



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea in Design e Comunicazione

LEGGNO E DESIGN

Dal calore del legno tradizionale
alla leggerezza del legno
trasparente

Relatrice:
Beatrice Lerma

Co-relatore:
Giulio Malucelli

Candidati:
Luis Francisco Sanabria Bravo
Simone Salomone



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e Comunicazione
A.a. 2022/2023
Sessione di Laurea Luglio 2023

Legno e Design

Dal calore del legno tradizionale alla leggerezza del legno trasparente

Relatrice:

Beatrice Lerma

Co-relatore:

Giulio Malucelli

Candidati:

Luis Francisco Sanabria Bravo
Simone Salomone

Abstract

Il presente lavoro di tesi intende approfondire, attraverso il **rapporto con il mondo del design**, il materiale **legno** e i suoi sviluppi fino alle innovazioni più recenti, con un particolare **focus sul tema della trasparenza**.

La ricerca inizia con una sezione dedicata ad alcuni **cenni storici** sul rapporto uomo/legno e sulle figure più rilevanti nell'ambito della progettazione con il materiale ligneo. Segue un'introduzione del materiale e delle fasi che lo porteranno a passare **dall'albero al segato**. Il capitolo successivo analizza le **filiera produttive del legno** su scala mondiale, europea e italiana e approfondisce, regione per regione, le principali filiere artigianali italiane. Segue una panoramica delle **principali proprietà** e un approfondimento sul comportamento alla fiamma.

Nel capitolo successivo il lavoro di ricerca prosegue con una serie di schedature relative ai **principali semilavorati del legno e alle più importanti tecniche di finitura**. I due capitoli successivi hanno l'obiettivo di esplorare le innovazioni del legno da due punti di vista: nel primo sono approfonditi i **nuovi materiali a base legno**, mentre nel secondo sono analizzati i **materiali che imitano il legno**. Entrambi i capitoli sono sviluppati attraverso una serie di **schedature** volte a classificare una selezione di casi studio di materiali, di aziende e di prodotti.

Attraverso una lettura critica delle sezioni precedenti, la ricerca prosegue con un **excursus sul tema della trasparenza**. Lo step successivo consiste nell'approfondimento del materiale protagonista del capitolo, ovvero il **legno trasparente**, analizzato dal punto di vista della storia, delle proprietà, dei processi, delle applicazioni e della sostenibilità. Attraverso schedature e letture critiche dei dati raccolti e dei casi studio, infine, vengono definite delle **linee guida progettuali** legate ad ambiti specifici.

Indice dei contenuti

INTRODUZIONE	8
1. IL LEGNO	
1.1 Cenni storici	12
1.2 Come nasce il legno, dall'albero al segato	18
1.2.1 L'albero	18
1.2.2 L'albero: destinazione d'uso delle sue parti utili	19
1.2.3 Nomenclatura del tronco	20
1.2.4 Tipologie di taglio del legno	22
1.2.5 Processo produttivo	24
1.2.6 La silvicoltura	28
1.2.7 L'arboricoltura	28
2. LE FILIERE PRODUTTIVE	
2.1 Filiere del legno mondiali	32
2.2 Filiere del legno europee	34
2.3 Filiere del legno italiane	36
2.4 Filiere artigianali italiane	40
#1 Piemonte	
#2 Valle d'Aosta	
#3 Liguria	
#4 Lombardia	
#5 Trentino Alto Adige	
#6 Veneto	
#7 Friuli Venezia Giulia	
#8 Emilia Romagna	
#9 Toscana	
#10 Marche	
#11 Umbria	
#12 Abruzzo	
#13 Lazio	
#14 Molise	
#15 Campania	
#16 Basilicata	
#17 Puglia	
#18 Calabria	
#19 Sicilia	
#20 Sardegna	
3. CLASSIFICAZIONE DEI LEGNI, DEI DIFETTI E DELLE PROPRIETÀ	
3.1 Classificazione dei legni	64
3.1.1 Classificazione degli alberi	64
3.1.2 Classificazione delle essenze	64
3.1.3 Schedatura delle specie	65
01 Frassino	
02 Rovere	
03 Noce	
04 Teak	
05 Betulla	
06 Abete bianco	
3.2 Classificazione dei difetti	72
3.2.1 Tipologie di difetti	72

3.2.2	Difetti naturali		72
3.2.3	Difetti causati dalle lavorazioni		75
	Caso studio Enzo Mari e diecimila milioni di alberi di sugi		76
3.3	Proprietà del legno		78
3.3.1	Proprietà tecnologiche		78
3.3.2	Proprietà organolettiche		80
3.3.3	Proprietà fisico-meccaniche		82
3.3.4	Durabilità del legno		86
3.3.5	Coefficienti di dilatazione/ritiro in base all'umidità		87
3.3.6	Comportamento alla fiamma		88
	Caso studio Molecular Heat Eater (MHE)		89
	Caso studio Shou Sugi Ban		89
4. SEMILAVORATI E FINITURE			
4.1	Semilavorati del legno		92
01	Legno massello	06	Tamburato
02	Lamellare e listellare	07	MDF
03	Paniforte	08	Truciolare
04	Compensato e multistrato	09	OSB
05	Tranciato per impiallacciatura	10	Pannelli in lana di legno
4.2	Tecniche di finitura del legno		114
01	Levigatura e lucidatura	06	Laccatura
02	Spazzolatura	07	Verniciatura
03	Taglio sega	08	Decapaggio
04	Oliatura	09	Ossidatura
05	Ceratura		
5. NUOVI MATERIALI A BASE LEGNO			
5.1	Schedatura dei materiali		128
5.1.1	Obiettivi della selezione		128
5.1.2	Modalità e criteri di schedatura		129
01	Timber Terrazzo	09	Acoustic Baffle
02	Liquidwood	10	Dukta Flexible Wood
03	Forust	11	Isoflam
04	Airwood e Woowood	12	Wood-Skin
05	Bois Larmé	13	Re-Veneer
06	Superpan	14	UPM ProFi
07	LignoTUBE	15	SLIM
08	Lumine		
5.2	Mappatura dei materiali		160
5.3	Schedatura dei casi studio		164
5.3.1	Modalità e criteri di schedatura		164

01	Green Lantern	13	Wonsole
02	Cocoon	14	Table Round
03	Stix	15	Mui Board
04	Lumino	16	Ipsium
05	Ora Series	17	Programable Table
06	FOLIO	18	Wood Eagle
07	Chester	19	Dundee
08	Sibirjak	20	Cajalun
09	Zartan Raw Chair	21	Culbuto
10	Penne Chair	22	Vine
11	Marsupio	23	Wood Clutch
12	Squama	24	Tuesa

6. NUOVI MATERIALI CHE IMITANO IL LEGNO

6.1	Schedatura dei materiali			196
6.1.1	Obiettivi della selezione			196
6.1.2	Modalità e criteri di schedatura			197
01	PLAW	08	Karuun	
02	Uonuon	09	Søuld	
03	Hempwood	10	Cocoboard	
04	Green Blade	11	Canapalithos	
05	NewspaperWood	12	Novofibre Panel	
06	Ekoa	13	Paper Wood	
07	Bamboo X-treme	14	Sincrolam CLPL	
6.2	Mappatura dei materiali			226
6.3	Schedatura dei casi studio			230
6.3.1	Modalità e criteri di schedatura			230
01	Hanai Ecowood	10	Rocking Horse	
02	Isola	11	Momentum	
03	Alcantara Wood	12	Bird Chaise Chair	
04	Transparent Table	13	El Capitan	
05	Framed	14	Veneris	
06	Ekoa Tulip Chair	15	Peugeot Onyx e Exalt	
07	PLAW Furniture	16	ET7	
08	Coffee Table	17	Café Za	
09	Sgabello Jean			

7. IL LEGNO TRASPARENTE

7.1	Introduzione			256
7.1.1	Il legno e la trasparenza			256
7.2	Principali grandezze fisiche			258

7.3	Tappe storiche	260
7.4	Processi produttivi	263
7.4.1	Metodo con delignificazione	263
7.4.2	Metodo con modificazione della lignina	266
7.4.3	Comparativa tra i due metodi	270
7.4.4	Metodo attraverso rimozione selettiva della lignina	273
7.5	Proprietà	276
7.5.1	Proprietà ottiche	276
7.5.2	Proprietà fisico-meccaniche	279
7.6	Tecniche di lavorazione e rivestimento	282
7.7	L'industria	286
7.7.1	Dal laboratorio alla produzione industriale	286
7.7.2	Ambiti d'impiego	287
	Caso studio Woodoo	288
	Caso studio Guerlain, Marquardt, BHTC, Tiaso, Switchr, Carrè Senart, MuiBoard, Lumes Wood	290
7.8	Comparativa con altri materiali	292
7.8.1	Legno trasparente e vetro	292
7.8.2	Legno trasparente e PMMA	293
7.8.3	Legno trasparente e legno naturale	294
7.9	Sostenibilità ambientale	295
7.9.1	Ecosostenibilità del processo	295
7.9.2	Fine vita	296
7.9.3	TW 100% bio-based	297
8. LINEE GUIDA PER IL LEGNO TRASPARENTE		
8.1	Proposte per lo sviluppo di nuove applicazioni	300
	Legno trasparente e arredamento	302
	Legno trasparente e mobilità	304
	Legno trasparente e illuminazione	306
	Legno trasparente e dispositivi elettronici	308
	Legno trasparente e arredo urbano	310
CONCLUSIONI		313
BIBLIOGRAFIA		316
SITOGRAFIA		318

Introduzione

Il legno è **uno dei materiali di origine naturale più antichi utilizzati dall'uomo**. Questo materiale si è evoluto gradualmente nel corso della storia rimanendo costantemente al passo coi tempi; verso la **metà del XIX secolo** il legno è protagonista di una vera e propria svolta, ossia **l'introduzione dei primi semilavorati** ottenuti con questo materiale. Da questo periodo in poi la ricerca e gli studi relativi a questi prodotti non si sono più fermati, fino ad arrivare agli **ultimi decenni**, periodo in cui, data la crescente importanza delle tematiche ambientali, si è posta sempre maggiore attenzione agli aspetti legati all'**ecosostenibilità** e agli **impatti del fine vita**.

Due importanti ambiti di ricerca sono quello relativo ai **nuovi materiali a base legno** e quello relativo ai **nuovi materiali che imitano il legno**. Un aspetto che accomuna entrambi gli ambiti è quello dell'**interesse verso i temi della trasparenza e della translucenza**, ampiamente approfonditi ed esplorati da un nuovo materiale, il legno trasparente/traslucido.

Il **legno trasparente/traslucido**, protagonista della seconda parte della tesi, attualmente è oggetto di crescente interesse. Si tratta di un materiale derivato dal legno in grado di fornire **eccellenti proprietà meccaniche e ottiche**, senza rinunciare alla matericità e all'espressività estetica del materiale di partenza.

L'obiettivo che questo lavoro di tesi si pone è quello di **comprendere il potenziale del legno trasparente/traslucido**, in modo da fornire delle **linee guida progettuali** riguardanti le possibilità di utilizzo di questa tecnologia come alternativa ai materiali tradizionali.

La ricerca inizia con alcuni **cenni storici sul legno**, sul suo legame con l'uomo e sul suo rapporto con le figure più rilevanti nell'ambito del design di prodotto. Il lavoro prosegue attraverso l'**analisi dell'albero**, delle sue caratteristiche e di tutte le fasi che lo porteranno a diventare materiale segato.

Successivamente, si è deciso di ampliare la scala di quest'analisi concentrando la propria attenzione sulle **filiera produttive del legno** a livello globale, europeo e italiano. Quest'ultima, infine, è approfondita attraverso una seconda chiave di lettura, ossia il rapporto con l'artigianato e le tradizioni locali.

Il terzo capitolo classifica il legno sotto diversi punti di vista, partendo con la **catalogazione delle essenze legnose** per poi proseguire con la descrizione dei principali **difetti del legno**. In seguito, sono analizzate le **proprietà** tecnologiche, organolettiche e fisico-meccaniche del legno; le ultime sezioni, infine, trattano la durabilità e il comportamento del legno alle variazioni di umidità e alla fiamma.

La disamina sul legno tradizionale si conclude con la schedatura dei **principali semilavorati** e delle **più importanti tecniche di finitura del legno**.

I due capitoli successivi, strutturati in modo da poter essere letti in parallelo, approfondiscono, attraverso schedature di materiali e casi studio di prodotto dove questi materiali sono applicati, le **innovazioni del legno**. Nel capitolo 5 sono analizzate alcune delle principali novità in ambito semilavorati del legno, ossia materiali che puntano a migliorare alcune caratteristiche o a emulare le proprietà di altri materiali. Nel capitolo 6, al contrario, sono esplorati quei materiali che imitano il legno sotto diversi punti di vista, dall'aspetto estetico fino alle proprietà.

Dalla lettura critica delle sezioni precedenti è emerso un interesse da parte del mondo della progettazione verso il tema della trasparenza e della traslucenza. Il **legno trasparente**, materiale protagonista del capitolo, è analizzato dal punto di vista della **storia**, delle **proprietà**, dei **processi**, delle **applicazioni** e della **sostenibilità**.

Infine, sono state sviluppate delle **proposte di possibili nuove applicazioni** di legno trasparente/traslucido anche in sostituzione di alcuni materiali tradizionali attualmente ampiamente impiegati.





Capitolo 1

IL LEGNO

1.1 Cenni storici

L'albero e la materia che da esso si ottiene, il legno, hanno accompagnato l'uomo nella sua evoluzione, offrendogli dapprima riparo e fuoco, armi e utensili, fino ad essere oggi riconosciuto come risorsa indispensabile per la salvaguardia del pianeta e della vita umana.

Il legno è stato il **materiale dominante per la costruzione di mobili sin dai tempi antichi**. La decorazione e lo stile dei mobili si sono evoluti di pari passo con l'evoluzione del patrimonio artistico, culturale e tecnico delle società. Gli aspetti di efficienza e di economia di utilizzo del legno come materiale sono stati stimolati nel corso del tempo, da un lato, dal graduale esaurimento dei legni pregiati e, dall'altro lato, dall'incremento dei commerci internazionali di mobili e del legno come materia prima.

Compensato e impiallacciatura, come tanti dei semilavorati ricavati dal legno, hanno un'origine che può essere ricondotta a prima del 3000 a.C.. La prima civiltà a sviluppare e sperimentare l'**impiallacciatura del legno** è stata quella dell'**Antico Egitto**, che ha visto nascere questa tecnica a causa della scarsa presenza di specie legnose pregiate sul proprio territorio [fig. 1]. Questo metodo di nobilitazione del legno, nei secoli successivi, è stato esportato e assimilato dalla civiltà Greca e da quella Romana, che presto si specializzarono nella produzione di prodotti in legno impiallacciato.

Per quanto riguarda i **compensati**, rispetto ai compensati decorativi (costituiti principalmente da legni duri), il compensato di legni dolci è di origine relativamente recente. La produzione di questi ultimi iniziò nella seconda metà dell'800 negli Stati Uniti [fig. 2], per poi diffondersi in molte altre parti del mondo. Nacque come alternativa al legno massello e si otteneva attraverso l'incollaggio di sottili strati di legno tagliati a coltello, con le fibre degli strati orientate in modo alternato. L'industria dei compensati [fig. 3] iniziò a crescere rapidamente nel periodo della prima e della seconda guerra



Figura 1 Cofanetto impiallacciato rinvenuto nella tomba del Re Tutankhamon, 1300 a.C. circa, Egitto.



Figura 2 Sedia Belter con schienale in compensato stampato, 1860 circa, New York.



The Strongest Canoe Ever Built

the NEW HASKELL

SAFEST!

LIGHTEST!

FASTEST!

3420 POUND!

Seven grown men, a six-foot length of 12x12 inch solid oak timber, a hull full to the gunwale of damp sand—all suspended between two narrow supports at either end of the canoe.

Three thousand, four hundred and twenty pounds... almost one and three-quarter tons! And the Haskell, taken from stock, says at the center less than 1/16 of an inch—with not a single crack or warp! This same Haskell has, since the above test, seen several seasons of hard use, and still is in perfect condition!

and most Beautiful of all Canoes

Figura 3 Brochure che pubblicizza le qualità del compensato con cui è realizzata la canoa Haskell 1930 circa, USA.

mondiale, per poi espandersi notevolmente con l'arrivo dei nuovi materiali adesivi e diventare uno dei semilavorati del legno più prodotti nel corso degli ultimi 50 anni.

Nel corso del **XX secolo**, ha avuto un effetto significativo sull'uso del legno lo **sviluppo di materiali compositi a base di legno**. Tra loro figurano i pannelli di fibra con processo a umido (per es. truciolare).

Il **truciolare** (masonite) si è poi evoluto all'inizio del XX secolo con l'obiettivo di utilizzare truciolari, segatura o legno di piccole dimensioni nella fabbricazione di pannelli. **In Italia** nel 1936, a causa di un embargo internazionale che vietava anche l'importazione di legname, ebbe inizio la produzione di un materiale simile alla masonite chiamato **faesite** (dal nome della frazione Faé di Longarone dove veniva prodotto). Questo materiale era ottenuto dagli scarti dell'industria del legname, allora ancora fiorente nella valle del Piave, sopperendo così alla mancanza della materia prima [fig. 4] [1].

Nel 1988 viene sviluppata una nuova tecnica innovativa di piegatura del legno (**Compwood**) che, per la prima volta nella storia, può essere **piegato e modellato a freddo** secondo le più disparate conformazioni [fig. 5]. Il processo si basa sul riscaldamento e sulla successiva compressione delle fibre del legno (faggio e frassino) all'80% della loro lunghezza [2]. Attualmente, il campo dei materiali derivati del legno è uno di quelli con il maggior livello di crescita in termini di volumi e varietà di produzione.

Nel corso della storia sono molte le figure che hanno impiegato in modo nuovo il legno. Nelle righe a seguire sono descritti tutti coloro che storicamente, nell'**ambito della progettazione**, sono stati esempi di abilità, ingegno e creatività, volti all'applicazione industrializzata del legno.

Il legno, insieme al vetro e alla ceramica, fu la materia trattata dai primi progettisti che, ad inizio '800, inaugurarono in Euro-



Figura 4 Copertina illustrata della Società Anonima Faesite, 1938, Padova.



Figura 5 Campione di legno piegato con la macchina industriale brevettata da Compwood.

[1] John N. Owens, H. Gyde Lund, "Forests and forest plants", Vol. 2, capitolo "History, Nature, and Products of wood" a cura di Robert L. Youngs, Oxford, EOLSS Publishers, 2009.
https://books.google.it/books?id=9dqCwAAQBAJ&hl=it&source=gbs_navlinks_s
[2] <http://compwood.com/processen/>
(Ultima consultazione 28/06/23)

pa la nuova disciplina del design. Una delle prime figure ad abbracciare il binomio legno-progetto fu **Michael Thonet**, che nel 1855 giunse ad una svolta tecnologica chiave. Dopo anni di flessione del legno laminato, scoprì che il legno massello poteva essere piegato mediante l'utilizzo del vapore, bloccando gli estremi del pezzo su di una dima metallica. Il principio progettuale chiave dell'azienda era quello di produrre il maggior numero di modelli di sedie con il minor numero di componenti. In questo modo, Thonet fu in grado di aumentare la produzione da 10.000 sedie all'anno nel 1857 a 1.810.000 entro il 1913. La loro strategia ebbe molto successo e nel 1930 furono venduti oltre 50 milioni di esemplari di sedia n. 14 [fig. 6].



Figura 6 Sedia N° 14 montata, disassemblata e ingombro di spedizione di 36 sedie smontate.

L'architetto e designer scandinavo **Alvar Aalto** è sicuramente uno dei profili più rilevanti dell'intera storia del design mondiale. In collaborazione con la moglie Aino Marsio, avviò a metà degli anni venti una stretta e produttiva collaborazione (per es. la fabbrica di arredi Artek). Parallelamente avviò sperimentazioni tecniche per l'impiego del legno multistrato, andando a sfruttare l'estrema versatilità di questo tipo di semilavorato. Le proprietà e le caratteristiche peculiari del multistrato curvato permisero all'autore di valicare certe frontiere della progettazione fino ad allora inesplorate. L'elasticità che consente l'oscillazione delle sedute a sbalzo, la resistenza che permette alle strutture di sopportare carichi notevoli e ancora tante altre, erano e sono le caratteristiche fondamentali alla base del successo di Aalto e del compensato curvato in due dimensioni [fig. 7].



Figura 7 Sgabello N° 60, dettaglio delle gambe in multistrato curvato, brevetto del 1934.

Gerrit Thomas Rietveld, celebre architetto e designer olandese, è riconosciuto come uno dei massimi esponenti della corrente De Stijl. Rietveld, prima di essere uno straordinario architetto fu un artigiano e più precisamente un falegname. Di conseguenza, il suo rapporto col legno risulta essere maggiormente privilegiato rispetto a quello di altri autori, che con questo materiale hanno comunque dovuto fare i con-



Figura 8 Red and Blue Chair, 1918, produzione Cassina. Zig Zag Chair, 1934, produzione Cassina.

ti. L'interesse e la volontà di portare avanti le proprie sperimentazioni espressive attraverso il materiale ligneo è ben evidente nel progetto della sedia manifesto "Red and Blue Chair" e nella successiva "Zig Zag Chair" [fig. 8] che rappresenta, attraverso un'unica pulita ed essenziale linea che unisce gambe, seduta e schienale, la sintesi del proprio percorso di falegname e progettista.

Il 1940 è una data fondamentale per tutto il design mondiale. Per il concorso Organic Design in Home Furnishings indetto dal MoMA nel 1940, gli architetti e designer americani **Charles Eames** e **Eero Saarinen** realizzarono il progetto Lounge Chair Wood, LCW [fig. 9]. Il modello presentato non poteva essere prodotto poiché non esisteva né un'industria, né una tecnica adeguata. Di conseguenza, i due designer realizzarono per la prima volta nella storia, mediante la loro Kazam machine (una macchina domestica autocostruita per la curvatura del compensato), la tecnica di piegatura tridimensionale del compensato [fig. 10]. Con tale progetto si consolidarono come i progettisti più intraprendenti della loro epoca e grazie alle loro abili doti artigiane e tecniche poterono giungere a grandi risultati dal punto di vista del prodotto industriale.

Negli anni '40 e '50, l'esplosione del design a Milano crea l'immagine elegante, alla moda e moderna dell'arredamento italiano. A Torino, spicca la figura di **Carlo Mollino**, che lavorava sulle forme naturali e quelle animali al fine di individuare il cosiddetto "surreale aerodinamico". Molti degli arredi da lui progettati in quegli anni testimoniano una ricerca nell'ambito dell'architettura spontanea, rivolta soprattutto ad un trattamento artigianale dei materiali, e che esprime le sue passioni per lo sci e la montagna (dove il legno assume un ruolo centrale). Negli anni '50 introdusse l'utilizzo del compensato curvato disegnando tavoli e sedie ottenuti attraverso la piegatura di un foglio di compensato. L'interesse di Mollino per la velocità e l'aeronautica conferisce



Figura 9 Lounge Chair Wood, 1940, produzione Vitra (Europa) e Herman Miller (USA).



Figura 10 La Kazam machine impiegata da Eames e Saarinen nella realizzazione della LCW.



Figura 11 Tavolo Reale, 1947, produzione Zanotta.

un aspetto aerodinamico agli oggetti da lui progettati negli anni immediatamente successivi e si traduce soprattutto nelle strutture di supporto di sedie, poltrone e tavoli (ad es. il Tavolo Reale) [fig. 11].

A Milano, invece, un ruolo importante è ricoperto da **Gio Ponti**, uno dei più celebri architetti e designer italiani del novecento. Quello di Ponti è un approccio multidisciplinare, eclettico e prolifico, a cavallo tra tradizione e contemporaneità. Questa filosofia è alla base di uno dei suoi progetti più importanti, ossia la Superleggera [fig. 12], redesign della classica sedia italiana, la chiavarina. Impiegando alcune delle tecnologie più innovative dell'epoca, il legno di frassino viene portato alle sue più estreme capacità (meccaniche) attraverso la conformazione della struttura che, grazie alla sua sezione triangolare, permette alla sedia di raggiungere la massima leggerezza, robustezza e comodità.

Figura che si inserisce nel contesto del disegno industriale attraverso una lettura profondamente critica della società dei consumi, è **Enzo Mari**. Autocostruzione [fig. 13] è il progetto che meglio sintetizza il "fare design" per Mari e consiste in un manuale per la costruzione di mobili da parte del fruitore finale mediante semplici tavole di legno grezze e chiodi. Il suo è un design pedagogico, volto ad istruire l'uomo alla qualità del lavoro e non ad una fruizione dell'oggetto distaccata dalla sua creazione. Tra gli altri suoi progetti legati al materiale legno molto importanti sono, il puzzle "16 animali" [fig. 14], concepito per ricavare da un'unica tavola di legno e con un unico taglio continuo varie sagome di animali, e "Enzo Mari e diecimila milioni di alberi Sugi", percorso di salvaguardia e valorizzazione della filiera e dell'artigianato locale dell'albero di Sugi, specie legnosa tipica del Giappone.

Altra figura legata al materiale legno è **Vico Magistretti**, designer in grado di combinare tecnica con materiali vecchi e nuovi al fine di ottenere oggetti semplici da produr-



Figura 12 Comunicazione della Superleggera in una foto di Giorgio Casali per Domus, 1957, Milano.



Figura 13 Enzo Mari durante l'assemblaggio della sedia concepita nel progetto Autocostruzione.



Figura 14 Puzzle "16 Animali", legno di rovere, 1957, produzione Danese Milano.



Figura 15 Libreria Nuvola Rossa, legno di faggio laccato, 1977, produzione Cassina.

re con funzionalità e gestualità nuove. Un chiaro esempio è la Libreria Nuvola Rossa [fig. 15], la quale richiama l'idea di scala appoggiata al muro. La libreria è costituita da una struttura a traverse laterali, con due braccetti semifissi che ruotando permettono l'apertura laterale e il posizionamento degli scaffali. Il materiale legno è al centro nel progetto della Sedia Carimate, rielaborazione della tipica sedia impagliata tramite elementi propri del design scandinavo, e nel Tavolo Vidun [fig. 16], in cui Magistretti studia un giunto a vite interamente in legno per la regolazione dell'altezza del piano in vetro.

Spostando il proprio sguardo alla fine degli anni '80, di particolare importanza è il progetto della Wood Chair [fig. 17], che il designer australiano **Marc Newson** realizza per una mostra a Sydney. La decisione di partecipare all'allestimento, ha posto Newson di fronte alla sfida di adattare il suo stile personale alle qualità intrinseche del legno, materiale per lui insolito, allora come in seguito. Punto focale della visione di Newson è la disciplina che sottostà al suo istintivo senso per la forma. La poltrona Wood è uno dei primi esempi di questa filosofia di design basata sulle qualità intrinseche del materiale, in questo caso il pino della Tasmania, letteralmente disteso per metterne in luce la sua naturale bellezza e le sue possibilità progettuali.

La sperimentazione materica che porta alla generazione di forme insolite e anti-convenzionali è alla base dell'approccio dei **fratelli Campana**. Il legno è diventato protagonista dei loro studi in diversi progetti, come Favela [fig. 18], poltrona realizzata in piccoli pezzi di legno assemblati assieme con l'obiettivo di raccontare l'arte dell'arrangiarsi delle Favelas brasiliane. Blow Up, invece, è una serie di oggetti realizzati in bambù che sottolineano l'interesse dei due fratelli nel dare valore a materiali poveri e all'idea del "fatto a mano". Sobreiro [fig. 18], infine, rappresenta la sperimentazione e lo studio dei fratelli Campana sulle possibilità progettuali del sughero [3][4].



Figura 16 Tavolo Vidun, legno di faggio, 1987, produzione De Padova.



Figura 17 Wood Chair, legno di pino, 1992, produzione Cappellini.



Figura 18 Sedia Favela, legno di pino e teak, 1991, produzione Edra. Armadio Sobreiro, sughero, 2018.

[3] Domitilla Dardi, Vanni Pasca, "Manuale di Storia del Design", Milano, Silvana Editoriale, 2019.

[4] <https://www.sbandiu.com/category/designer/> (Ultima consultazione 26/04/23)

1.2 Come nasce il legno, dall'albero al segato

1.2.1 L'albero

Un albero è una pianta perenne (cioè che vive più di due anni), legnosa, che ha un fusto a forma di cilindro detto tronco e si espande verso l'alto con rami che possono avere varia forma e disposizione, sui quali crescono le foglie. Gli alberi si distinguono da altre piante, come gli arbusti e le erbe, soprattutto per la statura [5]. Quasi tutti i vegetali sono composti da una parte aerea, ossia al di fuori del terreno, e una parte sotterranea.

Osservando un albero è possibile distinguere tre parti [fig. 1].

- **Radici:** hanno due funzioni principali:
 1. assorbire dal terreno acqua e sali minerali, necessari alla pianta per fabbricarsi il nutrimento;
 2. tenere la pianta ancorata al terreno.
- **Fusto:** collega le radici alla chioma e generalmente si sviluppa fuori dal terreno, crescendo verso l'alto. Le piante necessitano della luce per vivere ed è grazie al fusto che riescono a portare le loro foglie in alto, per catturare più agevolmente i raggi solari. Oltre a questa funzione, il fusto serve alla pianta per:
 1. sostenere i rami, le foglie, i fiori e i frutti;
 2. trasportare dalle radici alle foglie l'acqua e i sali minerali, cioè la linfa grezza, attraverso dei piccoli canali che si trovano nel fusto, detti vasi;
 3. trasportare e distribuire a tutta la pianta il nutrimento, ovvero la linfa elaborata, attraverso altri vasi.
- **Chioma:** è costituita dal complesso dei rami, dei ramoscelli e delle foglie di un albero. Tutte le foglie contengono la clorofilla, una sostanza di colore verde prodotta dalla pianta per catturare la luce attraverso un'operazione nota come fotosintesi clorofilliana [6].

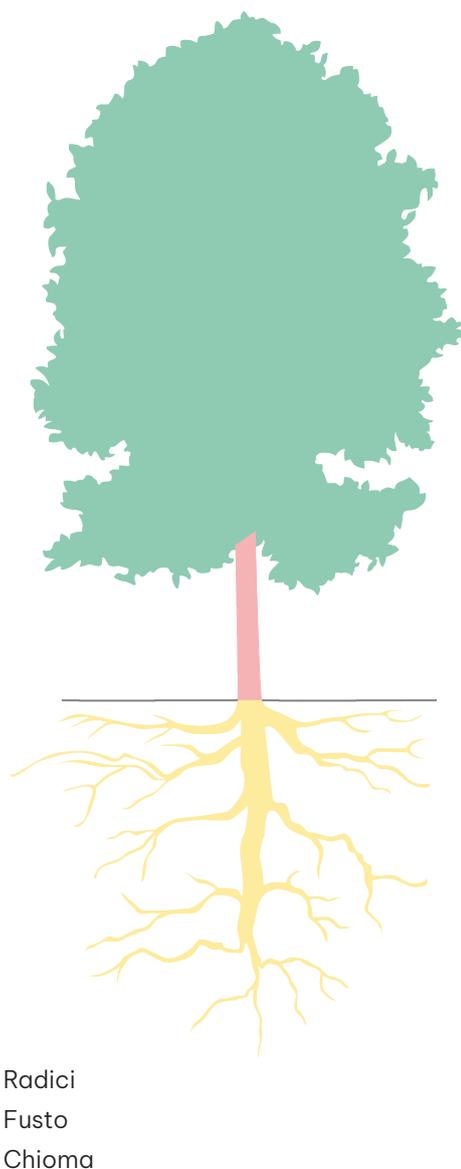


Figura 1 Schema delle parti che compongono la struttura dell'albero.

[5] <https://www.treccani.it/vocabolario/albero/>
(Ultima consultazione 27/04/23)

[6] A. Bernasconi, G. Schickhofer, K. Frühwald, G. Traetta, "Il materiale legno, Vienna, promo_legno Editore, 2005.

1.2.2 L'albero: destinazione d'uso delle sue parti utili

L'albero può anche essere classificato e suddiviso secondo quelle che sono le sue parti utili, ossia quelle che sono destinate ad essere impiegate da parte dell'uomo [fig. 2].

- **Primo fusto o tronco di terra** (fino a 3 m di altezza): da esso si ricavano tronchi destinati a sfogliatura (ad esempio fogli per compensati) e tranciatura (ad esempio fogli per impiallacciatura). È la parte più pregiata della pianta in quanto è quella che presenta meno difetti e in cui vi è una maggiore presenza di durame (la parte più interna del tronco che, essendo la parte più vecchia della pianta, risulta essere quella più stabile ed anche quella meno soggetta agli attacchi di parassiti) [7].
- **Secondo fusto o tronco medio** (da 3 m a 10 m di altezza): da esso si ottengono legnami da lavoro per usi grossolani (ad es. carpenteria). Il minor pregio deriva dalla maggior presenza di nodi. Inoltre, il legno ricavato da quest'area dell'albero è impiegato come materia prima anche dall'industria cartiera [8].
- **Chioma:** è composta dal tronco di coda, destinata a legno da costruzione, industriale o come legna da ardere, e dai rami, spesso impiegati come legna da ardere. In aggiunta, dato il ridotto diametro dei tronchi (da 4-10 cm circa), questo tipo di legname è solitamente utilizzato nella fabbricazione di pannelli truciolari [9].

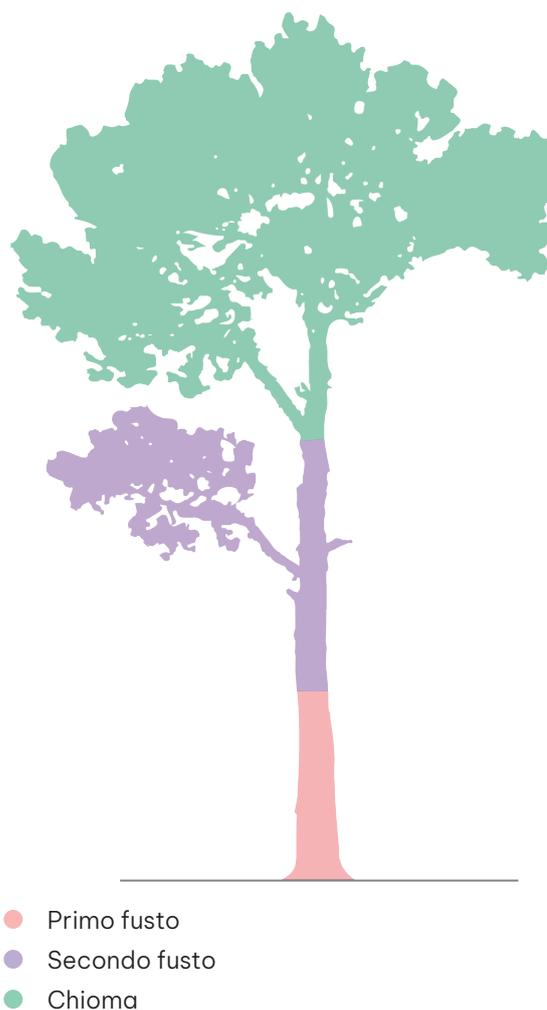


Figura 2 Schema dell'albero suddiviso secondo le sue parti utili.

[7] <https://imballaggi Galli.com/sezioni-di-un-tronco-e-tipologie-di-taglio/>

(Ultima consultazione 27/04/23)

[8] Città Metropolitana di Torino, "Legno della provincia di Torino. Gestione Forestale sostenibile. Origine locale. Tracciabilità di filiera", Hapax Editore, Torino, 2011. Consultato su www.issuu.com

[9] <https://ilwoodblogger.com/2018/03/09/la-struttura-dell'albero/>

(Ultima consultazione 27/04/23)

1.2.3 Nomenclatura del tronco

Il tronco è composto da:

- **Ritidoma:** questa zona è fisiologicamente morta, serve come protezione alla pianta, e consente gli scambi gassosi che sono fondamentali alla vita della pianta stessa. Assieme al libro costituisce la corteccia [fig. 3].
- **Libro:** è la parte interna della corteccia, contenente i vasi che conducono il nutrimento sintetizzato (linfa elaborata) dalle foglie ad ogni parte dell'albero. Assieme al ritidoma costituisce la corteccia [fig. 3].
- **Cambio:** è uno strato sottile di tessuto che permette alla pianta di crescere, attraverso la creazione di nuove fibre, sia verso l'interno (generando nuovo alburno) sia verso l'esterno (generando nuovo libro) [fig. 3].
- **Alburno:** è la sezione più giovane dell'albero ed è situata subito sotto la corteccia; avvolge il durame, rispetto al quale è più leggero e umido. Poiché le piante assumono più acqua nel periodo primaverile, mentre nei mesi autunnali la portata d'acqua è ridotta, esso si presenterà di colore più chiaro e di spessore maggiore in primavera ed estate e sarà, invece, più scuro e ristretto nel periodo autunnale e invernale [fig. 3].
- **Durame:** è la parte più interna del tronco ed anche la più pregiata poiché essendo la parte più vecchia della pianta, è quella più stabile ed anche quella meno soggetta agli attacchi di parassiti [fig. 3].
- **Midollo:** è la parte centrale del tronco, la sezione che presenta il legno più vecchio e duro che tende a spaccarsi con maggiore facilità [fig. 3].

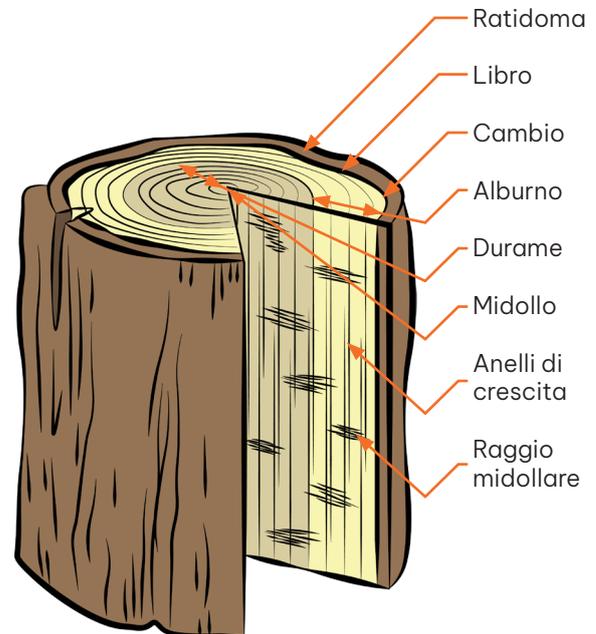


Figura 3 Schema delle parti che costituiscono il tronco e la sua struttura.

- **Anello annuale o di crescita:** Le venature a forma di anello di un albero si chiamano anelli di accrescimento annuali. Gli anelli annuali si formano durante i differenti momenti di crescita nel corso delle stagioni dell'anno. In primavera si formano grandi cellule del legno, il legno primaverile. Verso l'autunno le cellule diventano sempre più piccole, si forma il legno tardivo. Infine, l'albero ferma la crescita completamente durante i mesi invernali. A questo punto si riconosce la fine dell'anello, una netta transizione tra i singoli anelli annuali [fig. 3].

- **Raggio midollare:** Lamine di tessuto parenchimatico disposte nei tronchi arborei delle Gimnosperme e delle Dicotiledoni, a guisa dei raggi di una ruota. Nel primo anno i raggi partono dal midollo mentre successivamente essi hanno inizio dai relativi anelli annuali. I raggi midollari hanno grande importanza tecnologica perché la loro maggiore o minore grandezza influenza la fissilità del legno (tendenza del legno a spaccarsi in seguito all'azione di un cuneo spinto nel materiale in direzione assiale) e l'attitudine a sfruttare le sezioni radiali a scopo decorativo: in dette sezioni infatti i raggi midollari appaiono come nastri lucidi di colore diverso dal legno circostante (specchiature) [fig. 3].

- **Sezione trasversale:** perpendicolare all'asse verticale/longitudinale del tronco [fig. 4].

- **Sezione tangenziale:** piano della sezione parallelo all'asse verticale/longitudinale del tronco e perpendicolare ai raggi midollari [fig. 4].

- **Sezione radiale:** piano della sezione parallelo all'asse verticale/longitudinale del tronco e praticamente parallelo ai raggi midollari [fig. 4] ^[10].

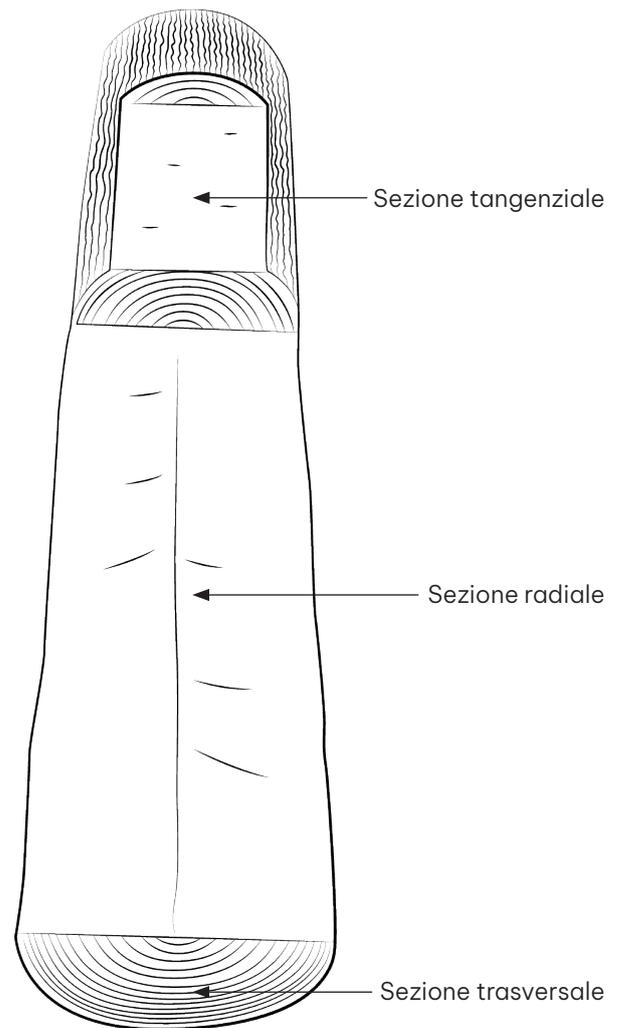


Figura 4 Schema delle tre modalità di sezione.

[10] Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.

1.2.4 Tipologie di taglio del legno

L'albero, una volta abbattuto, deve essere trasformato in tavole che poi saranno destinate a successivi processi di lavorazione. La segheria ha il compito di cercare di ottimizzare il taglio del materiale e le tempistiche di lavorazione. Di solito, l'operazione più semplice ed economica è la riduzione del tronco in "Boule", ovvero tavole a facce parallele di medio spessore che verranno poi impiegate e ulteriormente trasformate in base alle indicazioni ricevute da parte delle aziende locali presenti sul territorio. Lo svantaggio di questo tipo di taglio è che si ottengono assi con disegni eterogenei tra loro e, soprattutto, soggetti più facilmente a deformazioni e a rotture interne. A causa dei ritiri differenti tra le sezioni, i pezzi preferibili in relazione alla stabilità sono quelli con gli anelli perpendicolari alla faccia della tavola (rigato), anziché con la venatura (fiammato) [11]. I tipi di taglio che possono essere eseguiti dal tronco sono molteplici:

Taglio radiale puro

Esecuzione

Molto complesso



Qualità tavole

Eccellente



Taglio radiale con mezzoni

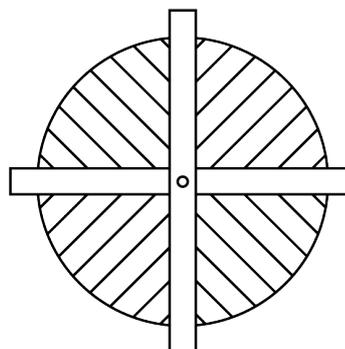
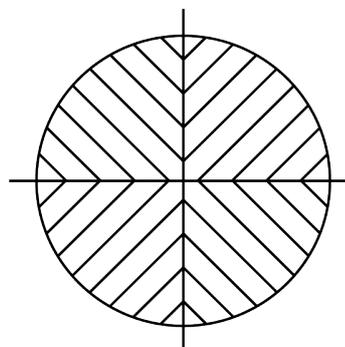
Esecuzione

Abbastanza complesso



Qualità tavole

Discreta



[11] Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.

Taglio tangenziale

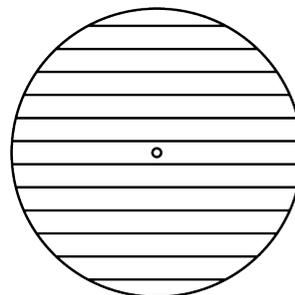
Esecuzione

Molto semplice



Qualità tavole

Mediocre



Taglio di quarto con mezzone

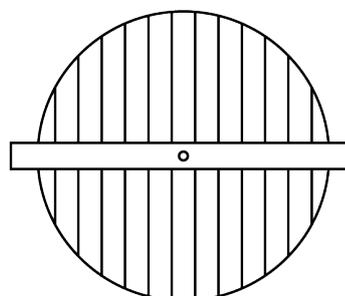
Esecuzione

Abbastanza semplice



Qualità tavole

Mediocre



Taglio tangenziale a spigolo vivo

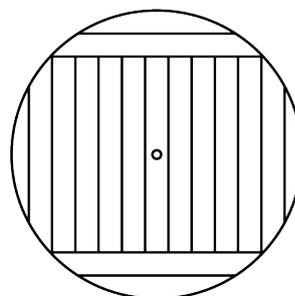
Esecuzione

Abbastanza complesso



Qualità tavole

Buona



Taglio di quarto a ventaglio

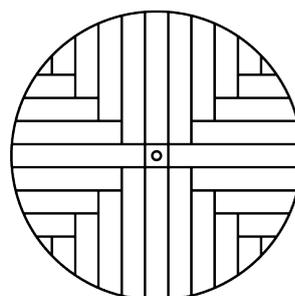
Esecuzione

Complesso



Qualità tavole

Molto buona



1.2.5 Processo produttivo

Il processo si divide in diverse fasi [fig. 11]:

- **Coltivazione e raccolta:** la coltivazione degli alberi richiede diversi anni. Durante la crescita, l'albero accumula cellulosa, lignina e altri componenti che costituiscono il legno. Quando l'albero raggiunge la maturità, può essere raccolto per la produzione di legname; tuttavia il raggiungimento di questa fase può variare a seconda della tipologia di legname.
- **Abbattimento:** l'albero viene abbattuto, e successivamente tagliato in tronchi della lunghezza desiderata [fig. 5].
- **Scortecciatura:** consiste nella rimozione della corteccia dell'albero. Questo processo viene effettuato in modo di facilitare la lavorazione del legno [fig. 6].
- **Trasporto e stoccaggio:** i tronchi vengono trasportati in una segheria, dove vengono stoccati fino al momento della lavorazione.

