono al durame un colore più chiaro. Il legname prodotto in Europa proviene, invece, da piante relativamente giovani e risulta meno durevole di quello americano. Presenta una porzione di legno con anelli spessi, distinti da colore rosso con chiare strutture fiammate e striate. Mentre il legno con anelli stretti possiede ottime caratteristiche di lavorabilità, quello con anelli spessi è difficile da lavorare e si fende facilmente. Prima di effettuare un fissaggio con chiodi o viti è quasi sempre necessaria una perforatura. È un legno mediamente durevole soggetto ad attacchi di insetti; essendo molto resinoso l'impregnazione con prodotti preservanti risulta particolarmente difficoltosa. Se applicato a contatto con l'ambiente esterno l'utilizzo di elementi composti di solo durame consente risultati più resistenti agli agenti patogeni.

CARATTERISTICHE ESTETICHE

Le caratteristiche estetiche cambiano in funzione dei luoghi di crescita della pianta. L'alburno è leggermente meno scuro del durame e varia il colore dal biancastro al roseo, mentre la sua dimensione aumenta proporzionalmente con l'avvicinarsi alla costa. Il tipo montano è contraddistinto da tessitura fine con durame di colore roseo-giallognolo, mentre nel tipo co-

stiero la tessitura è di tipo medio con durame rosso-arancio o rosso-cupo.

Su superfici ottenute da taglio in parallelo gli anelli di accrescimento determinano una figura piuttosto marcata. La tessitura è media e uniforme, mentre la fibratura che si presenta nella maggior parte dei casi sottile e diritta, in altri casi può apparire ondulata o elicoidale.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Il douglas proveniente dall'Europa viene coltivato in foreste gestite a scopo produttivo, molte delle quali con sistema di gestione certificato.

Lo stesso può avvenire per quello importato da America e Canada, anche se in alcuni casi viene prelevato da foreste vergini di origine millenaria incidendo negativamente sull'ecosistema.

APPLICAZIONE NELLE CHIUSURE VERTICALI

Il legno di douglas è dotato di una buona stabilità dimensionale, resistente a fenomeni di imbarcamento e svergolamento. Tuttavia il durame non è del tutto resistente all'attacco di funghi e batteri, per questo nell'impiego come rivestimento esterno in ambienti a elevata umidità relativa è importante il trattamento con sistemi preservanti.

È particolarmente indicato per realizzare travi e pilastri utilizzati a fini strutturali, o in sezioni più ridotte come montanti e traversi che costituiscono la struttura di tamponamento delle chiusure verticali.

Nel mercato delle costruzioni viene impiegato anche per la realizzazione di infissi, strutture, facciate e nella produzione di compensati e pannelli strutturali.