Una volta stoccati i tronchi possono intraprendere due differenti percorsi. La prima strada è quella della segheria, che avrà come output una serie di semilavorati in legno massiccio; la seconda via, invece, è quella dell'industria dei tranciati e degli sfogliati, specializzata nella produzione di fogli per impiallacciatura e compensati.

Segheria

- **Taglio del legname:** i tronchi vengono tagliati in tavole e assi. Le dimensioni del legname segato dipendono dall'uso finale, dalla specie di legno e dalla tecnologia utilizzata.
- **Stagionatura:** è un processo che prevede la rimozione dell'acqua contenuta all'interno delle celle del legno



Figura 5 Abbattimento di un albero attraverso un veicolo raccoglitore.



Figura 6 Scortecciatura meccanica di un tronco.



Figura 7 Stagionatura naturale in cataste tramite l'impiego di listelli distanziatori.

verde, questo processo prosegue fino al raggiungimento del punto di saturazione delle fibre, al di sotto del quale si verificano variazioni nelle proprietà del legno, tra cui la densità, la deformazione, proprietà meccaniche e il rapporto dimensionale. Esistono diverse tecniche di essiccazione tra cui: l'essiccazione naturale [fig. 7], ovvero ad aria aperta, e quella artificiale, attraverso l'uso di camere di essiccazione.

- **Lavorazione superficiale e finitura:** il legname può essere infine lavorato in diverse forme e dimensioni per soddisfare le esigenze dell'utente finale. Questo processo include: la levigatura [fig. 8], la piallatura, la verniciatura, l'intaglio, la laccatura, ecc.

Industria dei tranciati e degli sfogliati

- **Sfogliatura e Essiccazione:** I tronchi scortecciati e tagliati, sono sottoposti al processo di sfogliatura attraverso l'azione di un tornio e delle lame [fig. 9]. Successivamente gli sfogliati sono introdotti in un forno essiccatore per rimuovere l'umidità residua.
- **Taglio:** in questa fase i fogli vengono trasportati all'area di taglio e di classificazione, dove vengono scansionati per verificare la presenza di difetti e tagliati delle dimensioni richieste.
- **Piallaccio:** a seguito di una serie di operazioni di lavorazione superficiale (rifilatura, levigatura...), lo sfogliato è pronto per essere completato con le fasi di finitura e di controllo qualità [fig. 10].
- **Compensato:** per ottenere questo tipo di semilavorato gli sfogliati sono fatti passare attraverso una macchina incollatrice, che applica la colla sul fronte e sul retro. Seguono la pressatura e le operazioni di rifilatura, levigatura, finitura e controllo qualità [12].



Figura 8 Lavorazione superficiale di levigatura di un asse di legno.

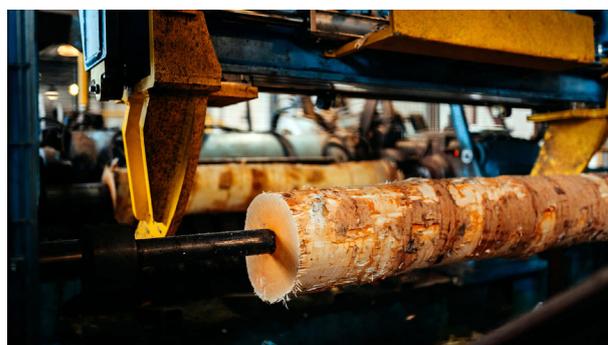


Figura 9 Sfogliatura di un tronco mediante una macchina sfogliatrice.



Figura 10 Bobine di sfogliati per impiallacciatura.

[12] Paul Forrester, "Enciclopedia delle tecniche di lavorazione del legno", Milano, Il Castello, 2015.

Il processo produttivo del legno e le sue fasi

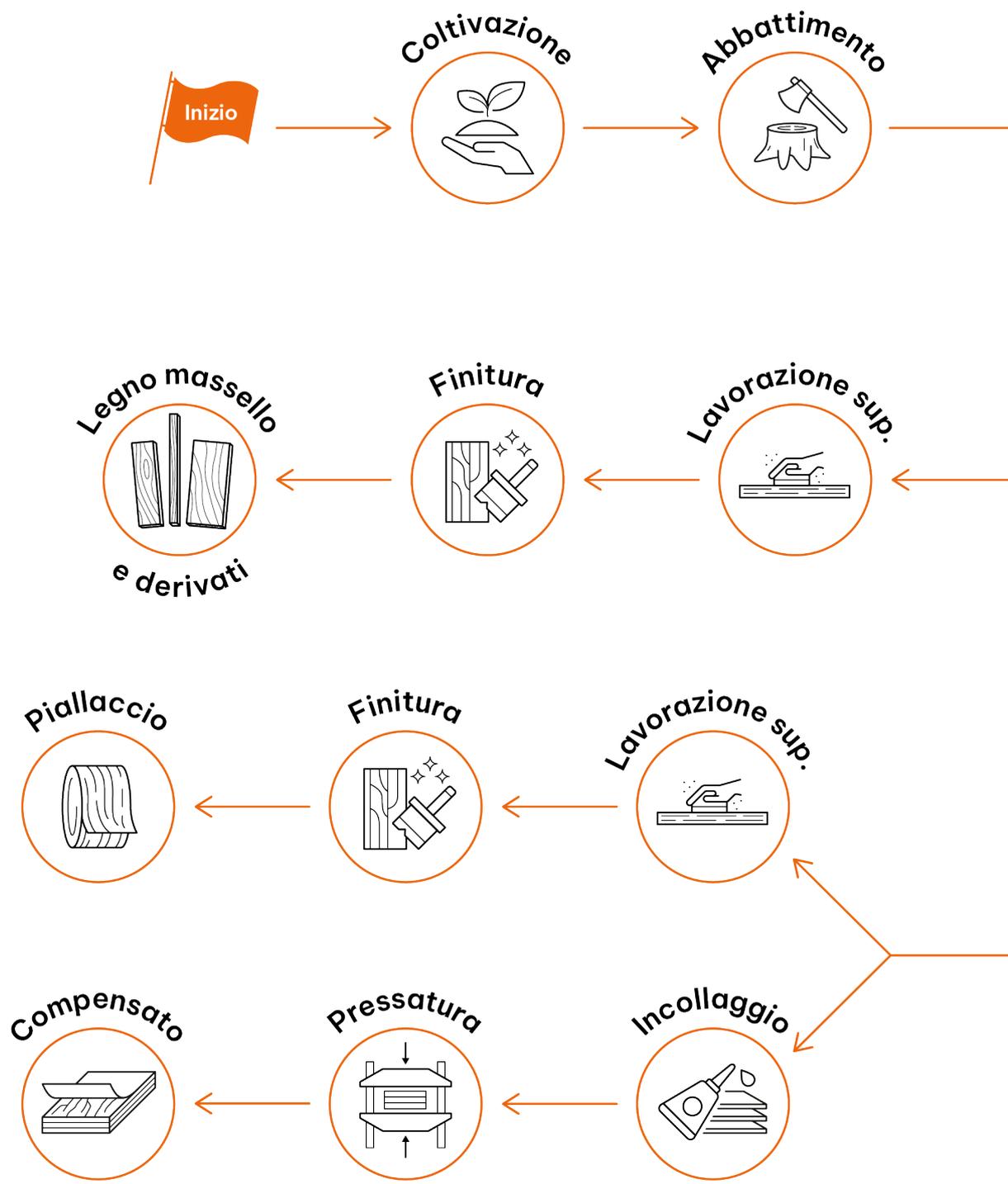
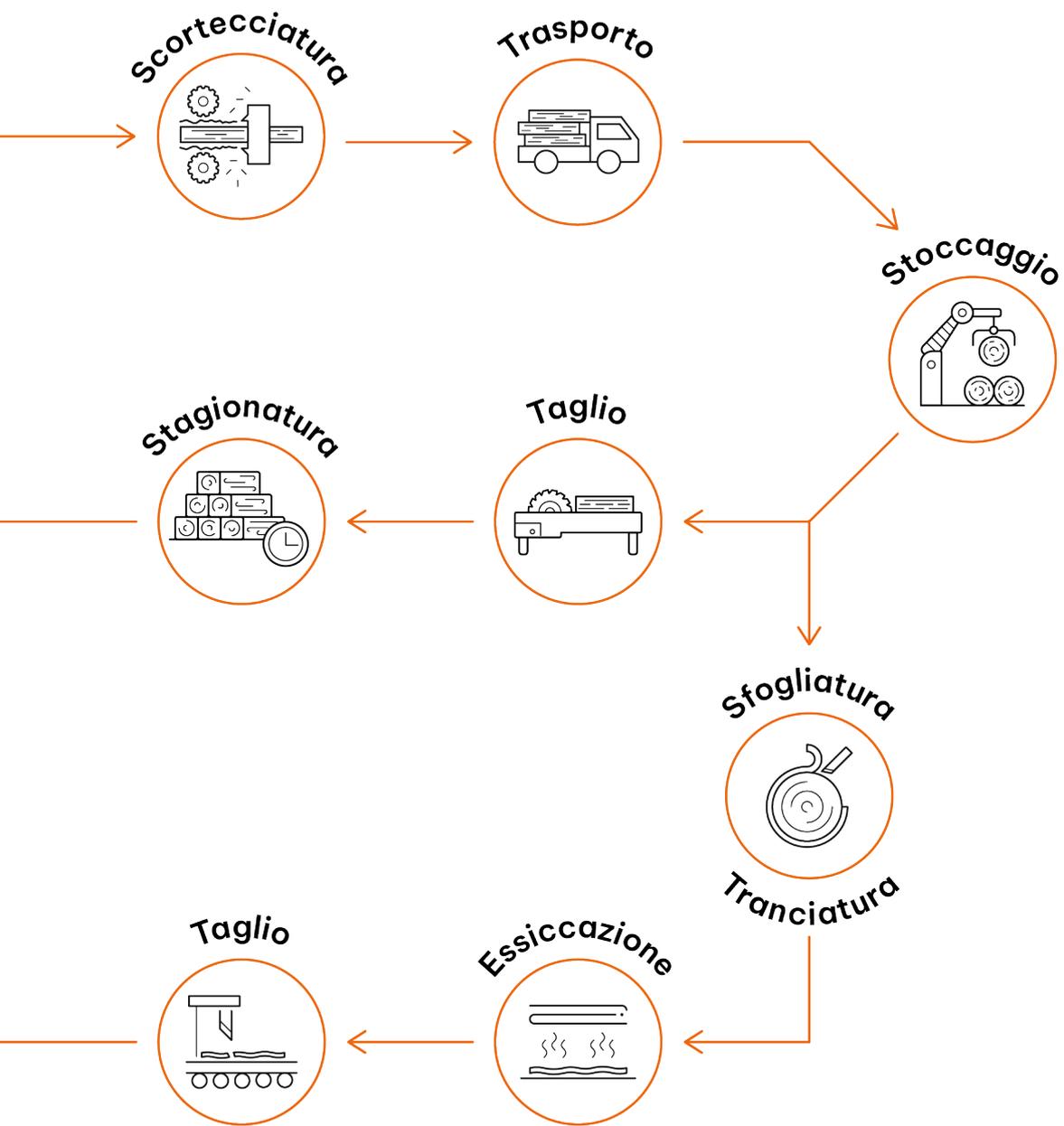


Figura 11 Schema delle varie fasi del processo produttivo del legname.



1.2.6 La silvicoltura

L'intervento umano esercitato nel corso dei secoli sull'ambiente ha ridotto da 2/3 della superficie terrestre totale ad 1/3 le aree coperte da foreste vergini. Sulla base di esigenze economiche, al fine di soddisfare il fabbisogno e la domanda di legname, sono notevolmente aumentate le **foreste coltivate dall'uomo**. La coltivazione delle foreste da parte dell'uomo prende il nome di silvicoltura.

Questa pratica si basa sull'ottimizzazione della resa di legname, ottenuta mediante un **sistema di rotazione ciclica** della piantagione di alberi e finalizzata a permettere la preparazione del nuovo terreno per la risemina ^[13].

1.2.7 L'arboricoltura

Scopo dell'arboricoltura da legno, a differenza della silvicoltura, è la **massimizzazione della produzione** del materiale legnoso, che nel momento economicamente e commercialmente ottimale, viene totalmente asportato al fine di trarne legname che verrà utilizzato per gli scopi più disparati. Una piantagione di questo tipo consente una **produttività da 3 a 20 volte superiore** rispetto a quella conseguibile nelle foreste naturali. La recente introduzione a fini commerciali dei primi OGM di specie forestali lascia inoltre supporre la possibilità di un significativo aumento di investimenti futuri in questo ambito.

Alcuni studi mettono in evidenza i risvolti negativi di tale pratica che porterebbe a **distorsioni di mercato** legate alla svalutazione della materia prima legno, all'impossibilità di gestione delle foreste naturali, nonché, in alcuni casi, a processi di **distruzione di foreste primarie** legate ad una loro conversione a piantagioni sulla base di programmi governativi. D'altro canto, è opportuno sottolineare che il ruolo crescente delle piantagioni viene interpretato anche come una **risposta ai processi di deforestazione** nei paesi in via di sviluppo, della messa a riserva delle residue foreste primarie e in generale all'espansione delle aree protette.

[13] Ernest Scott, "Lavorare il legno. Attrezzi, metodi, materiali, ebanisteria classica", Bologna, Zanichelli, 1983.

In un'analisi mondiale della copertura forestale, in relazione alle necessità di approvvigionamento del legno da parte dell'industria di trasformazione, è fondamentale considerare il crescente ricorso al legname di provenienza non forestale. L'arboricoltura da legno, che ha una lunga storia in Europa, si è progressivamente sviluppata in sempre più ampie aree geografiche di tutto il Mondo e in una prospettiva futura si prevede che possa diventare la principale fonte di approvvigionamento dell'industria del settore: in Cina, India e Stati Uniti oltre l'80% del legname proviene da arboricoltura [figg. 12, 13]. La FAO stima che, **entro il 2050, fino al 40% del legno** tondo industriale potrebbe provenire **da piantagioni**.

Sebbene, al momento, le piantagioni rappresentino meno del 5% (140 milioni di ettari) della superficie forestale totale (4 miliardi di ettari) si stima che il **tasso di crescita annuale** sia di 0,8-1,2 milioni di ettari di nuovi impianti per attività di silvicoltura a rapido accrescimento (ovvero che consentono incrementi superiori a 15 m³ / ha/anno), grazie anche a forti **politiche di finanziamento pubblico**. La realizzazione di piantagioni, inoltre, interessa paesi in condizioni molto diverse dal punto di vista economico e di presenza di foreste. Le piantagioni di arboricoltura interessano il **4% della superficie forestale europea** e sono localizzate, prevalentemente, nell'Europa settentrionale e centrale [14].

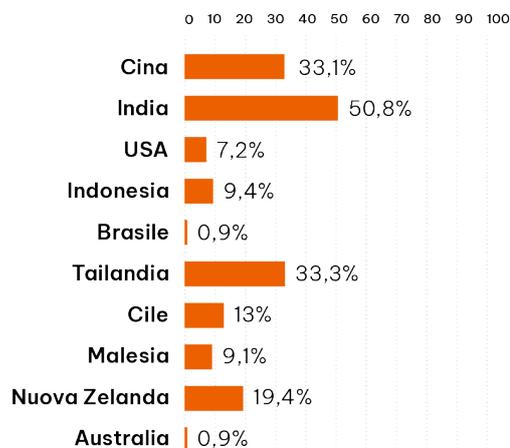


Figura 12 Percentuale di piantagioni da arboricoltura rispetto alla superficie forestale totale.

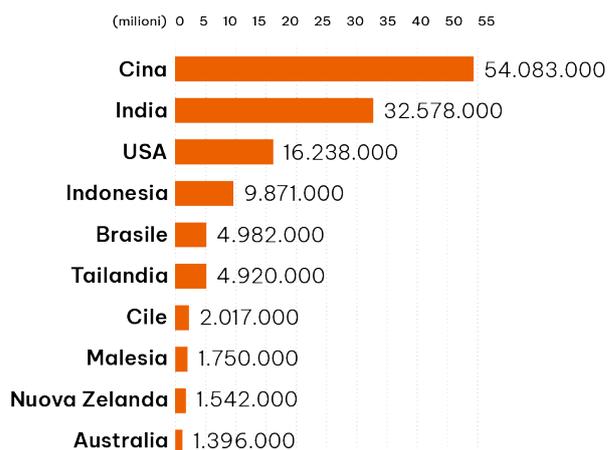


Figura 13 Superficie delle piantagioni da arboricoltura in ettari (ha).

[14] Roberto Zanuttini, "Il legno massiccio. Materiali per un'edilizia sostenibile", capitolo "Approvvigionamento e caratteristiche della filiera" a cura di Stefano Dezzutto e Claudio Garrone, Milano, Assolegno-FederlegnoArredo, 2014.





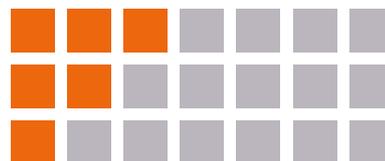
Capitolo 2

FILIERE **PRODUTTIVE**

2.1 Filiere del legno mondiali

Se per quanto riguarda le foreste coltivate e controllate dall'uomo, la selezione degli alberi da abbattere è abbastanza semplice e calcolata a monte, per quanto riguarda **l'approvvigionamento di legname dalle foreste vergini** la situazione è ben più delicata. Per esempio, nelle foreste tropicali spontanee dell'Africa, del Sud-America e del Sud-Est asiatico, dove le specie dure sono collocate a piccoli gruppi isolati, le operazioni di scelta e marcatura non solo risultano più difficili, ma anche più costose, poiché necessitano di più manodopera e di maggior tempo.

Le foreste nel Mondo coprono, complessivamente, una superficie superiore ai 4 miliardi di ettari, pari a circa il **31% della superficie totale** delle terre emerse [fig. 1]. La **distribuzione mondiale** delle foreste si divide principalmente sulla base del confine equatoriale, con l'emisfero nord caratterizzato dall'equatore verso il polo da



Le foreste coprono il 31% delle terre emerse della superficie terrestre, per un totale di 4 miliardi di ettari (fonte: FAO, 2022).

Figura 1 Grafico della superficie forestale totale a livello globale.



Figura 2 Distribuzione forestale nel mondo per tipologie di boschi (fonte: FAO, 2022).

foreste di **latifoglie** e poi **conifere**, e l'emisfero sud dove prevalgono foreste di **legni tropicali** [fig. 2]. La loro distribuzione risulta piuttosto eterogenea, dal momento che il 47% circa è localizzato nella fascia tropicale, il 9% in quella subtropicale, mentre l'11% è situato nelle zone temperate ed il restante 33% nell'area boreale. Le foreste sono presenti per il 57% all'interno dei Paesi cosiddetti "in via di sviluppo" e per il restante 43% nei cosiddetti "paesi sviluppati", mentre la ripartizione continentale della superficie forestale mondiale è la seguente: 25% Europa-Federazione Russa, 21% America del Sud, 18% America settentrionale e America Centrale, 16% Africa, 14% Asia e, infine, 5% Oceania. Complessivamente i 10 Paesi con le maggiori superfici forestali detengono, da soli, circa i 2/3 dell'intera quota forestale mondiale.

La **deforestazione** e il degrado forestale continuano a verificarsi a ritmi allarmanti, il che contribuisce in modo significativo alla continua perdita di biodiversità.

Dal 1990, si stima che 420 milioni di ettari di foresta siano andati perduti a causa della conversione ad altri usi del suolo, sebbene il **tasso di deforestazione** sia **diminuito** negli ultimi tre decenni. Tra il 2015 e il 2020, il tasso di deforestazione è stato stimato a 10 milioni di ettari all'anno, in calo rispetto ai 16 milioni di ettari all'anno degli anni '90 [fig. 3]. L'area di foresta primaria in tutto il mondo è diminuita di oltre 80 milioni di ettari dal 1990.

L'**espansione agricola** continua ad essere il **principale motore della deforestazione** e del degrado forestale e della conseguente perdita di biodiversità forestale. L'agricoltura commerciale su larga scala (principalmente allevamento di bestiame e coltivazione di semi di soia e palma da olio) ha rappresentato il 40% della deforestazione tropicale tra il 2000 e il 2010, mentre l'agricoltura di sussistenza locale il 33%. Il restante 27% è costituito principalmente dal settore delle infrastrutture e dei trasporti [fig. 4] ^[1].



Algeria, Cile, Cina, Rep. Dominicana, Gambia, Iran, Marocco, Thailandia, Tunisia, Turchia, Uruguay, Vietnam.

Figura 3 Elenco FAO dei paesi che hanno incrementato la copertura forestale implementando programmi di estensione dell'accesso all'alimentazione (fonte: FAO, 2022).

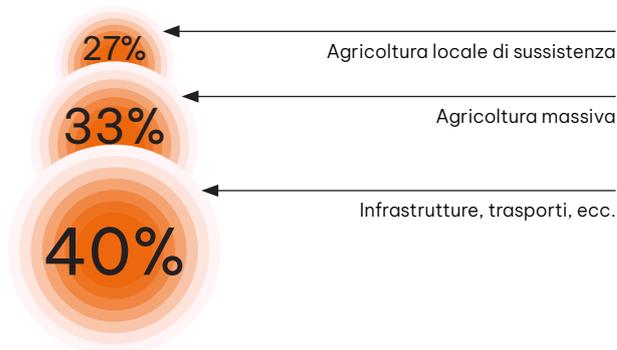


Figura 4 Principali cause di conversione del territorio forestale (fonte: FAO, 2022).

[1] Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), "The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies", Roma, FAO, 2022.

2.2 Filiere del legno europee

L'UE ha circa 158 milioni di ettari di foreste che coprono il 38% della sua superficie. Queste **zone boschive** sono una delle risorse rinnovabili più importanti d'Europa e i recenti sforzi della commissione europea sono andati nella direzione di **tutelarle e incentivarne la salvaguardia**.

Le foreste dell'UE sono notevolmente diverse, con un'ampia varietà di tipologie, caratteristiche e proprietà. Oltre ad essere una risorsa ambientale, le foreste sono anche importanti bacini dei settori produttivi europei. Queste sono solo alcune delle ragioni per cui è stata voluta una **politica agricola comune** (PAC), orientata a coordinare e regolamentare la gestione delle foreste e dell'indotto economico da esse generato, anche attraverso la strategia forestale UE. La strategia forestale dell'UE per il periodo 2014-2020 è stata elaborata per fornire un quadro coerente per le politiche forestali dell'Unione e degli stati membri. La strategia mira a promuovere il concetto di gestione sostenibile delle foreste, a salvaguardare e a realizzare uno **sviluppo equilibrato** delle molteplici funzioni delle foreste e l'**uso efficiente** delle loro risorse.

Per quanto riguarda i paesi interni all'Unione, gli stati che vantano la maggior percentuale di **superficie terrestre costituita da foreste** in rapporto alla superficie totale sono in ordine [fig. 5]: Svezia, Finlandia e Slovenia (oltre il 60%); Estonia, Lituania (oltre il 50%); Bielorussia, Austria, Slovacchia, Bosnia, Macedonia e Spagna (tra il 35% e il 50%); Repubblica Ceca, Bulgaria, Lituania e Portogallo (tra il 33% e il 35%); solo in quinta fascia Italia, Svizzera, Germania, Polonia, Grecia e Norvegia (tra il 30% e il 33%). Tutti gli altri paesi hanno una percentuale boschiva sul totale del territorio inferiore al 30%, con alcuni casi (come Gran Bretagna e Olanda) inferiori al 15%.

Sempre in termini di superficie, l'area delle **foreste europee disponibili al prelievo** ammonta a 846 milioni di ettari, pari all'**83% del totale**. Per quanto riguarda la **composizione** specifica, le foreste in Euro-

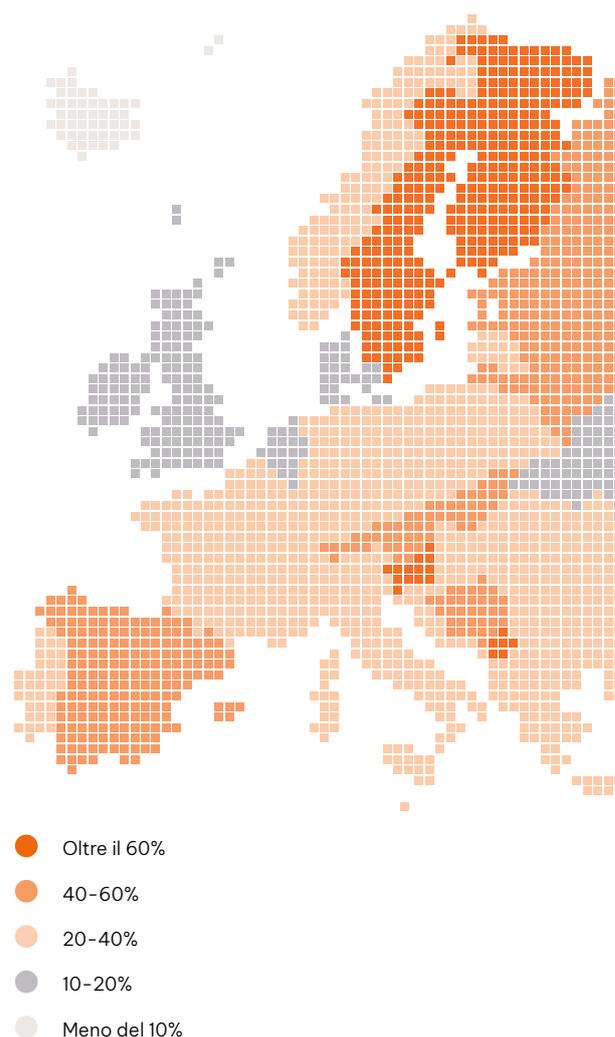


Figura 5 Distribuzione forestale su territorio europeo in termini percentuali rispetto alla superficie totale degli stati membri (fonte: mapsofworld.com/, 2022).

pa sono costituite prevalentemente da **conifere** (50%) mentre le **latifoglie** in purezza interessano solamente il 27% della superficie totale. La restante parte (23% circa) è costituita da **boschi misti**.

La maggior parte dei paesaggi forestali europei risulta influenzata dall'**attività antropica**: circa il 70% delle foreste europee, infatti, è classificato come semi-naturale, proprio in conseguenza e come risultato di molti secoli di influenza umana. Solo il 26% è, invece, la quota delle foreste cosiddette indisturbate, localizzate per lo più in aree remote ed inaccessibili in Europa orientale e settentrionale e nella Federazione Russa.

L'Europa rimane uno dei **più grandi produttori di legname tondo nel Mondo**: nel solo 2010, infatti, ne sono stati prodotti più di 683 milioni di metri cubi. La principale **destinazione d'uso** di tali risorse è energetica (42% del volume), contro il 24% destinato alle segherie, il 17% all'industria della carta e il 12% a quella dei pannelli [figg. 6, 7]. Circa la metà del consumo di energia rinnovabile nell'UE deriva dal legno. Inoltre, diversamente da quanto constatato in numerose regioni del mondo, in cui la deforestazione continua a costituire un grave problema, nell'UE **la superficie del suolo coperta da foreste è in crescita**: tra il 1990 e il 2010 è aumentata di circa 11 milioni di ettari, grazie all'espansione naturale e agli interventi di rimboschimento [2][3][4].

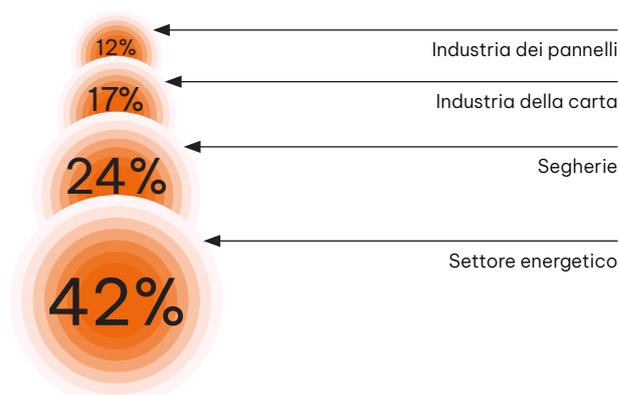
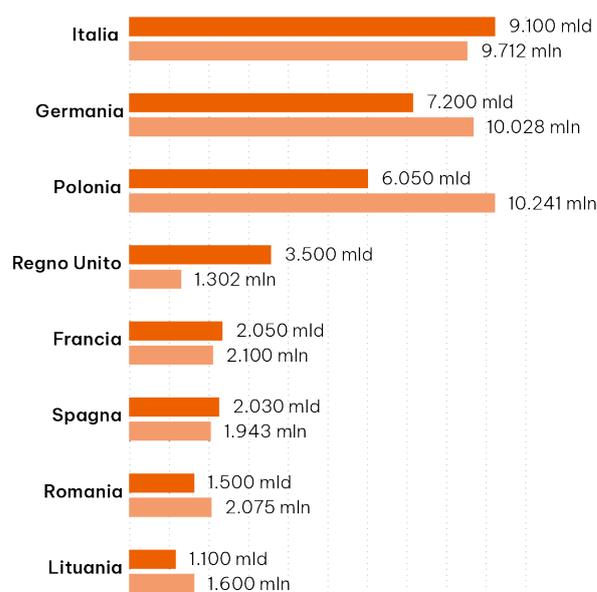


Figura 6 Principali destinazioni d'impiego della risorsa legno (fonte: Parlamento Europeo, 2022).



- Valore della produzione totale (in miliardi)
- Valore dell'export (in milioni)

Figura 7 Economia del settore del legno arredo in Europa. Dati economici sull'indotto della filiera del legno in Europa (fonte: ITTO, 2021).

[2] Parlamento Europeo, "L'Unione Europea e le foreste", Strasburgo, 2022.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/105/1-union-europea-e-le-foreste>
 (Ultima consultazione 04/05/23)

[3] Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe - FOREST EUROPE, "State of Europe's Forests 2020", Zvolen, 2020.
<https://foresteurope.org>
 (Ultima consultazione 04/05/23)

[4] <https://ec.europa.eu/eurostat>
 (Ultima consultazione 04/05/23)

2.3 Filiere del legno italiane

La superficie forestale nazionale è pari a 10.467.533 ha, corrispondente al 34,7% del totale territoriale (tale indice è anche detto “coefficiente di boscosità”). Dal 1980 ad oggi la **superficie forestale** nel nostro Paese è **cresciuta più del 74,5%**, soprattutto a seguito della ri-colonizzazione da parte di vegetazione spontanea, sia in montagna che in pianura, ed alla realizzazione di impianti arborei e interventi di rimboschimento.

Della percentuale della superficie forestale nazionale ben l'81% dei boschi è disponibile/adatto al prelievo del legno. Oggi, di questo **81% di foreste disponibili per l'estrazione** di legno ne vengono sfruttate una percentuale che si aggira attorno al 2% mentre viene estratto il 4% della ricrescita annua di alberi. Tali dati lascerebbero pensare che per soddisfare la domanda di legno basti uno sfruttamento minimale delle risorse boschive. Nonostante ciò, **l'Italia importa il 65% del legno** impiegato nelle sue filiere, che sono principalmente composte dal mercato del mobile ed energetico.

La composizione del patrimonio boschivo italiano è lievemente sbilanciata nelle regioni settentrionali dell'arco alpino e nelle regioni distribuite lungo la dorsale appenninica. La **Toscana** è la regione che comprende il **maggior numero di “Boschi alti” in ettari su tutto il territorio italiano**, ed è l'unica che supera il milione portandosi a quota 1.007.646 ettari di superficie forestale. La seconda regione per superficie forestale è il Piemonte, la quale conta più di 800.000 ettari di foreste. Seguono in ordine Lombardia, Emilia Romagna e Sardegna (548.317 ettari). Complici le dimensioni regionali ridotte, la Valle d'Aosta è l'unica regione che non raggiunge i 100.000 ettari di foreste, fermandosi solo a 98.000 [fig. 8].

I distretti territoriali con la **maggior percentuale di superficie boschiva** sono la **Liguria** e il **Trentino**, che presentano rispettivamente il 62,6 e 60,5%, mentre le Regioni meno ricche di copertura forestale sono la Puglia (7,5%) e la Sicilia (10,0%).

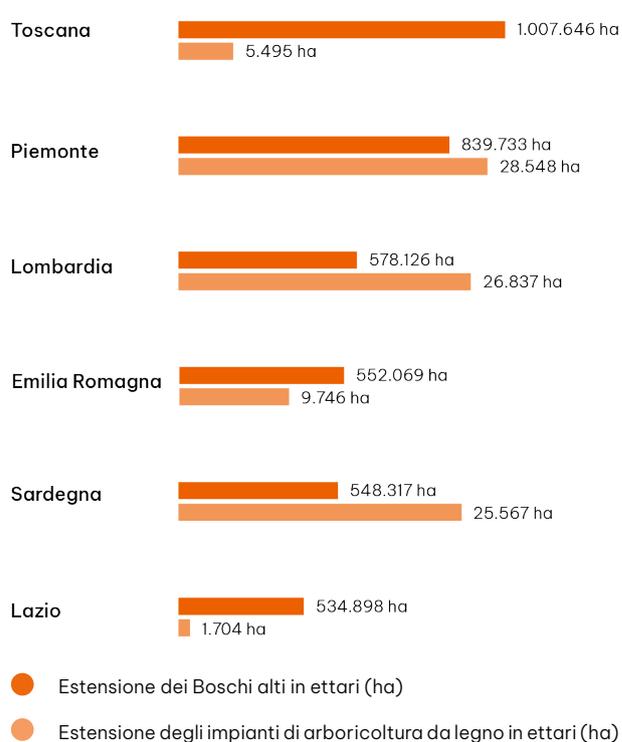


Figura 8 Estensione delle categorie forestali dei boschi alti e degli impianti di arboricoltura in Italia (fonte: INFC, 2015).

La superficie forestale italiana attualmente risulta localizzata per il 59% in montagna, per il 36% in collina e per il restante 5% in pianura.

Analizzando invece la **composizione specifica dei boschi italiani**, emerge che: i boschi alti sono costituiti per circa il 68% da popolamenti puri di latifoglie, ad eccezione di alcuni contesti alpini (Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige). Tra le formazioni boschive a latifoglia, le principali specie hanno tutte un'estensione singola che va da circa 800.000 ettari per i **castagneti** ad 1 milione per **faggete e boschi di rovere**. Tra i boschi di conifere, predominano quelli di **abete rosso** (586.082 ettari, pari 6,7% della superficie totale dei boschi nazionali).

Altro discorso vale invece per gli **impianti di arboricoltura**, ovvero tutte quelle foreste artificiali impiantate dall'uomo nei vari territori. I casi di arboricoltura in Italia raggiungono un totale di 122.250 ettari di impianti distribuiti sul territorio nazionale. Il **Piemonte è al primo posto** con quasi 30.000 ettari di impianti, seguito da Lombardia e Sardegna. Per quanto riguarda le proporzioni dei boschi impiantati 66.269 ettari dei 122mila totali di tutto il territorio italiano sono coltivati a pioppo, mentre le piantagioni di latifoglie coprono circa 41.000 ettari e le colture di conifere coprono solo 15.000 ettari. Le foreste più diffuse tra quelle autoctone sono comunque i boschi di rovere e di quercia, le faggete e le cerrete, che superano tutti il milione di ettari.

L'industria manifatturiera italiana è una grande utilizzatrice di legno e derivati. Dall'analisi dei dati macroeconomici si evince come nelle attività connesse alla filiera del legno siano coinvolte circa 75.000 imprese per oltre 400.000 unità lavorative. Con il 15% di imprese esso è il **secondo settore dell'industria manifatturiera**.

La filiera del legno italiana risulta tradizionalmente suddivisa come segue:

- **Approvvigionamento:** attività di reperimento e vendita di legno grezzo.
- **Prima lavorazione:** produzione di materiali semilavorati (segati, ecc.)
- **Seconda lavorazione:** output di prodotti finiti per l'edilizia, l'arredo, la logistica ecc.
- **Distribuzione:** commercio e servizi pre/post-vendita di prodotti a base di legno [figg. 9, 10].

Alle componenti sopra elencate risulta opportuno affiancare la filiera energetica della **biomassa legnosa** che, in alcuni casi, assume un ruolo complementare e, in altri, competitivo e di difficile gestione [5][6].

[5] Roberto Zanuttini, "Il legno massiccio. Materiali per un'edilizia sostenibile", capitolo "Approvvigionamento e caratteristiche della filiera" a cura di Stefano Dezzutto e Claudio Garrone, Milano, Assolegno-FederlegnoArredo, 2014.

[6] Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC), 2015. <https://www.sian.it/inventarioforestale> (Ultima consultazione 04/05/23)

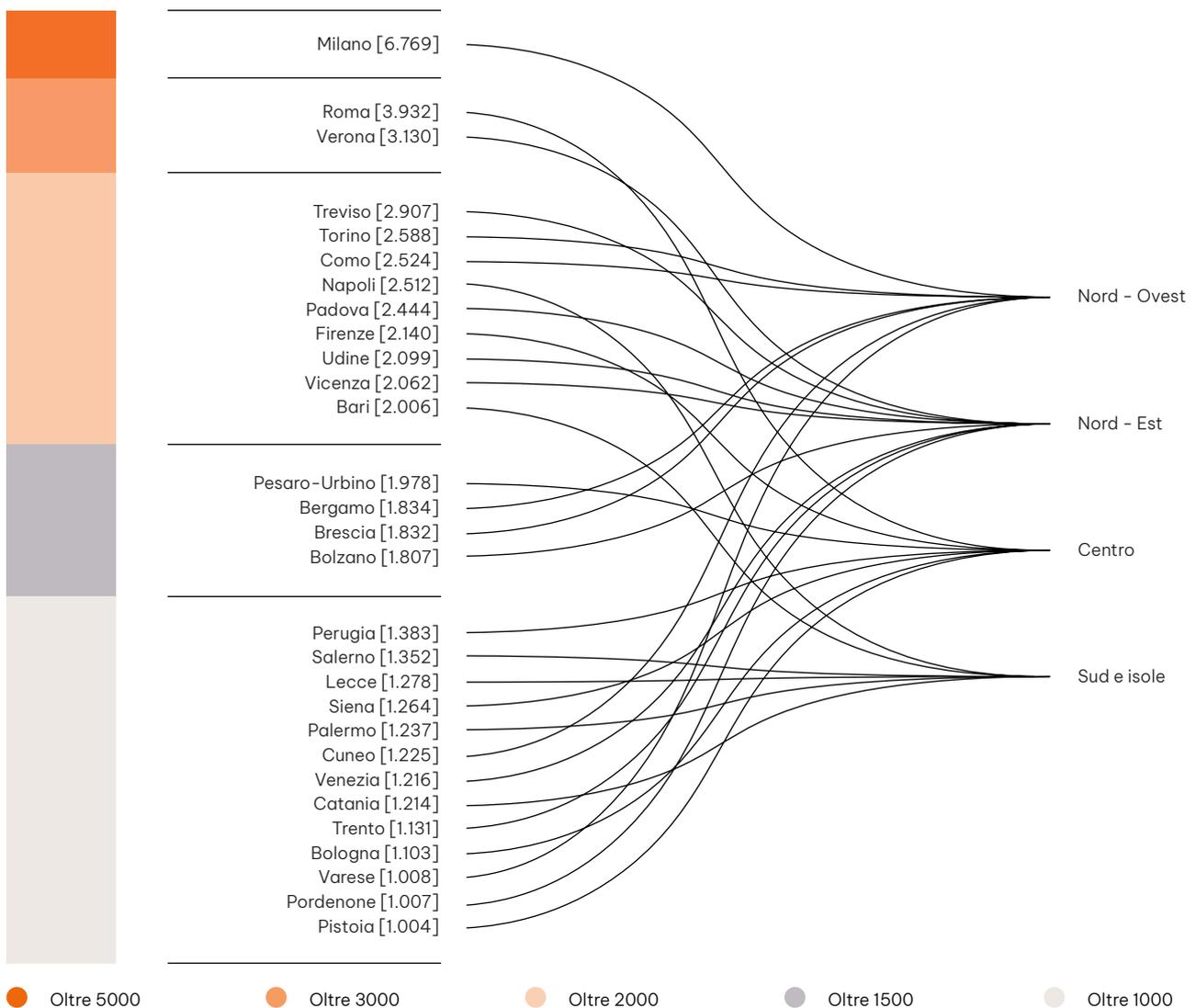


Figura 9 Numero di aziende del settore legno-arredo per provincia (fonte: Istat, 2022).

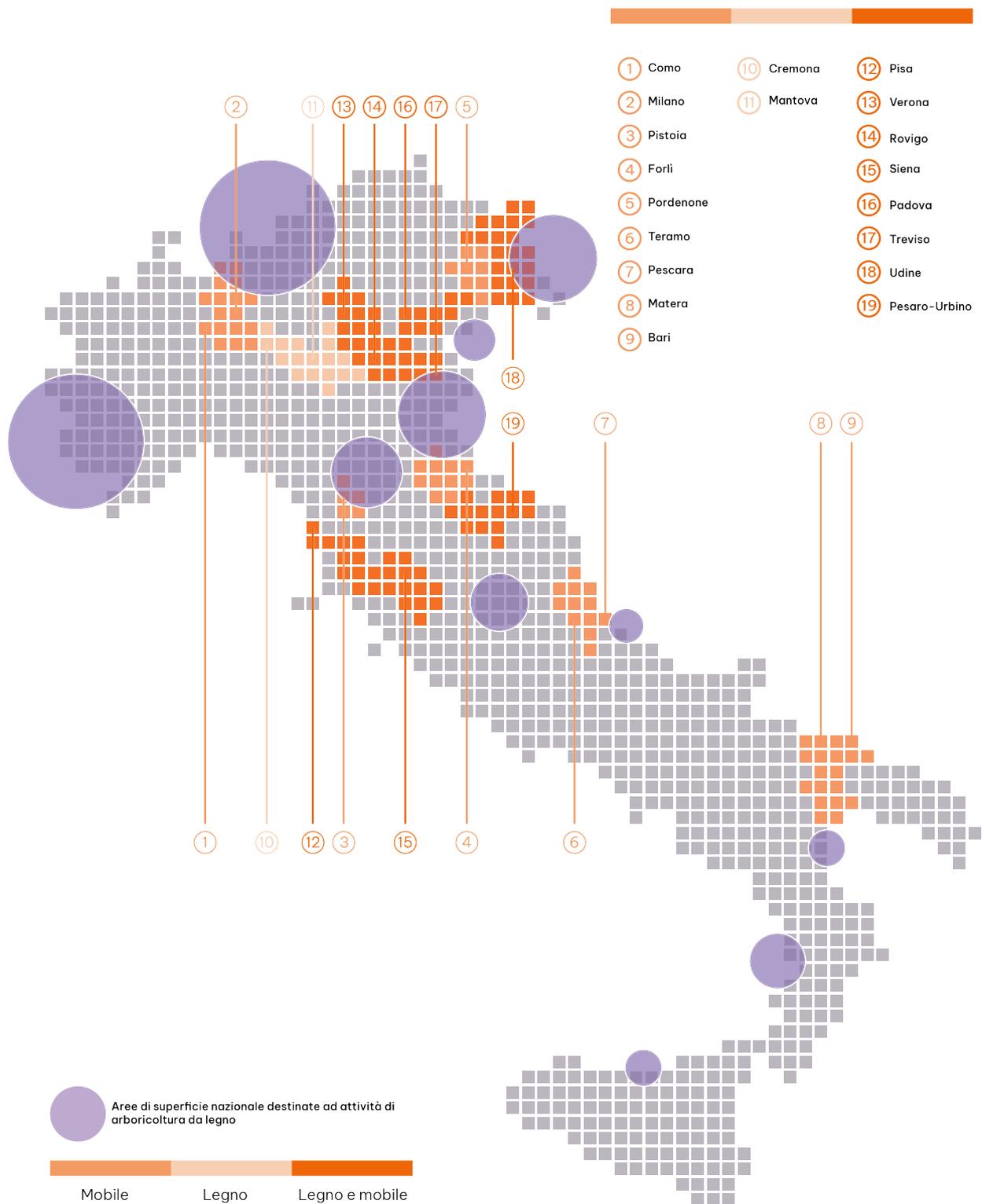


Figura 10 Principali distretti della filiera del legno e del legno-arredo in Italia (fonte: Istat, 2022).

2.4 Filiere artigianali italiane

L'**industria del legno italiana** risulta essere tra le più fiorenti al mondo, grazie, soprattutto, al **forte legame con la tradizione**, unito ad una costante ricerca e innovazione che modernizza senza distruggere l'anima del Made in Italy. Ogni regione italiana, in base alle caratteristiche del territorio e agli avvenimenti storici, ha sviluppato nel corso dei secoli una propria tradizione legata al materiale ligneo e alle sue lavorazioni.

Nelle seguenti pagine si è deciso di **esplorare ognuna delle 20 regioni italiane** attraverso il filtro delle tradizioni e dell'artigianato legati al materiale ligneo. Sono stati descritti aspetti come gli **utensili più impiegati**, le **tipologie di manufatti più tipiche** e le **specie legnose più diffuse** e adoperate, oltre ad aspetti come quelli relativi alla storia e le origini delle tradizioni locali. Questo lavoro si conclude con un box di **approfondimento** sugli elementi e sui **motivi grafici e decorativi** che caratterizzano e accomunano alcune regioni creando dei veri e propri caratteri identitari. Sono stati descritti alcuni esempi di regioni che presentano dei tratti distintivi ricorrenti e ben riconoscibili.



PIEMONTE

Il Piemonte è una regione che vanta una grande varietà di tradizioni e lavorazioni legate al legno. Nell'area di Cuneo il legame con il materiale ligneo è ben radicato, soprattutto in Valle Varaita, valle che annovera circa 90 aziende attive nella produzione di arredi e serramenti, ma anche di giocattoli e strumenti musicali. La produzione del mobile di questa zona, che si consolida tra gli anni '50 e '70 con lo stile rustico "Valle Varaita", conosce momenti di grande sviluppo ed esportazione di prodotti negli anni '60. Tra i più importanti maestri artigiani di tale contesto vi sono Boerio, Beoletto, Bessone che, percorrendo i decenni più importanti per la crescita del settore legno, sono stati in grado di modificare ed aggiornare lo stile alpino. I mobili in questo stile, detti d'alpeggio [fig. 11], si presentano ingegnosi nelle soluzioni che ne consentivano anticamente il trasporto a dorso di mulo e la flessibilità nell'uso, e si dimostrano sorprendenti nelle tecniche costruttive e di assemblaggio. Questi sono ancora oggi proposti tramite il loro adattamento a nuove linee di arredo. Tra le peculiarità di questa filiera si citano la tecnica del mezzo legno, il decoro geometrico [fig. 12] e la scontornatura [fig. 13]. Rilevante nella produzione lignea tipica della Valle Varaita è l'impiego del legno massiccio, proposto nelle specie autoctone (**pino cembro**, **larice**, **rovere**, **ciliegio**, **noce**) che non viene tinto ma trattato con soli prodotti ecologici (vernici all'acqua, olii, cere). Esperienze e tecniche di lavorazione sono oggi valorizzate dall'associazione "Amici del Legno", che promuove e tutela lo sviluppo della lavorazione del legno, sostenendo gli artigiani che diffondono, con la loro competenza, l'utilizzo di essenze di provenienza piemontese [7]. Con il medesimo intento sono stati avviati altri progetti di valorizzazione, come il progetto di arredi da esterno ESTBOIS nelle Valli del Monviso [fig. 14] e il progetto di arredi da esterno Artimont nelle Valli di Lanzo [8].



Figura 11 Cassone da corredo del XVII secolo in pino cembro proveniente dalla Valle Varaita.

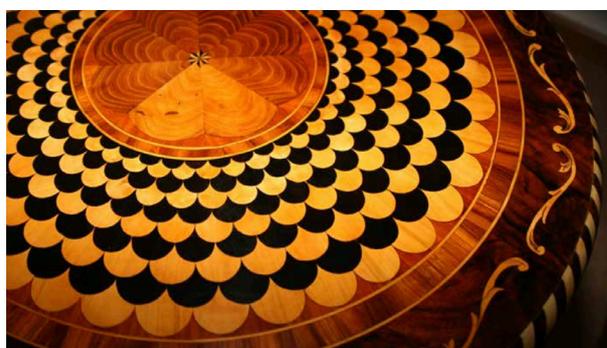


Figura 12 Tavolo realizzato secondo la tecnica del decoro geometrico, produzione Toppino (Alba).



Figura 13 Arredo "Scontornatura", riedizione di una delle tecniche tipiche della Valle Varaita.



Figura 14 Panca da esterno realizzata per il progetto ESTBOIS.

[7] Confartigianato Cuneo (2012). Raccontare il legno eccellenze dell'artigianato in provincia di Cuneo. Edizione Marcovaldo. <https://cuneo.confartigianato.it/wordpress-new/wp-content/upload/>

[8] Claudio Germak, Marco Bozzola (2013). Dalla montagna per la montagna. Articolo in ARChALP, Vol. 5, pag 59-75.

VALLE D'AOSTA

Quella della lavorazione del legno rappresenta una delle forme di artigianato più diffuse della Valle D'Aosta, grazie alla grande disponibilità sul territorio di questa materia prima. Il legno maggiormente impiegato nell'artigianato valdostano è il **noce**, molto diffuso in passato nei boschi della regione, e utilizzato nelle costruzioni e nell'arredamento. Attualmente gli artigiani impiegano il noce per realizzare sculture e mobili; lo stile di questi ultimi è definito rustico e si contraddistingue dalle decorazioni con classici rosoni, croci e fiori intagliati a mano. L'**acero**, invece, si presta particolarmente nella produzione di posate e vasellame (come le tradizionali "grolle" e "coppe dell'amicizia", entrambe realizzate attraverso lavorazioni al tornio) [fig. 15]. Il **pino cembro**, legno tenero e facile da intagliare, invece, è utilizzato in scultura, nei lavori di falegnameria e nella realizzazione dei tradizionali sabot [fig. 16], zoccoli ricavati da un solo pezzo di legno. Il **pero**, il **melo** e il **bosso**, duri e compatti, sono utilizzati per sculture di piccole dimensioni, come anche la **betulla**, più tenera ma nodosa; il bosso, in particolare, è ricercato per la fabbricazione dei "fiollets", piccoli ovoidi utilizzati durante le partite dell'omonimo sport locale. In passato anche i bambini, vivendo in un ambiente povero, erano soliti fabbricarsi i giocattoli autonomamente. Da questo nacque una tradizione secolare che ha visto i bambini intagliare giocattoli nel legno attraverso semplici forme che rappresentavano gli animali domestici a loro più familiari: "cornailles" (mucche), galli, capre e cavalli su quattro rotelle (tatà). Oggi, questi balocchi sono ancora riprodotti, con forme sempre più stilizzate, proporzionate e curate nei particolari [fig. 17].

Altra tradizione tipica della Valle D'Aosta è quella dell'intaglio decorativo, tecnica, a bassorilievo [fig. 18], che vede gli artigiani partire dal disegno di un rosone raffigurante un fiore, gradualmente elaborato e suddiviso in triangoli, rombi e cerchi [9].



Figura 15 Grolle dell'amicizia.



Figura 16 Sabot della Val D'Ayas.



Figura 17 Cavalli giocattolo, noti anche come "tatà".



Figura 18 Tecnica manuale dell'intaglio decorativo.

[9] <http://www.courmayeur-mont-blanc.com/legno.htm>
(Ultima consultazione 17/04/23)

LIGURIA

Tra le tradizioni più tipiche dell'artigianato ligure si annoverano le storiche sedie di Chiavari apprezzate, nel corso della storia, da diverse personalità illustri. La sedia Chiavarina venne realizzata per la prima volta nel 1807 da Giuseppe Gaetano Descalzi, attraverso un processo di semplificazione delle decorazioni e di riduzione delle sezioni strutturali delle tipiche sedie francesi riconducibili allo stile Impero. La produzione odierna della Chiavarina [fig. 19] è ancora artigianale e la scelta del legno inizia nei boschi dell'entroterra ligure, dove gli artigiani individuano le piante destinate al taglio in base alle dimensioni e morfologia dell'albero; i legni utilizzati in origine furono il **ciliegio selvatico** [fig. 20] e l'**acero**, a cui si aggiunsero in seguito il **faggio** e talvolta il **frassino**. Nonostante queste sedie siano diventate una produzione di nicchia, a Chiavari sopravvivono ancora oggi alcune botteghe che si avvalgono delle tecniche e dei materiali tradizionali per la loro realizzazione [fig. 21]. Inoltre, l'architetto e designer Gio Ponti, trasse ispirazione proprio dal sistema strutturale della sedia Chiavarina nella progettazione della sedia Superleggera [10].

Altro importante impiego del legno in Liguria è quello del gozzo ligure, ovvero una barca da spiaggia, impiegata in passato per piccoli traffici, per la pesca costiera e, attualmente, per il diporto [fig. 22]. Le sue principali caratteristiche si osservano nella poppa, a punta o a cuneo, con il dritto di poppa quasi verticale. Il gozzo ligure è realizzato con molteplici varietà di legni, ognuna delle quali viene collocata per le sue caratteristiche, nel punto dove serve una determinata qualità, piuttosto che un'altra del legno. La chiglia, di solito, è di rovere, mentre i dritti di prua e di poppa sono di **rovere** o di **frassino**. Le costole, infine, possono essere in rovere, in frassino, in **olmo** o in **acacia** [11].



Figura 19 Laboratorio dell'azienda Fratelli Levaggi.



Figura 20 Sedie chiavarine in ciliegio dei primi anni del '900.



Figura 21 Fase di finitura di una gamba, tornita in precedenza.



Figura 22 Gozzo Cornigiotto in uno scatto fotografico degli anni '50.

[10] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/liguria-4-cose-da-sapere-sulle-sedie-di-chiavari-id-17318/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[11] https://www.nauticareport.it/dettnews/report/il_gozzo_ligure-6-4583/
(Ultima consultazione 17/04/23)

LOMBARDIA

Tra le produzioni in legno in cui da sempre gli artigiani lombardi si distinguono ci sono quella delle pipe in radica [fig. 23], legata soprattutto alla provincia di Varese, e quella degli strumenti musicali, tipica delle province di Cremona e Brescia [figg. 24, 25]. La produzione di pipe nel Varesotto inizia nel 1850 a Barasso, dove la famiglia Pionti, inizia a produrre pipe in legno di **bosso, pero, melo e ciliegio**, con bocchini in corno di bue. A seconda delle differenti tecniche di lavorazione a cui sono sottoposte, le pipe possono assumere diversi aspetti come, ad esempio, quello pettinato, quello zigrinato, quello setificato, quello sabbaiato o quello intarsiato [12]. La liuteria cremonese, invece, nasce verso la metà del '500 con il maestro liutaio Andrea Amati e prosegue la sua attività nella seconda metà del '600 con la famiglia Guarneri e il maestro Antonio Stradivari. Gli strumenti, realizzati esclusivamente a mano, sono costruiti in legno di **abete, acero, ebano, salice, pioppo, palissandro, mogano, cedro** o altre essenze tradizionali. La qualità dei manufatti della liuteria cremonese attraversa un lento declino a partire dalla fine del '700, che sfocia nel '900 con l'inizio del suo rilancio. Nel 2012, la liuteria artigianale cremonese è riconosciuta dall'UNESCO come patrimonio immateriale dell'umanità [13]. Settore fortemente legato alle zone della Brianza e di Cantù è quello del mobile, che nasce a metà dell'800 e che raggiunge, nel periodo compreso tra gli anni '20 e gli anni '60 del '900, il successo internazionale. Questa filiera ha ricoperto un ruolo fondamentale nella storia del design italiano, che ha visto molte delle sue icone realizzate dagli stabilimenti di Cantù [fig. 26]. Oggi, tra le realtà di eccellenza di questo settore vi è Riva 1920, azienda leader nella lavorazione del legno massello [14].

[12] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/4-cose-da-sapere-sulle-pipe-della-provincia-di-varese-id-12420/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[13] Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Cremona (2014). La Liuteria Cremonese. Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/PgVhwBEhBg4A8A?hl=it> (Ultima consultazione 17/04/23)

[14] <https://magazine.confindustriacomo.it/2021/03/17/riva-1920-centanni-damore-per-il-legno/> (Ultima consultazione 17/04/23)



Figura 23 Pipe in radica del Varesotto.



Figura 24 Lavorazione del fondo di un violino.



Figura 25 Violini e viole al termine del processo di realizzazione.



Figura 26 Foto della mostra "Gio Ponti e Cantù. 1923-1973. Design e artigianato del mobile dalla Rinascente alla Selettiva".

TRENTINO ALTO ADIGE

Il legno in Trentino ha tradizionalmente un ruolo di primaria importanza nell'economia locale e nella gestione del territorio poiché, rispetto ad altre regioni, qui si è realizzata una filiera che lega i proprietari forestali alle imprese che svolgono attività di impiego e lavorazione del legno.

Con solo il 4,5% della superficie nazionale il Trentino ospita l'11% del bosco italiano. Il 56% del territorio provinciale è costituito da foreste [15], caratterizzate dalla predominanza dall'**abete rosso**, pregiato legno di risonanza conosciuto e impiegato già dai maestri liutai cremonesi Amati, Guarneri e Stradivari e ancora oggi richiesto e impiegato per la costruzione di strumenti a corda, quali organi, pianoforti, violini, ecc. [16]. L'artigianato dell'intaglio e delle sculture lignee [figg. 27, 28], invece, è un'attività tipica della Val Gardena che vanta radici molto antiche e che vede alcuni artisti intenti a muoversi tra folklore e modernità [fig. 29]. Oggi, il marchio di tutela della Camera di Commercio di Bolzano contraddistingue e tutela le sculture in legno della valle [17].

Attualmente le imprese di lavorazione del legno altoatesino sono quasi un migliaio. Per recuperare i valori estetici e le tecniche di lavorazione a essi associate, ed individuare i prodotti che più li rappresentano, la Camera di Commercio di Trento nel 2008 ha predisposto un Disciplinare di Produzione a cui hanno aderito circa una decina di aziende che fanno della tradizionalità delle produzioni il loro punto di forza [fig. 30].

Il prodotto tradizionale deve, dunque, rispettare e riproporre una tradizione tecnica e formale che si è consolidata nel corso del tempo in un particolare contesto storico e culturale del Trentino [18].

[15] Camera di Commercio di Trento (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/3AVhABX06RMA8A?hl=it> (Ultima consultazione 17/04/23)

[16] <https://www.legnotrentino.it/it/cultura-del-legno/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[17] <https://www.suedtirolerland.it/it/cultura-e-territorio/tradizione-e-cultura/intaglio-del-legno/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[18] Cit. [15]



Figura 27 Scultura tradizionale policroma della Val Gardena.



Figura 28 Realizzazione di una scultura mediante l'impiego di una sgorbia.



Figura 29 Scultura dell'artista Willy Verginer.



Figura 30 Moscarola in legno di larice.

VENETO

Nelle province di Vicenza e Verona la lavorazione del legno affonda le radici in una lunga tradizione che, documentata fin dall'Ottocento, continua a essere il centro vitale di una buona parte dell'economia del territorio. I marchi 'Mobile del Bassanese' [fig. 31] e 'Mobile d'Arte' identificano i mobili lavorati nelle botteghe locali dai maestri artigiani, esperti nelle arti della falegnameria, dell'intaglio [fig. 32], della lucidatura e della laccatura ma anche della doratura e del restauro [fig. 33]. Nel vicentino le attività di lavorazione del legno sono concentrate nell'area nord est della provincia, con Bassano del Grappa come centro più rappresentativo, mentre nel veronese è la parte meridionale quella interessata dal più alto livello di concentrazione di imprese operanti nella filiera legno [19]. La produzione dei mobili bassanesi in arte povera risale al '500, e nel '700 raggiunge alti livelli di qualità, grazie ad innovazioni tecniche ed estetiche. La storia del Distretto di Bassano del Grappa nasce agli inizi del '900, con l'emergere di figure professionali del tutto nuove, ovvero i restauratori, che intraprendono l'attività di riparazione di mobili d'arte del '600 e '700, presenti nelle numerose ville del territorio e, in seguito, realizzano perfette riproduzioni di quei mobili grazie alle conoscenze tecniche maturate sul campo. Il **noce** è l'essenza più utilizzata assieme al **cileglio**; gli elementi strutturali sono uniti da tenoni sui traversi e fori sui montanti, mentre i cassetti sono assemblati con incastri a coda di rondine [20]. Il mobile veronese [fig. 34], invece, si caratterizza per le sue forme e il suo stile classico, con materiali tradizionali, linee sobrie ed eleganti, ispirate all'arredamento delle dimore veneziane del '700, andando così a legare il proprio prodotto alla cultura territoriale [21].

[19] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/veneto-4-cose-da-sapere-sui-pregiati-mobili-in-legno-id-18760/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[20] <https://www.vangelistamobili.it/mobile-bassano-passato-presente-uno-stile-centenario/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[21] Camera di commercio di Verona (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/cgVhwB5jBUA8A?hl=it> (Ultima consultazione 17/04/23)



Figura 31 Credenza bassanese in arte povera.



Figura 32 Intaglio di un mobile d'arte veronese.



Figura 33 Particolare di un intervento di restauro su un mobile del '600.



Figura 34 Cassettiera veronese del XVIII secolo in radica di noce e intarsio in legni vari.

FRIULI VENEZIA GIULIA

La tradizione del legno del Friuli Venezia Giulia è legata alla zona della Carnia, dove borghi come Sutrio e Sauris e valli come la Valle d'Incarojo rappresentano dei veri e propri luoghi chiave per il materiale ligneo e la sua lavorazione. La tradizione del legno di Sutrio ebbe origine quando, nei momenti morti durante la stagione invernale, non era possibile dedicarsi alle attività di agricoltura e di allevamento, motivo per cui era fondamentale per i cittadini reinventarsi in nuove attività. Mentre le donne cardavano e filavano le fibre tessili, gli uomini si dedicavano all'intaglio e alla trasformazione del legno, al fine di realizzare attrezzi agricoli, mobili, infissi e rivestimenti nonché sculture e bassorilievi lignei, solitamente impiegati per impreziosire palazzi (ad es. quelli dei nobili veneziani e udinesi) e chiese [fig. 35]. Di particolare interesse anche i preziosi manufatti di Sauris dove, lavorando il legno d'**acero**, gli artigiani producevano le Dalmine [fig. 36], calzature tipiche simili agli zoccoli, oltre alle tradizionali maschere carnevalesche [fig. 37]. Da quella che era una necessità, nacque dunque una professione, quella dei maestri falegnami, carpentieri ed intagliatori, un'attività che divenne il fattore economico più rilevante dell'intera Carnia. Questa tradizione si racconta ogni anno, durante la prima domenica di settembre, in occasione della popolare manifestazione chiamata la "Magia del legno", evento che può vantare una storia fatta di più di trenta edizioni [22]. Una delle tradizioni artigianali tipiche, invece, dell'intero territorio del Friuli Venezia Giulia è sicuramente rappresentata dalla lavorazione dei mobili d'Oltralpe [fig. 38]. Si tratta di mobili realizzati con una particolare tecnica di trasformazione del legno di faggio, che viene curvato a caldo. In questo modo si realizzano tavoli, sedie, dispense, mobili per la cucina, ma anche elementi di arredo come attaccapanni o fioriere oppure strutture per divani e poltrone [23].

[22] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/carnia-artigiani-del-legno-da-sauris-a-sutrio-id-7219/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[23] <https://www.guidaconsumatore.com/prodotti-artigianali/friuli-venezija-giulia.html>
(Ultima consultazione 17/04/23)



Figura 35 Cassapanca di Sutrio in legno di noce della fine del '600.



Figura 36 Dalmine o "Dalbidas" carniche realizzate in legno e cuoio.



Figura 37 Maschera carnevalesca di Sauris.



Figura 38 Sedie d'oltralpe degli anni '40 in faggio curvato, produzione Volpe.

EMILIA ROMAGNA

In Emilia Romagna la lavorazione del legno avviene, per tradizione, in alcune località specifiche, collocate fra le province di Piacenza, di Reggio Emilia e di Modena.

Gli artigiani del borgo piacentino di Grazzano Visconti, a partire dall'inizio del '900, sono diventati noti per la lavorazione di manufatti lignei attraverso il proprio stile caratteristico, definito stile Grazzano. Fra i suoi tratti distintivi ci sono le forme di ispirazione quattrocentesca e il bassorilievo con intagli fitti e profondi [24]. A Rolo, in provincia di Reggio Emilia, gli artigiani del legno sono, invece, abili maestri nella produzione di mobili intarsiati, detti Rolini [fig. 39]. Al fine di tutelare i consumatori, i manufatti di Rolo si avvalgono del marchio "tarsia di Rolo", apposto su prodotti progettati in chiave moderna e non strettamente vincolati alla tradizione, e "tarsia tradizionale di Rolo", che fa riferimento ad oggetti che si attengono alle decorazioni tipiche della manifattura di Rolo. Nel 1994, inoltre, il Comune di Rolo ha fondato il Museo della tarsia [fig. 40], ente che svolge attività di studio, restauro, consulenza ed esposizione museale [25]. Infine, nella città di Modena, ai fini della maturazione e dell'invecchiamento dell'aceto balsamico, è di grande importanza la produzione di botti in legno [fig. 41], che nascono dall'abilità dei maestri bottai, capaci di scegliere i legni giusti (**quercia, gelso, castagno, ginepro, ciliegio**) per poter garantire una corretta stagionatura e un adeguato livello di porosità. Inoltre, il processo di produzione dell'Aceto Balsamico Tradizionale di Modena prevede l'organizzazione delle botti in batterie, composte da un numero dispari, compreso tra 5 e 9 barili, che variano nella loro capacità. Durante il processo di produzione, questa serie di barili è costituita da botti fatte con diversi legni, ognuno dei quali fornisce una caratteristica specifica per l'aceto [fig. 42] [26].

[24] <https://emiliaromagnaturismo.it/it/arte-cultura/artigianato/legno>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[25] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/divemilia-romagna-4-cose-da-sapere-sulla-tarsia-di-rolodiv-id-10883/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[26] <https://www.aromabalsamico.com/botti-aceto-balsamico-dove-invecchia/>
(Ultima consultazione 17/04/23)



Figura 39 Tavolo intarsiato di Rolo di fine '800.



Figura 40 Museo della Tarsia di Rolo.



Figura 41 Batteria di botti per l'Aceto Balsamico di Modena IGP.



Figura 42 Maestri bottai all'opera durante la realizzazione di una batteria di botti.

TOSCANA

In Toscana, tra le foreste di Camaldoli e il Pratomagno si estende l'antico patrimonio della provincia di Arezzo: **castagni, roveri, olmi, abeti** sono alla base dei mobili rustici del Casentino e dell'Alta Valle del Tevere. Questi ultimi sono caratterizzati dalla presenza di linee semplici e morbide, ispirate all'arredamento tipico delle case coloniche. È in questo luogo che la comunità casentinese ha dato vita alla "civiltà del castagno", dedita a produrre materiale edilizio da destinare ai grandi cantieri navali di Livorno e Pisa [fig. 43]. Inoltre, di rilievo sono l'artigianato e i prodotti dell'area di Camaldoli, che si sono sviluppati attorno alla filiera del vino, con prodotti come le botti a doghe, i tini, le bigonze e i barili [27]. Altra zona molto prolifica è quella della Maremma che ha come proprio fulcro la città di Pitigliano, importante per la lavorazione del legno di **ulivo**, impiegato nella produzione di piccoli oggetti di uso quotidiano [fig. 44] [28]. Sempre in Maremma vi è la tradizione delle sedie impagliate, note come "seggiole maremmane", nate agli inizi del '800 nelle comunità contadine a partire dagli scarti delle attività agricole. Possono esistere diverse versioni di seggiole, a seconda del legno utilizzato (**noce, olmo o castagno**), ma la loro peculiarità è data proprio dalle erbe palustri impiegate per l'impagliatura. Per la realizzazione delle sedie vengono adoperati ancora oggi antichi utensili, come il coltello a due mani e l'ascia [fig. 45]. L'assemblaggio delle seggiole avviene tramite l'incastro tra il legno verde delle strutture portanti e quello secco dei pioli, in modo da evitare l'utilizzo di colle; infatti, dopo un periodo di essiccazione, il legno blocca naturalmente e saldamente il piolo nel foro in cui è stato inserito [29]. Infine, Firenze e la sua provincia sono note per gli arredi e per la lavorazione della foglia d'oro [fig. 46] [30].

[27] <https://toscana.artour.it/legno-casentino/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[28] [https://www.valledelbuttero.it/Artigianato-in-Maremma-
legno-d-ulivo-tra-i-vicoli-di-Pitigliano-la-Citta-del-Tufo/](https://www.valledelbuttero.it/Artigianato-in-Maremma-legno-d-ulivo-tra-i-vicoli-di-Pitigliano-la-Citta-del-Tufo/)
(Ultima consultazione 17/04/23)

[29] Camera di commercio di Grosseto (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/OQVhwC9PUh4A8A?hl=it>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[30] Cit. [27]



Figura 43 Maestri d'ascia di Viareggio in uno scatto dei primi anni del '900.



Figura 44 Ciotola in legno d'ulivo della Maremma.



Figura 45 Lavorazione del piolo di una seggiola maremmana con un coltello a due mani.



Figura 46 Bottega fiorentina specializzata nella produzione di manufatti in foglia d'oro.

MARCHE

La tradizione dell'artigianato del legno ascolano vede ancora oggi artigiani e falegnami, curvare il legno massello a caldo e intagliarlo a colpi di sgorbia e di bulino con uno stile basato sulla ricchezza dell'intarsio, sulla precisione degli incastri e la linearità costruttiva.

L'artigianato del legno ascolano si sviluppa nelle zone montane, la cui ricchezza boschiva, si è rivelata fondamentale e favorevole all'avviarsi dell'artigianato del legno ascolano.

Nel Piceno la tradizione dell'ebanisteria, dell'intaglio e delle lavorazioni artistiche del legno, ha portato a una prolifica produzione di cori lignei in chiese e cattedrali, statue, soffitti, scrigni e cornici. Ad Amandola, inoltre, la tradizione dell'intaglio e dell'ebanisteria fu particolarmente fiorente in epoca tardo-rinascimentale. Qui, in particolare, si diffusero lo stile e alcuni modelli tipici come i tavoli a "lira" rotondi o poligonali [fig. 47], le "torcere" per riporre i lumi [fig. 48], le credenze in **noce**, le cassapanche con profili in legno di **ciliegio** e fondo in **radica di noce**, e ancora i mobili e le cantorie dipinte a tempera nei toni di celeste grigiastro, di verde tenue, marmorizzati [fig. 49]. L'artigianato amandolese si esprime anche mediante la produzione della tradizionale poltrona marchigiana rivestita di cuoio [fig. 50] [31].



Figura 47 Tavolo a lira di Amandola della fine del XVII secolo.



Figura 48 Torcere marchigiane laccate e dipinte dell'inizio del XVIII secolo.



Figura 49 Cantoria marchigiana del XVII secolo.



Figura 50 Poltrona marchigiana con sedile e schienale in cuoio del XIX secolo.

[31] <http://www.originalitaly.it/it/editoriali/a-artigianato-del-legno-ascolano>
(Ultima consultazione 17/04/23)

UMBRIA

In Umbria è radicata fin dal rinascimento la tradizione della lavorazione artigianale del legno e dei mobili in stile [fig. 51], data la ricca presenza nei suoi boschi di alberi dai quali ricavare legnami pregiati, come il **noce**, il **frassino**, il **rovere** e il **ciliegio** [32].

I mobili in stile, le cui produzioni sono concentrate soprattutto nell'area dell'Alta Valle del Tevere (Città di Castello, San Giustino, Umbertide), sono la massima espressione del sapere artigianale di questa regione. Questa tecnica affonda le radici in un'antica tradizione in cui l'elemento principale è il riuso del legno antico di recupero proveniente da mobili d'epoca per costruirne di nuovi "in stile" [fig. 52]. Recentemente è stato creato dagli artigiani del territorio un marchio che porta il nome di "Vero Mobile in Stile Altotiberino". Inoltre, a Città di Castello si tiene ogni anno a fine settembre la Mostra del mobile in stile e dell'artigianato [33]. Di pregio anche la cosiddetta "arte povera" [fig. 53], ossia la produzione di mobili rustici, più essenziali e lineari rispetto ai più elaborati in stile rinascimentale e barocco. Altre importanti tradizioni sono quelle dell'arte del restauro [fig. 54], dell'intarsio e dell'ebanisteria [34].



Figura 51 Cassettone in noce della metà del XVII secolo in stile altotiberino.



Figura 52 Intaglio di un elemento decorativo di un mobile in stile.



Figura 53 Cassapanca in noce del XVIII secolo in arte povera.



Figura 54 Bottega di artigiani umbri durante il restauro di un mobile in stile.

[32] <https://www.tipicamenteumbria.it/legno-e/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[33] <https://www.exploring-umbria.com/larte-della-lavorazione-del-legno-del-vetro-e-dei-metalli/larte-del-legno-in-umbria/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[34] Cit. [32]

ABRUZZO

L'Abruzzo, regione rinomata per le sue montagne ed i suoi boschi, vede la propria tradizione del legno legata ad Arischia, comune montano nel cuore del Parco Nazionale del Gran Sasso e dei Monti della Laga. Grazie alla presenza di estesi boschi di faggio, si è diffusa e sviluppata la lavorazione del legno, un'attività che vede gli artigiani intenti a realizzare prodotti come le "arche", ovvero le madie [fig. 55].

Questa tradizione nasce dai contadini che, durante il pascolo, iniziarono ad occupare i propri tempi morti dedicandosi alla realizzazione di manufatti in legno attraverso l'impiego di semplici e rudimentali strumenti manuali. Le madie sono dei mobili rustici costituiti da una cassa rettangolare a quattro piedi dotata di un coperchio ribaltabile sul quale un tempo veniva lavorato l'impasto del pane, lasciato successivamente lievitare all'interno della madia prima della cottura. Utilizzato nel focolare domestico per conservare il pane, ogni madia veniva e viene tutt'oggi lavorata avvalendosi delle rinomate qualità del legno di **faggio** e, inoltre, ogni manufatto viene realizzato e assemblato senza l'ausilio di chiodi, impiegando solamente incastri e cavicchi di legno [35]. L'artigianato del legno abruzzese, inoltre, è specializzato nella produzione di oggettistica, sedie, mobili rustici, camini, insegne, mensole, utensili, sculture. Opere caratteristiche dell'artigianato del legno sono anche il "Du bbotte" [fig. 56], tipico organetto abruzzese, le "ciaramelle" [fig. 57] e le "raganelle" [fig. 58], caratteristici strumenti musicali in legno di faggio [36].



Figura 55 Madia di Arischia con decorazioni a motivi circolari.



Figura 56 Du bbotte tradizionale.



Figura 57 Ciaramella in legno di faggio.



Figura 58 Raganella in legno di faggio.

[35] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/le-madie-di-arischia-id-6320/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[36] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/le-madie-di-arischia-id-6320/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

LAZIO

In Lazio, la presenza di grandi boschi caratterizza l'artigianato ciociaro [fig. 59], che utilizza il legno per produrre mobili ed arredi, attrezzi per la cucina, mestoli, taglieri, scifette [37]. Intagliatori, ebanisti e impagliatori, in Lazio, da secoli seguono metodi di lavorazione artigianali che differiscono da zona a zona. A Sora, in provincia di Frosinone, si producono mobili intagliati, mentre a Ripi e Veroli si trovano raffinati mobili decorati con trafori lignei che rimandano ai cori di chiese e abbazie. Dall'aspetto "rustico" risultano le produzioni ciociare e dei Castelli, con eccellenze come le madie di Vico, decorate con graffiti a semicerchi concentrici. Ad Anagni vi sono le tradizionali "tarsie", realizzate con tessere di legno naturale, di varia forma ed essenza, posizionate a incastro per creare un motivo decorativo. A Carpineto Romano, invece, viene utilizzata l'antica tecnica dei bottai per realizzare contenitori, oltre a pipe e ombrelli per pastori [fig. 60]. Altro metodo antico è quello degli impagliatori di sedie di Cori [fig. 61], Turania e Canepina e quello dei cantieri navali di Formia, dove vengono costruite barche con la stessa abilità degli antichi maestri d'ascia [38]. Infine, ad Acquafondata e in Val Comino si annoverano i pifferi e le zampogne [fig. 62], prodotte utilizzando pelli di pecora e legno di **ciliegio** o **ulivo** [39].



Figura 59 Oggetti in legno dell'artigianato ciociaro.



Figura 60 Maestro ombrellaio di Carpineto Romano.



Figura 61 Sedute impagliate di Cori.



Figura 62 Zampognari della Val Comino.

[37] <https://bussoladiario.com/2020/08/artigianato-tradizionale-del-lazio.html>
(Ultima consultazione 17/04/23)

[38] Articolo in e-borghi travel (2019). Vol 9. https://issuu.com/e-borghi/docs/09_e-borghi_travel_artigianato_ita/s/163303
(Ultima consultazione 17/04/23)

[39] Cit. [37]

MOLISE

L'artigianato del legno molisano è costituito principalmente dalla tradizione della zampogna, produzione tipica delle frazioni di Scapoli. Questo strumento musicale è realizzato con legno di **ciliegio** o di **ulivo**, d'**albicocco**, di **prugno** o di **mandorlo** stagionato al sole, successivamente assemblato a pelli di capra o di pecora opportunamente trattate [figg. 63, 64, 65]. Gli zampognari si muovono in coppia. Una persona suona la zampogna, l'altra suona la ciaramella, strumento a fiato fatto di canne [40].

Altra attività artigianale è quella degli intagliatori del legno, che in passato erano i pastori i quali, nelle lunghe attese del pascolo o durante i rigidi inverni, lavoravano pezzi di legno per farne mestoli, forchettoni, sedie rustiche e recipienti per usi vari. I pochi artigiani sopravvissuti continuano ancora oggi a portare avanti con l'ascia e il coltello questa tipica attività che si tramanda da secoli [fig. 66] [41].



Figura 63 Maestro costruttore di zampogne alle prese con una raspa.



Figura 64 Tornitura di una zampogna.



Figura 65 Zampogna molisana.



Figura 66 Maschere del carnevale di Larino in legno intagliato.

[40] <http://www.molise.beniculturali.it/index.php/patrimonio-culturale/antichi-mestieri#:~:text=La%20zampogna%20molisana%20C3%A8%20realizzata,zampognari%20si%20muovevano%20in%20coppia>.

(Ultima consultazione 17/04/23)

[41] <http://www.unplimolise.it/turismo/artigianato/artigianato.htm>

(Ultima consultazione 17/04/23)

CAMPANIA

In Campania, quella della tarsia sorrentina [fig. 67] è un'arte antica che vede cimentarsi gli artigiani locali in una complessa lavorazione del legno (ad es. taglio al traforo, incollaggio, pressatura, levigatura, verniciatura, ecc.) attraverso la quale vengono plasmati manufatti di pregio caratterizzati da ricche decorazioni [figg. 68, 69]. Ad importare l'arte della tarsia lignea sulle coste sorrentine sono stati i monaci benedettini che, tra il '300 e il '400, risiedevano nel monastero di Sant'Agrippino. Qui i monaci realizzavano lavori ad intaglio e intarsio ligneo utilizzando i legni tipici locali, come **limone**, **arancio** e **noce**; le tonalità differenti offerte dalle diverse qualità di legno garantivano quindi decorazioni dalle svariate cromie [42]. Sebbene la tarsia sorrentina vanti origini ben più antiche fu in epoca ottocentesca che raggiunse i livelli di massimo splendore e prestigio anche al di fuori dei confini locali; in quel periodo, infatti, la Costiera era meta di artisti di ogni provenienza che percorrevano il Grand Tour. La grande prolificità di questa forma di artigianato portò nel 1886 alla fondazione della Scuola applicata all'industria dell'Intarsio e dell'Intaglio. Attualmente, l'Istituto Superiore "Francesco Grandi" di Sorrento mantiene attivo fra i suoi corsi di studio quello dell'Arte del Legno e dell'Intarsio [fig. 70] [43].



Figura 67 Tarsia sorrentina realizzata su un mobile del XIX secolo.



Figura 68 Taglio del legno tramite traforo.



Figura 69 Ricacciatura con inchiostro di china.



Figura 70 Prodotto finito.

[42] <https://www.aboutsorrento.com/cosa-fare/intarsio-sorrentino-storia-dellarte-della-lavorazione-del-legno/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[43] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/cosa-c-da-sapere-sulla-tarsia-ligneo-di-sorrento-id-17256/> (Ultima consultazione 17/04/23)

BASILICATA

La produzione lucana di oggetti in legno è ricca e variegata. In tutta la regione si possono scovare creazioni che spaziano dai mobili di pregio, alle suppellettili ed agli oggetti per la casa e la cucina. La stessa varietà è rinvenibile nelle specie legnose impiegate che, in base alle caratteristiche, vengono destinate a lavorazioni differenti. Tra le specie più diffuse si distinguono, oltre al **noce**, all'**acero** ed al **castagno**, anche la **quercia**, l'**abete**, il **faggio**, il **ciliegio** ed il **pero**.

Non vi è una zona della Basilicata più vocata di altre alla lavorazione del legno. Esistono, però, numerose realtà che eccellono o si distinguono per la produzione di alcuni tipi di oggetti [44]. Tra i simboli dell'artigianato materano vi sono i timbri del pane [fig. 71], nati dall'esigenza di distinguere le pagnotte delle diverse famiglie quando queste venivano mandate a cuocere nei forni, per lo più pubblici. I timbri, realizzati in origine dai pastori con rami e coltelli tasca-bili, sono oggi prodotti con legni pregiati e mantengono la tipica conformazione con la parte superiore figurativa e quella inferiore con le iniziali o l'effigie della famiglia [45]. Tra le produzioni storiche, inoltre, si annoverano le sedie di Ruoti e Ruvo del Monte, i cesti, i canestri e i panieri in vimini di Sant'Angelo Le Fratte e Viggianello [fig. 72], le palle da gioco colorate e le tabacchiere profumate di acero, tasso e corniolo realizzate a Rionero in Vulture e Barile e, infine, i carri degli artigiani di San Fele e Rionero in Vulture [fig. 73]. Di grande pregio, inoltre, anche i mobili di Grassano e Montalbano Jonico. In conclusione, si può affermare che la tradizione lucana del legno è ben rappresentata da vari manufatti, come i cori lignei delle chiese, i portoni [fig. 74], ma anche semplici oggetti per l'arredamento, come utensili da cucina e gli iascarelli (fiaschette di faggio intarsiate) [46].



Figura 71 Timbri per il pane materani.



Figura 72 Cesti e panieri in vimini di Sant'Angelo Le Fratte.



Figura 73 Carro in legno di San Fele in uno scatto fotografico di Matera.



Figura 74 Portone lucano in legno di fine '800.

[44] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/basilicata-4-cose-da-sapere-sui-souvenir-in-legno-id-12938/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[45] Camera di commercio di Matera (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/pAVhQHO97B0A8A?hl=it> (Ultima consultazione 17/04/23)

[46] <https://basilicata.italiaguida.it/cmsx.asp?IDPg=571> (Ultima consultazione 17/04/23)

PUGLIA

La Puglia è la regione meno boscosa d'Italia ma, nonostante ciò, è la regione che vanta la più alta biodiversità di alberi: il suo patrimonio boschivo conta oltre 300 varietà arboree. Tra le specie più diffuse e pregiate vi sono l'**ulivo** [fig. 75] e la **quercia**. La cultura del legno pugliese, tramandata da secoli, ha dato vita a una fiorente attività manifatturiera: se un tempo falegnami ed ebanisti lavoravano questo materiale con l'utilizzo di pochi utensili, oggi il settore del legno-arredo ha raggiunto livelli di eccellenza [fig. 76] [47]. Un'area che vanta un forte tradizione con il materiale legno è quella del Salento, dove i maestri d'ascia sono specializzati nella realizzazione dei tradizionali carri e birocci [fig. 77], mentre falegnami ed ebanisti sono noti per la produzione di mobili, infissi e per l'arte del tornio (ad es. utensili di lavoro, ma anche ciotole, coppe, vassoi), dell'incisione e dell'intarsio [fig. 78]. Inoltre, non essendoci nel Salento parti in legno nella costruzione delle case, né fiumi sui quali passassero ponti, non era e non è tuttora presente il mestiere del legnaiolo, professione diffusa in molte altre parti d'Italia specializzata nella lavorazione di grossi tronchi per travature ed armature [48].



Figura 75 Utensili in legno d'ulivo pugliese.



Figura 76 Arredi e xiloteca dell'azienda Legno di Puglia.



Figura 77 Carretto salentino tradizionale.

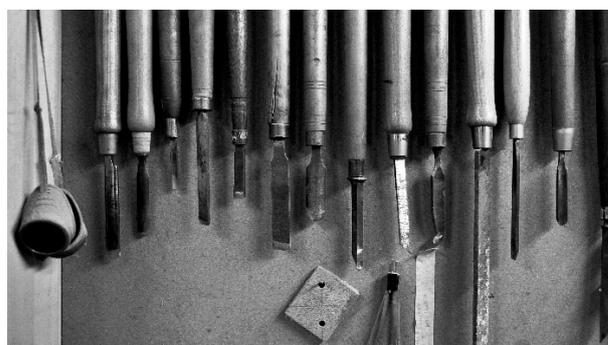


Figura 78 Utensili da intaglio ed ebanisteria.

[47] <https://www.ad-italia.it/ad-loves/2021/02/08/legno-pugliese-una-risorsa-preziosa-per-larredamento-di-design/> (Ultima consultazione 17/04/23)

[48] <https://www.salentoviaggi.it/artigianato-salento/artigianato-salentino-del-legno.htm> (Ultima consultazione 17/04/23)

CALABRIA

In Calabria una tradizione molto legata al territorio è quella della produzione di pipe artigianali. La tradizione legata alla produzione di pipe artigianali nasce con i pastori, i quali cominciarono ad intagliare il legno, assieme ad attrezzi ed utensili di uso quotidiano, nelle lunghe ore di attesa a guardia delle greggi, sfruttando l'abbondante legname della zona. Quello delle Serre calabresi è un territorio ricco di risorse forestali che offre una materia prima dalle particolari caratteristiche. È grazie a queste peculiarità che le pipe calabresi, oltre ad essere apprezzate per il pregio delle loro lavorazioni, si distinguono per l'ottimo sapore che sono in grado di far percepire nell'atto del fumo, legato proprio al legno da cui queste vengono ricavate ovvero, l'**Erica Arborea**, nota anche come radica calabrese [fig. 79]. I luoghi, in Calabria, che legano il proprio nome alle tradizionali pipe locali sono Brognaturo e Scido, piccoli paesi che per lungo tempo hanno ospitato numerosi artigiani e cioccaioli dediti alla produzione di pipe [figg. 80, 81, 82] [49].



Figura 79 Ciocchi di Erica Arborea durante la fase di stagionatura.



Figura 80 Pezzi pretagliati pronti per essere levigati attraverso la mola.

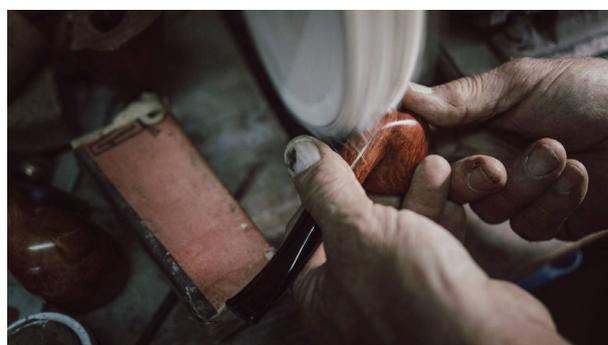


Figura 81 Lucidatura della radica con un disco di feltro.



Figura 82 Pipe artigianali di Brognaturo.

[49] <https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/calabria-pipe-artigianali-famose-nel-mondo-id-21835/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

SICILIA

Uno dei prodotti più noti dell'artigianato siciliano del legno è il carretto siciliano, che nel Seicento veniva utilizzato come mezzo di trasporto ed era decorato con immagini religiose [fig. 83]. Le varietà di legno impiegate sono il **frassino**, l'**abete**, il **noce** e il **faggio**; l'intarsiatore e il decoratore gli conferiscono poi una veste molto curata. Altra forma di artigianato è quella dei "pupi", caratteristiche marionette in legno nate a metà del '800 a Palermo e Catania; secondo la tradizione i pupi vanno scolpiti in blocchi di legno di **faggio**, **ulivo** o **limone**, e possono raggiungere l'altezza di circa un metro e mezzo [fig. 84] [52]. Meno nota è la tradizione degli arredi in legno curvato a vapore (legno di **Gelso**) della provincia di Catania, dove nascono le storiche fabbriche della Sardella di Acireale (1870 ca.) e della Wäckerlin di Catania (1905 ca.) [fig. 85]; la produzione quest'ultima presenta dei marcati tratti distintivi rispetto ai modelli di Thonet e può vantare un brevetto per un funzionale sistema di rinforzi per la seduta (1912) [fig. 86]. Infine, è bene ricordare che un importante contributo alla crescita di queste due realtà aziendali è stato dato dal mercato siciliano, che si è dimostrato molto vivo e ricettivo nel confronto degli arredi in legno curvato a vapore [51].



Figura 83 Dettaglio delle decorazioni di un carretto siciliano.



Figura 84 Pupi siciliani in legno.



Figura 85 Chaise longue prodotta da Wäckerlin, in legno di gelso curvato.



Figura 86 "Tacchetto" di rinforzo della seduta brevettato da Wäckerlin.

[50] <https://www.guidaconsumatore.com/prodotti-artigianali/sicilia.html>

(Ultima consultazione 17/04/23)

[51] Giovanni Renzi (2018). Articolo in Legno Curvato. <https://legnocurvato.design.it/sicilia-terra-legno-curvato-a-vapore/> (Ultima consultazione 17/04/23)

SARDEGNA

La lavorazione del legno è una delle espressioni artistiche più antiche e preziose dell'artigianato sardo. I tipi di legno principalmente impiegati sono il **castagno**, abbondante nei boschi della Barbagia, il **noce** e il **ginepro**; la tecnica è quella dell'intaglio [fig. 87]. L'incisione su legno o su altri materiali ha preso sviluppo da un'abitudine diffusissima di decorare con la punta del coltello manufatti di vario tipo [fig. 88]. Il legno era indispensabile per la creazione di arredi per la casa, tavoli e sgabelli, dagli utensili di uso comune come mestoli e taglieri, fino alle più classiche cassapanche, dove il legno veniva lasciato al naturale o dipinto in rosso con il sangue dell'agnello, in turchino o verdolino con essenze vegetali [fig. 89]. Tipica del Campidano è la produzione di sedie, di solito basse ed in legno chiaro, decorate con fiori di melograno [fig. 90]. Nei centri montani, sedie e seggioloni presentavano, invece, gli stessi motivi decorativi della cassapanca ed erano, inoltre, in uso anche bassi sgabelli realizzati in tronchi di ferula [52].



Figura 87 Intaglio di un motivo decorativo su una cassapanca.



Figura 88 Maschere per il carnevale intagliate.



Figura 89 Cassapanca in castagno intagliata con motivi decorativi della tradizione.



Figura 90 Sedia in castagno decorata ad intaglio con un motivo decorativo sullo schienale.

[52] <https://www.regione.sardegna.it/isola/legni/legno.htm#:~:text=Originariamente%20il%20legno%20era%20lasciato,e%20restituirle%20un%20aspetto%20decente> (Ultima consultazione 17/04/23)

Motivi e segni grafici di alcune regioni italiane

Piemonte e Valle d'Aosta

- Rosoni, motivi e petali formati da triangoli ed esagoni.



- Rosoni circolari con all'interno petali curvati ad andatura spiraliforme.



- Decorì con rombi o semicerchi disposti secondo motivi a squame.



Lazio e Abruzzo

- Motivi semicircolari e circolari intersecati o concentrici.



Sardegna

- Rosoni con fiori di melograno, motivi a freccia e decori con volatili stilizzati.







Capitolo 3

CLASSIFICAZIONE DEI LEGNI, DEI DIFETTI E DELLE PROPRIETÀ

3.1 Classificazione dei legni

3.1.1 Classificazione degli alberi

Il legno dal quale si ottengono i semilavorati da costruzione e da mobilio appartiene generalmente alle famiglie arboree dell'ordine delle dicotiledoni e delle gimnosperme.

- **Dicotiledoni.** Sono anche noti con il nome **latifoglie** e sono commercialmente denominati *hardwood* (nonostante vi siano legni teneri anche tra le latifoglie, ad es. la balsa, il pioppo, ecc.). nelle latifoglie la diramazione del tronco segue un andamento con direzione irregolare e impostato generalmente da un'altezza comune a tutti i rami.
- **Gimnosperme.** Definite anche con il nome **conifere**, sono denominate anche come *resinose*, *sempreverdi* e *aghiiformi*. La denominazione commerciale del legno di conifera è *softwood*, ossia alberi di legno tenero. Nelle conifere, generalmente, i rami sono distribuiti omogeneamente lungo tutto il fusto con un posizionamento incidente/opposto rispetto alla direzione del tronco.

3.1.2 Classificazione delle essenze

A seconda del rapporto tra lunghezza e larghezza delle celle e dello spessore delle pareti delle celle, i legni si suddividono in:

- **Legni duri e forti:** sono per es. quelli di rovere, frassino, castagno, olmo.
- **Legni duri e fini:** sono per es. quelli di noce, ciliegio, faggio, ulivo, ebano, palissandro, mogano, teak.
- **Legni dolci:** sono per es. quelli di pioppo, balsa, ontano, abete, pino, betulla.

Nella produzione di mobili, i legni duri si impiegano come base della struttura, mentre quelli dolci sono utilizzati nella realizzazione di arredi impiallacciati e laccati ^{[1][2]}.

[1] Norberto Marchi, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.

[2] Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.

3.1.3 Schedatura delle specie

La conoscenza dei legnami è una questione che poco si addice allo studio su libri e testi. Nonostante risulti importante avere una conoscenza tecnico-teorica dei vari legni, è sempre l'esperienza pratica svolta sul campo che determina la reale ed effettiva comprensione del comportamento del materiale legno. La reazione alle forze e agli strumenti sono questioni che seppur studiate non si possono acquisire se non con la pratica. Ecco perché è bene che qualsiasi progettista, prima di cimentarsi nella progettazione formale e funzionale dei prodotti in legno, conosca in prima persona la fisicità del materiale.

Di conseguenza, si è deciso di approfondire **le principali caratteristiche di 6 dei legni più importanti e diffusi nella sfera della progettazione**. Le essenze scelte sono state selezionate in modo da avere 2 specie per ogni tipologia di legno (duri e forti, duri e fini e dolci) e da avere legni con proprietà e caratteristiche il più variegata tra loro [fig. 1]. Le schede si soffermeranno sugli aspetti tecnici e fisici, su quelli che possono essere gli ambiti d'impiego dei legnami, sulla provenienza e sulla distribuzione geografica, allo scopo di ottenere un confronto facilmente fruibile.

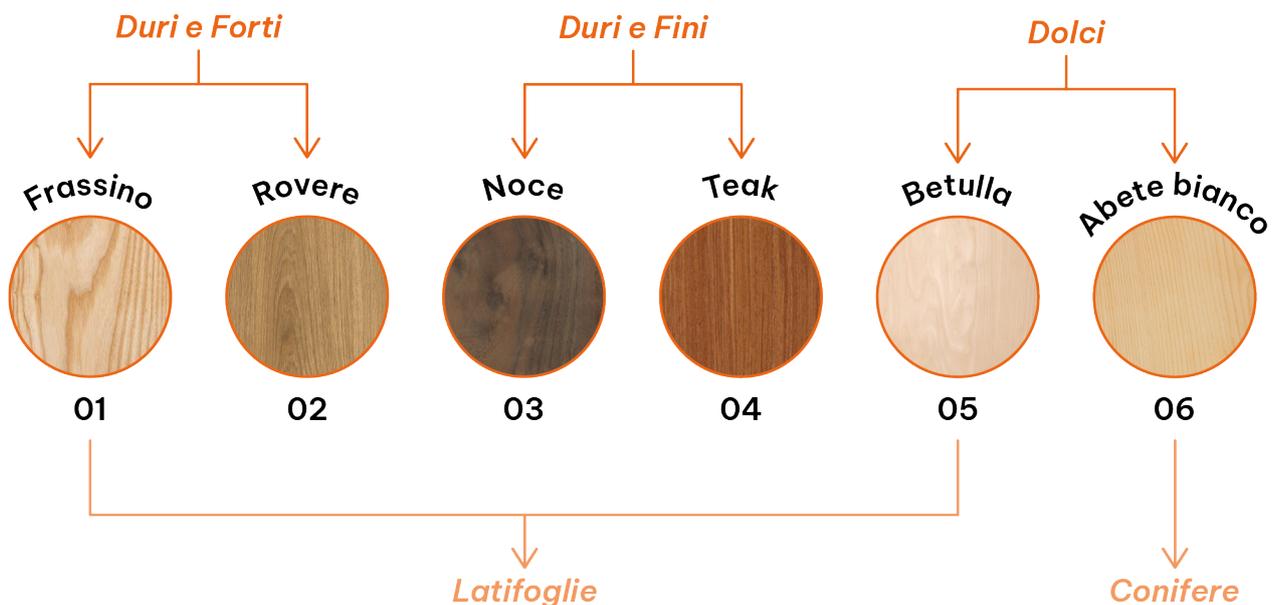


Figura 1 Schema relativo alle specie legnose selezionate per le schedature.

01 FRASSINO



Descrizione

Il Frassino è un legno di colore pallido Bianco roseo o bruno chiaro con durame bruno chiaro. Presenta una fibratura dritta e aperta e una tessitura grossolana. Gli anelli di crescita sono marcati da strette zone porose. È un legno duro e dall'elevata elasticità. La stagionatura, invece, avviene in maniera lenta ma senza difficoltà se il legname è mantenuto ben areato.

Pregi

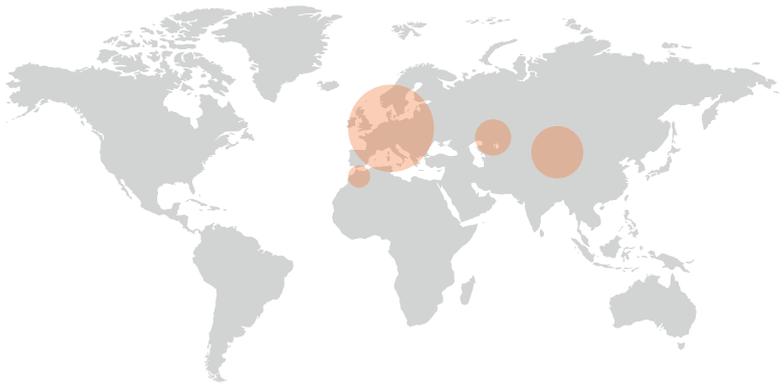
- Robusto
- Flessibile, adatto a curvatura
- Disegno e venature marcati
- Ottima lavorabilità
- Ottima attitudine al taglio

Difetti

- Non idoneo all'uso esterno
- Ingiallisce
- Rischio spaccatura o scheggiatura

Distribuzione geografica

In Italia è frequente in molti boschi montani. In Europa è diffuso in tutto il territorio. Presente anche in Africa settentrionale e in Asia centrale e occidentale.



Caratteristiche

Prezzo: relativamente economico tra i legni duri

Peso: medio-elevato (650-850 Kg/m³)

Sostenibilità: certificato, non a rischio

Scarto: medio, dipende dalla fibratura

Stagionatura: lenta, priva di impedimenti

Durezza: Molto duro

Ambiti d'impiego



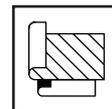
Design per la persona

Attrezzature per lo sport, strumenti musicali.

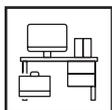


Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Serramenti e infissi.



Design per il lavoro

Strumenti e attrezzi per il lavoro.



Design per la mobilità

Nautica.

 Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Lefferi, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

02 ROVERE



Descrizione

Il rovere è un legno dall'alburno bianco-roseo e dal durame bruno-rossastro; quest'ultimo è in grado di resistere alle situazioni climatiche e all'usura più estreme. È caratterizzato da una superficie brillante, dovuta alla fibratura elicoidale, con tessitura grossolana ed eterogenea. I nodi valorizzano l'aspetto estetico del legno, ma ne aumentano la difficoltà di lavorazione. Rilevante per l'indotto del legno in Italia e in Europa.

Pregi

- Durezza elevata
- Tenacità elevata
- Durabilità ottima
- Resistente a intemperie e agenti atmosferici

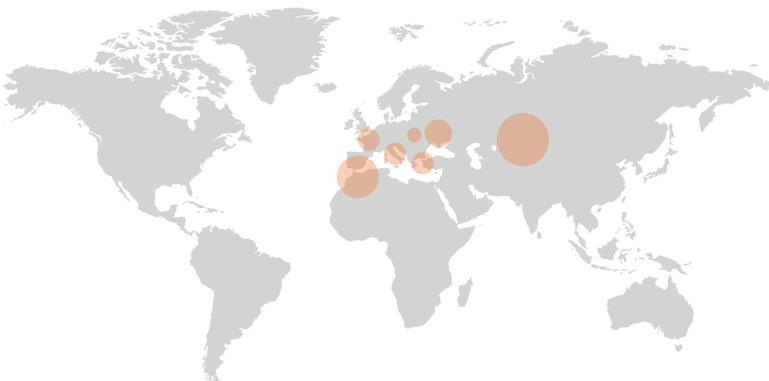
Difetti

- Prezzo elevato
- Rischio di scarti elevato
- Rischio spaccatura o scheggiatura



Distribuzione geografica

Presente in Italia sulle Prealpi e lungo la dorsale appenninica. In Europa è diffuso in Ungheria, Francia e altre regioni centrali. Presente anche in quantità in Marocco e in Asia occidentale.



Caratteristiche

Prezzo: Abbastanza elevato

Sostenibilità: quantità certificata in crescita

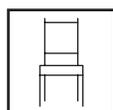
Stagionatura: lenta, con alto rischio di spaccature

Peso: elevato (650-900 Kg/m³)

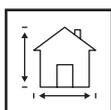
Scarto: potenzialmente alto (fessurazioni e difetti)

Durezza: Elevata

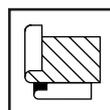
Ambiti d'impiego



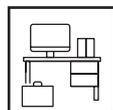
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa.



Architettura e costruzioni
Strutture portanti.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Pannelli lamellari.



Design per il lavoro
Strumenti e attrezzi per il lavoro.



Design per la mobilità
Nautica.

 Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

03 NOCE



Descrizione

Il colore del noce ricopre una vasta gamma di tonalità. Il disegno della fibratura è particolarmente delicato e tenue, con un netto contrasto tra alburo e durame. Nelle varietà di colore più scuro gli anelli di crescita risultano poco distinguibili. Il noce, tuttavia, è una specie sensibile e soggetta all'attacco da parte di insetti. Inoltre, è tra le essenze più pregiate per quanto riguarda mobili e complementi d'arredo.

Pregi

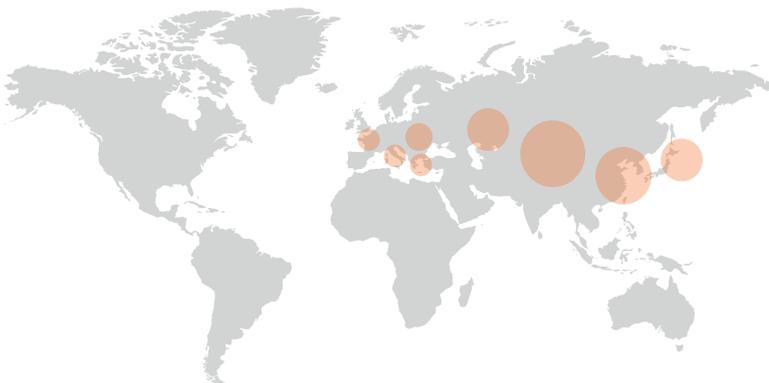
- Buona lavorabilità
- Buona attitudine al taglio
- Buona attitudine alla finitura
- Resistenza meccanica stabile
- Aspetto estetico peculiare.

Difetti

- Prezzo elevato
- Rischio di scarti elevato
- Vulnerabile a insetti (es. tarlo)

Distribuzione geografica

In Italia è diffuso sui territori collinari e, in generale, su medie alture. Presente in Asia centrale e orientale, dal Caucaso al Giappone. Rilevante la presenza del noce nella zona della Grecia e sui Balcani.



Caratteristiche

Prezzo: molto elevato

Sostenibilità: Difficilmente certificato, fuori rischio

Stagionatura: lenta, priva di impedimenti

Peso: medio-elevato (650-750 Kg/m³)

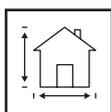
Scarto: alto a causa della conformazione del tronco

Durezza: medio-duro

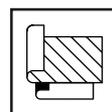
Ambiti d'impiego



Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa.



Architettura e costruzioni
Rivestimenti di pareti e controsoffitti.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Tranciati per impiallacciatura.



Design per la persona
Strumenti musicali.



Design per la mobilità
Interni e abitacoli nel settore automotive.

 Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Leferi, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

04 TEAK



Descrizione

Il teak è un imponente albero con tronco dritto e cilindrico può raggiungere i 35 metri di altezza, ha una chioma stretta a mezzo fusto e cresce principalmente in zone tropicali come l'Asia e l'Africa, presenta una colorazione che va dal bruno dorato al bronzo, con zone più scure che definiscono le rigature. La sua fibra dritta e la tessitura grossolana lo rendono una specie particolarmente adatta per impieghi marittimi e per la fabbricazione di mobili di pregio.

Pregi

- Buona durabilità
- Buona attitudine al taglio
- Buona resistenza a funghi e insetti

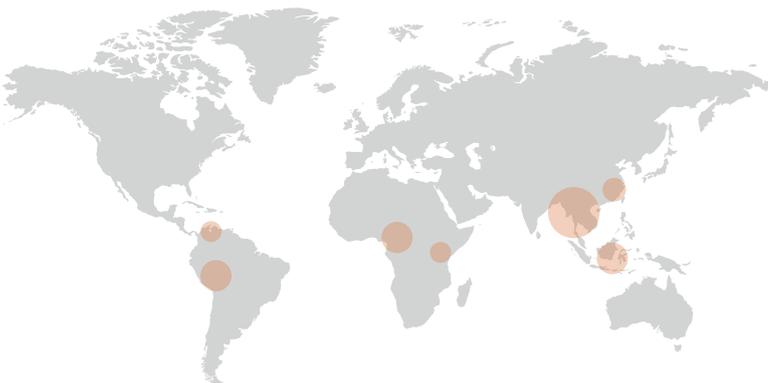
Difetti

- Difficoltosa lavorabilità
- Costoso



Distribuzione geografica

Cresce nelle foreste naturali in Thailandia, Laos e Vietnam, e nelle piantagioni in sud e sud-est asiatico, Africa subsahariana e America Latina.



Caratteristiche

Prezzo: costoso

Sostenibilità: autoctono poco sicuro

Stagionatura: lenta, molto stabile

Peso: medio (550-800 Kg/m³)

Scarto: basso

Durezza: elevata

Ambiti d'impiego



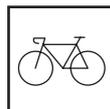
Design per la persona

Strumenti musicali, attrezzature per lo sport.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per l'esterno.



Design per la mobilità

Nautica.



Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Leferi, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

05 BETULLA



Descrizione

La betulla è un legno di colore biancastro con sfumature giallognole. Il disegno delle venature è abbastanza omogeneo, con zone tardive cromaticamente poco differenziabili. È un legno pesante e semiduro, robusto ed elastico, e si presta ad ogni tipo di lavorazione, dalla piallatura al taglio; può essere curvato meccanicamente senza rischio di spezzarsi. Inoltre, è una delle migliori essenze per la realizzazione di pannelli di multistrato e compensato.

Pregi

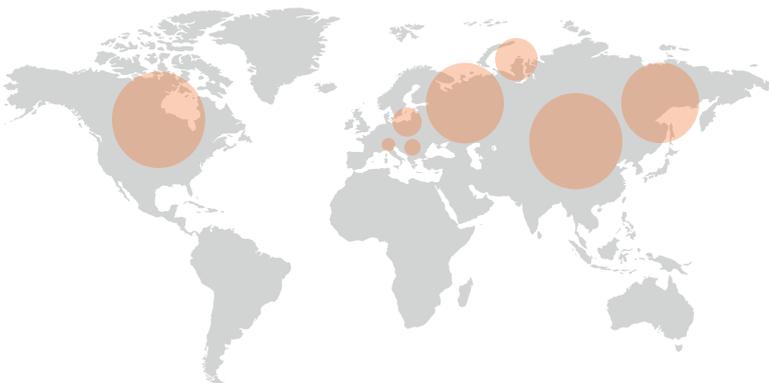
- Buona lavorabilità
- Buona attitudine al taglio
- Buona attitudine alla finitura
- Facile reperibilità
- Economico

Difetti

- Sensibile all'umidità
- Durabilità medio-bassa
- Formati piccoli

Distribuzione geografica

Presente dal circolo polare artico e dalla Siberia fino alle Alpi. Presente anche in Asia centrale e settentrionale.



Caratteristiche

Prezzo: buono, specie se compensato

Sostenibilità: elevata, non a rischio

Stagionatura: rapida

Peso: medio (550-800 Kg/m³)

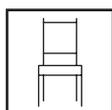
Scarto: moderato

Durezza: media

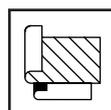
Ambiti d'impiego



Design per la persona
Giochi e modellismo.



Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo, accessori per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Compensati e impiallacciate.

 Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Leferi, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

06 ABETE BIANCO



Descrizione

L'abete bianco raggiunge altezze tra i 35 e i 50 metri, presenta una chioma che tende a rastremarsi verso l'apice. È una delle principali specie con legno tenero di colore biancastro e abbastanza elastico. L'abete è considerato tra i più rapidi da essiccare, cresce in diverse parti del mondo, come l'Europa orientale, l'Asia e l'America, e viene impiegata in diversi ambiti, tra cui la produzione di mobili, pavimenti, rivestimenti, utensili da cucina e oggetti decorativi.

Pregi

- Buona lavorabilità
- Buona attitudine al taglio
- Economico
- Crescita rapida

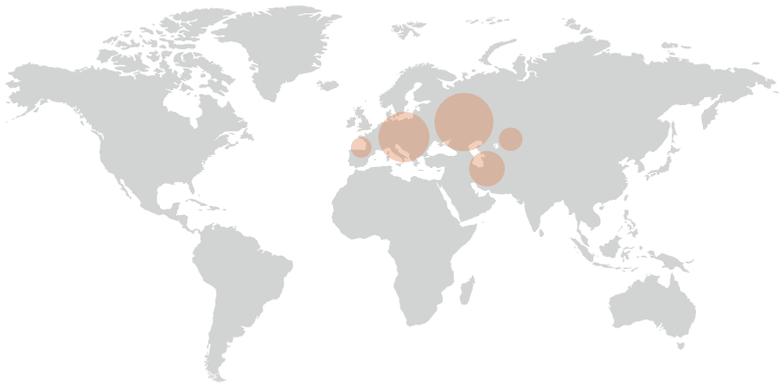
Difetti

- Poco resistente
- Bassa durabilità



Distribuzione geografica

Presente in Italia principalmente sulle Alpi e sull'Appennino, è anche diffusa in Europa centrale e meridionale, così come in Asia minore, in Afghanistan e nel Caucaso.



Caratteristiche

Prezzo: economico

Sostenibilità: alta, legno certificato

Stagionatura: rapida

Peso: leggero (400-500 Kg/m³)

Scarto: alto livello di ottimizzazione

Durezza: elevata

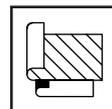
Ambiti d'impiego



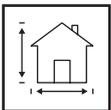
Design per la persona
Artigianato e oggetti decorativi.



Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Compensati e impiallaccature.



Architettura e costruzioni
Pavimenti, pannelli e rivestimenti per pareti.



Nick Gibbs, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.
<https://www.timberpolis.com/wood-species> (Ultima consultazione 12/05/23).

3.2 Classificazione dei difetti

3.2.1 Tipologie di difetti

I difetti del legno si possono suddividere in due categorie:

- **Difetti naturali del tronco:** dovuti alla costituzione dei tessuti legnosi e agli agenti atmosferici.
- **Difetti indotti dalla lavorazione:** si manifestano sulle assi già tagliate e dipendono dalla modalità del taglio impiegate che comportano un diverso ritiro del legno nelle tre direzioni (trasversale, radiale e tangenziale). Questi difetti sono maggiormente riscontrabili sui legni che hanno subito una rapida stagionatura. Durante una stagionatura naturale, i difetti possono essere in parte corretti caricando con pesi le cataste di assi.

3.2.2 Difetti naturali

- **Nodi**
I nodi non sono altro che rami inglobati dal legno durante l'accrescimento della circonferenza del tronco. Avendo una massa volumetrica differente da quella del legno circostante, essi si ritirano in maniera diversa durante la stagionatura. I nodi ricorrono maggiormente tra i legni di conifera e possono essere differenti:
 - Fisso: dovuta alla presenza interna al fusto di vecchi rami sommersi dal tessuto legnoso [fig. 2].
 - Mobile: causati da monconi di rami morti che rischiano di saltare durante le fasi di lavorazione.
 - A baffo: determinati semplicemente dal tipo di tagli del legno che viene fatto in rapporto al posizionamento del nodo rispetto al fusto [fig. 3].La presenza di nodi influisce sulla resistenza a rottura, sulla deformabilità, sulla facilità di lavorazione e sulla tendenza nella formazione di fessure.



Figura 2 Nodo fisso.



Figura 3 Nodo a baffo.

- **Cipollatura**

Si tratta del distacco fra due anelli di crescita consecutivi, causato dal gelo o da una temperatura particolarmente elevata. Può colpire qualsiasi albero e non è possibile riscontrarne traccia se non all'inizio della fase di stagionatura del tronco. In questa fase la porzione interna tende a distaccarsi dalla parte esterna in coincidenza degli anelli di accrescimento, i quali perdono aderenza tra loro [fig. 4].



Figura 4 Cipollatura.

- **Stellatura**

Sono provocate da tensioni interne al legno e si verificano lungo i raggi del tronco, dove il tessuto risulta più debole. Si tratta di ampie e profonde spaccature che, solcando radialmente il tronco, ne pregiudicano la stabilità [fig. 5].



Figura 5 Stellatura.

- **Lunatura**

È un fenomeno che si verifica negli alberi esposti al gelo per lunghi periodi. Ne rimane colpita la parte interna dell'alburno i cui strati, a causa della morte delle cellule di cui sono composti, non diventano durame. Gli strati esterni riformano invece gradualmente il durame, andando a colmare la zona atrofizzata. Il problema riscontrato è così la presenza di un doppio alburno: quello esterno regolare e quello interno atrofizzato [fig. 6].



Figura 6 Lunatura.

- **Legni di reazione**

Sono quelle parti di legno in cui le fibre non seguono l'andamento longitudinale, ma assumono una conformazione caotica. In questi punti la pianta ha subito o una lesione o un attacco di un parassita. La presenza di tale difetto su di un pannello rende difficoltosi i processi di trasformazione dello stesso data l'imprevedibilità di ritiro o di lavorazione; tuttavia, diventa un pregio se presente su sfogliati e tranciati, che si arricchiscono di un disegno che aggiunge un valore estetico [fig. 7].



Figura 7 Legni di reazione.

- **Tasche di resina**

Le tasche di resina si presentano per lo più nelle piante resinose (abete, pino, cipresso...). Non comportano problemi di carattere strutturale ma di tipo puramente estetico. Questo tipo di difetto fa parte delle difese naturali dell'albero quando questo subisce una lesione. Dal momento che le tasche di resina si trovano all'interno del tronco queste si manifestano solo durante la fase di segazione dello stesso [fig. 8].



Figura 8 Sacche di resina.

- **Cuore eccentrico**

Il cuore eccentrico lo si riscontra con maggior probabilità nei tronchi degli alberi sviluppatisi lungo pendii o su superfici scoscese. La tensione esercitata dalla pianta in vita per correggere la crescita determina il decentramento del cuore e, di conseguenza, si originano tronchi dalla sezione irregolare; questi mostrano reazioni differenti all'azione degli agenti fisico-meccanici [fig. 9].



Figura 9 Cuore eccentrico.

- **Cretto da gelo**

I fusti cretati possono mostrare delle alterazioni interne dovute all'infiltrazione di freddo all'interno del tessuto legnoso. La presenza di cretti da gelo non pregiudica generalmente le prime lavorazioni, soprattutto la segazione, rendendo però necessaria l'eliminazione delle ferite del tronco interessate dalle lesioni con conseguente diminuzione del rendimento nella trasformazione [fig. 10].

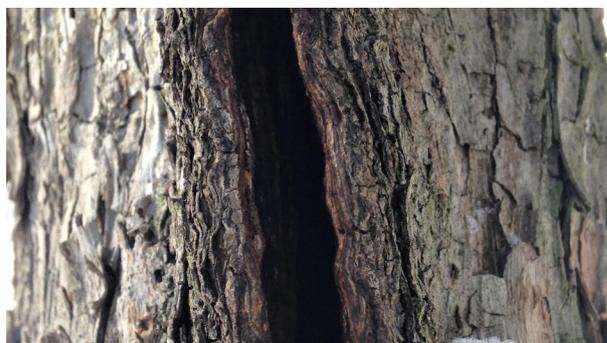


Figura 10 Cretto da gelo.

Oltre a questi difetti, l'albero porta i segni dell'ambiente in cui vive. Deformazioni del tronco possono essere provocate da intemperie e agenti atmosferici (ad esempio vento, neve, acqua, temporali, ecc.); anche gli animali possono causare danni ai tronchi (ad esempio uccelli ed insetti ne forano lo spessore per ricercare le larve o altro nutrimento, alcuni roditori usano l'albero come tana o deposito per le provviste, varie specie di mammiferi sottopongono gli alberi ad urti più o meno volontari) [3][4].

[3] Norberto Marchi, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.

[4] Stefano Berti, Michela Nocetti, Lorena Sozzi, "I Quaderni di Sherwood. I difetti del legno. Effetti positivi, negativi e tecniche gestionali", Arezzo, Compagnia delle Foreste, 2013.

3.2.3 Difetti causati dalle lavorazioni

Questo genere di difetti validi per assi e tavole di legno possono essere indotti da sforzi applicati, variazioni di umidità e variazioni di temperatura. Definiti con il termine deformazioni, sono:

- **Imbarcatura**
Curvatura della tavola attorno al suo asse longitudinale, dovuto all'anisotropia dei ritiri trasversali oppure nel caso sia presente una faccia più umida dell'altra [fig. 11].
- **Arcuatura**
Curvatura della tavola attorno al suo asse trasversale, causata dalle tensioni interne di accrescimento, dalle variazioni di umidità o dalla stagionatura non eseguita correttamente [fig. 12].
- **Svergolatura**
Deformazione torsionale dell'asse che subisce un'imbarcatura sia trasversale che longitudinale [fig. 13].
- **Falcatura**
Curvatura lungo l'asse trasversale, causata da tensioni interne di accrescimento, o dalla provenienza del semilavorato da un tronco dalla conformazione curva [fig. 14] [5].

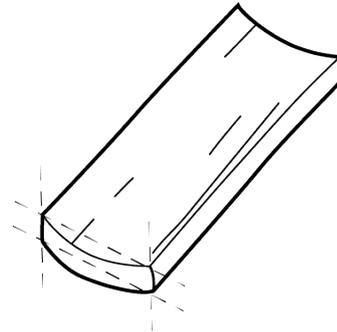


Figura 11 Imbarcatura.

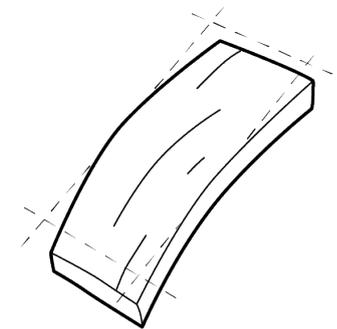


Figura 12 Arcuatura.

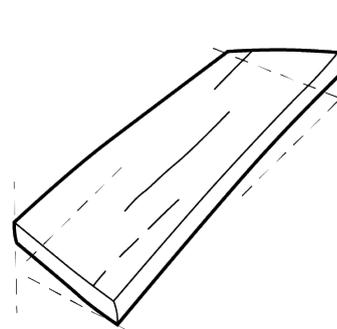


Figura 13 Svergolatura.

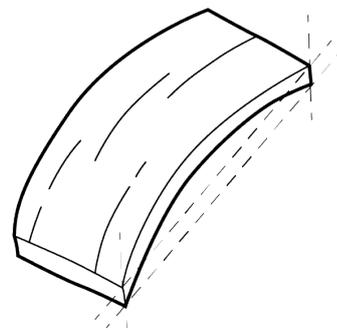


Figura 14 Falcatura.

[5] Ernest Scott, "Lavorare il legno. Attrezzi, metodi, materiali, ebanisteria classica", Bologna, Zanichelli, 1983.

Caso studio

Enzo Mari e diecimila milioni di alberi di sugi

Dall'incontro tra il designer Enzo Mari e Hida Sangyo, una delle fabbriche più antiche, di arredi del Giappone, nasce l'idea di creare una linea di mobili in sugi, con un design volto all'**esplorazione dell'abitare tradizionale nelle zone rurali del Giappone**. Il sugi è una **specie autoctona di cipresso** massicciamente impiegata in passato dal popolo giapponese per far fronte alle necessità di rimboschimento rapido delle zone devastate durante la Seconda Guerra Mondiale. Questa tipologia di albero **produce un legno non particolarmente adatto alla fabbricazione di mobili**, data la sua estrema tenerezza e l'abbondante presenza di nodi. Il suo impiego nell'industria mobiliera, obiettivo del progetto di Mari, ha permesso di **ridurre la sovrabbondanza di questi alberi** che fino a 20 anni fa, a causa del loro eccessivo numero, hanno rappresentato un serio problema per la salute delle grandi foreste del Giappone. Due, gli obiettivi conseguiti:

- Portare questo legno di cipresso, tenero e pieno di nodi, a materia durevole e viva. L'intervento avviene attraverso il **connubio tra tecnologia e design**: la collaborazione con alcuni centri di ricerca universitari giapponesi ha portato all'elaborazione di un metodo per comprimere le fibre per ottenere la durezza e la durabilità ideali; il design



Figura 15 Sedia della collezione. Foresta giapponese di alberi di sugi. Locandina della mostra dedicata al progetto tenutasi presso la triennale di Milano nel 2005.



Figura 16 Fotografie della collezione (Ramak Fazel) e schizzi di Enzo Mari digitalizzati per la rivista Domus.

d'altro canto, gioca con gli spessori, modellando le superfici, concave o curvate, e con i nodi. Questi ultimi, destinati col passare del tempo a saltare via lasciando spazio a buchi, diventano il **marchio espressivo** dell'intera linea, Ovvero, **ciò che normalmente è considerato un difetto diventa un pregio** [fig. 15];

- Coinvolgere le competenze dei maestri ebanisti interni all'azienda per **creare dei prodotti tipicamente artigianali** e utilizzare come veicolo di diffusione sul mercato il posizionamento dell'industria Hida Sangyo e la popolarità di Enzo Mari. Questo progetto, inoltre, rappresenta una dichiarazione a sostegno dei valori della tradizione e del fare sostenibile, dell'innovazione di processo e del ruolo del design [fig. 16] [6].

[6] Francesca Picchi, "Enzo Mari. Gli artigiani Salvati dagli alberi di Sugi", articolo contenuto nella rivista Domus, Vol. 881, maggio 2005.

3.3 Proprietà del legno

3.3.1 Proprietà tecnologiche

Definiscono l'idoneità del materiale a subire i vari tipi di lavorazioni e caratterizzano il comportamento del materiale sottoposto ad esse.

- **Fendibilità**

Trattasi della maggiore o minore attitudine del legno a spaccarsi nel senso delle fibre. La propensione a fendersi dipende dalla specie e in generale dalla lunghezza delle fibre che lo compongono e dalla nodosità. I legni con fibra lunga, regolare e senza nodi o fessurazioni, avranno un grado di fendibilità maggiore [tab. 1]. Si è soliti misurare la fendibilità con l'ausilio di un cuneo di legno di modo che, attraverso il solo effetto della pressione esercitata, non sia in grado di tagliare le fibre ma soltanto di scinderle.

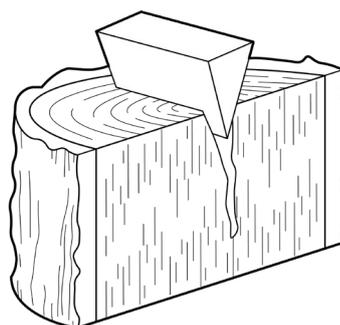
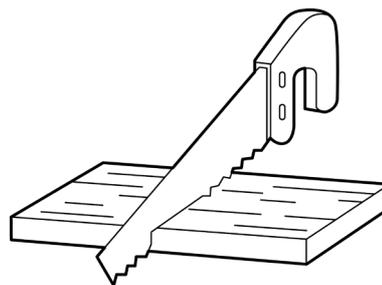


Tabella 1 Grado di fendibilità di alcune specie legnose (fonte: Marchi, 1966).

Fendibilità				
Eccellente	Buona	Difficile	Molto difficile	Non fendibile
Bambù	Bambù	Betulla	Palissandro	Palma
Canna d'india	Canna d'india	Teak	Mandorlo	Guaiaco
	Pino	Tiglio	Gelso	
	Silvestre	Mogano	Bosso	
	Quercia	Acerò	Carpino	
	Castagno	Ciliegiò	Corniolo	
	Frassino			
	Faggio			

- **Attitudine al taglio**

Misura il grado di taglio del legno, ovvero la sua maggiore o minore facilità ad essere reciso con i normali strumenti da taglio. A differenza della fendibilità, l'attitudine al taglio viene misurata con seghe, scalpelli, sgorbie e pialle che recidono le fibre, spezzandole. È indipendente dalle specie legnose: sempre più agevole nel senso delle fibre e più difficoltoso nella direzione perpendicolare alle fibre. La resistenza al taglio può essere molto diversa da pezzo a pezzo anche nella stessa specie.



- **Flessibilità**

La flessibilità è la capacità del legno di piegarsi o torcersi oltre il limite di elasticità senza rompersi. Questa capacità è conosciuta anche con il nome di “memoria di forma” ed è una caratteristica che segue le singole essenze [tab. 2], e che può essere agevolata da processi di umidificazione, vaporizzazione e riscaldamento del legno. I fattori che incidono sulla flessibilità del legno sono: la fibratura (meglio se obliqua), il volume dell’alburno e il tasso di umidità.

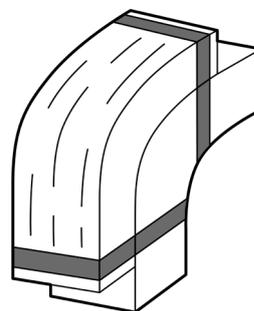
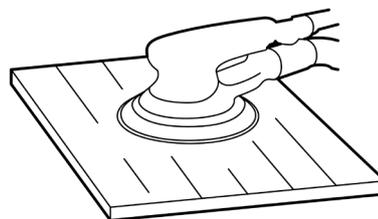


Tabella 2 Grado di flessibilità di alcune specie legnose (fonte: Marchi, 1966).

Flessibilità - Pieghevolezza dei legnami			
Molto pieghevole	Pieghevole	Discretamente pieghevole	Poco pieghevole
Ginepro Wellingtonia	Frassino Olmo Ontano	Ippocastano Noce Acero Betulla	Larice Abete Tiglio Castagno Pino Silvestre

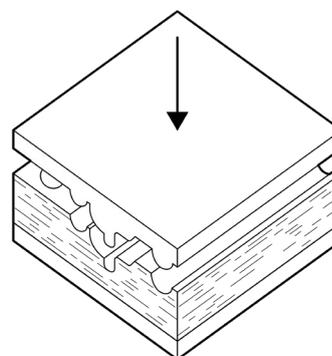
- **Grado di pulimento**

Indica quanto il legno possa essere levigato, allo scopo di esaltarne i toni e le caratteristiche delle venature ed al fine di ottenere al tatto una gradevole sensazione di setosità. In linea generale è maggiore nelle specie dure.



- **Plasticità**

Particolarmente importante nella lavorazione di stampaggio del legno, si misura attraverso l’utilizzo dello stampo e del controstampo inducendo la compressione delle fibre [7].



[7] Norberto Marchi, “Tecnologia del legno”, Venezia, Marsilio Editori, 1966.

3.3.2 Proprietà organolettiche

In questa sezione rientrano tutti quegli aspetti che definiscono il legno ai sensi dell'essere umano, dunque il disegno e il colore, ma anche la fibratura e la porosità, che incidono a livello percettivo tattile e che sono determinanti anche per quanto riguarda i trattamenti che si andranno ad applicare al materiale una volta terminata la fase di definizione formale e dimensionale del pezzo.

- **Tessitura**

È il modo con cui si definisce la finezza della superficie di un legno in sezione longitudinale, la quale può risultare grossolana, media o fine (in cui i tessuti sono compatti e non lasciano scorgere ad occhio nudo gli anelli di crescita e nessuna singola cellula) [fig. 17].

- **Fibratura**

Con questo termine si fa riferimento alla direzione degli elementi cellulari all'interno della struttura del legno, i quali possono determinare una fibratura dritta, ondulata, intrecciata, ecc. [fig. 18].

- **Venatura**

È il disegno determinato dai contrasti tra le zone tardive e quelle primaticce del legno. Al di là delle caratteristiche prestazionali, la venatura, rappresenta uno dei caratteri di maggior rilievo nella scelta della specie legnosa.

- **Porosità**

La porosità è una caratteristica comune a tutti i legnami che dipende dalla dimensione e dal numero dei vasi della pianta. La distribuzione e la densità della quantità di pori definisce molte proprietà fisico-meccaniche e organolettiche. La porosità è fortemente incisiva anche per quanto riguarda i processi di essiccazione, colorazione, trattamento e autoclavaggio. L'indice più influente connesso alla porosità è il grado di assorbenza, che varia da es-



Figura 17 In ordine da sinistra a destra: tessitura grossolana (castagno), tessitura media (noce) e tessitura fine (faggio).



Figura 18 In ordine da sinistra a destra: fibratura dritta (larice), fibratura ondulata (acero) e fibratura intrecciata (doussié).

senza a essenza.

- **Aspetto, colore e odore**

Variano a seconda dell'essenza e della provenienza geografica. Ogni specie presenta caratteri diversi sia per il colore, l'odore e la venatura. Aspetto, colore e odore sono caratteristiche che possono essere valutate e progettate al fine di conferire un determinato valore estetico ed espressivo al manufatto.

- **Omogeneità**

Questa caratteristica è posseduta dalle essenze che hanno una struttura molto densa e che, di conseguenza, presentano minori differenze tra i diversi strati di crescita. La non omogeneità rende il legno di difficile lavorazione, infatti le zone tenere tendono a creare delle ondulazioni poco visibili ad occhio nudo, ma assai sensibili al tatto.

- **Igroscopicità**

L'igroscopicità indica il potere da parte del legno di assorbire e di espellere l'umidità. Questa proprietà influisce negativamente sulle operazioni di lavorazione superficiale e riduce la stabilità del legno. Le specie legnose che possiedono una maggiore igroscopicità sono quelle che presentano una struttura grossolana.

- **Ritiro e dilatazione**

È la capacità del legno di modificarsi nel tempo (dimensioni e colore) a seconda della stagionatura e dalle caratteristiche ambientali. Questi movimenti sono dovuti all'igroscopicità del legno. Tale fenomeno è in stretto rapporto con la struttura delle fibre legnose; perciò si manifesta sotto forme più o meno gravi da specie a specie [8].

[8] Norberto Marchi, "Il mobile in legno", Brescia, Editrice La Scuola, 1989.

3.3.3 Proprietà fisico-meccaniche

Se le proprietà organolettiche risultano di maggior interesse per quanto riguarda l'area lavorativa dell'ebanisteria, del mobile e dell'arredamento in generale, le proprietà fisico-meccaniche appartengono ad un'area di interesse maggiormente connessa col mondo dell'ingegneria, dell'architettura e delle costruzioni in generale. Difatti, le scale di classificazione, le classi di resistenza e gli indici di fisici appartengono alla sfera della fisica che è sicuramente più connessa col mondo dell'edilizia. Difficilmente un designer si troverà di fronte a scelte di questo tipo, da stabilire dunque su base fisico-meccanica, nonostante la conoscenza di queste proprietà è bene che sia patrimonio e conoscenza di tutti i progettisti, a prescindere dalla diretta contiguità col prodotto finito.

- **Densità**

Anche prescindendo dallo stato di umidità (completamente essiccato o appena tagliato), il peso specifico dei legnami non è mai assoluto e varia a seconda dell'essenza. Mediamente si aggira al di sotto di 1 kg/dm^3 , ma questo è appunto un dato circoscritto alla specie legnosa. Si va infatti dal peso specifico della balsa, il più leggero in assoluto, di $0,10 \text{ kg su dm}^3$ agli $1,26 \text{ kg/dm}^3$ dell'ebano. Entrambi i legni rappresentano dei casi limite ma sono adatti ad esplicitare la varietà delle piante in relazione al loro peso specifico [tab. 3].

- **Durezza**

È possibile in questo caso considerare come durezza la qualità del legno in opposizione alla forza degli attrezzi da lavoro. È determinata da compattezza, struttura e disposizione delle fibre, e come le altre capacità di resistenza è determinata dal senso delle fibre su cui si esercita la forza. Inoltre, la durezza, oltre a variare da essenza ad essenza, varia a seconda della parte interna del tronco, tra durame e albur-

Tabella 3 Peso specifico di alcune delle principali specie legnose (fonte: CES EduPack, 2019).

Specie legnosa	Peso specifico (Kg/m^3)
Abete Rosso	460
Acerò	620
Betulla	640
Castagno	620
Ciliegio	620
Ebano	1200
Faggio	720
Frassino	700
Larice	580
Mogano	680
Noce	660
Olmo	650
Ontano	510
Pero	710
Pino Silvestre	500
Pioppo	420
Quercia	680
Teak	660
Ulivo	860

no e tra aree di crescita primaverile o tardive. Il principio generale sul quale è abbastanza semplice stabilire la durezza di un legno è il rapporto col suo peso specifico. Sulla base della durezza i legni si dividono in tenerissimi, che marciano una pressione inferiore ai 350 chili per centimetro quadrato (per es. pioppo, salice, abete, ippocastano, ecc.); teneri, da 351 a 650 chili (per es. larice, betulla, teak, ciliegio, ecc.); mediocrementi duri, da 651 a 1.000 chili (per es. faggio, noce, castagno, olmo, ecc.); duri da 1.001 a 1.500 chili (per es. acero, frassino, rovere, pero, ecc.) e durissimi, oltre i 1.500 chili (per es. ulivo, ebano, corniolo, bosso, ecc.).

- **Resistenza a compressione**

Per resistenza alla compressione si intende quel tipo di resistenza che il legname oppone alle forze che tendono a schiacciarlo. Il legno possiede una grande resistenza alla compressione: in alcuni casi, proporzionalmente al peso, è superiore a quella dell'acciaio.

Tabella 4 Resistenza a compressione parallela alle fibre di alcune delle principali specie legnose. Resistenza a compressione normale alle fibre di alcune delle principali specie legnose (fonte: CES EduPack, 2019).

Specie legnosa	Resistenza a compressione parallela alle fibre (Kg/cm ²)	Specie legnosa	Resistenza a compressione normale alle fibre (Kg/cm ²)
Abete Rosso	450	Abete Rosso	57
Acero	550	Acero	75
Betulla	550	Betulla	60
Castagno	400	Castagno	95
Ciliegio	500	Ciliegio	60
Ebano	800	Ebano	110
Faggio	520	Faggio	80
Frassino	510	Frassino	95
Larice	530	Larice	60
Mogano	470	Mogano	45
Noce	520	Noce	110
Olmo	380	Olmo	90
Ontano	440	Ontano	65
Pero	510	Pero	87
Pino Silvestre	500	Pino Silvestre	80
Pioppo	370	Pioppo	44
Quercia	580	Quercia	105
Teak	630	Teak	85
Ulivo	540		

La resistenza alla compressione assiale (ovvero parallela alle fibre) è dalle 5 alle 7 volte maggiore rispetto allo stesso carico applicato sul livello tangenziale (ovvero normale alle fibre) [tab. 4].

- **Resistenza a trazione**

È la capacità del legno di opporsi alle forze di allungamento esercitate ai due poli estremi della sezione. Come caratteristica ingegneristica, la resistenza a trazione è significativa nei materiali utilizzati per la costruzione. Misura la idoneità dei materiali da costruzione per varie applicazioni, in particolare per quei materiali che saranno richiesti come elementi strutturali. Il legno ha mediamente una discreta resistenza a trazione lungo le fibre, minore trasversalmente ad esse [tab. 5].

- **Resistenza a flessione**

La resistenza alla flessione è l'opposizione del legno ad una forza flettente. È una delle più comuni forze applicate al legno strutturale. Travi, e capriate, così come ripiani di librerie o trampolini, rappresentano degli ottimi esempi di applicazioni nelle quali tale capacità elastica del legno si rivela fondamentale. Sezioni di identico volume comportano differenti resistenze in relazione al diverso orientamento degli anelli. I risultati medi ottenuti variano da un'elasticità dell'86% nei tagli tangenziali al 100% nei tagli radiali. Il legno ha mediamente una resistenza a flessione buona trasversalmente alle fibre [tab. 6].

- **Resistenza al taglio**

La resistenza al taglio è la capacità del legno di resistere a forze applicate che tendono a far scorrere l'uno sull'altro due piani vicini. Nel legno, la resistenza al taglio è tendenzialmente influenzata dalla direzione del carico rispetto alla venatura. La resistenza al taglio tende ad essere pari al 10-15%

Tabella 5 Resistenza a trazione di alcune delle principali specie legnose (fonte: CES EduPack, 2019).

Specie legnosa	Resistenza a trazione (Kg/cm ²)
Abete Rosso	840
Acerò	1100
Betulla	600
Castagno	900
Ciliegio	900
Ebano	1270
Faggio	820
Frassino	790
Larice	850
Mogano	1000
Noce	1000
Olmo	800
Ontano	900
Pero	1000
Pino Silvestre	930
Pioppo	700
Quercia	900
Teak	1200
Ulivo	1100

Tabella 6 Resistenza a flessione di alcune delle principali specie legnose (fonte: CES EduPack, 2019).

Specie legnosa	Resistenza a flessione (Kg/cm ²)
Abete Rosso	750
Acerò	1150
Betulla	1200
Castagno	1100
Ciliegio	900
Ebano	1400
Faggio	1050
Frassino	1020
Larice	950
Mogano	990
Noce	1200
Olmo	870
Ontano	740
Pero	900
Pino Silvestre	970
Pioppo	680
Quercia	1100
Teak	1190
Ulivo	900

della sua resistenza a trazione (nella direzione della venatura). Tuttavia, la resistenza al taglio è ridotta dalla presenza di nodi, crepe e difetti. Il legno mediamente ha una resistenza al taglio modesta trasversalmente alle fibre [tab. 7] e pessima lungo le fibre [9][10][11].

Tabella 7 Resistenza al taglio normale alle fibre di alcune delle principali specie legnose (fonte: CES EduPack, 2019).

Specie legnosa	Resistenza al taglio normale alle fibre (Kg/cm ²)
Abete Rosso	60
Acero	50
Betulla	47
Castagno	75
Ciliegio	45
Ebano	42
Faggio	80
Frassino	85
Larice	55
Mogano	43
Noce	70
Olmo	57
Ontano	25
Pero	45
Pino Silvestre	60
Pioppo	30
Quercia	72
Teak	51

[9] Norberto Marchi, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.

[10] <https://tinyurl.com/online-scuola-zanichelli> (Ultima consultazione 09/05/23)

[11] <https://tinyurl.com/unife-it-architettura> (Ultima consultazione 09/05/23)

3.3.4 Durabilità del legno

Nel corso dei millenni, i costruttori e i progettisti hanno avuto modo di riconoscere l'intrinseca resistenza di alcune specie legnose contro l'attacco di funghi, insetti o piralidi marini. Nonostante i molteplici progressi nella tecnologia per la conservazione del legno, la scelta di fare affidamento sulla durabilità naturale per la produzione di componenti e prodotti continua ancora oggi ad essere la scelta più diffusa.

Due importanti proprietà che vanno tenute in considerazione nella scelta dell'essenza legnosa sono la durabilità naturale e la impregnabilità.

- **Durabilità naturale**

La durabilità naturale del legno è definibile come la resistenza agli attacchi degli organismi xilofagi (funghi, insetti, organismi marini) e costituisce una caratteristica intrinseca di ogni specie legnosa [tab. 8]. La durabilità presenta una variabilità interspecifica, legata alle differenti specie legnose e al loro contenuto di estrattivi nel durame, e una variabilità intraspecifica, determinata dall'età, dalla provenienza geografica e dalle condizioni ambientali di crescita della pianta. Nell'alburno la durabilità è sempre nulla, sia nei confronti dei funghi sia degli insetti; il durame, invece, presenta una notevole resistenza, dovuta alla presenza di estrattivi, nei confronti degli insetti e un comportamento diverso da specie a specie nei riguardi dei funghi xilofagi.

- **Impregnabilità**

L'impregnabilità indica la trattabilità del legno, ossia la facilità con cui il legno può essere penetrato da un liquido (ad esempio una sostanza preservante del legno). L'efficacia del trattamento conservativo è influenzata dalla penetrazione e dalla distribuzione del conservante nel legno. L'impregnabilità, in generale, dipende dalla specie legnosa e dall'essiccazione [tab. 9] ^[12].

Tabella 8 Durabilità a funghi e insetti di alcune delle principali specie legnose (fonte: DISAFA, 2022).

Specie legnosa	Durabilità naturale (funghi e insetti)
Abete Rosso	2
Acero	1
Betulla	1
Castagno	4
Ciliegio	1
Ebano	5
Faggio	1
Frassino	1
Larice	3
Mogano	4
Noce	3
Olmo	2
Ontano	1
Pero	1
Pino Silvestre	3
Pioppo	1
Quercia	3
Teak	5

1 = Non durabile
 2 = Poco durabile
 3 = Moderatamente durabile
 4 = Durabile
 5 = Molto durabile

Tabella 9 Impregnabilità di alcune delle principali specie legnose (fonte: DISAFA, 2022).

Specie legnosa	Impregnabilità
Abete Rosso	3
Acero	1
Betulla	2
Castagno	4
Ciliegio	3
Ebano	4
Faggio	1
Frassino	2
Larice	4
Mogano	4
Noce	3
Olmo	3
Ontano	1
Pero	1
Pino Silvestre	3
Pioppo	3
Quercia	4
Teak	4

1 = Permeabile
 2 = Moderatamente permeabile
 3 = Poco permeabile
 4 = Non permeabile

[12] Roberto Zanuttini, "Il legno massiccio. Materiali per un'edilizia sostenibile", capitolo "Durabilità" a cura di Sabrina Palanti, Milano, Assolegno-FederlegnoArredo, 2014.

3.3.5 Coefficienti di dilatazione/ritiro in base all'umidità

Data dalla **presenza di porosità e umidità**, i legni subiscono variazioni di dimensioni legate al tasso di umidità interna. Normalmente, l'umidità del legno è tra l'8% e il 15%; quando questa scende sotto il 12%, **il legno si ritira nelle varie direzioni con i valori in percentuale sulla dimensione** [fig. 19].

Si parla di ritiri dimensionali poiché, oltre a perdere peso, il legno perde anche volume e, essendo un materiale anisotropo, ciò avviene con proporzioni differenti a seconda del posizionamento delle fibre. In genere la deformazione del legno è sempre ascrivibile all'errore umano poiché si origina per errori di stagionatura.

I ritiri seguono **tre tipi di contrazione**, in base alla morfologia delle fibre del legno:

- **Ritiro tangenziale**, che agisce sugli anelli della pianta e tende a contrarli, riducendoli perimetralmente.
- **Ritiro radiale**, che tende, invece, con forza concentrica, ad avvicinare gli anelli in direzione del midollo, dunque dell'asse centrale.
- **Ritiro assiale**, che è l'unico ad agire nel senso delle fibre, quindi parallelamente rispetto allo sviluppo del fusto della pianta e delle tavole, esercitando una forza di contrazione che tende a ridurre la lunghezza del pezzo [13][14].

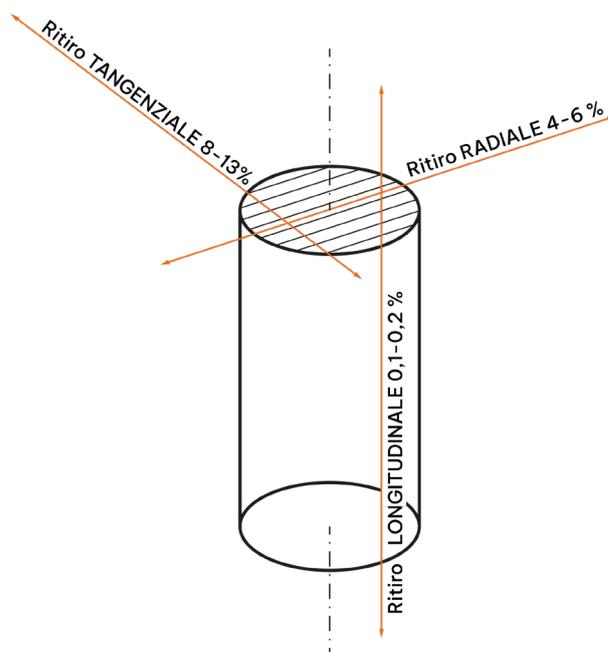


Figura 19 Schema raffigurante le percentuali medie di ritiro del legno lungo le tre direzioni.

[13] Norberto Marchi, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.

[14] Roberto Zanuttini, "Il legno massiccio. Materiali per un'edilizia sostenibile", capitolo "Umidità, ritiri e deformazioni" a cura di Corrado Cremonini, Milano, Assolegno-FederlegnoArredo, 2014.

3.3.6 Comportamento alla fiamma

Il legno è un **materiale infiammabile**, caratteristica che lo rende vulnerabile in tutte le sue fasi produttive, diventando, se investito da una fonte di calore (fiamma diretta o flusso termico radiante), fonte di propagazione d'incendi. Di conseguenza, **l'impiego del legno è limitato da vari requisiti e normative di sicurezza** relative alla sua infiammabilità e alle caratteristiche di propagazione del fuoco.

Per **migliorare le prestazioni** di reazione al fuoco, i prodotti in legno sono comunemente trattati con **sostanze ritardanti di fiamma** [fig. 20]. La storia di questi prodotti risale agli Antichi Egizi che erano soliti immergere il legno nell'allume per prevenirne la combustione. La domanda di agenti antincendio si è limitata al legno fino all'introduzione dei **prodotti a base di petrolio**, che hanno costretto l'impiego dei ritardanti di fiamma come standard di sicurezza.

Le legislazioni dei paesi europei e del Giappone stanno **gradualmente estromettendo dal mercato i prodotti ritardanti di fiamma pericolosi**. Tuttavia, la crescita della domanda di tutti i prodotti ignifughi proviene dall'Asia, dove la domanda di ritardanti di fiamma bromurati (tossici) domina il mercato e tramite le esportazioni raggiunge i paesi industrializzati.

La **maggior parte dei ritardanti di fiamma** attualmente in commercio **contengono prodotti chimici nocivi**, che sono materiali inerti; questi non sono legati al materiale ospite nel trattamento. I **materiali inerti**, di conseguenza, possono facilmente **dispandersi nell'aria** come particelle, inquinando l'ambiente e nuocendo all'essere umano [15] [16].



Figura 20 Immagine di un elemento in legno trattato con un prodotto ritardante di fiamma a seguito della sua esposizione all'azione del fuoco.

[15] Pauli Gunter, "Prodotti ignifughi naturali", 2018.

[16] Lowden Laura Anne e Hull Terence Richard, "Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction", Berlino, Fire Science Reviews, 2013.

Caso studio

Molecular Heat Eater (MHE)

Inventato da Matt Nilsson, è una famiglia di **ritardanti di fiamma ispirati agli animali a sangue caldo e a come metabolizzano il cibo**. Questi prodotti sono biodegradabili, economici, atossici, ecocompatibili e a basso tenore di carbonio. I ritardanti MHE contengono solo sostanze chimiche per uso alimentare dello stesso tipo che si trovano nei prodotti alimentari quotidiani come uva, frutta e pane. Questi prodotti si basano su alimenti che sono stati consumati dall'uomo per migliaia di anni **senza alcun impatto negativo sulla salute o sull'ambiente** [17].

Shou Sugi Ban

Il metodo “Shou Sugi Ban” o “Yakisugi” è un'antica tecnica millenaria giapponese che **brucia il legno al fine di proteggerlo**; il termine si traduce letteralmente come “tavola di cedro bruciato”. La superficie del legno viene carbonizzata bruciandola con una fiamma e poi sigillata con olio. Era impiegata in origine sulle assi di cedro (in giapponese Sugi), una specie legnosa molto diffusa in Giappone. È un'alternativa **ecologica** ai tanti prodotti sintetici presenti oggi sul mercato ed è estremamente **duratura**. Inoltre, **augmenta la resistenza al fuoco, all'acqua e agli attacchi biologici** (funghi, insetti). A livello estetico, qualunque sia la specie partenza, il risultato sarà un colore scuro, con tonalità dal bruno al nero in funzione del grado di bruciatura e del tipo di olio/resina applicata come finitura finale [fig.21] [18].

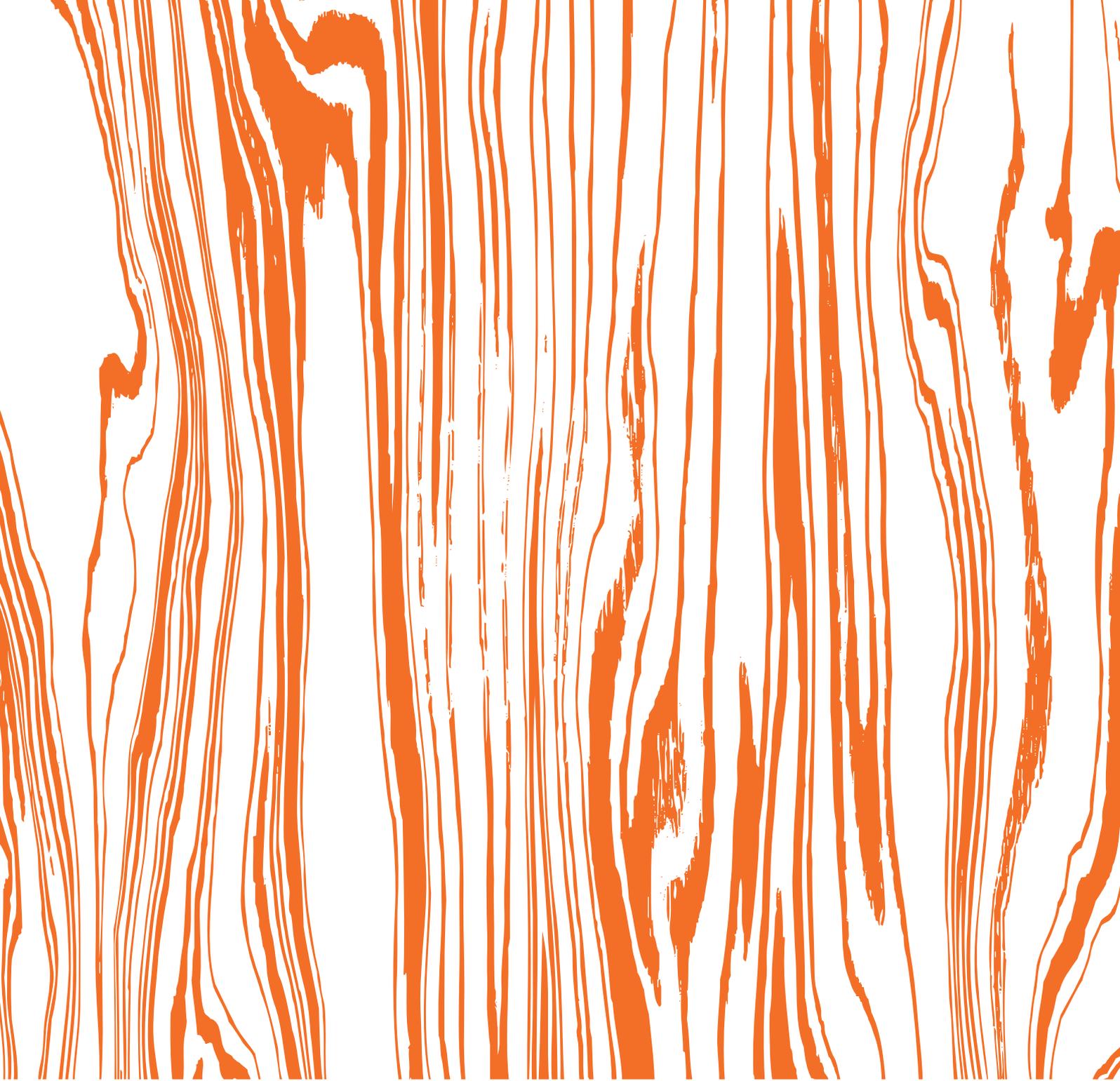


Figura 21 “Shou Sugi Ban House” dello studio Schwartz and Architecture. Fase di bruciatura del legno. Collezione di ciotole “Shou Sugi Ban” progettata dallo studio anglo-americano The Space.

[17] Pauli Gunter, “Prodotti ignifughi naturali”, 2018.

[18] Meloni Emanuele, “Shou Sugi Ban o Yakisugi: l'antica tecnica giapponese di bruciare il legno per proteggerlo”, 2021.





Capitolo 4

SEMILAVORATI E FINITURE

4.1 Semilavorati del legno

La finalità d'impiego dell'albero tagliato non è una scelta che viene effettuata una volta che il tronco è già segato. Tutto lo studio e la specializzazione di filiera sono organizzati per sapere orientativamente la destinazione dei diversi alberi già dal momento della loro piantagione. Sono due le **aree di destinazione del legno** una volta abbattuto l'albero: o vi si genera ciò che comunemente viene chiamato **legno massello o massiccio**, oppure si destinano i tronchi alle **filieri della semilavorazione**, differenziate e numerose tra esse.

La percezione tattile e visiva del legno massello risulta essere di maggiore interesse che nei suoi semilavorati/derivati. Il pregio di questo materiale lo si riscontra proprio nella possibilità di individuare o meno un particolare disegno o effetto di luce sulla superficie lignea. Nei derivati del legno, **essendo standardizzati** secondo processi consolidati, **l'unicità** del tipo di taglio o la venatura particolare sono aspetti che è normale che passino **in secondo piano**. Tuttavia, è interessante scoprire quali siano i punti di forza per cui questi semilavorati risultano vantaggiosi gli uni rispetto agli altri.

Il primo vantaggio spesso è quello del prezzo. Naturalmente vi sono svariati tipi di semilavorati ma, provando a generalizzare, a parità di caratteristiche fisiche (quindi peso specifico, ecc.), i **semilavorati** risultano essere **economicamente vantaggiosi**.

Al di là dell'aspetti economici, vi sono ben **altri vantaggi** comportati dall'impiego dei semilavorati del legno. Se il legno massello è noto come uno dei materiali con la maggiore anisotropia (vedi "Coefficienti di dilatazione/ritiro in base all'umidità"), ecco che con l'impiego dei semilavorati è stato possibile **ridurre** in misura considerevole la **relazione tra le forze esercitate e la direzione del materiale**.

Nelle seguenti pagine saranno approfonditi i principali semilavorati del legno, attraverso **una serie di schedature** che andranno a focalizzarsi sulle proprietà e sulle caratte-

ristiche, oltre che sul processo, sugli aspetti legati alla sostenibilità ambientale e su alcuni casi studio di prodotti ^{[1][2]}.

[1] Norberto Marchi, "Il mobile in legno", Brescia, Editrice La Scuola, 1989.

[2] Norberto Marchi, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.

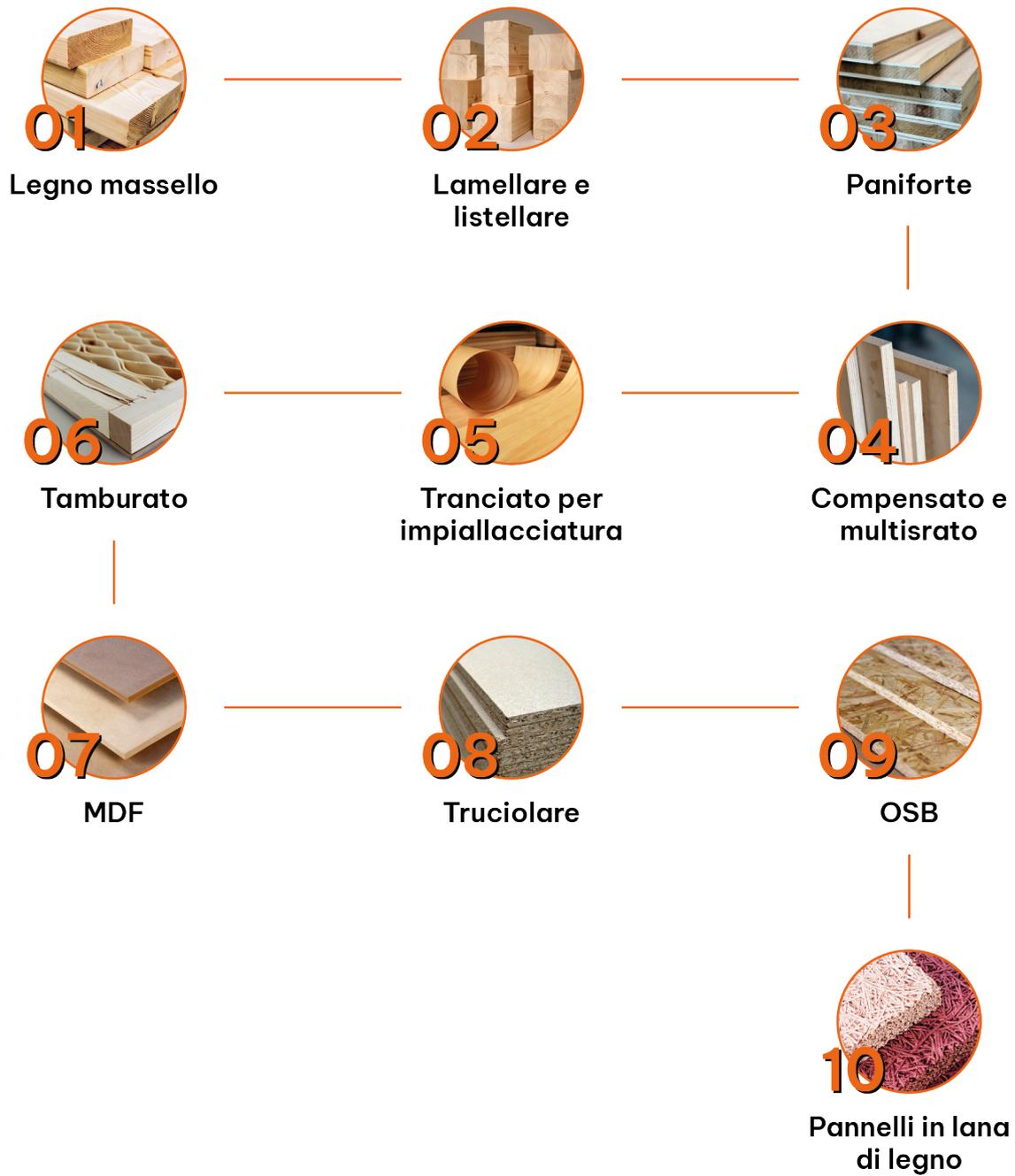


Figura 1 Schema raffigurante i semilavorati che verranno approfonditi nelle schedature.

01 LEGNO MASSELLO

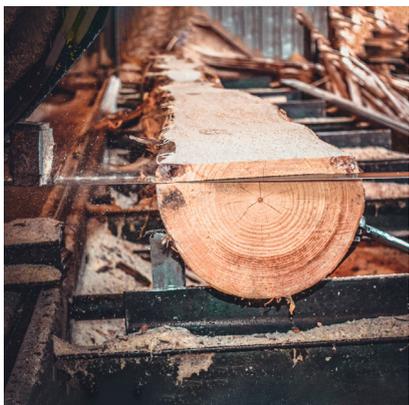


Descrizione

Si definisce massello, qualsiasi porzione di legno ricavata dal tronco dell'albero, in particolare dal durame. Se oltre al durame, la porzione di legno comprende anche l'alburno si parla di legno massiccio. L'accuratezza con cui deve essere condotto il processo produttivo, fa emergere come il legno massello rappresenti una risorsa preziosa che richiede grandi competenze per essere lavorata correttamente. L'industria del mobile per questioni di costo e di processo, se non in rari casi (ad es. settore lusso), non si può permettere arredi realizzati interamente in legno massello.

Processo produttivo

I tronchi, una volta scortecciati e tagliati, sono trasportati presso delle segherie, dove verranno tagliati secondo alcuni schemi ben definiti (vedi "Tipologie di taglio del legno"), che variano in base al tipo di componente che si vorrà ottenere (travi, pali, listelli, tavole). Dopo esser stato essiccato (in modo naturale o artificiale), il legno è pronto per essere lavorato; spesso però il livello di umidità raggiunto non è ancora quello desiderato, perciò il legname destinato ad uso interno deve essere trattato artificialmente. I componenti ottenuti, infine, sono sottoposti a delle fasi di lavorazione superficiale (piallatura e levigatura) e, se richiesto, a dei trattamenti con sostanze protettive contro funghi e insetti, e/o a dei processi di finitura con vernici, lacche, olii o cere.



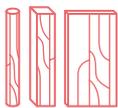
Prezzi

Per definire il prezzo del legno massello bisogna considerare il luogo di vendita e, soprattutto, l'essenza legnosa: si parte da 500€/m³ circa per pino, abete e pioppo, per poi passare a 800-1000€/m³ per larice, faggio e acero, fino a 1300€/m³ per frassino e rovere; per il massello in noce 2000-3000€/m³.

Specie legnose più impiegate

In primis, è bene evidenziare che il legno massello può essere ottenuto da qualsiasi essenza legnosa. Le più impiegate sono abete, castagno, pino, frassino, ciliegio, noce, rovere, larice, faggio e pioppo. Specie adatte anche all'utilizzo in ambiente esterno sono, per esempio rovere, olivo, teak e castagno; il castagno, in particolare, contiene il tannino, che lo protegge da funghi e parassiti. Altre essenze impiegate, infine, sono quelle esotiche e pregiate come, ad esempio, mogano, ebano, wengé e okumè.

Componenti



Travi, pali, listelli o tavole



Eventuali sostanze antiparassitarie

Tecnologie di lavorazione

Qualsiasi tecnica di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, fresatura, tornitura, foratura, avvitatura, spinatura, curvatura, sagomatura, levigatura, verniciatura.

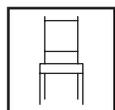
Sostenibilità ambientale

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale del legno massello un importante ruolo è ricoperto dall'albero e dal suo ciclo vitale. Da questo punto di vista, di grande importanza sono le certificazioni PEFC e FSC, enti che classificano la provenienza e certificano il basso impatto ambientale e sociale sull'habitat e sulle comunità locali. Il processo di lavorazione, infine, produce segatura e scarti, i quali però dipendono anche dalla specie legnosa impiegata. Gli sfridi sono generalmente recuperati nella fabbricazione di altre tipologie di pannello (di particelle o di fibre) e nella produzione di pellet e biomassa legnosa.

Fine vita

Il ciclo vitale del legno massello può concludersi secondo diversi scenari. Può essere compostato, trasformandosi in terra in circa 20 anni. Altre vie che il legno massello può percorrere sono quelle del riuso/upcycling, ossia il suo riutilizzo nella produzione di nuovi prodotti dal maggior valore a livello di qualità e funzioni, e quella del riciclo, dove, una volta triturato, può essere trasformato in truciolare o venduto alle industrie cartiere.

Ambiti d'impiego



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per l'esterno.



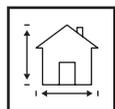
Design per il lavoro

Arredi e complementi, strumenti e attrezzi.



Design per la persona

Giochi e articoli per l'infanzia.



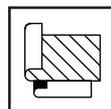
Architettura e costruzioni

Elementi strutturali e pavimentazioni.



Design per la mobilità

Nautica.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Serramenti, componenti semilavorati.

Proprietà



Discreta **resistenza al taglio**



Discreta **resistenza a trazione**



Buona **resistenza a flessione**



Alta **resistenza a compressione**



Elevata **riciclabilità**



Ottimo **isolante termico**

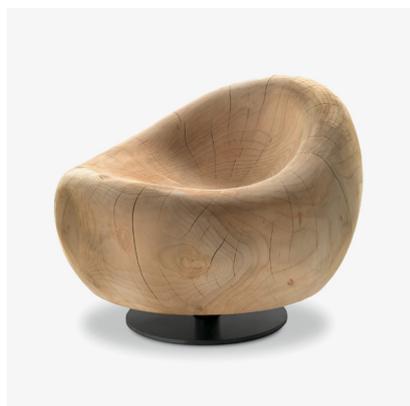


Discreta **stabilità dimensionale**



Ottima **durabilità**

Casi studio di prodotti



Nome: Poltrona Maui
Autore: Terry Dwan
Paese: Italia
Anno: 2007
Azienda: Riva 1920



Nome: Venezia/Pisa/Torcello
Autore: Ron Gilad
Paese: Italia
Anno: 2006-2017
Azienda: Danese Milano



Nome: Sedia Tomasa
Autore: Studio Simon Gavina
Paese: Italia
Anno: 1983
Azienda: Cassina

02 LAMELLARE e LISTELLARE

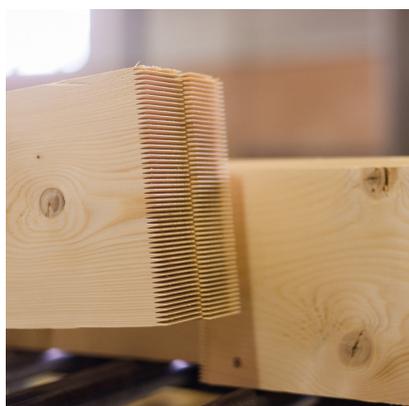


Descrizione

Il lamellare e il listellare sono dei pannelli di legno ad alta resistenza meccanica composti da aste o listelli di legno incollati con adesivi termoindurenti o termofondenti. Possono essere realizzati con uno o tre strati sovrapposti con fibratura incrociata a 90° e sono noti anche con il nome di pannelli di legno massiccio compensati. Questi semilavorati trovano ampio impiego nell'industria del legno grazie alle loro eccellenti caratteristiche di resistenza e al costo accessibile. Infatti, vengono adoperati nella fabbricazione di mobili, pannelli per porte, piani e strutture solide; inoltre trovano ampio impiego nell'industria nautica, in virtù della loro elevata resistenza meccanica e durabilità.

Processo produttivo

Il processo produttivo del semilavorato lamellare prevede l'uso di asticelle di legno pregiate, senza anima o rivestimenti esterni. Le lamelle vengono incollate creando una combinazione stabile. Durante la produzione, le lamelle vengono unite con giunti speciali e adesivi ad alta resistenza per poi essere pressate a caldo al fine di ottenere un'adesione salda. Il semilavorato mantiene le caratteristiche del legno utilizzato e le variazioni di umidità hanno un impatto limitato sulle dimensioni. Inoltre, è facilmente collegabile ad altri elementi strutturali con tecniche come l'incollaggio, l'inchiodatura o l'avvitamento.



Prezzi

Il prezzo per una tavola in lamellare di 18 mm di spessore nei formati piccoli si attesta tra i 4 e 5 €, mentre per i formati più grandi si può arrivare a 100€. Dall'altra parte una trave in lamellare con una lunghezza di 300 cm può costare da 25 a 80 € a seconda delle dimensioni.

Specie legnose più impiegate

Per la produzione di questi semilavorati vengono impiegate diverse specie legnose, di cui le più impiegate sono: il faggio, il frassino, il larice, l'abete bianco e il pino silvestre. Tuttavia, le scelte di carattere tecnico ed economico spesso indirizzano le aziende produttrici all'utilizzo di legnami facilmente reperibili e con ottime prestazioni meccaniche e una buona attitudine all'incollaggio.

Componenti



Asticelle o listelli di legno



Leganti: adesivi termoindurenti



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, avvitatura, curvatura meccanica, curvatura termica, sagomatura, levigatura, impiallacciatura, laminazione, verniciatura, incollaggio.

Sostenibilità ambientale

Il processo di produzione di questi semilavorati, impiegando sottili asticelle o listelli di legno, consente di ottenere pannelli delle dimensioni desiderate utilizzando una quantità minima di materiale, sfruttando così in modo efficiente le risorse forestali. Inoltre, lamellare e listellare sono noti per la loro resistenza meccanica e durata nel tempo; ciò significa che i prodotti realizzati con questi semilavorati possono avere una lunga durata e richiederanno meno interventi di sostituzione nel corso degli anni, riducendo così l'impatto ambientale complessivo.

Fine vita

Al termine della sua vita utile, lamellare e listellare possono essere soggetti a diversi scenari. Da un lato, potrebbero essere avviati ad attività di riciclo o riuso per la produzione di nuovi prodotti in legno. In alternativa, potrebbero essere smaltiti attraverso processi di recupero energetico o compostaggio.

Proprietà



Modulo di rottura: 0.02–0.06 GPa



Res. a trazione: 20–40 MPa



Modulo di flessione: 10–16 GPa



Res. a compressione: 40–80 MPa



Res. al taglio: 8–15 MPa



Elevato **rapporto peso/resistenza**

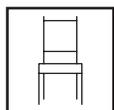


Elevata **stabilità dimensionale**



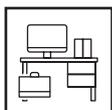
Elevata **durabilità**

Ambiti d'impiego



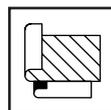
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



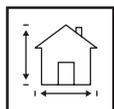
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per il lavoro.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti e pavimentazioni.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali.



Design per la mobilità

Settore nautico.



Food Design

Oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare.

Casi studio di prodotti



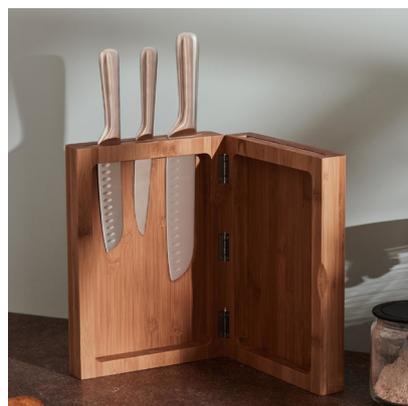
Nome: Poltrona Clipper

Autore: MDT

Paese: Italia

Anno: 2005

Azienda: Molteni & C



Nome: Ceppo per coltelli K-Block

Autore: Gian Franco Gasparini

Paese: Italia

Anno: 2011

Azienda: Alessi



Nome: Tavolo Alveo

Autore: Vittorio Passaro

Paese: Italia

Anno: 2010

Azienda: Passaro Edizioni



Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

03 PANIFORTE



Descrizione

Il paniforte è un semilavorato che si presenta sotto forma di pannelli con un nucleo interno costituito da listelli o lamelle di legno e un rivestimento esterno composto da strati di sfogliato posizionati in direzione perpendicolare ai listelli. Questa struttura conferisce al paniforte leggerezza e resistenza. Più leggeri del multistrato, i paniforti vengono comunemente impiegati nella produzione di mobili, serramenti, pareti divisorie e altri prodotti.

Processo produttivo

Il processo di produzione dei paniforti inizia con la fase di accostamento e incollaggio di listelli o lamelle di legno; successivamente avviene lo step di copertura di entrambe le facce del pannello con degli strati di sfogliato. Questo processo crea un'ossatura solida e stabile, garantendo resistenza e durabilità al semilavorato. Il risultato finale è un pannello versatile, leggero e adatto per una ampia varietà di applicazioni nell'industria del design e dell'arredamento.



Prezzi

Il prezzo dei paniforti è strettamente correlato a quello del listellare, poiché entrambi sono simili nel loro processo produttivo. Entrambi i materiali sono costituiti da listelli di legno accostati e incollati. Pertanto, è comune trovare un prezzo simile tra il paniforte e il listellare.

Specie legnose più impiegate

I paniforti sono realizzati impiegando principalmente legni come abete, pioppo, obeche e pino. Queste specie legnose offrono specifiche caratteristiche di resistenza, durabilità e lavorabilità, rendendo il paniforte adatto alle diverse esigenze del settore del design e dell'arredamento. Le specie selezionate vengono lavorate in listelli o lamelle, che vengono successivamente assemblati e rivestiti per creare un semilavorato robusto e stabile.

Componenti



Sfogliati per
impiallacciatura



Listelli o
lamelle



Leganti: resine
sintetiche



Eventuali sostanze
ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, avvitatura, sagomatura, levigatura, incollaggio, laminazione, verniciatura, impiallacciatura.

Sostenibilità ambientale

Il ciclo di produzione dei paniforti prevede l'uso di legno e adesivi; tuttavia, possono essere realizzati con l'impiego di adesivi a basso contenuto di formaldeide, riducendo così l'impatto ambientale. Inoltre, la sostenibilità del paniforte può essere ulteriormente migliorata mediante il riciclaggio e il corretto smaltimento degli scarti di produzione, contribuendo così alla riduzione degli sprechi e al favoreggiamento di un ciclo vitale del materiale sostenibile.

Fine vita

Al termine della loro vita utile, i paniforti possono essere smaltiti in modo sostenibile attraverso opportuni processi di riciclaggio o recupero energetico, riducendo così l'impatto ambientale derivante dalla sua eliminazione.

Proprietà



Modulo di rottura: 0.02-0.06 GPa



Res. a trazione: 20-40 MPa



Modulo di flessione: 10-16 GPa



Res. a compressione: 40-80 MPa



Res. al taglio: 8-15 MPa



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **stabilità dimensionale**



Elevata **durabilità**

Ambiti d'impiego



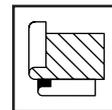
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo.



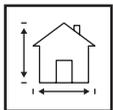
Design per il lavoro

Arredi e complementi, strumenti e attrezzi.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti e pannelli.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali.



Exhibition Design

Allestimenti, installazioni e stand.

Casi studio di prodotti



Nome: Tavolo 1140
Autore: Werner Aisslinger
Paese: Germania
Anno: 2021
Azienda: Thonet



Nome: Appendiabiti Percha
Autore: Identidad Diseño
Paese: Venezuela
Anno: 2011
Azienda: Identidad Diseño



Nome: Tavolo TL58
Autore: Marco Zanuso
Paese: Italia
Anno: 1974
Azienda: Poggi

04 COMPENSATO e MULTISTRATO

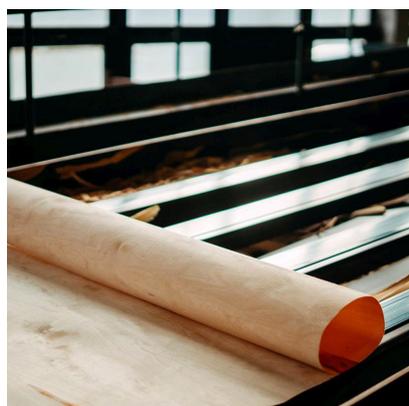


Descrizione

Il compensato è formato da tre o più strati di legno sfogliato dello spessore di pochi millimetri, incollati con resine a pressione e sovrapposti con le fibre incrociate perpendicolarmente tra loro. L'incrocio fa sì che la resistenza del materiale sia uniforme in tutte le direzioni. Lo strato centrale è detto anima, mentre gli altri due sono gli esterni. Sono definiti come multistrati i pannelli che presentano cinque o più strati e spessori superiori a 12 mm. In questo caso si parla di materiale isotropo, ossia con valori meccanici identici sia parallelamente che perpendicolarmente.

Processo produttivo

I tronchi scortecciati e tagliati, sono sottoposti al processo di sfogliatura attraverso l'azione di un tornio e delle lame. Successivamente, i fogli vengono trasportati all'area di taglio e di classificazione, dove vengono scansionati per verificare la presenza di difetti e tagliati delle dimensioni richieste. Gli sfogliati vengono fatti passare attraverso una macchina incollatrice, che applica la colla sul fronte e sul retro. Segue la pressatura freddo, necessaria per appiattire gli sfogliati e distribuire uniformemente la colla. La fase successiva è quella della pressatura caldo, che permette di mantenere un contatto solido e prolungato tra fogli e colla. Infine, sono effettuate le operazioni di rifilatura, levigatura, finitura e controllo di qualità.



Prezzi

Il prezzo per un pannello di compensato comune di 4 mm di spessore si attesta indicativamente tra i 4 e i 5 € al m², per arrivare ai 24-25 € al m² per i pannelli di multistrato comune di spessore pari a 30 mm.

Specie legnose più impiegate

I legni più utilizzati per la produzione di questi pannelli sono legni dolci come le conifere e in particolare l'abete, il legno di betulla o il pioppo, ma esistono compensati realizzati con essenze più pregiate quali il faggio, il teak, l'okoume e altri. Vi sono inoltre compensati in cui i soli strati esterni sono realizzati con fogli più o meno sottili di essenze pregiate come quelli appena citati o anche noce, rovere, palissandro, ecc., mentre gli strati interni che costituiscono la gran parte del pannello sono in legni dolci.

Componenti



Sfogliati per impiallacciatura



Leganti: resine sintetiche



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, freasatura, foratura, avvitatura, curvatura meccanica, curvatura termica, sagomatura, levigatura, impiallacciatura, laminazione, verniciatura.

Sostenibilità ambientale

Il ciclo di produzione non produce quasi alcun tipo di segatura e scarti di lavorazione; gli eventuali sfridi (rifilature, rulli di avanzo dalla sfogliatura ecc...) possono essere recuperati per la produzione di altre tipologie di pannello (di particelle o di fibre). I pannelli di compensato e multistrato sono da preferirsi rispetto a quelli a fibra orientata in quanto impiegano minori quantità di colla fenolica e garantiscono prestazioni maggiori. L'impiego di compensato, inoltre, è perfettamente sicuro per l'ambiente, dato che non rilascia gas tossici ed ha un'elevata durabilità.

Fine vita

Ci sono due scenari per i prodotti in compensato/multistrato. Il primo è quello della dismissione in discarica, dove diventerà un deposito di carbonio. La seconda opzione è quella del riciclo e del riutilizzo. Il riciclo del compensato, tuttavia, richiede strutture specializzate, non sono sempre disponibili localmente, il che fa sì che molti dei prodotti in compensato finiscano il loro ciclo vitale nelle discariche.

Ambiti d'impiego



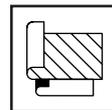
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo.

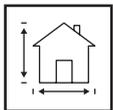


Design per il lavoro

Arredi e complementi, strumenti e attrezzi.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Rivestimenti e pannelli.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali.



Design per la mobilità

Settore nautico e mezzi stradali.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Proprietà



Res. all'impatto: 0,5-1 MPa



Res. a trazione: 50-75 MPa



Res. a flessione: 80-115 MPa



Res. a compressione: 30-45 MPa



Res. al taglio: 3-5 MPa



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **stabilità dimensionale**



Alta **resistenza agli agenti chimici**

Casi studio di prodotti



Nome: Butterfly Stool

Autore: Sorii Yanagi

Paese: Giappone

Anno: 1954

Azienda: Vitra



Nome: N. 41 Armchair

Autore: Alvar Aalto e Aino Aalto

Paese: Finlandia

Anno: 1931

Azienda: Artek



Nome: Tavolo Blossom

Autore: Vico Magistretti

Paese: Italia

Anno: 2002

Azienda: De Padova

05 TRANCIATO PER IMPIALLACCIATURA

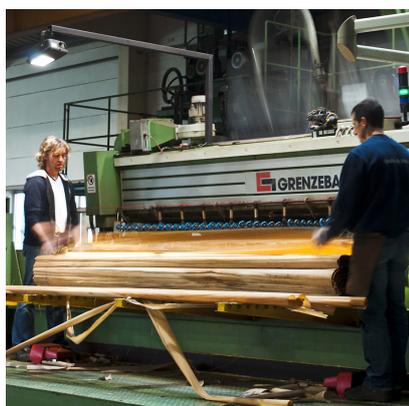


Descrizione

Con il termine impiallacciatura si intende quel tipo di operazione, nata nel Rinascimento, che permette di rivestire una base di scarso valore (economico ed estetico) con un sottile tranciato di legno, detto piallaccio (da 0,6 a 8 mm). Questo processo, infatti, permette di nobilitare alcuni semilavorati al fine di ottenere una finitura più pregiata e gradevole. Inoltre, a seconda della base su cui viene applicata, l'impiallacciatura permette di ottenere un componente finale con un'estetica simile a quello del legno massello ma proprietà meccaniche superiori (a parità di specie).

Processo produttivo

Il processo produttivo del piallaccio può avvenire secondo due possibili procedimenti, la tranciatura e la sfogliatura. I fogli di legno che si ottengono dai differenti processi sono pressoché identici, ciò che cambia è il tipo di processo a cui sottostà il tronco. Per tranciati si intendono quei fogli di legno ottenuti mediante macchine tranciatrici, le quali, serrando il tronco su un asse orizzontale, lo muovono con movimento oscillatorio passandolo su una lama, ottenendo dei fogli. In seguito, sono sottoposti all'essiccazione e al controllo qualità. I fogli sono poi impilati e imballati in "biglie". Per sfogliati si intendono, invece, quei fogli ottenuti dall'accostamento progressivo di una lama ad un tronco rotante. Il disegno degli sfogliati è differente da quello dei tranciati.



Prezzi

Il prezzo dei tranciati e sfogliati per impiallacciatura può variare da 6,5€ a 19,99€ al m² in base allo spessore e all'essenza legnosa scelta.

Specie legnose più impiegate

Come per il legno massello, anche i tranciati per impiallacciatura possono essere ottenuti da qualsiasi essenza legnosa. Tra le specie più impiegate figurano il frassino, il faggio, la betulla e l'ontano mentre, tra le specie di maggior pregio, si citano il rovere, il mogano, il noce e il ciliegio. Tra i legni dolci le essenze più utilizzate e diffuse, oltre al legno di betulla, sono l'abete di Douglas, il pino e il pioppo.

Componenti



Tranciati e sfogliati



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio al laser, foratura, avvitatura, incollaggio, curvatura, sagomatura, levigatura, intarsiatura, verniciatura.

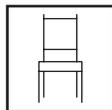
Sostenibilità ambientale

Il processo di lavorazione dei tranciati e degli sfogliati produce una discreta quantità segatura e polveri. Gli sfridi sono generalmente recuperati nella produzione di altri semilavorati, di pellet e di biomassa legnosa. Altro aspetto che influenza la sostenibilità dei piallacci è il processo di finitura, in cui l'impiego di vernici senza solventi e monomeri risulta essere tra le scelte più ecologiche. I tranciati, inoltre, permettono anche di utilizzare sezioni dell'albero che le assi non possono perché l'impiallacciatura non dovrà sostenere il peso. Quando si tratta di legni rari ed esotici, l'impiallacciatura è la scelta più ecologica.

Fine vita

La dismissione e il riciclo dei prodotti in legno impiallacciato è determinata dalle sostanze impiegate per la finitura e dai collanti utilizzati nel processo di applicazione del tranciato sulla base. Sulla base di questi due fattori il prodotto potrà essere riciclato oppure destinato alla discarica. Un'altra opzione, qualora il componente in legno impiallacciato fosse in buone condizioni generali, è quella del riuso e dell'upcycling.

Ambiti d'impiego



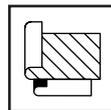
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



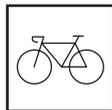
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici.

Rivestimenti per altri semilavorati del legno.



Design per la mobilità

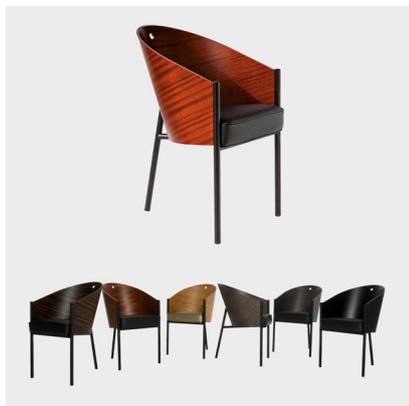
Interni e abitacoli nel settore automotive e nautico.



Design per la persona

Tarsie decorative.

Casi studio di prodotti



Nome: Poltrona Costes
Autore: Philippe Starck
Paese: Italia
Anno: 1984
Azienda: Driade



Nome: Armadio Nairobi
Autore: Ettore Sottsass
Paese: Italia
Anno: 1989
Azienda: Zanotta



Nome: Lounge Chair e Ottoman
Autore: Charles Eames
Paese: Stati Uniti
Anno: 1956
Azienda: Herman Miller - Vitra

 Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

06 TAMBURATO

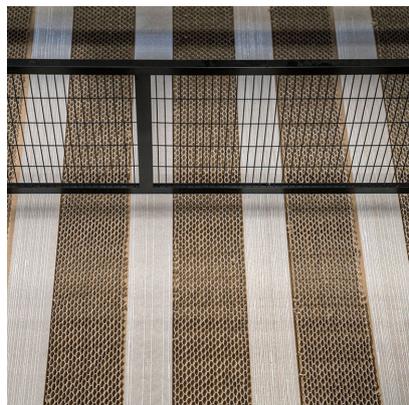


Descrizione

Il tamburato è simile al paniforte ma si differenzia nella conformazione, con una pelle esterna in lastronato e un nucleo interno composto da listelli lignei posti a griglia al fine di lasciare delle aree vuote. Inoltre, sono più leggeri dei paniforti e consentono spessori maggiori. Esistono versioni con l'anima interna a nido d'ape realizzata in legno, cartone e, talvolta, in plastica, alluminio, schiume o espansi. Il concetto costruttivo è quello di consentire grandi spessori abbinati ad un'elevata leggerezza, una buona resistenza a flessione e la stabilità assoluta tipica dei pannelli sandwich.

Processo produttivo

Il processo di fabbricazione dei pannelli tamburati è composto da diverse fasi e rappresenta una di quelle lavorazioni dove è ancora presente una forte componente manuale. Il primo step è quello del taglio dei listelli che andranno a comporre il telaio del pannello e della lastra che farà da rivestimento esterno. In seguito, questi componenti vengono allineati tra loro per essere uniti tramite graffettatura dando vita alla struttura. La fase successiva è quella del posizionamento del nucleo interno (di solito cartone alveolare). Infine, vi è l'unione delle due lastre di rivestimento esterno con la struttura interna tramite incollaggio e pressatura. Terminata questa fase il pannello può essere, eventualmente rivestito con laminato plastico, carta melamminica o impiallacciatura.



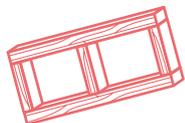
Prezzi

Il prezzo dei pannelli tamburati parte da circa 25-40 € al m² per poi salire in base ai materiali impiegati per il nucleo interno e per il rivestimento esterno.

Specie legnose più impiegate

Essendo il tamburato un tipo di pannello composto dall'unione di molteplici semilavorati del legno, non è possibile affermare in modo assoluto quali sono le specie legnose più utilizzate nella sua fabbricazione. Quella descritta nei paragrafi precedenti è una delle composizioni più diffuse ma non è l'unica. Infatti, il rivestimento esterno può essere realizzato anche in compensato, MDF o truciolare; stesso discorso vale per il telaio del pannello, che può essere costruito anche in truciolare o MDF.

Componenti



Listelli per intelaiatura perimetrale



Nucleo interno alveolare



Pannelli per rivestimento esterno

Tecnologie di lavorazione

Foratura, avvitatura, incollaggio, levigatura, sagomatura, laminatura, impiallacciatura, verniciatura.

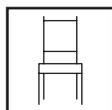
Sostenibilità ambientale

Come descritto precedentemente, uno dei principali pregi di questi pannelli è la leggerezza. Questo aspetto rappresenta un punto a favore dei tamburati a livello di sostenibilità ambientale per quanto riguarda le attività di trasporto. Il processo produttivo, inoltre, produce un ridotto numero di scarti e sfridi. Tra le caratteristiche che vanno a far diminuire l'ecosostenibilità dei tamburati vi è l'impiego di collanti nelle fasi di assemblaggio e la presenza, talvolta, di nuclei interni realizzati con materiali plastici, schiume ed espansi.

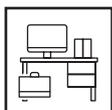
Fine vita

La natura composita dei tamburati ne rende difficile lo smaltimento in quanto i due materiali, struttura lignea e nucleo interno, spesso non sono facilmente separabili. Qualora si rendesse impossibile dividere i materiali, l'intero pannello è destinato ad essere dismesso in discarica. La possibilità di disassemblare il pannello, invece, fa sì che i vari componenti possano essere separati singolarmente e inviati alle rispettive filiere di riciclo.

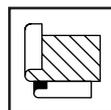
Ambiti d'impiego



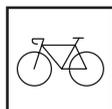
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo (separé, ante e ripiani).



Design per il lavoro
Arredi e complementi per l'ufficio.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici.
Serramenti e rivestimenti.



Design per la mobilità
Interni per caravan e settore nautico.

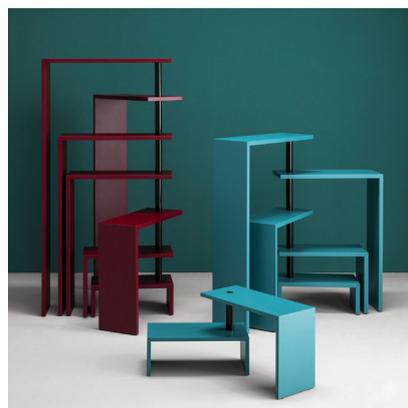


Exhibition Design
Allestimenti, installazioni e stand fieristici.

Casi studio di prodotti



Nome: Serie Quaderna
Autore: Superstudio
Paese: Italia
Anno: 1972
Azienda: Zanotta



Nome: Mobile a ripiani Joy
Autore: Achille Castiglioni
Paese: Italia
Anno: 1990
Azienda: Zanotta



Nome: Paravento Balla
Autore: Giacomo Balla
Paese: Italia
Anno: 2020 (progetto del 1917)
Azienda: Cassina

 Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

07 MDF



Descrizione

Il MDF (Medium Density Fiberboard) è un semilavorato costituito da fibre di legno sottoposte a processo di sminuzzamento e pressatura con resine adesive. Nato negli anni '70, è caratterizzato da una densità media e uniforme, peculiarità che conferisce al materiale una buona stabilità dimensionale, un'elevata facilità di lavorazione e un'ottima precisione nelle finiture; il MDF è noto, inoltre, per la sua omogeneità strutturale, la resistenza meccanica e la ridotta tendenza al rigonfiamento. È ampiamente utilizzato nell'industria campo della progettazione e delle costruzioni per la sua versatilità abbinata al costo accessibile.

Processo produttivo

Inizialmente, il legno viene sminuzzato in fibre molto sottili attraverso l'utilizzo di macchine apposite. Successivamente, queste fibre vengono mescolate con resine adesive, creando una miscela che sarà poi pressata a caldo in pannelli mediante l'uso di piastre di pressatura. Durante questa fase, avviene la polimerizzazione delle resine, che le rende solide e resistenti. In seguito, i pannelli vengono sottoposti a un processo di levigatura per ottenere una superficie liscia e uniforme. Infine, i pannelli vengono tagliati e sagomati secondo le specifiche richieste.



Prezzi

Il prezzo di un pannello standard da 6 mm di spessore va da 8 a 10 € al m², mentre per un pannello standard da 10 mm di spessore varia da 11 a 14 € al m².

Specie legnose più impiegate

Sono preferite le specie legnose ad alto rendimento di fibra, come il pino, l'abete, il pioppo e l'eucalipto, data anche la loro ampia disponibilità e capacità di crescita rapida. Queste specie offrono fibre lunghe e sottili che contribuiscono alla formazione di un MDF di alta qualità. Tuttavia, a seconda delle esigenze specifiche del produttore, possono essere impiegate anche altre essenze. La scelta delle specie legnose contribuisce a ottenere un MDF con le proprietà desiderate, come densità, resistenza e finitura.

Componenti



Particelle fini di legno



Leganti: resine sintetiche



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, avvitatura, incisione laser, sagomatura, levigatura, curvatura meccanica, curvatura termica, impiallacciatura, laminazione, verniciatura, termoformatura, incollaggio.

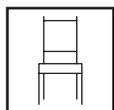
Sostenibilità ambientale

L'MDF è considerato un materiale relativamente sostenibile, in quanto viene prodotto utilizzando principalmente scarti di legno. Inoltre, è un materiale riciclabile alla fine della sua vita utile. Tuttavia, è importante notare che l'MDF può contenere resine o adesivi che possono rilasciare ed emettere formaldeide, una sostanza chimica che può avere impatti sulla qualità dell'aria degli ambienti interni e che è cancerogena per l'uomo. Complessivamente, la sostenibilità dipende dalla scelta dei materiali e dalle loro emissioni di sostanze nocive.

Fine vita

I pannelli di MDF una volta raggiunta la fine del loro ciclo vitale non possono essere oggetto di combustione (per via delle colle e dei rivestimenti) ma solo di incenerimento o smaltimento in discarica. Inoltre, la riciclabilità e la riusabilità sono ridotte data la difficoltà nella separazione del rivestimento dall'impasto legnoso e data l'attuale impossibilità nel rendere inerti i collanti presenti.

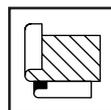
Ambiti d'impiego



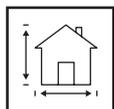
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo.



Design per la persona
Modellismo, giochi e articoli per l'infanzia.



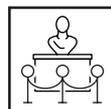
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Rivestimenti e pannelli.



Architettura e costruzioni
Elementi strutturali.

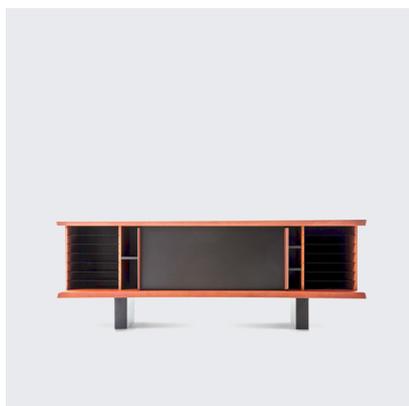


Design per la mobilità
Arredamenti interni nei mezzi di trasporto.



Exhibition Design
Allestimenti, installazioni e stand.

Casi studio di prodotti



Nome: Riflesso
Autore: Charlotte Perriand
Paese: Italia
Anno: 1958
Azienda: Cassina



Nome: Basello
Autore: Achille Castiglioni
Paese: Italia
Anno: 1987
Azienda: Zanotta



Nome: Tavolo Antella
Autore: Kazuhide Takahama
Paese: Italia
Anno: 2013
Azienda: Cassina

Proprietà



Res all'impatto: 0,5 - 1 MPa



Res. a trazione: 10,2-25,2 MPa



Res. a flessione: 33,6-45 MPa



Res. a compressione: 4,5-10 MPa



Res. al taglio: 3-6 MPa



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **stabilità dimensionale**



Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

08 TRUCIOLARE

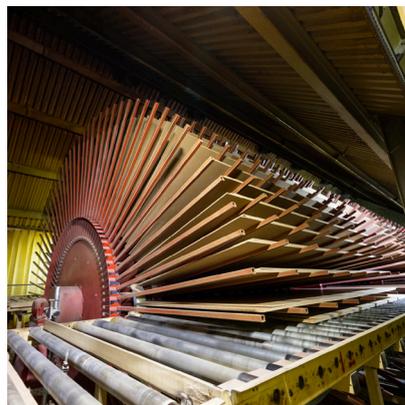
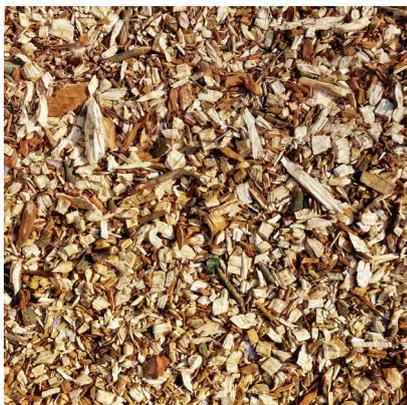


Descrizione

Per realizzare i pannelli truciolari si impiegano chips (dette schegge), o particelle legnose e ligneo cellulósiche, addizionate con resine sintetiche adesive e termoindurenti. Di solito i flussi di origine industriale si presentano piú omogenei e quasi del tutto privi di impurezze, mentre quelli provenienti da attività di riciclo pre e post consumo spesso contengono maggiori quantità di residui non legnosi. Possono essere nobilitati con carte melamminiche, laminati plastici o impiallacciati. A parità di dimensioni il truciolare è meno resistente del multistrato.

Processo produttivo

Il processo produttivo dei pannelli truciolari è un processo che non necessita di essenze coerenti tra loro e, inoltre, l'alto livello di automatizzazione degli impianti non è volto ad una particolare finitura delle schegge (chips) delle quali si compongono i pannelli, poiché sono proprio le proprietà dei collanti che fanno in modo di garantire stabilità e omogeneità al pannello anche con fibre di finitura grossolana. Le fasi produttive principali sono le seguenti: truciolatura del legno in particelle; frazionatura delle particelle e raffinatura; separazione delle particelle in base alle varie granulometrie; essiccazione (artificiale); resinazione, ossia l'applicazione dei collanti; formatura e ottenimento del pannello per termocompressione.



Prezzi

Il prezzo medio per un pannello di legno truciolare oscilla tra 200 e 367 € al m³. Prendendo ad esempio i pannelli da 10 mm di spessore è possibile notare che un pannello di puro pioppo ha un prezzo di circa 7,50 € al m² mentre un pannello di particelle riciclate ha un prezzo di circa 6 € al m².

Specie legnose piú impiegate

I pannelli truciolari sono realizzati con dei miscelando particelle provenienti da legni leggeri. Tra le essenze piú utilizzate si annoverano il pioppo e le conifere (soprattutto l'abete), seguite dal faggio e dalla betulla. A queste essenze si aggiungono tutte le specie legnose che compongono le particelle di materiale proveniente dalle filiere industriali del legno e da quelle del riciclo.

Componenti



Particelle/truciolari di legno (schegge)



Leganti: resine sintetiche



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze impermeabilizzanti



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, tornitura, foratura, spinatura, avvitatura, incollaggio, levigatura, impiallacciatura, laminazione, verniciatura (previa preparazione della superficie).

Sostenibilità ambientale

Uno dei punti più critici dei pannelli truciolari è quello della sostenibilità ambientale. Il primo punto debole consiste nella eventuale presenza di carta melamminica e di laminati plastici, spesso contenenti sostanze nocive. Un altro aspetto negativo è quello della forte presenza di collanti, soprattutto formaldeide. È stato provato che quest'ultima viene rilasciata dai pannelli all'interno dell'ambiente domestico e che è cancerogena per l'uomo. Nel 2021 FederlegnoArredo ha affermato che tutti i produttori italiani di truciolare realizzano pannelli con legno proveniente al 100% dalla filiera del recupero (4 mln di t/anno).

Fine vita

I pannelli di truciolare una volta raggiunta la fine del loro ciclo vitale non possono essere oggetto di combustione (per via delle colle e dei rivestimenti) ma solo di incenerimento o smaltimento in discarica. Inoltre, la riciclabilità e la riusabilità sono ridotte data la difficoltà nella separazione del rivestimento dall'impasto legnoso e data l'attuale impossibilità nel rendere inerti i collanti presenti.

Ambiti d'impiego



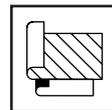
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per il lavoro

Arredi e complementi, per l'ufficio e per la comunità.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Pannelli e serramenti.



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale (es. caravan).



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Proprietà



Res. all'impatto: 1-2 MPa



Res. a trazione: 7-12 MPa



Res. flessione: 8-15 MPa



Res. a compressione: 6-16 MPa



Res. al taglio: 5-11 MPa



Elevata **stabilità dimensionale**



Scarsa **res. agli agenti chimici**



Scarsa **resistenza all'acqua**

Casi studio di prodotti



Nome: Collezione Truciolari

Autore: Lorenzo Damiani

Paese: Italia

Anno: 2010

Azienda: N.d.



Nome: tavolino Servobar

Autore: Achille Castiglioni

Paese: Italia

Anno: 1961

Azienda: Zanotta



Nome: Collezione Babel

Autore: Nir Meiri

Paese: Inghilterra

Anno: 2014

Azienda: REDESIGND

Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

09 OSB



Descrizione

L'OSB (Oriented Strand Board) è composto da pannelli di lamelle di legno (strand), ovvero trucioli di dimensioni considerevoli e relativamente lunghi. La sua caratteristica peculiare è l'orientamento delle lamelle, ottenuto tramite apparecchiature di distribuzione. Nella struttura a tre strati, le particelle dell'anima sono orientate trasversalmente, mentre quelle dello strato esterno sono orientate parallelamente alla direzione di fabbricazione. Ciò conferisce valori di resistenza molto elevati nella direzione predominante delle particelle. L'OSB viene utilizzato nell'edilizia per la sua resistenza, stabilità e versatilità e nelle applicazioni strutturali.

Processo produttivo

Il semilavorato possiede proprietà considerevoli ottenute attraverso un processo di fabbricazione specifico. Le lamelle di legno vengono incollate e ripartite in diversi strati, ognuno orientato in modo diverso per massimizzare la resistenza e la stabilità del pannello. Questo metodo consente di ottimizzare le prestazioni del materiale. Successivamente, il fascio di lamelle viene sottoposto a un trattamento termico ad alta temperatura e pressione, creando un pannello con una struttura densa, resistente e dimensionalmente stabile. L'OSB, oltre alle sue proprietà funzionali, offre anche un effetto decorativo distintivo, rendendolo una ottima scelta in allestimenti e prodotti di design.



Prezzi

Il prezzo di un pannello di OSB con spessore compreso tra 9 e 30 mm può oscillare tra 10 e 30€ al m². Inoltre, il prezzo dell'OSB può variare a seconda della sua tipologia, come ad esempio OSB1, OSB2, OSB3 e OSB4.

Specie legnose più impiegate

Le specie legnose più comunemente impiegate per la produzione del semilavorato OSB includono abete rosso, pino e abete bianco. Queste specie sono scelte per le loro proprietà meccaniche, l'ampia disponibilità e l'economicità. L'abete rosso è apprezzato per la sua resistenza, il pino per la sua durabilità e l'abete bianco per la sua stabilità dimensionale. Queste specie legnose offrono una combinazione ideale di caratteristiche che garantiscono la qualità e le prestazioni dell'OSB.

Componenti



Scaglie/lamelle di legno (strand)



Leganti: resine sintetiche



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, avvitatura, incisione laser, sagomatura, levigatura, laminazione, verniciatura, incollaggio.

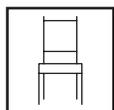
Sostenibilità ambientale

È un materiale economico e sostenibile, in quanto viene prodotto utilizzando trucioli di legno di scarto, riducendo l'utilizzo di legno vergine. Inoltre, l'OSB è prodotto tramite un processo di pressatura e incollaggio efficiente che produce meno sprechi e emissioni di gas nocivi rispetto al MDF. La sua durabilità e resistenza contribuiscono alla lunga vita utile dei prodotti realizzati con OSB, riducendo la necessità di interventi di sostituzione frequenti.

Fine vita

I pannelli OSB una volta raggiunta la fine del loro ciclo vitale non possono essere oggetto di combustione (per via delle colle e dei rivestimenti) ma solo di incenerimento o smaltimento in discarica. Inoltre, la riciclabilità e la riusabilità sono ridotte data la difficoltà nella separazione del rivestimento dall'impasto legnoso e data l'attuale impossibilità nel rendere inerti i collanti presenti.

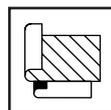
Ambiti d'impiego



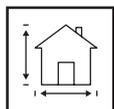
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo.



Design per la comunicazione
Packaging.



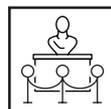
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Rivestimenti e pannelli.



Architettura e costruzioni
Elementi strutturali.

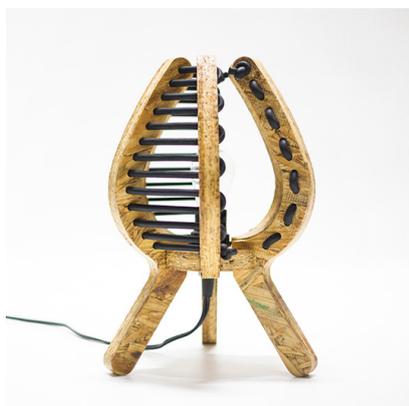


Design per la mobilità
Arredamenti interni nei mezzi di trasporto.

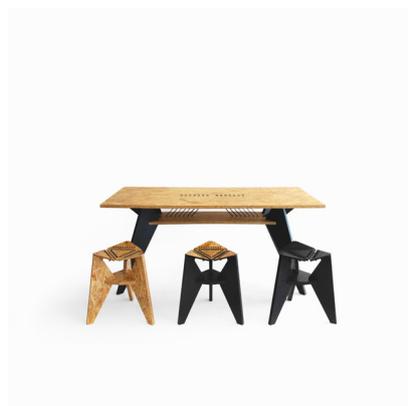


Exhibition Design
Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Casi studio di prodotti



Nome: Iri lamp
Autore: SHIFT
Paese: Stati Uniti
Anno: 2014
Azienda: SHIFT



Nome: Viva Desk
Autore: SHIFT
Paese: Stati Uniti
Anno: 2014
Azienda: SHIFT



Nome: Celia
Autore: Fratelli Campana
Paese: Brasile
Anno: 2003
Azienda: Habitatart

🔗 Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

10 PANNELLI IN LANA DI LEGNO

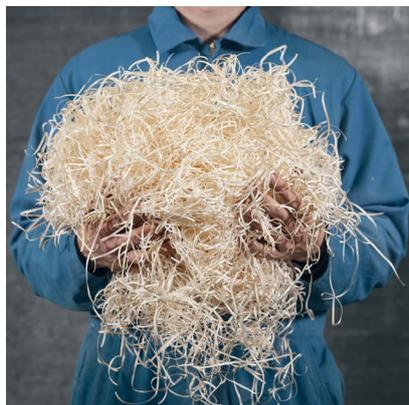


Descrizione

I pannelli in lana di legno sono dei semilavorati prodotti impiegando delle resine leganti agglomerate con delle sottili e lunghe strisce di legno, con una larghezza che varia da 2 a 4 mm e uno spessore inferiore a 1 mm. Il risultato sono dei pannelli rigidi nei quali le strisce di legno formano un fitto reticolo di piccole cavità irregolari inglobate nell'ammasso del materiale. Il tipo più conosciuto di pannello in lana di legno è l'Eraclit, materiale noto per essere incombustibile e inattaccabile agli insetti. Questi prodotti trovano largo impiego nel settore delle controsoffittature, delle pareti e dei pannelli isolanti acusticamente e termicamente.

Processo produttivo

Il processo di produzione di questo tipo di pannelli inizia con la fabbricazione della lana di legno, fase che avviene attraverso delle speciali macchine che tagliano il legno nella direzione delle fibre. In seguito, le strisce ottenute sono immerse in un impasto di materiali leganti (cemento e acqua) e sono pressate ad alta temperatura in uno stampo. Nella miscela possono essere aggiunte sostanze coloranti, per ottenere dei pannelli di legno colorati nella massa. Dopo qualche ora, a presa avvenuta, i pannelli, liberati dal sistema di bloccaggio, vengono stoccati in magazzini a maturare per qualche settimana. Per quanto riguarda i pannelli Eraclit, i leganti impiegati sono di tipo magnesiacio.



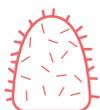
Prezzi

Il materiale viene commercializzato in pallet che contengono lastre per coprire da 50 a 250 m² di superficie, a prezzi che variano da 8 a 60 € al m² (ovvero da 800 a 1.500 € al m³) in base anche allo spessore. I pannelli con miglior livello di qualità superficiale e colorati hanno prezzi poco più alti.

Specie legnose più impiegate

Sono favoriti tutti quei legni chiari senza estrattivi, che potrebbero ostacolare la regolare presa del cemento, nonché i legni a densità bassa. Dovendo ridurre il legno in trucioli, la qualità dei tronchi non ha alcuna importanza, ma la corteccia deve essere eliminata perché porterebbe a caratteristiche peggiorative. Si utilizzano normalmente legni di abete e di pino oppure legno di pioppo e simili per le latifoglie.

Componenti



Lana di legno



Leganti: resine sintetiche



Eventuali sostanze antiparassitarie



Eventuali sostanze ignifughe

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, verniciatura, incollaggio.

Sostenibilità ambientale

A livello di sostenibilità ambientale i pannelli in lana di legno si contraddistinguono per la loro composizione, priva di collanti e resine adesive. Dei vari materiali che compongono questi semilavorati il cemento rappresenta quello che rilascia maggiori emissioni di CO₂ durante il processo produttivo. Per far fronte a questa problematica, alcune aziende produttrici hanno messo a punto dei pannelli in lana di legno che sono in grado di dare luogo a processi di carbonatazione, ossia di catturare la CO₂ presente nell'ambiente circostante. Inoltre, gli sfridi vengono reimpiegati nuovamente come materia prima nel processo.

Fine vita

I pannelli in lana di legno che non sono stati danneggiati possono essere riutilizzati. La lana di legno può essere compostata oppure riciclata e riutilizzata nuovamente in processi produttivi di nuovi pannelli.

Proprietà



Leggerezza: densità ca.300 kg/m²



Elevata **res. a compressione**



Elevata **riciclabilità**



Elevata **durabilità**



Ottimo **isolante acustico**



Ottimo **isolante termico**



Elevata **resistenza all'umidità**



Difficilmente **infiammabile**

Ambiti d'impiego



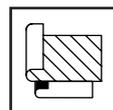
Design per il lavoro

Arredi e complementi, per l'ufficio e per la comunità.



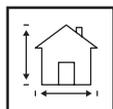
Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Pannellifonoassorbenti e termoisolanti.



Architettura e costruzioni

Controsoffitti e pareti divisorie.

Casi studio di prodotti



Nome: Alcove Work

Autore: Ronan e Erwan Bouroullec

Paese: Svizzera

Anno: 2010

Azienda: Vitra



Nome: Forest Wool

Autore: Tamara Orjola

Paese: Paesi Bassi

Anno: 2010

Azienda: N.d.



Nome: The Temple of Sound

Autore: Johan Ronnestam

Paese: Svezia

Anno: 2020

Azienda: Baux



Davide Maria Giachino, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013
Chris Lefteri, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

4.2 Tecniche di finitura del legno

La finitura è l'ultima operazione a cui viene sottoposto il manufatto ligneo prima che questo possa essere considerato completato. Rappresenta **lo strato più superficiale del legno** ed è quello con cui entreranno in contatto alcuni sensi dell'essere umano, quali la vista, il tatto e, talvolta, l'olfatto. I manufatti lignei sono sottoposti ai processi di finitura fondamentalmente per tre motivi:

Igiene: Il legno è un materiale poroso. Questi pori possono diventare un luogo di accumulo di sporco e sporcizia, dovuti alla manipolazione, ai contaminanti atmosferici e al cibo. Il legno sporco, oltre ad essere poco attraente, è anche poco igienico, in quanto fornisce un luogo di riproduzione per i batteri. Di conseguenza, una finitura va a sigillare la superficie porosa, rendendola meno suscettibile allo sporco e più facile da pulire.

Stabilizzazione: Oltre ad essere poroso, il legno è igroscopico, ossia è in grado di assorbire e rilasciare umidità. Il legno risponde ai cambiamenti del livello di umidità che avvengono intorno ad esso con delle variazioni dimensionali. Di conseguenza, più spesso è il rivestimento di finitura e minore è lo scambio di umidità.

Estetica: Oltre a stabilizzare il legno e proteggerlo da sporco e sporcizia, la finitura del legno è anche estetica. Esistono infiniti modi per decorare il legno ed è possibile valutare le finiture dal punto di vista estetico secondo tre aspetti: colore, consistenza e lucentezza.

Molte persone considerano l'estetica l'aspetto più importante nella scelta delle finiture per il legno. Tuttavia, dal punto di vista tecnico, la protezione è molto importante per il legno utilizzato all'aperto, e fornire una superficie pulibile è molto importante per il legno utilizzato al chiuso.

Quando si seleziona una finitura, si dovrebbero considerare **estetica, protezione e pulibilità** ma anche porre attenzione su quanto la massa e le proprietà superficiali del legno influenzano l'applicazione della

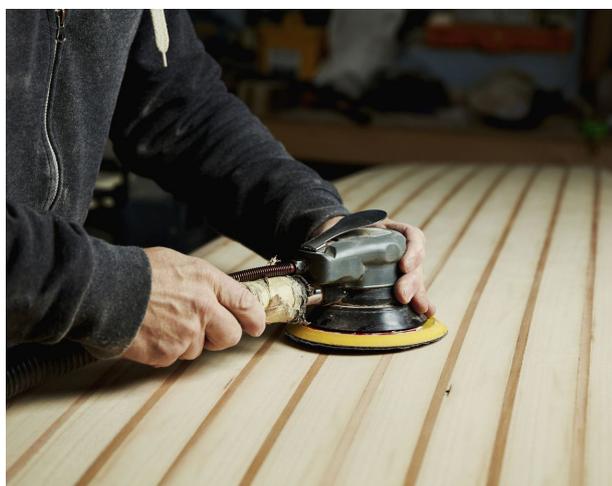
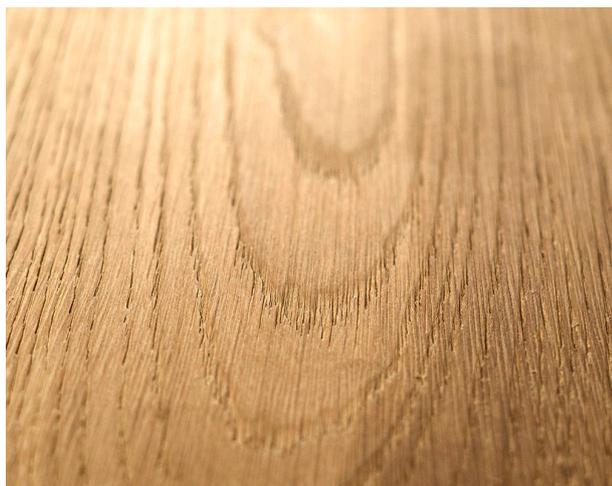
finitura e le sue prestazioni. Di conseguenza, se si comprende come le proprietà del legno, la finitura e le condizioni ambientali interagiscono tra loro, dovrebbe essere possibile stimare le prestazioni della finitura per maggior parte delle specie legnose. Le **prestazioni dipendono dalla scelta di una finitura appropriata** rispetto alle condizioni di utilizzo e dalla sua applicazione in quantità sufficienti. L'uso interno pone meno stress sulle finiture rispetto all'uso all'aperto. Inoltre, un clima con forti cambiamenti stagionali pone maggiori sollecitazioni rispetto ai climi miti ^{[1][2]}.

[1] U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010.
 [2] Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.



Figura 1 Schema raffigurante le tecniche di finitura che verranno approfondite nelle schedature.

01 LEVIGATURA e LUCIDATURA



Descrizione

La levigatura e lucidatura del legno sono processi tradizionali volti a ottenere una superficie liscia, uniforme e luminosa. Di fatto già nel XII secolo era comune l'uso di olii naturali per la lucidatura dei pavimenti in legno. La levigatura serve a rimuovere le imperfezioni della superficie, inoltre prepara il legno per ulteriori trattamenti di finitura, mentre, l'applicazione di prodotti lucidanti serve a conferire una lucentezza superficiale, e allo stesso tempo enfatizza l'aspetto naturale del legno.

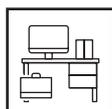
Percezione

La finitura offre una sensazione liscia e vellutata al tatto. La lucentezza risulta accentuata dalle venature e la tonalità del legno, ciò conferisce al legno un aspetto raffinato e curato.

Sostenibilità ambientale

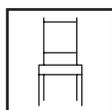
L'applicazione di prodotti lucidanti può avvenire utilizzando formulazioni a base d'acqua o a basso contenuto di composti organici volatili (VOC), riducendo così l'impatto ambientale. Inoltre, la levigatura e la lucidatura possono contribuire a prolungare la durata del legno, rendendo gli oggetti o le superfici più resistenti all'usura e alla corrosione.

Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità, attrezzature di lavoro.



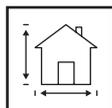
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



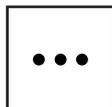
Design per la persona

Strumenti musicali e attrezzature per lo sport.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali e pavimentazioni.



Exhibition Design (Retail, allestimenti e stand). **Design per la mobilità** (mobilità nautica, stradale e aerea). **Design dei materiali e dei sistemi tecnologici.**

Prezzi

I prezzi di levigatura e lucidatura possono andare indicativamente da 10 a 22 € al m².

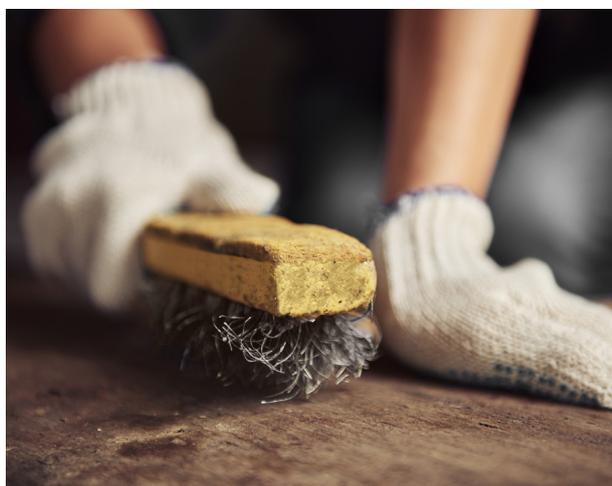
Pregi

- Superficie liscia e uniforme.
- Costo contenuto rispetto ad altre finiture.
- Possibilità di effettuare ulteriori trattamenti.

Difetti

- Richiede manutenzione periodica.

02 SPAZZOLATURA



Descrizione

La finitura di spazzolatura del legno è un processo che prevede l'uso di spazzole o strumenti appositi per rimuovere il materiale tenero tra i nodi del legno, evidenziando così la struttura del materiale. Questa tecnica conferisce al legno un aspetto rustico e texturizzato, con una superficie che presenta lievi solchi o scanalature.

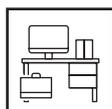
Percezione

La finitura di spazzolatura offre una sensazione di leggera ruvidità, con una trama evidente al tatto che accentua ulteriormente l'aspetto naturale del legno.

Sostenibilità ambientale

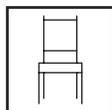
La spazzolatura eseguita manualmente può produrre meno scarti rispetto all'uso di spazzolatrici elettriche. Questa finitura non richiede l'impiego di ulteriori solventi chimici.

Ambiti d'impiego



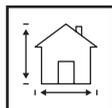
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali e pavimentazioni.

Prezzi

I prezzi per la lavorazione di spazzolatura possono partire indicativamente da 30 a 40 € al m².

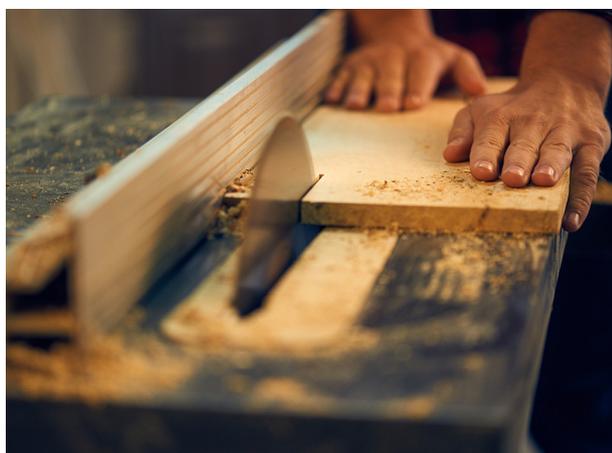
Pregi

- Accentua la struttura del legno.
- Nasconde eventuali difetti o imperfezioni.

Difetti

- Può rendere il legno più poroso.
- Richiede manutenzione periodica.

03 TAGLIO SEGA



Descrizione

Questa finitura è il risultato delle lavorazioni di taglio, dove il legno viene lavorato in modo tale da lasciare visibili le segnature delle lame, creando un effetto rustico. In passato, questa finitura era impiegata principalmente per le travi in legno, dove l'attenzione era rivolta più alle proprietà meccaniche che all'aspetto estetico. Questa finitura è particolarmente popolare nei rivestimenti esterni e risulta altamente vantaggiosa nelle applicazioni di ulteriori finiture protettive, poiché la texture del taglio sega offre una maggiore aderenza e assorbimento del trattamento.

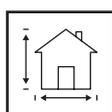
Percezione

La superficie risulta essere ruvida al tatto. Presenta delle irregolarità con una particolare trama ad andamento perpendicolare. Questa combinazione di elementi crea una sensazione rustica, dal momento che risulta possibile percepire la grana e la varietà di tonalità presenti nella sua struttura del legname.

Sostenibilità ambientale

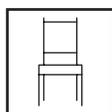
Il processo di finitura minimizza gli sprechi di legname durante la lavorazione, riducendo al minimo il materiale di scarto

Ambiti d'impiego



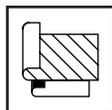
Architettura e costruzioni

Elementi strutturali e pavimentazioni.



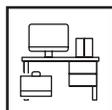
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti.



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.

Prezzi

Il prezzo della lavorazione è tipicamente basso rispetto a lavorazioni come levigatura o spazzolatura. Può andare da 15 a 20 € al m².

Pregi

- Costo basso.
- Sostenibilità elevata.

Difetti

- Bassa resistenza ad agenti atmosferici.
- Bassa durabilità.

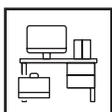
 <https://wood-source.com> (Ultima consultazione 24/05/2023).

U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010.

04 OLIIATURA



Ambiti d'impiego



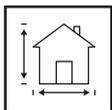
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Architettura e costruzioni

Elementi strutturali e pavimentazioni.

Descrizione

L'oliatura è un metodo di finitura del legno che prevede l'applicazione di oli naturali o sintetici per proteggere la superficie. Le finiture ad olio erano le più usate nel XVIII e XIX secolo. Questa tecnica dona al legno una brillantezza naturale, evidenziando le sue venature. Inoltre, questa finitura contribuisce a preservare la durata e la resistenza del legno nel tempo. Gli oli di lino, tung e teak sono i più comuni. Il lino nutre e protegge, il tung offre resistenza all'acqua e penetra in profondità, mentre il teak protegge dagli agenti atmosferici e dai raggi UV.

Percezione

L'oliatura conferisce al legno una superficie liscia al tatto con una texture morbida che accentua una sensazione particolare. La lucentezza del legno oliato cattura la luce, creando riflessi che risaltano l'aspetto estetico.

Sostenibilità ambientale

Gli oli naturali utilizzati sono di origine vegetale e biodegradabili, questo riduce l'impatto negativo sull'ecosistema. La finitura non emette sostanze chimiche nocive nell'aria e non richiede l'uso di solventi dannosi. Inoltre, allo stesso tempo l'olio che penetra nel legno, lo protegge dalla umidità e dall'usura, aumentando così la sua durata nel tempo.

Prezzi

I prezzi per la lavorazione di oliatura possono andare indicativamente da 5 a 15 € al m².

Pregi

- Protezione dalla umidità.
- Buona durabilità.
- Facile applicazione.

Difetti

- Richiede manutenzione periodica.
- Meno adatta a superfici ad alta usura.

05 CERATURA



Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, strumenti e attrezzi per il lavoro.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per la persona

Giochi e articoli per l'infanzia.



Food Design

Oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare.

Descrizione

La ceratura è la tecnica di finitura più antica e più utilizzata per proteggere i mobili dall'usura. Le cere possono essere di origine naturale, ad es. cera d'api e cere vegetali come quella di carnauba (la più diffusa), o di origine sintetica, ad es. paraffina. Le cere, inoltre, sono commercializzate in diverse formulazioni: pasta, emulsione liquida o blocchi da sciogliere a bagnomaria. Tra i punti di forza delle cere si elencano l'ottimo potere lucidante, la semplicità d'applicazione e la sensazione di morbidezza al tatto.

Percezione

La percezione che la cera lascia al tatto è quella di morbidezza e scorrevolezza. A livello di visivo le superfici appaiono satinata o opache, diventando più lucenti quando queste vengono lucidate. Infine, la percezione olfattiva dipende dal tipo di cera impiegata. La cera d'api, per esempio, rilascia un odore di propoli e miele.

Sostenibilità ambientale

Le cere sono tra le finiture maggiormente sostenibili, soprattutto se di origine naturale; le cere bio-based sono compatibili sia con le operazioni di riciclo sia con le attività di compostaggio. Per la dismissione di elementi trattati con cere derivate dal petrolio, invece, è necessaria l'asportazione della finitura con dei prodotti deceranti. Infine, qualora si volesse applicare una vernice su una superficie lavorata precedentemente con cera si dovrà rimuovere lo strato ceroso.

Prezzi

Le confezioni da 500 ml di cere di origine naturale hanno un prezzo medio di circa 15€.

Pregi

- Elevata sostenibilità ambientale.
- Facilità d'applicazione.
- Resistenza all'abrasione.
- Buon potere lucidante.

Difetti

- Scarsa durevolezza, necessaria la riapplicazione.
- Poco indicata per l'utilizzo in ambiente esterno.
- Lucidatura necessaria per ottenere la lucentezza.
- Facilmente sporcabile.

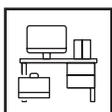


U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010. Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.

06 LACCATURA



Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per la persona

Strumenti musicali e modellismo.

Descrizione

La lacca è una particolare vernice a base acqua, poliestere o poliuretanicca che nasconde le venature del legno del tutto o in parte. La laccatura nasce negli anni '20, epoca in cui si credeva potesse essere la finitura definitiva, grazie alla versatilità tipica della gommalacca abbinata all'ottima resistenza. In più la lacca, essendo di origine sintetica, permetteva di ridurre il prelievo di materie prime esotiche. Questo ha permesso alla laccatura di essere ancora oggi la finitura più impiegata nel settore arredo.

Percezione

La laccatura appare come una finitura compatta e omogenea e può essere: gofrata, che appare ruvida e rugosa alla vista e al tatto; opaca, che assorbe la luce e risulta liscia e omogenea; satinata, che produce una sensazione di morbidezza e un effetto di velluto e seta al tatto. La laccatura lucida, invece, offre un effetto a specchio molto riflettente.

Sostenibilità ambientale

In passato le lacche erano alla nitrocellulosa che, a partire dagli ultimi decenni, hanno subito una forte limitazione da parte dalle normative, data la presenza di composti organici volatili (VOC). Di conseguenza, sono state sviluppate formulazioni a base d'acqua, che contengono meno VOC e sono meno tossiche. La laccatura, tuttavia, rende difficoltosa e non sostenibile la dismissione degli oggetti su cui è stata applicata.

Prezzi

Il processo di laccatura di un mobile può approssimativamente variare dai 300€ fino ai 1000€ in base all'estensione delle superfici da trattare.

Pregi

- Rapidità di asciugatura.
- Uniformità nella copertura.
- Ampia varietà di colori e finiture.

Difetti

- Resistenza all'usura moderata.
- Costi alti rispetto ad altre finiture.



U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010. Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.

07 VERNICIATURA



Descrizione

Le vernici sono le finiture più durevoli e diffuse. Sono resistenti a calore, usura, solventi, acidi e alcali, e funzionano anche da barriera contro acqua e vapore acqueo. Tra i suoi punti di forza vi è l'economicità e la rapidità; tuttavia, il suo limite è quello della difficoltà d'applicazione. Le prime vernici, risalenti al XIX secolo provenivano dalla Cina ed erano a base di olio di lino. All'inizio del XX secolo sono poi state introdotte le vernici sintetiche, prima fenoliche, poi alchidiche (anni '20), poi poliuretatiche (anni '30) e all'acqua.

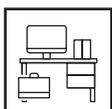
Percezione

La verniciatura del legno è in grado di portare ad una varietà di finiture molto ampia (lucida, opaca, satinata, ecc.). Se è applicata su un legno a poro aperto la percezione tattile è di irregolarità, mentre la percezione visiva è caratterizzata dalla venatura del legno, che appare enfatizzata. Nei casi di legni a poro chiuso la percezione è di maggiore omogeneità.

Sostenibilità ambientale

Le vernici degli ultimi anni sono state sviluppate con formulazioni che contengono meno VOC e sono meno tossiche. La difficoltà nella rimozione della finitura, tuttavia, rende difficoltosa e poco sostenibile la dismissione degli oggetti su cui è stata applicata. Inoltre, il legno verniciato può essere smaltito tramite combustione o incenerimento in centri specializzati, in quanto potrebbe rilasciare tossine.

Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Attrezzi.



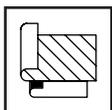
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa, per la cucina e per l'esterno.



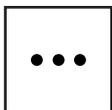
Design per la persona

Strumenti musicali, modellismo, articoli per l'infanzia, attrezzature per lo sport.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti e serramenti.



Exhibition Design (Retail, allestimenti, installazioni e stand). **Design per la mobilità** (mobilità nautica, stradale e aerea). **Architettura e costruzioni.**

Prezzi

La verniciatura del legno, data la sua natura simile a quella della laccatura, ha un costo complessivo simile. Il prezzo varia in base alle dimensioni delle superfici, al processo di preparazione e alla tipologia.

Pregi

- Resistenza all'abrasione.
- Ottima resistenza a calore, acqua, acidi e vapore (se a solvente).
- Ampia varietà di colori e finiture.
- Idoneità all'uso in ambiente esterno.

Difetti

- Tempi di asciugatura lunghi (se a solvente).
- Minore resistenza a calore, acqua, acidi e vapore (se all'acqua).
- Difficili da lucidare, da riparare e da rimuovere.



U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010.
Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.

Poro aperto e poro chiuso

Poro aperto: si tratta di essenze legnose caratterizzate da una venatura scavata. Sono legni quali il rovere, il frassino, il castagno, il larice o il ciliegio a presentare tipicamente un poro sempre molto visibile [fig. 2].

Poro chiuso: il legno non presenta un poro visibile o scavato ma piuttosto ridotto; è il caso del pioppo, del faggio, del tiglio o del noce.

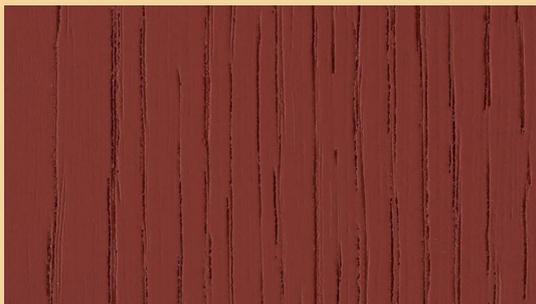


Figura 2 Rovere verniciato a poro aperto.

Craquelé

Il craquelé è un procedimento che permette di ottenere alcune screpolature superficiali della vernice o dello smalto attraverso l'esposizione ad una fonte di calore come, ad esempio, una pistola termica [fig. 3]. Questa tecnica è impiegata nel settore dell'arredo per conferire un aspetto invecchiato. Attualmente, il mercato offre delle vernici apposite per il craquelé.



Figura 3 Finitura craquelé con vernice bianca.

Vernici per esterno

Le vernici da esterno presentano delle proprietà migliorate rispetto a quelle per uso interno: resistenza all'umidità, resistenza agli agenti atmosferici (per es. pioggia e neve) e resistenza ai raggi UV solari. Inoltre, presentano buone proprietà di resistenza all'ingiallimento, elasticità (non si screpolano), bagnabilità e idrorepellenza da muffe, alghe e germi del legno. Talvolta, possono essere anche ignifughe.

Questo tipo di vernici possono essere sia all'acqua sia a solvente e sono adoperate in molteplici settori come quello delle costruzioni e dei rivestimenti, nei serramenti, nell'arredo urbano, negli arredi da giardino o nel settore o nautico (sia per gli scafi sia per le pavimentazioni e gli arredi) [fig. 4].



Figura 4 Ciclo con vernici per uso nautico.

Mordenti e tinte all'anilina

Entrambi sono dei prodotti che colorano il legno mantenendo inalterato l'effetto naturale della superficie trattata (sono vernici non coprenti) e lasciando ben visibili le venature. La differenza tra queste due finiture è che l'anilina è un colorante artificiale mentre il mordente è una formulazione composta da sali che si legano con sostanze presenti nel legno generando un determinato colore [fig. 5]. In passato le tinte all'anilina erano a base di benzidina e coloranti, sostanze oggi classificate come cancerogene e sostituite dagli impregnanti biologici. Mordenti e tinteggiatura all'anilina di solito si adoperano per enfatizzare la naturale superficie del legno, per scurirla, per cambiare colore o per rendere la superficie più uniforme. Entrambi i prodotti non sono dei protettivi.

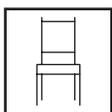


Figura 5 Esempi di legni tinteggiati all'anilina.

08 DECAPAGGIO

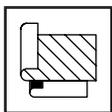


Ambiti d'impiego



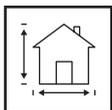
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa, per la cucina e per l'esterno.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti.



Architettura e costruzioni

Pavimentazioni.

Descrizione

Il decapaggio è una tecnica utilizzata per conferire al legno un aspetto consumato che lasci intravedere le venature del legno e la vernice sovrastante. Il decapé è una pratica decorativa antica, risalente alla Francia della prima metà del '700, dove questa finitura era solita generarsi a seguito di trattamenti preservanti (antitarlo) mal riusciti. Questa tecnica si articola in molteplici fasi: spazzolatura del supporto, applicazione della vernice (con tonalità del bianco), carteggiatura (con grana grossa) e stesura della cera.

Percezione

La percezione visiva è quella di un marcato contrasto tra il colore, applicato sulle venature del legno, e il resto della superficie. A livello tattile il legno decapato si presenta con una superficie irregolare, causata dalla spazzolatura, alternata a delle aree lisce, dovute alla maggior presenza di vernice.

Sostenibilità ambientale

In passato le vernici impiegate per decapare erano alla nitrocellulosa il cui impiego, di recente, ha subito una forte limitazione a causa della presenza di composti organici volatili (VOC). Di conseguenza, i processi di decapaggio si sono orientati verso formulazioni a base d'acqua, che contengono meno VOC e sono meno tossiche (e talvolta atossiche). Il processo, inoltre, produce discrete quantità di sfridi legnosi (spazzolatura) e di vernice (carteggiatura).

Prezzi

Il costo finale dipende da alcuni fattori come il tipo di oggetto, la qualità del legno e la tecnica utilizzata. Per esempio, per un mobile di piccola-media dimensione il prezzo del trattamento è di circa 100-150€.

Pregi

- Trattamento che penetra in profondità nel legno.
- Valorizza le venature del legno.
- Ideale per interventi di riuso e di upcycling.

Difetti

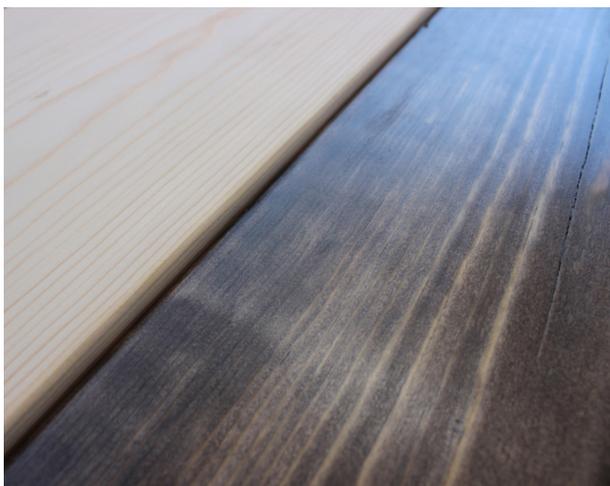
- Rivestimento protettivo necessario.
- Richiede più esperienza rispetto ad altre finiture nel processo di realizzazione a causa dei numerosi passaggi.



L'Erario Joe, "Wood Finishing Simplified", USA, Popular Woodworking Books, 2008.

Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.

09 OSSIDATURA



Descrizione

Metodo di origine relativamente recente è l'ossidatura, una tecnica di finitura che nasce con l'obiettivo di emulare il processo di ossidazione naturale del legno, conferendogli un effetto invecchiato. Le attuali tecniche di ossidatura sono ottenute mediante l'impiego di specifici prodotti chimici antichizzanti, applicati a spruzzo, per spugnazione o tramite macchine automatiche. La prima sostanza somministrata è quella che dà inizio alla reazione, mentre la seconda è quella che definisce il colore e lo stabilizza.

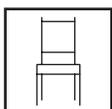
Percezione

Visivamente, il legno ossidato è caratterizzato da un aspetto secco e ingrigito e, talvolta, dalla presenza di fiammature e venature dall'accentuata tridimensionalità. Il legno ossidato a livello cromatico può apparire, a seconda della specie, con un effetto schiarito (ad es. teak) o scurito (ad es. ciliegio e acero).

Sostenibilità ambientale

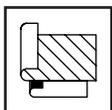
La sostenibilità ambientale di questa finitura è legata alle sostanze che vengono impiegate nel realizzarla. Se si parla di materie prime come tè nero e aceto, tipiche dei processi di ossidatura hobbistici, l'ecosostenibilità è elevata, anche se è bene ricordare che questi richiedono comunque l'applicazione di una vernice di protezione. Le sostanze impiegate nei processi industriali necessitano, invece, di un'attenta valutazione dei fumi generati durante la reazione.

Ambiti d'impiego



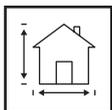
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa, arredi per esterni, arredo urbano.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti e serramenti.



Architettura e costruzioni

Pavimentazioni e restauri.

Prezzi

Il prezzo medio dei prodotti per ossidatura è di circa 10-15 € al litro. Il prezzo complessivo del processo, invece, varia in base alle dimensioni del componente e se questo viene svolto industrialmente o meno.

Pregi

- Ideale per interventi di carattere conservativo.
- Ottima stabilità agli agenti atmosferici.
- Ottima resistenza all'usura superficiale.
- Ampia varietà di effetti e colorazioni.

Difetti

- Rivestimento protettivo necessario.
- Sostenibilità ambientale da verificare.





Capitolo 5

NUOVI MATERIALI A BASE LEGNO

5.1 Schedatura dei materiali

5.1.1 Obiettivi della selezione

L'obiettivo primario della disciplina del progetto, come suggerito dalla sua radice latina «projectus» (cioè “gettato in avanti”), è quello di proiettare in avanti la propria visione di futuro, ossia di essere portatore di qualcosa di nuovo [1]. Questo carattere di costante ricerca di novità è lo stesso che è alla base del nutrito **interesse da parte dei designer** per tutte quelle novità tecnologiche che riguardano la **sfera dei materiali**. Infatti, il materiale è uno dei fattori principali nello sviluppo di un progetto e talvolta è proprio l'aspetto trainante dell'intero concept (material driven).

Alla luce di ciò, in questo capitolo e in quello successivo si è deciso di andare ad **approfondire parallelamente due categorie di materiali**: nel capitolo 5 si analizzeranno alcune delle principali novità in ambito semilavorati del legno, ossia materiali che puntano a migliorare alcune caratteristiche o a emulare le proprietà di altri materiali, creando degli ibridi [fig. 1]; nel capitolo 6, al contrario, si esploreranno quei materiali che imitano il legno sotto diversi punti di vista, dall'aspetto estetico fino alle proprietà meccaniche e chimiche [fig. 2].

Di conseguenza, considerate le ampie possibilità di combinazione si è deciso di riportare, all'interno del presente capitolo, una serie di **schedature di una selezione di materiali a base legno**, ottenuti con l'utilizzo delle materie prime e dei semilavorati da esse derivati.

L'obiettivo delle schedature è quello di presentare nella maniera più dettagliata possibile i nuovi materiali a base legno, al fine di fornire uno strumento utile per tutti coloro che si approcceranno alla progettazione con essi. Questo permetterà di avere a disposizione una **panoramica di informazioni** facilmente accessibili e di semplice lettura, in modo da poter effettuare delle scelte con maggiore consapevolezza.



Figura 1 Forust, nuovo materiale a base legno stampabile tramite fabbricazione additiva.



Figura 2 Green Blade Veneer, materiale a base di fibre di banana che imita il legno.

[1] Germak Claudio, “Uomo al centro del progetto. Design per un nuovo umanesimo”, Torino, Allemandi & C., 2008.

5.1.2 Modalità e criteri di schedatura

Traendo ispirazione dalle modalità di lavoro seguite all'interno delle **materioteche**, per ognuno dei materiali selezionati è stata elaborata una scheda seguendo un **layout standardizzato**, nel quale sono riportate le seguenti informazioni:

- Numero di scheda e nome.
- Anno di inizio della produzione.
- Logo dell'azienda produttrice.
- Anno di fondazione, luogo e sito web dell'azienda.
- Descrizione del materiale.
- Descrizione del processo produttivo.
- Materie prime impiegate.
- Sostenibilità ambientale.
- Fine vita.
- Tecnologie di lavorazione
- Prezzi.
- Percezione.
- Certificazioni, standard e riconoscimenti.
- Proprietà.
- Ambiti d'impiego.
- Colorazioni e finiture.

I materiali sono stati selezionati seguendo alcuni criteri:

- **Datazione**, ossia si è stabilito come limite massimo di "età" del materiale 20 anni dall'inizio della produzione. 20 anni, infatti, è il limite oltre il quale un brevetto decade e, di conseguenza, entro il quale un prodotto o un processo non può più essere ritenuto qualcosa di nuovo. Le stesse considerazioni, di conseguenza, possono essere ritenute valide anche per i materiali.
- Il **tipo di novità** e le **potenzialità** progettuali che il materiale offre.

01 TIMBER TERRAZZO

FORESSO®

In produzione dal 2017

Azienda

-  2016
-  Regno Unito
-  foresso.co.uk/

Descrizione

Foresso è un'azienda fondata dal designer britannico Conor Taylor con l'obiettivo combinare il riutilizzo di materiali di scarto con l'estetica sfaccettata tipica di alcuni sistemi di pavimentazione, quali il terrazzo alla veneziana e la graniglia di marmo. Timber Terrazzo è un semilavorato realizzato unendo un pannello in multistrato con un materiale composito ottenuto impiegando rifiuti di legno FSC provenienti dalla filiera del mobile inglese, dove questi sono ritenuti inadatti ai lavori di falegnameria a causa di spaccature, nodi o dimensionamento dispari. Il legno è combinato con trucioli di piallatura, di segherie della zona, e gesso, proveniente da una fonderia di bronzo locale; quest'ultimo viene lavorato in modo da poter produrre una sostanza legante solida e durevole.

Materie prime

Scarti di legno, polveri di legno, polveri minerali (gesso e cemento) e resina epossidica a base biologica (0% VOC).

Processo produttivo

Gli scarti di legno vengono tagliati e macinati in pezzi di dimensione pari ad alcuni centimetri. Successivamente viene preparato il legante, una miscela a base di gesso, cemento e polvere di legno, nel quale vengono poi versati e mescolati i pezzi di legno sminuzzato. Lo step seguente consiste nell'applicazione di una cassaforma ad un pannello di compensato di betulla, nella quale viene colata la miscela di materiale, stesa manualmente con delle spatole. Dopo il periodo di essiccazione il pannello viene spianato, levigato e, infine, rifinito e sigillato con una finitura all'olio.



Sostenibilità ambientale

Timber Terrazzo è composto per l'85% da materiale riciclato proveniente da scarti ed è ottenuto impiegando resine epossidiche bio-based con emissioni di VOC pari allo 0%. Inoltre, tutti i materiali provengono dall'interno del Regno Unito, con una distanza media di trasporto di sole 43 miglia (e una considerevole riduzione delle emissioni). Infine, l'energia impiegata per alimentare il processo produttivo proviene per il 100% da pannelli fotovoltaici.

Fine vita

Sebbene non ancora ampiamente riciclabile, Timber Terrazzo può essere restituito all'azienda per essere avviato a processi di riutilizzo o riciclo. Se il pezzo è in buone condizioni questo, dopo essere stato dimensionato al CNC, sarà riutilizzato e recuperato. I pezzi non idonei al riutilizzo, invece, verranno macinati e successivamente reimpiegati nella produzione di nuovi lotti di pannelli Timber Terrazzo, in modo da avere zero sprechi.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, stuccatura.

Prezzi

1151,95 € per il pannello in misura 3050 x 750 x 24 mm.
1.255,95 € per il pannello in misura 2440 x 1220 x 24 mm.
2.093,95 € per il pannello in misura 3050 x 1220 x 24 mm.

Percezione

La finitura lucida restituisce una percezione di liscio al tatto. Alla vista la superficie appare con un aspetto marmorizzato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Ottima **resistenza all'abrasione**



Modulo a compressione: 892 MPa



Modulo a flessione: 5498 MPa



Elevata **durabilità**



Ottima **resistenza all'acqua**



Difficilmente **infiammabile**

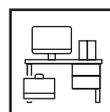


Discreta **resistenza ai raggi UV**



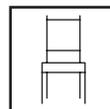
Discreta **res. agli agenti chimici**

Ambiti d'impiego



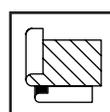
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Ristorazione.



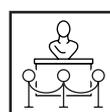
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.

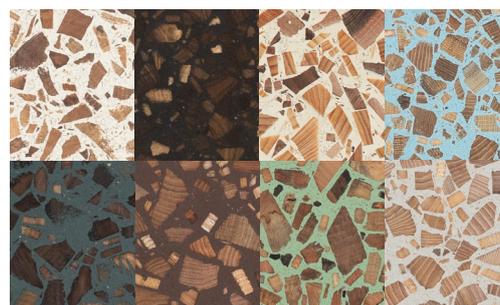


Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in 8 colorazioni.



02 LIQUIDWOOD

In produzione dal 2003

aesop

Azienda

📅 1995

🇬🇧 Regno Unito

🌐 aesop-technologies.com/

Descrizione

Liquidwood è un materiale realizzato al 100% con materie prime che si caratterizzano per l'essere di origine bio-based, rinnovabili e biodegradabili. Questo semilavorato nasce con l'obiettivo di andare a sostituire le materie plastiche di origine fossile, grazie alla possibilità di poterlo lavorare con le medesime tecnologie di trasformazione, mantenendo proprietà simili a quelle del legno. Liquidwood è disponibile in diverse formulazioni: Original (con l'aspetto del vero legno), Advanced (con prestazioni migliorate, adatto al contatto alimentare, disponibile anche trasparente), Fabric (ossia filato estruso), Strong (con elevata resistenza meccanica), Soft (con alto grado di elasticità) e Skin (isolante termico, acustico, anti UV, ignifugo).

Materie prime

Lignina, cellulosa, zucchero e fibre di origine naturale (lino, canapa e sisal).

Processo produttivo

Il processo di Liquidwood inizia nelle industrie cartiere con l'estrazione della lignina che, insieme a emicellulose e ad altre sostanze, viene considerata principalmente materiale di scarto. La produzione consiste nel dirottare una parte di questo materiale di scarto, combusto annualmente in milioni di tonnellate, al fine di estrarre e purificare la lignina. Quest'ultima viene lavorata a bassa temperatura (per mantenere elevate prestazioni), raffinata e ridotta in granuli da immettere nelle macchine per lo stampaggio a iniezione (a caldo) per la lavorazione delle materie plastiche. Il materiale, inoltre, viene miscelato con fibre per aumentarne la resistenza a flessione e a trazione, mentre le caratteristiche di durezza e resistenza a impatto rimangono praticamente invariate.



Sostenibilità ambientale

La sostenibilità ambientale rappresenta uno dei maggiori punti di forza di Liquidwood. Consente un notevole risparmio energetico in quanto viene lavorato a temperature significativamente inferiori rispetto a quelle utilizzate per le materie plastiche. Inoltre, è ottenuto impiegando materie prime di origine naturale rinnovabili al 100%.

Fine vita

Una volta raggiunta la fine del suo ciclo vitale Liquidwood, essendo biodegradabile, può essere smaltito attraverso processi di compostaggio o destinato, in alternativa, ad attività di riciclaggio.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione delle materie plastiche come stampaggio ad iniezione, soffiaggio, termoformatura, stampaggio rotazionale ed estrusione.

Prezzi

Liquidwood ha un costo di 2,50 € al chilo, un prezzo competitivo con quello della plastica tradizionale, in media sui 2,00 €/kg. Si dimostra concorrenziale anche nei confronti degli altri biopolimeri (ad es. PHA/PHB) e i materiali compositi (GFRP).

Percezione

La versione Original, essendo quella con il maggior contenuto di cellulosa (60%) è quella che più si differenzia dalla plastica e che più rimanda alla percezione visiva e olfattiva del legno. Liquidwood Advanced, Soft e Strong, invece, contenendo una maggior percentuale di lignina, assumono un aspetto simile a quello dei materiali plastici (con varie colorazioni), e una superficie che può presentarsi da liscia a leggermente ruvida. A livello olfattivo Liquidwood emana un odore che ricorda il legno bruciato o il caffè appena tostato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Rigidità: modulo di Young 2-6 GPa



Densità: 1250-1400 Kg/m³



Limite elastico: 20-60 MPa



Ottima **resistenza ai raggi UV**



Eccellenti **proprietà acustiche**



Moderata **resistenza termica**



100% **compostabile**



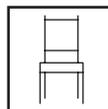
Elevata **stabilità dimensionale**

Ambiti d'impiego



Design per la persona

Moda, occhiali, calzature, attrezzature per il benessere e l'igiene personale, giochi.



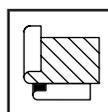
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa, per la cucina e per l'esterno.



Food Design

Oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare, packaging.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti e materiali semilavorati

Colorazioni e finiture

Il materiale è personalizzabile nella colorazione, nella texture e nella trasparenza.



03 FORUST

In produzione dal 2021



Azienda

- 2019
- Stati Uniti
- forust.com/

Materie prime

Segatura di legno, lignina e bio-resina epossidica (sostanza legante).

Descrizione

Forust è una start up nata con il fine di dare nuova vita a due scarti, rispettivamente della filiera produttiva del legno e della carta, ossia la segatura e la lignina. Questi sono legati con una resina al fine di poter essere stampati in 3D, attuando una vera e propria rimaterializzazione digitale del legno. Forust, è un materiale isotropo con resistenza e durabilità paragonabili a quelle del legno e può essere realizzato, a seconda delle esigenze, riproducendo le venature (potenzialmente di tutte le specie), oltre a poter essere lavorato e rifinito come il legno vero, senza perdere in realismo. Inoltre, poiché le parti vengono formate strato per strato senza bisogno di supporti, è possibile realizzare componenti complessi o impossibili da fabbricare con i tradizionali metodi di lavorazione.

Processo produttivo

Il processo di Forust si articola in diverse fasi. La prima è quella del reperimento delle materie prime dalle industrie cartiere per quanto riguarda la lignina e dalle industrie di lavorazione del legno per quanto riguarda la segatura. Successivamente, questi materiali vengono caricati all'interno della stampante (binder jetting); questo metodo di stampa sfrutta un getto di legante ad alta velocità per depositare selettivamente il legante o l'inchiostro su ogni strato di segatura a una velocità di circa 670 milioni di gocce al secondo e una risoluzione di 1600 punti per pollice. Inoltre, durante questa fase attraverso il software di stampa 3D è possibile incorporare, se richiesta, le venature della specie legnosa selezionata.



Sostenibilità ambientale

Forust è un materiale che ha origine da resine bio-based e da lignina e segatura, due materiali di scarto che annualmente vengono prodotti in milioni di tonnellate. Il loro riutilizzo permette di ridurre, per ogni albero salvato, l'impronta di CO₂ di una tonnellata nel corso della vita dell'albero. Inoltre, Forust si pone l'obiettivo di recuperare e utilizzare quella parte di segatura che non viene impiegata dalle industrie dei pannelli di particelle e dei pellet e che, altrimenti, sarebbe destinata alla dismissione in discarica o all'incenerimento.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul fine vita del materiale. Tuttavia, è stato reso noto che una volta terminato il loro ciclo vitale i manufatti realizzati in Forust possono essere macinati e riutilizzati come materia prima in nuovi processi di produzione di Forust.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione e finitura del legno tradizionale come levigatura, taglio, taglio CNC, foratura, lucidatura, incollaggio, stuccatura, ecc.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La percezione visiva della versione con venature è molto simile a quella del vero legno e può apparire, a seconda del tipo, come la sezione radiale o longitudinale del tronco. A livello tattile la sensazione è quella del legno trattato con olio o cera. Sono potenzialmente disponibili le venature di tutte le essenze come noce, rovere, teak, frassino, ebano, mogano, zebrano, ecc. La percezione visiva della variante monocolor appare, invece, omogenea e leggermente puntinata/granulosa ed è concepita per essere ulteriormente rifinita (ad es. vernice).

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà

 **Resistenza a flessione:** 90 MPa

 **Modulo a flessione:** 2,3 GPa

 Elevata **resistenza a trazione**

 **Densità:** 600-1200 Kg/m³

 Elevata **durabilità**

 **Atossico**

 Elevata **riciclabilità**

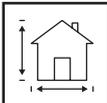
 Elevata **stabilità dimensionale**

Ambiti d'impiego

 **Design per la persona**
Oggetti di lusso, moda, attrezzature per il benessere e l'igiene personale, articoli per l'infanzia.

 **Design per l'abitare**
Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

 **Design per la mobilità**
Interni e abitacoli nel settore dell'automotive e della nautica di lusso.

 **Architettura e costruzioni**
Rivestimenti parietali e pareti divisorie.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile con o senza venature e può essere rifinito a piacimento.



04 AIRWOOD e WOOWOOD



In produzione dal 2017

Azienda

📅 2009

📍 Francia

🌐 arcaebenisterie.com/fr/

Descrizione

Airwood è un pannello di legno gonfiabile costituito da tranciati impiallacciati che possono trasformarsi in maniera reversibile da una superficie piana ad una forma o un motivo tridimensionale. Il pannello è composto da un supporto rigido, una membrana elastica e una faccia cesellata in legno (o plastica, pelle, ceramica, sughero); è accompagnato da un dispositivo pneumatico automatizzato o manuale che gestisce le iniezioni e le estrazioni dell'aria. Dalla tecnologia di Airwood è nato poi Woowood, materiale che condivide la medesima struttura ma non vede più l'aria gonfiare o risucchiare le tasche, ma gli oggetti che ci vengono inseriti al loro interno. Tra le applicazioni di questo materiale si citano passacavi, paralumi, copri prese, arredi, vestiti, scatole, ecc.

Materie prime

Pannello multistrato, membrana elastica e piallaccio di legno cesellato.

Processo produttivo

Il processo di fabbricazione di Airwood e Woowood è il medesimo e si suddivide in molteplici fasi. Il primo step è quello del taglio e del dimensionamento del supporto rigido in multistrato; a seguito di quest'operazione il pezzo, nel caso si stesse fabbricando un pannello di Airwood, è forato e sagomato della forma desiderata in corrispondenza di dove si vorrà avere la superficie gonfiabile. La dimensione massima di una zona gonfiabile è di 2000 mm x 1000 mm e la più piccola di 30 x 30 mm. La dimensione massima di gonfiaggio è pari alla metà della dimensione della superficie. Lo step successivo è quello dell'unione del piallaccio con la membrana elastica. In seguito, il piallaccio è pronto per essere cesellato con una lama (per renderlo flessibile) e per essere installato sul supporto in multistrato, rivestito in tessuto nella zona della tasca.



Sostenibilità ambientale

Data la natura recente del materiale non vi sono informazioni specifiche sulla sostenibilità ambientale del materiale e del suo processo produttivo. Analizzando quest'ultimo è possibile notare che le uniche operazioni che hanno una particolare rilevanza dal punto di vista ambientale sono le lavorazioni di taglio e i relativi sfridi e le operazioni di incollaggio tra i vari strati di materiale, dove la scelta del tipo di resina legante ricopre un ruolo importante.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul fine vita del materiale. Tuttavia, le diverse materie prime che compongono i pannelli rendono questi materiali compositi; ciò significa che le operazioni di smaltimento possono svolgersi secondo due scenari: 1. riciclo, se è possibile separare i diversi materiali e avviarli ognuno alla propria filiera; 2. dismissione in discarica, qualora il prodotto risultasse non disassemblabile.

Tecnologie di lavorazione

Non è possibile lavorare ulteriormente i pezzi fabbricati in questi materiali in quanto questi vengono realizzati e personalizzati su misura; di conseguenza, non esiste un pannello standard.

Prezzi

Su preventivo. Il prezzo di questa tecnologia dipende dalla quantità richiesta, dal tipo di legno utilizzato e dalla velocità di gonfiaggio ed estrazione desiderata.

Percezione

La percezione visiva di Airwood e Woowood nell'area gonfiabile/elastica è quella delle trame generate dalle operazioni di cesellatura, caratterizzate da una texture sfaccettata con motivo a quadrati o a linee curve. Queste superfici al tatto, invece, restituiscono una sensazione di ruvidità e irregolarità. La finitura superficiale, inoltre, è disponibile lucida, satinata o opaca.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Res. all'impatto: 0,5-1 MPa



Res. a trazione: 50-75 MPa



Res. a flessione: 80-115 MPa



Res. a compressione: 30-45 MPa



Res. al taglio: 3-5 MPa



Ottimo **rapporto peso/resistenza**

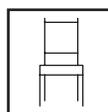


Elevata **stabilità dimensionale**

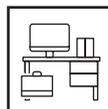


Alta **resistenza agli agenti chimici**

Ambiti d'impiego



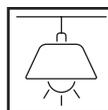
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per il lavoro
Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



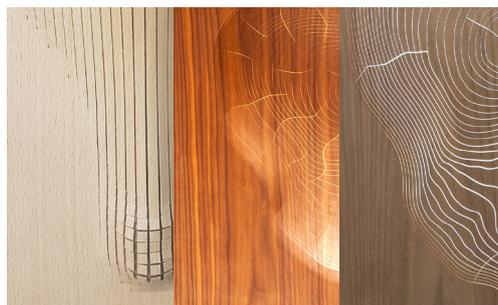
Exhibition Design
Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per l'illuminazione
Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in diverse essenze e in 3 tipologie di finitura superficiale.



05 BOIS LARMÉ

In produzione dal 2017



Azienda

📅 2009

📍 Francia

🌐 arcaebenisterie.com/fr/

Descrizione

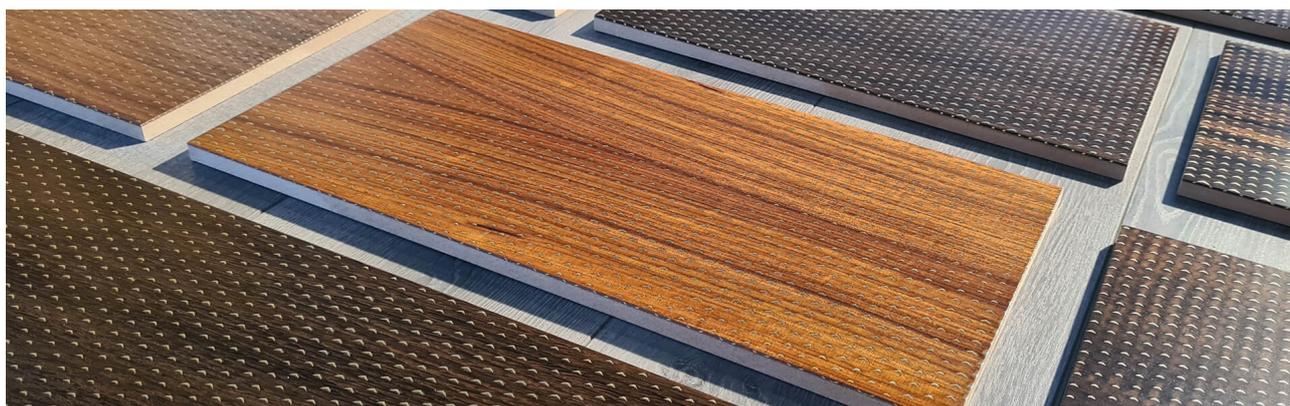
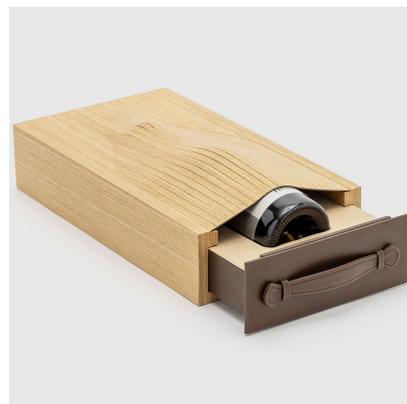
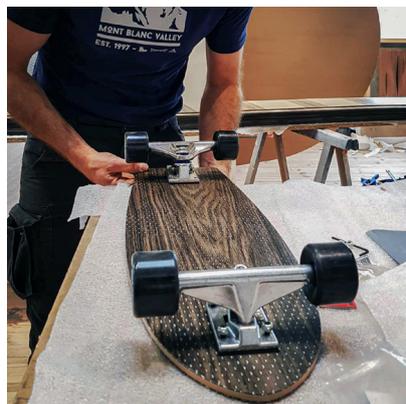
Bois Larmé è un materiale composito che è composto da un tranciato ligneo rinforzato con degli elementi metallici. Questi ultimi sono studiati per andare a scalfire il piallaccio, andando a generare dei motivi che, oltre ad essere decorativi, migliorano alcune caratteristiche del materiale. Infatti, Bois Larmé rende il legno più resistente all'abrasione e agli urti, oltre ad aumentare il grip superficiale, rendendo questo materiale idoneo ad applicazioni dove è necessario creare attrito tra superfici (per es. skateboard, carenature di motociclette, ecc.). Inoltre, le griglie possono essere stampate in 3D per controllare e personalizzare i motivi, le dimensioni, i colori e il rilievo. Infine, possono essere prodotte anche parti curve e il legno può ricoprire la griglia o essere forato.

Materie prime

Griglia/foglio di metallo non ferroso (rame, alluminio, bronzo o ottone) e piallaccio di legno di essenza pregiata.

Processo produttivo

Il processo di produttivo di Bois Larmé si articola in molteplici fasi. Una volta scelta l'essenza legnosa e il tipo di interfaccia metallica è possibile iniziare a realizzare il pannello, partendo con il dimensionamento e la messa a misura delle varie materie prime. Lo step successivo è quello dell'unione della griglia con il piallaccio attraverso una sostanza legante. Una volta terminata l'essiccazione il pannello viene carteggiato per far riemergere parzialmente la griglia metallica sulla superficie del piallaccio, creando dei motivi che possono essere più o meno regolari, a seconda dell'estetica desiderata. Sono possibili due risultati: 1. il legno può ricoprire completamente la griglia, 2. il legno può essere forato. L'area massima realizzabile è di 2000 x 1000 mm. Lo spessore più sottile è di 2 mm. I legni scuri ingrigiscono il legno durante la levigatura.



Sostenibilità ambientale

Data la natura recente del materiale non vi sono informazioni specifiche sulla sostenibilità ambientale del materiale e del suo processo produttivo. Analizzando quest'ultimo è possibile notare che le uniche operazioni che hanno una particolare rilevanza dal punto di vista ambientale sono le lavorazioni di taglio e levigatura (e i relativi sfridi) e le operazioni di incollaggio tra i due strati di materiale, dove la scelta del tipo di resina legante ricopre un ruolo importante.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul fine vita del materiale. Tuttavia, le diverse materie prime che compongono i pannelli rendono questi materiali compositi; ciò significa che le operazioni di smaltimento possono svolgersi secondo due scenari: 1. riciclo, se è possibile separare i diversi materiali e avviarli ognuno alla propria filiera; 2. dismissione in discarica, qualora il prodotto risultasse non disassemblabile.

Tecnologie di lavorazione

Sono poche le lavorazioni ai quali possono essere sottoposti i pezzi fabbricati in questo materiale in quanto questo viene realizzato su misura. Taglio, curvatura, incollaggio, levigatura.

Prezzi

Il prezzo di questa tecnologia dipende dalla quantità richiesta, dal tipo di legno utilizzato e dalla complessità della griglia e dal tipo di metallo impiegato per realizzarla. Attualmente, il prezzo varia da 250 a 3000€ al m².

Percezione

La percezione visiva di Bois Larmé, nel caso delle varianti forate, rimanda alla finitura superficiale delle lamiere bugnate e mandorlate, mentre, nel caso delle varianti completamente rivestite, l'effetto è quello tipico degli elementi scolpiti in bassorilievo. A livello tattile il materiale è in grado di restituire una sensazione di ruvidità e irregolarità. La finitura superficiale, inoltre, è disponibile lucida, satinata o opaca.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Ottima **resistenza all'impatto**



Ottima **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a flessione**



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **stabilità dimensionale**



Discreta **resistenza al fuoco**

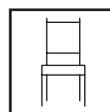


Discreta **res. agli agenti chimici**



Ottima **resistenza ai raggi UV**

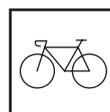
Ambiti d'impiego



Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per il lavoro
Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



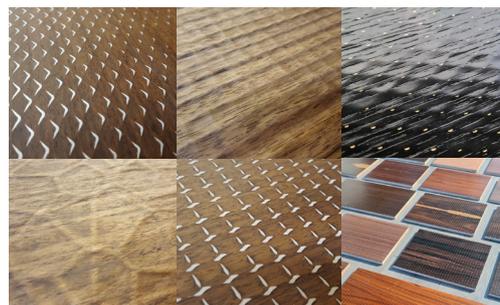
Design per la mobilità
Mezzi per la mobilità stradale (skateboard, motociclette, automotive).



Design per la persona
Oggetti di lusso, moda, attrezzature per il benessere e l'igiene personale.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in diverse essenze, texture metalliche e finiture superficiali.



06 SUPERPAN

Finsa

In produzione dal 2016

Azienda

-  1931
-  Spagna
-  finsa.com/it

Materie prime

Particelle di legno grossolane, medie e fini, legante sintetico a basso contenuto di formaldeide (o privo).

Descrizione

Superpan è un pannello composto da due facce esterne in HDF o MDF e interno in particelle di legno agglomerate. Si tratta di una soluzione brevettata da Finsa, il più antico produttore di pannelli truciolari e MDF della Spagna. Il processo di pressatura continua combina i principali vantaggi del MDF/HDF con quelli del truciolare. Offre un taglio netto senza scheggiature, un'ottima risposta nelle situazioni di carico più gravose e elevate prestazioni nel fissaggio con viti, chiodi e ferramenta. La versione Star è caratterizzata da un'anima mista a polistirene, che rende la tavola più leggera del 20% rispetto a Superpan Standard, mantenendo le proprietà invariate. Il pannello può essere rivestito con ogni soluzione decorativa (melamminico, impiallacciato, HPL, ecc.).

Processo produttivo

Il processo produttivo di Superpan è simile a quello dei normali pannelli di particelle ma è caratterizzato dalla presenza di un importante step, ossia quello della pressatura continua in un unico passaggio. In questo step le materie prime, disposte su un nastro scorrevole, vengono gradualmente depositate l'una sull'altra attraverso dei condotti inclinati di 45°, ognuno contenente una materia prima diversa (ovvero particelle con grammature differenti). Successivamente queste vengono fatte scorrere attraverso la macchina pressatrice, che lavora ad una pressione di 400 N/cm² e ad una temperatura di 240°C. Terminata questa fase i pannelli sono lasciati ad essiccare e in seguito, se richiesto, sono trattati con sostanze ritardanti di fiamma o impermeabilizzanti.



Sostenibilità ambientale

Data la natura simile con i pannelli MDF e quelli truciolari, le considerazioni sulla sostenibilità ambientale sono le medesime. Tuttavia, Superpan ha ottenuto la certificazione CARB2, standard che garantisce una bassa emissione di formaldeide (<0,05 ppm). Inoltre, il pannello Superpan NAF è l'unico della gamma ad essere realizzato con resine prive di formaldeide.

Fine vita

I pannelli Superpan una volta raggiunta la fine del loro ciclo vitale non possono essere oggetto di combustione (per via delle colle e dei rivestimenti) ma solo di incenerimento o smaltimento in discarica. Inoltre, la riciclabilità e la riusabilità sono ridotte data la difficoltà nella separazione del rivestimento dall'impasto legnoso e data l'attuale impossibilità nel rendere inerti i collanti presenti.

Tecnologie di lavorazione

Sono le medesime del truciolare e del MDF ma si ottengono risultati migliori: taglio (anche laser, CNC), fresatura, foratura, impiallacciatura, post-forming, avvitatura, verniciatura, ecc.

Prezzi

Su preventivo. Leggermente superiore a quello di truciolare e MDF.

Percezione

La percezione visiva e tattile del pannello allo stato grezzo cambia in base al lato che si sta osservando: se si osservano le facce, le superfici appaiono come quelle del MDF, ossia abbastanza omogenee e con una grana della texture molto fine e liscia al tatto; se si analizzano le coste, invece, la percezione è quella restituita dai pannelli truciolari, ovvero più grossolana e granulosa alla vista e più irregolare a livello tattile.

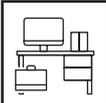
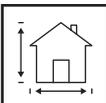
Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà

-  Elevata **resistenza all'impatto**
-  **Densità:** 650 Kg/m³
-  Ottima **resistenza a flessione**
-  **Rigidità:** modulo di Young 2,2 GPa
-  Ottimo **rapporto peso/resistenza**
-  Basso **assorbimento di acqua**
-  Elevata **stabilità dimensionale**

Ambiti d'impiego

-  **Design per l'abitare**
Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.
-  **Design per il lavoro**
Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.
-  **Exhibition Design**
Retail, allestimenti, installazioni e stand.
-  **Architettura e costruzioni**
Rivestimenti parietali e pareti divisorie.

Colorazioni e finiture

Disponibile in 11 tipologie di pannello, ognuna rivestibile a seconda delle esigenze.



07 LIGNOTUBE



In produzione dal 2014

Azienda

- 2013
- Germania
- lignotube.de/
dresdnerspitzen.de/

Materie prime

Piallacci di legno (frassino, quercia e noce), resina legante.

Descrizione

LignoTUBE è una divisione della Dresdner Spitzen, azienda fondata nel 1884 specializzata nella lavorazione dei tessuti. LignoTUBE è anche il nome del materiale, ossia un tubo realizzato a partire da piallacci di legno secondo una tecnologia sviluppata dall'azienda stessa. L'obiettivo di questo semilavorato è quello di fornire un'alternativa ai tradizionali tubi (per es. alluminio, acciaio, plastica e carbonio) offrendo un materiale leggero, sottile e dall'elevata resistenza. Inoltre, nel settore legno LignoTUBE rappresenta un'integrazione alle tradizionali aste di legno piene. La forza e la flessibilità di lavorazione di LignoTUBE ne consentono l'impiego in molteplici settori che vanno dalla costruzione di mobili, al campo dell'illuminazione fino al design per la mobilità.

Processo produttivo

Il primo step del processo produttivo è quello dell'avvolgimento, dove i piallacci vengono incollati e avvolti attorno ad un tubo di poliuretano, che funge da dima. Durante questa fase i vari piallacci vengono disposti incrociati trasversalmente tra loro al fine di aumentarne l'isotropia. L'anima dei tubi, inoltre, è sempre realizzata in legno di frassino, mentre la superficie esterna può essere realizzata in frassino, quercia o noce. Lo spessore di parete, invece, viene definito in base al numero e allo spessore dei singoli strati. Inoltre, l'angolo delle fibre di ogni strato può essere regolato individualmente e in base all'applicazione. L'attuale lunghezza producibile è di 700 mm con diametri che vanno da 20 fino a 120 mm. Lo spessore della parete varia tra 1,5 mm e 10 mm.



Sostenibilità ambientale

Il processo produttivo di lignoTUBE, durante le fasi di dimensionamento e rettifica, produce una discreta quantità segatura e polveri. Gli sfridi sono generalmente recuperati nella produzione di altri semilavorati, di pellet e di biomassa legnosa. Altro aspetto che influenza la sostenibilità di questo semilavorato è il processo di finitura scelto dall'utente (per es. verniciatura, laccatura, mordente, ecc.).

Fine vita

Le considerazioni sul fine vita di LignoTUBE sono le medesime del legno impiallacciato. La dismissione e il riciclo sono determinate dalle resine leganti impiegate nella fase di avvolgimento e dai prodotti impiegati per la finitura. Sulla base di questi due fattori il prodotto potrà essere riciclato oppure destinato alla discarica. Un'altra opzione, qualora il tubo fosse in buone condizioni generali e fosse possibile separarlo da altri materiali, è quella del riuso e dell'upcycling.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio laser, taglio CNC, fresatura, foratura, molatura, incollaggio, verniciatura,

Prezzi

Il prezzo di LignoTUBE dipende dal diametro, dallo spessore e dalla lunghezza del semilavorato. Si parte dai 5,45 € per un tubo di lunghezza 100 mm, spessore 2,5 mm e diametro 25 mm e si arriva a 74,05 € per un tubo di lunghezza 1500 mm, spessore 2,5 mm e diametro 105 mm.

Percezione

La percezione visiva, trattandosi di vero legno, è quella restituita dalle essenze di frassino, rovere e noce. A differenza di un'asta tonda di legno pieno le venature non sono disposte longitudinalmente ma sono oblique e avvolgenti. A livello tattile l'effetto è di ruvidezza (se si prende in considerazione il semilavorato allo stato grezzo, ossia levigato con grana P240).

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Leggerezza



Elevata **resistenza a trazione**



Elevata **resistenza a flessione**



Elevata **resistenza a compressione**



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **stabilità dimensionale**

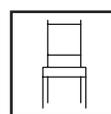


Ottima **res. agli agenti chimici**



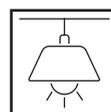
Ottima **resistenza ai raggi UV**

Ambiti d'impiego



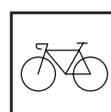
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa, per la cucina e per l'esterno.



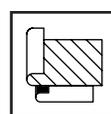
Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale e nautica (per es. biciclette).



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Componenti semilavorati (per es. packaging).

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in 3 essenze e, su richiesta, può essere personalizzato.



08 LUMINE

In produzione dal 2016

lame//lux

Azienda

📅 1985

📍 Francia

🌐 lamellux.com/

Descrizione

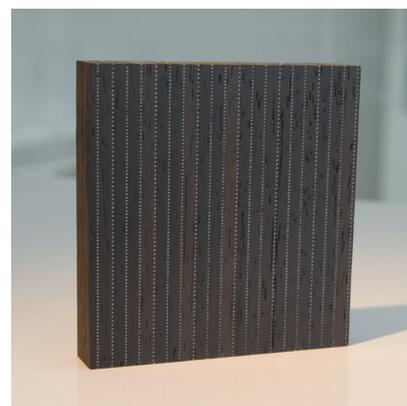
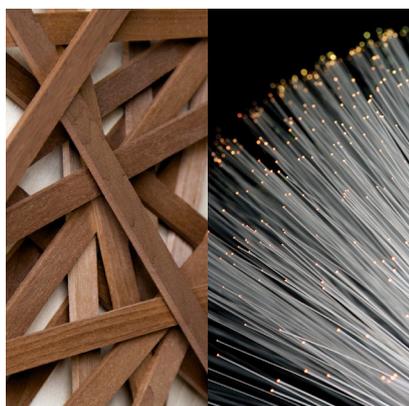
Lumine è un semilavorato composto da una successione di listelli in legno massello (disponibile in molteplici essenze) tra i quali sono inserite delle fibre ottiche, che permettono il passaggio della luce. Esistono due versioni: Simple, adatto per porte e arredi, pareti divisorie e boiserie, che consente alla luce naturale o artificiale di filtrare attraverso le strisce di legno; Double, costituito da un sottile strato di fibra ottica a bassa tensione inserita tra due pannelli Lumine. La luce può essere monocromatica (bianca o colorata), multicolore (RGB), cangiante (telecomando, programmazione...). Le dimensioni del pannello sono realizzate su misura, inclusi ritaglio, assemblaggio, inclusione di resina, sistema LED, sistema di autoilluminazione, ecc.

Materie prime

Listelli di legno (rovere, frassino, noce americano, faggio, ciliegio americano, teak, bambù, wengé, zebrano, mogano sipo, sicomoro, bubinga), fibre ottiche (diametro 0,5 mm) e resina legante.

Processo produttivo

La fabbricazione di un pannello Lumine ha inizio con la realizzazione dei listelli (di larghezza pari a 7 mm) e di alcune lavorazioni superficiali (per es. spazzolatura, sgorbiatura, ecc.). In seguito, ha inizio la vera e propria composizione del pannello tramite l'interposizione di listelli e fibre ottiche, di 0,5 mm di diametro (per un'ottimale propagazione della luce) e distanziate tra loro di 0,6 mm. Terminato questo step il pannello è pronto per essere trattato con un prodotto di finitura. Non esiste una dimensione standard, tuttavia vi sono alcuni limiti: lunghezza massima di 3 m in un unico pezzo, larghezza massima di 1,30 m, spessore da 10 mm a 40 mm. Lo spessore, infine, è calcolato in funzione della costituzione degli elementi e del loro utilizzo finale, al fine di preservarne la stabilità.



Sostenibilità ambientale

Data la natura recente del materiale non vi sono informazioni specifiche sulla sostenibilità ambientale del materiale e del suo processo produttivo. Analizzando quest'ultimo è possibile notare che le uniche operazioni che hanno una particolare rilevanza dal punto di vista ambientale sono le lavorazioni di taglio e lavorazione superficiale (e i relativi sfridi) e le operazioni di incollaggio tra listelli e fibre ottiche, dove la scelta del tipo di resina legante ricopre un ruolo importante.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul fine vita del materiale. Tuttavia, le tre materie prime che compongono Lumine rendono questi pannelli dei materiali compositi; ciò significa che le operazioni di smaltimento possono svolgersi secondo due scenari: 1. riciclo, se è possibile separare i diversi materiali e avviarli ognuno alla propria filiera; 2. dismissione in discarica, qualora il semilavorato risultasse non disassemblabile.

Tecnologie di lavorazione

Tutti i processi di lavorazione del legno listellare: taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, curvatura, molatura, levigatura, incollaggio, verniciatura, ossidatura, spazzolatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

Visivamente Lumine appare come un normale pannello di listellare caratterizzato da una texture puntinata in corrispondenza della giunzione tra listelli e fibre ottiche. La superficie al tatto restituisce un effetto di liscezza e scorrevolezza, se il legno è stato levigato e trattato con cera, olio o vernice, mentre se è stato spazzolato o rifinito con sgorbia, essa viene percepita come ruvida e in rilievo.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Entreprise
du Patrimoine
Vivant

L'excellence
des savoir-faire
français

Proprietà



Discreta **resistenza all'abrasione**



Res. a trazione: 20-40 MPa



Modulo di flessione: 10-16 GPa



Res. a compressione: 40-80 MPa



Ottime **proprietà ottiche**

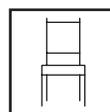


Buona **resistenza ai raggi UV**



Discreta **res. agli agenti chimici**

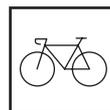
Ambiti d'impiego



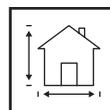
Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa.



Exhibition Design
Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per la mobilità
Mezzi per la mobilità stradale, nautica e aerea.



Architettura e costruzioni
Controsoffitti, pareti divisorie, boiserie, segnaletica orizzontale e verticale.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in più di 12 essenze e 7 varianti di finitura e lavorazione.



09 ACOUSTIC BAFFLE

In produzione dal 2019

ACOUSTIC
TREND

Azienda

📅 2019

📍 Paesi Bassi

🌐 acoustictrend.com/

Descrizione

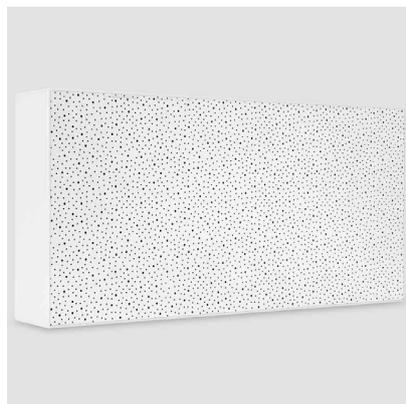
Acoustic Trend è un'azienda specializzata in soluzioni acustiche per spazi di varie dimensioni. Tra i prodotti da loro offerti si trova Acoustic Baffle, un pannello tamburato modulare in grado di migliorare la qualità acustica degli ambienti, riducendo il rumore indesiderato e ottimizzando l'esperienza sonora complessiva. I baffles vengono montati al soffitto attraverso sospensioni con filo d'acciaio, offrendo flessibilità nella loro composizione e disposizione. Questi pannelli, infatti, sono in grado di assorbire e condurre le onde sonore attraverso delle lamelle, riducendo in questo modo l'inquinamento acustico e il riverbero del suono.

Materie prime

Pannelli in legno, MDF, laminato, impiallaccature, cartone a nido d'ape, feltro e calcestruzzo leggero.

Processo produttivo

Il primo step nella realizzazione di Acoustic Baffles è quello del taglio del pannello MDF che andrà a comporre il telaio del semilavorato e dei piallacci che faranno da rivestimento esterno. La fase successiva è quella del posizionamento del nucleo interno (cartone alveolare). Infine, vi è l'applicazione delle membrane fonoassorbenti in feltro e in calcestruzzo leggero e l'unione delle due lastre di rivestimento esterno con la struttura interna tramite incollaggio e pressatura. Possono essere prodotti pannelli fino a 600 mm in larghezza e fino a 3000 mm in lunghezza. È inoltre possibile personalizzare la dimensione e/o superficie per ciascun prodotto.



Sostenibilità ambientale

Acoustic Trend ha implementato sistemi di gestione dei processi produttivi in conformità con tutti i principali standard e certificazioni internazionali, I baffles sono disponibili nel mercato come prodotto certificato FSC® o PEFC.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul fine vita del materiale. Tuttavia, le molteplici materie prime che compongono Acoustic Baffle rendono questi pannelli dei materiali compositi; ciò significa che le operazioni di smaltimento possono svolgersi secondo due scenari: 1. riciclo, se è possibile separare i diversi materiali e avviarli ognuno alla propria filiera; 2. dismissione in discarica, qualora il semilavorato risultasse non disassemblabile.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, fresatura, foratura, lucidatura, incollaggio, punzonatura, levigatura, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La superficie del prodotto si presenta con una trama porosa al tatto. Visivamente spiccano la texture a piccoli fori e le venature della specie legnosa impiegata per realizzare il rivestimento esterno.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Ottima **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a trazione**



Buona **res. a compressione**



Elevata **durabilità**



Difficilmente **infiammabile**



Buona **resistenza ai raggi UV**



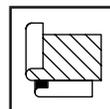
Ottimo **isolante acustico**

Ambiti d'impiego



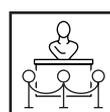
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Sale conferenze.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili diversi colori, rivestimento in legno, PET Felt e forato.



10 DUKTA FLEXIBLE WOOD

In produzione dal 2013

dukta[®]
flexible wood

Azienda

-  2011
-  Svizzera
-  dukta.com/

Descrizione

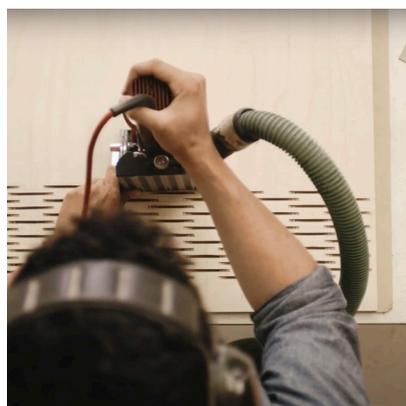
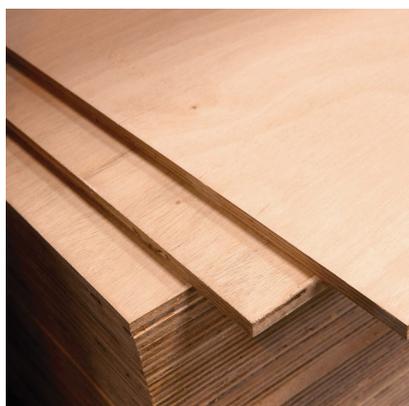
I pannelli DUKTA sono dei semilavorati che si distinguono per la loro elevata flessibilità. Grazie alla tecnologia Dukta[®], che utilizza un processo di incisione proprietario, il legno e i materiali simili possono essere modellati e piegati senza comprometterne la struttura. Il processo d'incisione conferisce al materiale proprietà quasi tessili, espandendo considerevolmente le qualità e le aree di applicazione. Tra i vari prodotti fabbricati con questo processo, si trovano i pannelli acustici Dukta, i quali offrono un'eccezionale capacità di assorbimento del suono. Il processo Dukta rende possibile la creazione di soluzioni d'arredo uniche che uniscono estetica e funzionalità acustica.

Materie prime

Pannelli in legno massiccio, MDF, compensato o multistrato.

Processo produttivo

I pannelli Dukta sono prodotti con diversi materiali, tra i quali: MDF, compensato, multistrato (betulla, bambù) e legno massiccio. Il processo prevede l'utilizzo di un sistema di incisione preciso e controllato che permette di praticare delle scanalature sul pannello in legno. Queste scanalature creano una serie di tagli, che consentono al materiale di piegarsi senza comprometterne la resistenza strutturale. La profondità, la lunghezza e la disposizione delle incisioni possono essere personalizzate per ottenere effetti estetici e funzionali desiderati. I pannelli risultanti offrono una notevole flessibilità e possono essere utilizzati in varie applicazioni, come pareti, soffitti, elementi di divisione autonomi e mobili, offrendo ampia versatilità nella progettazione di interni.



Sostenibilità ambientale

Sono utilizzati materiali a base di legno provenienti da foreste certificate. Inoltre, il processo di incisione consente di ottenere una maggiore flessibilità utilizzando meno materiale, ottimizzando così l'efficienza delle risorse. I pannelli sono disponibili sul mercato come prodotto certificato FSC® e PEFC.

Fine vita

I pannelli Dukta sono composti principalmente da materiali a base di legno e possono essere riciclati o smaltiti. Inoltre, grazie alla loro flessibilità, i pannelli possono essere facilmente smontati e riutilizzati in nuovi progetti, promuovendo l'estensione della loro vita utile e la riduzione complessiva dell'impatto ambientale.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, lucidatura, incollaggio, levigatura, incisione laser, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La combinazione delle incisioni con la curvatura del pannello conferisce una texture longitudinale e regolare alla superficie. Al tatto, si avverte una sensazione di tridimensionalità. Visivamente, le incisioni creano giochi di luce e ombra, aggiungendo profondità e carattere all'ambiente.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a trazione**



Elevata **res. a compressione**



Leggerezza



Discreta **res. agli agenti chimici**

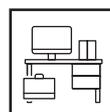


Elevata **durabilità**



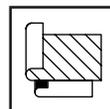
Ottimo **isolamento acustico**

Ambiti d'impiego



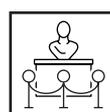
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Sale conferenze.



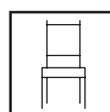
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per l'abitare

Mobili, Arredi e complementi di arredo per la casa.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili diverse specie legnose, pattern e finiture.



11 ISOFLAM

In produzione dal 2014

nord
compensati

Azienda

1930

Italia

nordcompensati.com/

Descrizione

Isoflam è un pannello composito ignifugo realizzato combinando due strati di compensato marino in legno di okoumè ignifugo con un nucleo di silicato di calcio a bassa densità. Questo materiale è indicato per realizzare compartimentazioni, arredi e allestimenti all'interno del settore nautico, grazie alla sua elevata resistenza al fuoco abbinata alla sua estrema leggerezza.

Materie prime

Compensato marino (Okoumè), silicato di calcio, cellulosa, colla melamminica.

Processo produttivo

Il processo di fabbricazione è il medesimo di quello degli altri pannelli compositi sandwich. Le pelli di compensato marino okoumè ignifugato vengono unite insieme con un nucleo di silicato di calcio a bassa densità mediante un processo di laminazione. Il nucleo di silicato di calcio viene realizzato mescolando sabbia, calce, cellulosa e acqua; questo viene successivamente pressato e indurito per formare il nucleo del pannello. Le pelli di compensato vengono quindi applicate sui lati del nucleo e il pannello viene sottoposto a un processo di pressatura e riscaldamento per garantire una forte adesione tra i materiali. Come risultato si ottiene un pannello composito molto leggero e con eccellenti proprietà ignifughe.



Sostenibilità ambientale

La materia prima proviene da foreste correttamente gestite con certificazione FSC. Inoltre, viene dichiarato l'utilizzo di un incollaggio a zero emissioni, tuttavia è importante considerare l'origine e la composizione di queste sostanze.

Fine vita

Il prodotto può essere smaltito in modo corretto attraverso processi di riciclo o di recupero energetico. Tuttavia, a causa della presenza di componenti come il silicato di calcio e la colla melamminica, potrebbe essere necessario considerare le disposizioni locali e le normative relative allo smaltimento dei materiali speciali.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, fresatura, incollaggio, foratura, verniciatura, levigatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La superficie di okoumè ha una texture leggermente ruvida al tatto, mentre il nucleo in silicato di calcio conferisce una sensazione di solidità e compattezza.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a trazione**



Elevata **res. a compressione**



Leggerezza



Buona **resistenza all'acqua**

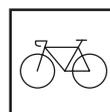


Difficilmente **infiammabile**

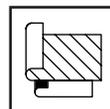


Buona **resistenza ai raggi UV**

Ambiti d'impiego



Design per la mobilità
Nautica.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Rivestimenti per uso interno.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili diverse specie legnose ad uso marino, pattern e finiture.



12 WOOD-SKIN

In produzione dal 2017



WOOD-SKIN

Azienda

 2013

 Italia

 wood-skin.com/

Descrizione

Wood Skin è un materiale che unisce le caratteristiche del legno alla flessibilità di un tessuto. Come suggerisce il nome, WOOD-SKIN® è stato originariamente concepito per conferire forma organica a dei pannelli di legno attraverso l'unione e l'accostamento di molteplici elementi modulari geometrici. Ogni pannello è composto da strati sottili di legno o materiali a base legno, che vengono assemblati in modo da creare una superficie flessibile e pieghevole. Questo permette di modellare il materiale in forme tridimensionali e di utilizzarlo per creare elementi architettonici, pannelli decorativi e prodotti trasformabili. Wood Skin, inoltre, offre un'alternativa versatile e creativa al legno tradizionale, consentendo la realizzazione di progetti innovativi e originali.

Materie prime

Panelli in legno, sughero, tessuto, compensato, laminati, alluminio, feltro e laminato HPL.

Processo produttivo

Il processo produttivo di WOOD-SKIN si divide in due macro-fasi. Il primo step è quello del dimensionamento del semilavorato ligneo scelto per realizzare il pannello. Successivamente questo è disposto e incollato su una membrana tessile; terminata l'asciugatura, il pannello è fresato in modo da creare delle linee che fungeranno da cerniere, permettendo al materiale di diventare flessibile e pieghevole. Questo processo consente al materiale di assumere forme e funzioni diverse senza compromettere la resistenza strutturale. Il materiale utilizzati per la fabbricazione possono essere MDF, compensati, laminati, alluminio, sughero e altri materiali da costruzione.



Sostenibilità ambientale

Utilizzo di materiali certificati e riduzione di sprechi grazie a un processo di produzione ottimizzato. Inoltre, viene promosso l'uso efficiente dei materiali, la riduzione delle emissioni di CO₂ durante l'intero processo di fabbricazione. I prodotti disponibili sul mercato sono dotati di certificazione FSC.

Fine vita

Il pannello WOOD-SKIN può essere riciclato o, in alternativa, smaltito attraverso il recupero energetico. Un ulteriore scenario può essere quello dello smontaggio del prodotto e del riutilizzo dei suoi componenti in nuovi progetti, riducendo l'impatto ambientale complessivo e aumentando la sua vita utile.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, fresatura, foratura, lucidatura, incollaggio, incisione laser, levigatura, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie sfaccettata, combinata con la trama del legno o di altri materiali, conferisce la sensazione tattile tipica del legno mista con quella del tessuto. La texture e la consistenza possono variare a seconda delle finiture e dei materiali utilizzati. Inoltre, la flessibilità del materiale offre una sensazione di movimento e organicità quando questo viene toccato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a trazione**



Buona **res. a compressione**



Elevata **durabilità**

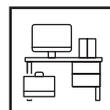


Ottima **stabilità dimensionale**



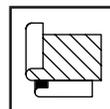
Ottimo **isolamento acustico**

Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



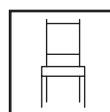
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per l'abitare

Mobili, Arredi e complementi di arredo per la casa.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili diverse specie legnose, pattern e finiture.



13 RE-VENEER

In produzione dal 2019



Azienda

📅 2007

📍 Paesi Bassi

🌐 studiojeroenwand.nl/

Descrizione

Il materiale Re-Veneer è un tipo di rivestimento realizzato utilizzando scaglie di legno riciclato provenienti dall'industria del legno. Queste materie prime vengono pressate e stratificate insieme per formare un pannello solido. Il materiale Re-Veneer è progettato per replicare l'aspetto e la texture del legno naturale, offrendo una soluzione sostenibile per rivestimenti e superfici decorative. Grazie al suo processo di produzione ecologico e al riutilizzo di materiali preesistenti questo materiale rappresenta una scelta sostenibile per i progetti di design e architettura.

Materie prime

Scaglie di legno provenienti da piallacci, resina legante.

Processo produttivo

La tecnica deriva dal processo industriale di laminazione e impiallacciatura, in cui un sottile foglio di legno viene utilizzato per coprire e nobilitare il materiale sottostante. Pressando e unendo con un legante i diversi strati di scarti di piallaccio, si ottiene un pannello unico. Il processo, inoltre, consente la libertà di organizzare le diverse parti di piallaccio, in modo da permettere la personalizzazione dell'aspetto della superficie e delle sue proprietà meccaniche. In questo modo, è possibile personalizzare facilmente gli spazi senza rinunciare alla durabilità e alla resistenza meccanica.



Sostenibilità ambientale

Nel processo di fabbricazione vengono utilizzati materiali di scarto provenienti dall'industria del legno. La produzione, inoltre, adotta la tecnica del sottovuoto, eliminando la necessità di stampi complessi e riducendo il consumo di energia e di materie prime.

Fine vita

Al termine della sua vita utile, il materiale può essere scomposto e riutilizzato come materia prima per la produzione di nuovi prodotti. In alternativa, può essere sottoposto a un processo di recupero energetico.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, fresatura, lucidatura, incollaggio, incisione laser, stampaggio, foratura, curvatura, termoformatura, levigatura, impiallacciatura, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La consistenza del legno e la varietà delle venature conferiscono al materiale una sensazione organica e unica al tatto. La texture che risalta in primo piano è composta dalle diverse tonalità e sfumature determinate dalle diverse specie legnose impiegate, creando un effetto visivo simile a quello ottenibile con la tecnica patchwork dei materiali tessili.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a trazione**



Moderata **res. a compressione**



Elevata **durabilità**



Buona **stabilità dimensionale**

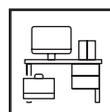


Buona **resistenza ai raggi UV**



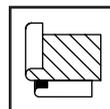
Discreta **res. agli agenti chimici**

Ambiti d'impiego



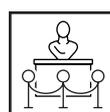
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



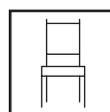
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per l'abitare

Mobili, Arredi e complementi di arredo per la casa.

Colorazioni e finiture

La natura del materiale fa sì che non esista un pannello identico ad un altro.



14 UPM PROFI

In produzione dal 2005



Azienda

-  1996
-  Finlandia
-  upm.com/

Descrizione

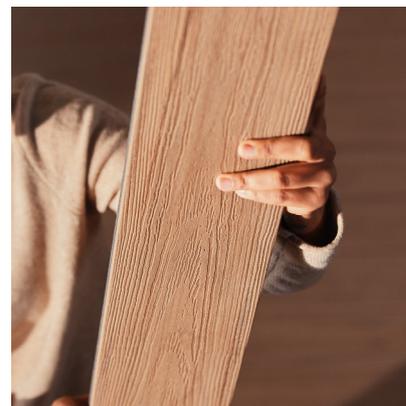
UPM ProFi è un materiale composito ecologico che unisce le caratteristiche delle fibre di legno con quelle dei polimeri plastici. Realizzato principalmente da materiali riciclati, questo materiale è noto per la sua resistenza e la sua capacità di resistere all'umidità. Composto da polimeri di plastica e fibre di legno, questo materiale è rappresenta una dei semilavorati più sostenibili della sua categoria. Questo materiale, inoltre, è particolarmente adatto per applicazioni all'aperto, grazie alla sua resistenza ai raggi UV e alla sua bassa assorbenza di umidità. Tra i principali impieghi si citano giardini, terrazze e passerelle.

Materie prime

Fibre di legno e fibre di cellulosa riciclata, plastica riciclata, polietilene ad alta densità di recupero.

Processo produttivo

Il processo di fabbricazione di UPM ProFi prevede l'impiego di fibre di cellulosa e plastica riciclata. I materiali vengono combinati con polietilene ad alta densità recuperato da imballaggi post-consumo, ri-ingegnerizzati per fornire un nucleo ultra durevole. Le fibre di legno e i polimeri di plastica vengono combinate per creare un composito resistente e duraturo. Le tecniche impiegate possono essere di vario tipo e dipendono dal semilavorato che si sta fabbricando; le più impiegate sono lo stampaggio per estrusione e lo stampaggio per iniezione.



Sostenibilità ambientale

I prodotti UPM Profi presentano un certificato PEFC e sono realizzati con un alto contenuto (55%- 97%) di materiale riciclato, ottimizzando in questo modo l'uso di energia e materiali durante il processo di fabbricazione. Inoltre, le tavole per il decking contenenti plastica e carta riciclata, offrono una lunga durata nel tempo, sono privi di PVC e non emettono sostanze nocive per l'ambiente.

Fine vita

Il materiale è progettato per avere una lunga durata e una buona resistenza alle intemperie. Al termine della sua vita utile, il materiale può essere smaltito attraverso attività di riciclaggio. Inoltre, grazie alla presenza di plastica riciclata e alla possibilità di recupero delle fibre di cellulosa, il materiale può essere trasformato in nuovi prodotti o utilizzato come fonte di energia attraverso il recupero energetico.

Tecnologie di lavorazione

Taglio CNC, fresatura, lucidatura, incollaggio, stampaggio, foratura, stampaggio ad iniezione, levigatura, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La superficie del materiale è liscia al tatto. Inoltre, la combinazione di fibre di cellulosa e plastica conferisce al materiale una consistenza leggera e resistente. La estetica naturale ricorda il legno e offre un aspetto accattivante che può integrarsi armoniosamente in diversi contesti.

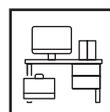
Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà

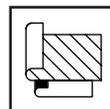
-  Buona **resistenza a trazione**
-  Ottima **res. a compressione**
-  Elevato **rapporto peso/resistenza**
-  Buona **resistenza all'acqua**
-  Buona **resistenza ai raggi UV**
-  Moderata **resistenza chimica**
-  Elevata **durabilità**

Ambiti d'impiego



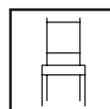
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



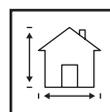
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Componenti semilavorati.



Design per l'abitare

Arredi e complementi di arredo per la casa.



Architettura e costruzioni

Pavimentazione da esterno e rivestimenti per facciate.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in sette colori e diverse finiture.



15 SLIM

In produzione dal 2023

WOODOO
augmented wood

Azienda

-  2016
-  Francia
-  woodoo.com/

Materie prime

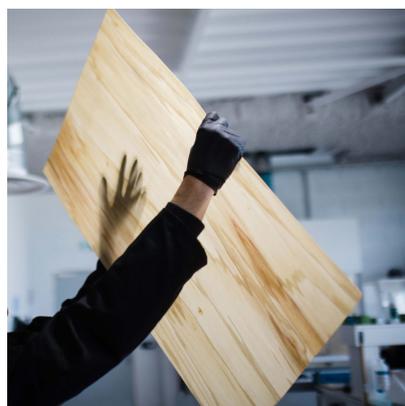
Pannelli e sfogliati in legno, composto di riempimento.

Descrizione

SLIM è un pannello di legno, traslucido e sensibile al tatto, che incarna il principio dello “shy tech”, ovvero un’esperienza immersiva ma non invasiva. Realizzato attraverso un innovativo processo di lavorazione, SLIM sfrutta le proprietà naturali del legno per offrire una soluzione in grado di permettere una maggiore interazione del materiale legno con la luce. La tecnologia di SLIM, grazie alla sua forte sensibilità al tocco (touch), ha un potenziale futuro nel settore delle superfici smart a base legno e nelle interfacce digitali in molteplici settori, dall’industria automobilistica all’architettura. Le capacità ottiche e la sua leggerezza visiva, inoltre, lo pongono come un materiale alternativo al vetro e ai polimeri plastici, in particolare quelli trasparenti (per es. policarbonato e PMMA).

Processo produttivo

Attraverso un processo di fabbricazione proprietario coperto da brevetto, la microstruttura del legno viene rielaborata per potenziarne alcune caratteristiche. Durante questa fase, la lignina presente nel legno viene rimossa al fine di migliorare la stabilità dimensionale e durabilità nel tempo del semilavorato. Successivamente, viene effettuata un’infiltrazione con una miscela di riempimento bio-based, permettendo a SLIM di raggiungere il grado di traslucenza desiderato.



Sostenibilità ambientale

SLIM è rinnovabile, riciclabile ed emette 7 volte meno carbonio rispetto alla produzione del vetro. Il legno impiegato nella produzione proviene da foreste certificate e gestite in modo rigenerativo.

Fine vita

Grazie alla sua composizione a base di legno e lignina, è biodegradabile e può essere facilmente smaltito. Inoltre, il materiale può essere smontato e le sue parti possono essere separate e riciclate o, in alternativa, compostate.

Tecnologie di lavorazione

Formatura, curvatura, taglio CNC, fresatura, lucidatura, incollaggio, stampaggio, foratura, stampaggio ad iniezione, levigatura, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie si presenta liscia e levigata, mentre la sua traslucenza permette alla luce di filtrare attraverso, creando effetti visivi suggestivi. Inoltre, Slim è dotato di una tecnologia touch-sensitive che rende il materiale reattivo al tocco. Grazie a questa caratteristica, il materiale consente interazioni intuitive e coinvolgenti.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **resistenza a compressione**



Buona **resistenza a trazione**



Ottimo **rapporto peso/resistenza**

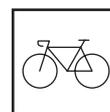


Buona **resistenza ai raggi UV**



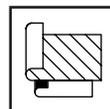
Traslucenza

Ambiti d'impiego



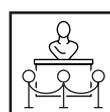
Design per la mobilità

Arredamento interno nei mezzi per la mobilità pubblica e privata.



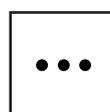
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design per il lavoro, Design per l'abitare, Design per la persona, Design per la comunicazione.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in 2 colorazioni diverse: Grey Tulipwood e Natural Tulipwood.



5.2 Mappatura dei materiali schedati

Come strumento di sintesi e di conclusione delle schedature è stata elaborata una **mappatura** delle stesse. L'obiettivo è quello di rendere **più chiara la lettura delle informazioni** e di facilitare la selezione da parte dei progettisti che vorranno avvicinarsi alla progettazione con uno o più dei materiali schedati. Ogni materiale è contenuto all'interno di una casella nella quale sono riportate informazioni fondamentali riguardanti la sostenibilità, la sfera dei materiali, gli ambiti applicativi e le proprietà.

I materiali schedati, successivamente, sono stati riorganizzati all'interno della mappa partendo dalla formula "**Legno come...**" seguita dalla caratteristica che è stata implementata rispetto al legno tradizionale.

Ciascun materiale è introdotto da una serie di **informazioni di carattere generale** tra cui: nome del materiale, logo dell'azienda produttrice, un'immagine evocativa del materiale ed il numero di schedatura (che permette di risalire alla scheda di riferimento per ulteriori approfondimenti).

Sono presenti, inoltre, informazioni relative alla **composizione del materiale**, ossia se si tratta di un materiale totalmente bio-based o meno. Questo fattore dipende dall'origine delle materie prime utilizzate e se queste sono rinnovabili o non rinnovabili, oppure una combinazione delle due. Un'ulteriore aspetto, già approfondito precedentemente all'interno delle schedature, inserito all'interno della classificazione riguarda il **fine vita**.

Come emerso dall'analisi dei materiali schedati i nuovi materiali a base legno spesso si pongono come un'**alternativa, maggiormente sostenibile** o con **caratteristiche migliorate** rispetto a materiali come legno, metallo, polimeri plastici, materiali ceramici, materiali isolanti, ecc. Di conseguenza, all'interno della casella di ogni materiale sono stati inclusi alcuni riferimenti rispetto a quali materiali tradizionali possano essere sostituiti o affiancati dai nuovi materiali a base legno.

Inoltre, sono descritte, attraverso una serie di icone, le principali **proprietà** fisico-mec-
caniche, chimiche, acustiche, termiche e
ottiche che caratterizzano i singoli mate-
riali. Lo stesso sistema è stato utilizzato per
esporre i principali ambiti d'impiego.

Di seguito, è possibile consultare una **le-
genda**, utile alla comprensione della sim-
bologia impiegata all'interno della map-
patura per rappresentare graficamente le
diverse informazioni e caratteristiche.

Composizione



Bio-based



Non bio-based

Fine vita



Riciclabile



Non riciclabile



Biodegradabile



Compostabile

Alternativa a



Legno



Vetro



Isolanti acustici



Metallo



Ceramica



Tessuti



Polimeri plastici



Calcestruzzo



Cuoio e pellami

Proprietà



Resistenza
all'abrasione



Resistenza a
compressione



Resistenza
al taglio



Resistenza a
flessione



Rapporto
peso/resistenza



Resistenza
a trazione



Resistenza
all'impatto



Rigidità



Leggerezza/
densità



Limite
elastico



Durabilità



Proprietà
acustiche



Proprietà
ottiche



Resistenza agli
agenti chimici



Stabilità
dimensionale



Resistenza
al fuoco



Assorbimento
di acqua



Atossicità



Proprietà
termiche



Resistenza
ai raggi UV



Resistenza
all'acqua

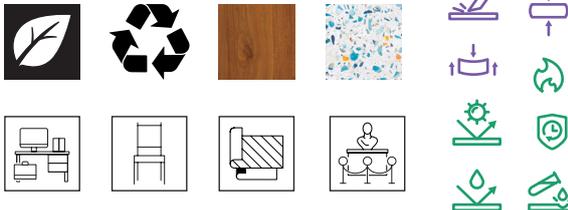


Resistenza
all'umidità

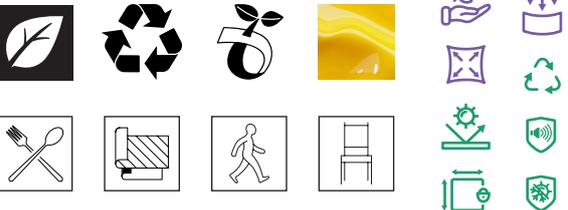


Resistenza agli
sbalzi termici

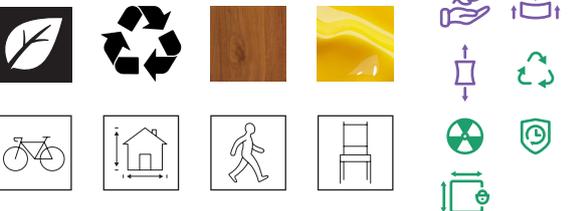
01 TIMBER TERRAZZO FORESSO®

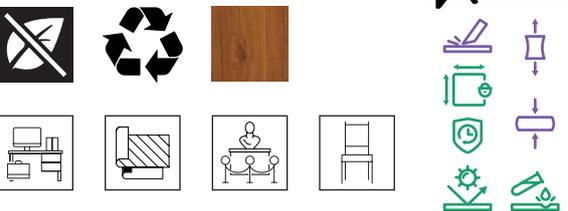
02 LIQUIDWOOD aesop

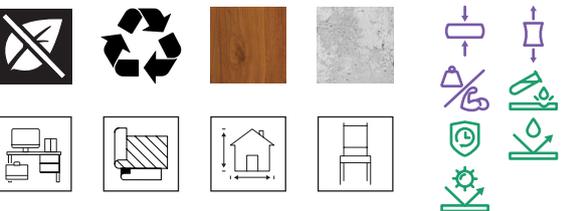
03 FORUST FORUST

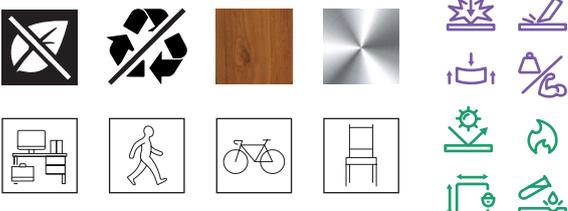
13 RE-VENEER STUDIO JEROEN WAND

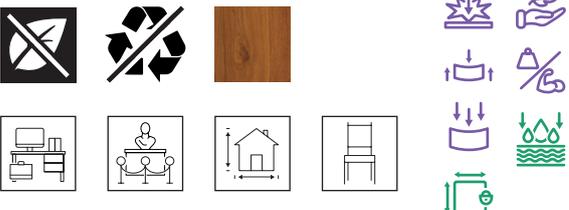
14 UPM PROFIL UPM

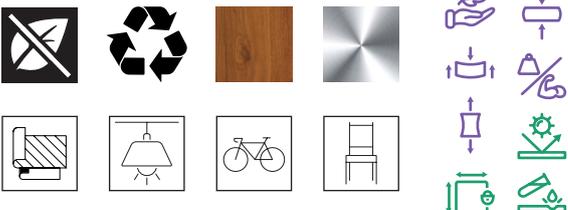
05 BOIS LARMÉ arca®

06 SUPERPAN Finsa

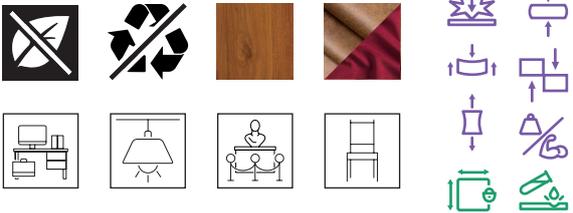
07 LIGNOTUBE LIGNOTUBE

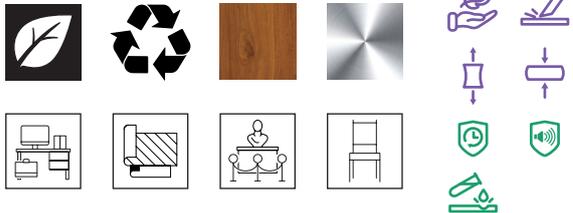
Rapporto peso/resistenza



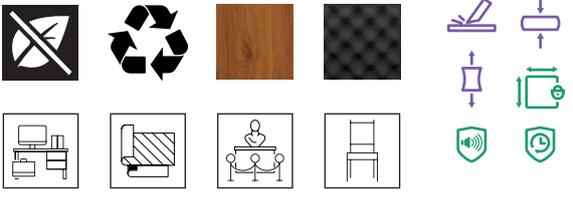
04 AIRWOOD e WOOWOOD arca®



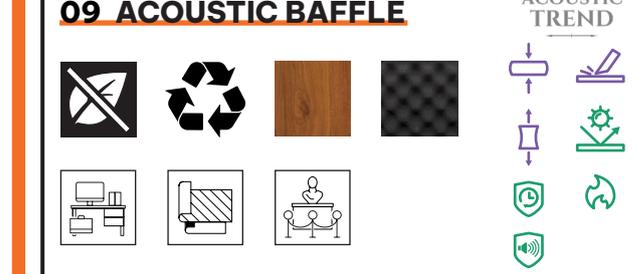

10 DUKTA FLEXIBLE WOOD dukta® flexible wood




12 WOOD-SKIN WOOD-SKIN



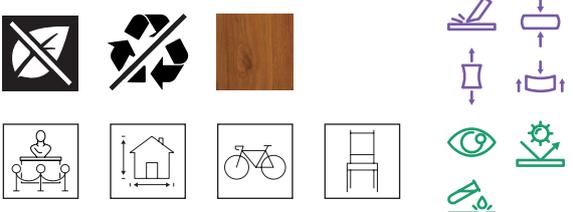

09 ACOUSTIC BAFFLE ACOUSTIC TREND



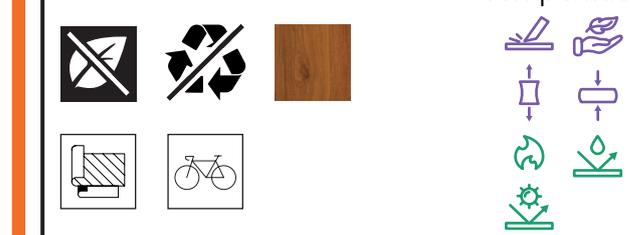
Isolante acustico



08 LUMINE lame//ux



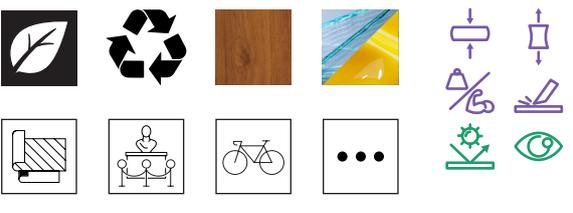

11 ISOFLAM nord compensati



Ignifugo



15 SLIM WOOD●● augmented wood



Interazione con la luce

5.3 Schedatura dei casi studio

5.3.1 Modalità e criteri di schedatura

Per completare la panoramica sui materiali e sui loro impieghi si è deciso di effettuare una selezione di alcuni dei **casi studio** più rilevanti nell'ambito della progettazione con i nuovi materiali a base legno [fig. 3].

I casi studio individuati, approfonditi attraverso schedature, seguono la suddivisione in **categorie tematiche** riportata dall'**ADI** (Associazione per il Disegno Industriale) [fig. 4] [2]. Nello specifico, i casi studio analizzati appartengono alle seguenti categorie: Design per l'illuminazione, Design per l'abitare, Design per la mobilità e Design per la persona. Ognuna di queste categorie è costituita da diverse sottocategorie; per esempio, la categoria Design per l'abitare comprende: mobili e complementi d'arredo per la casa, accessori per la cucina, arredi per esterno, sistemi per la domotica, ecc.

Ogni scheda è introdotta da una serie di **informazioni di carattere generale** tra cui: il nome del prodotto, designer e azienda produttrice, l'anno in cui è stato sviluppato, il luogo e il nuovo materiale a base legno impiegato nella sua realizzazione. A destra di queste informazioni, inoltre, sono indicate la categoria e la sottocategoria a cui il caso studio appartiene e che ne definiscono l'ambito d'impiego. Successivamente vi è una descrizione di carattere generale sul progetto, sul suo concept e sulle sue funzioni. A completamento di questa sezione vi sono una serie di **immagini** che mostrano alcune caratteristiche e dettagli del caso studio. Segue la seconda **sezione descrittiva**, il cui obiettivo è quello di approfondire i materiali e sulle tecnologie impiegate nella fabbricazione del prodotto o delle componenti che utilizzano dei nuovi materiali a base legno. L'ultimo paragrafo, invece, analizza quelli che sono i punti di forza e i vantaggi che caratterizzano il prodotto e che derivano dall'impiego di questi nuovi materiali.



Figura 3 Zartan Raw Chair, esempio di caso studio selezionato per le schedature.



Figura 4 Logo del Design Index di ADI (Associazione per il Disegno Industriale)

[2] <https://www.adi-design.org/ambiti-tematici.html>
(Ultima consultazione 12/06/23)

Categoria

Sottocategoria



Design per l'abitare

Arredi e complementi per la casa, sanitari e accessori per il bagno, arredi e accessori per la cucina, elettrodomestici, sistemi di controllo domotico, arredi per esterni, attrezzature per il verde, arredo urbano.



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno ed esterno pubblici o privati, sistemi illuminotecnici, illuminazione monumentale e stradale.



Design per la persona

Abbigliamento, attrezzature per lo sport, il benessere e l'igiene personale, telefonia mobile, palmari, lettori MP3, elettronica per la persona, giochi e articoli per l'infanzia, protesi e attrezzature mediche ad uso privato, gioielli.



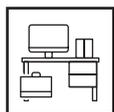
Food Design

Comunicazione, packaging, servizi, luoghi legati alla vendita e al consumo di prodotti edibili, oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare.



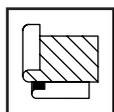
Design per la mobilità

Mezzi individuali e collettivi per la mobilità aerea, nautica, stradale.



Design per il lavoro

Arredi e complementi per il lavoro e per l'ufficio, elettrodomestici professionali, mezzi di trasporto per il lavoro, macchine e componenti per l'industria, software, strumenti e attrezzi per il lavoro, arredi e attrezzature per comunità, strumenti e attrezzature medicali e sanitarie.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Materiali per la produzione e componenti semilavorati, serramenti, radiatori, sistemi di condizionamento e trattamento aria-acqua, sistemi per la produzione di energie alternative, rivestimenti.



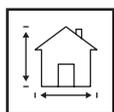
Design per la comunicazione

Campagne sociali, corporate identity, grafica editoriale, information design, packaging, type design, videografica, web design e multimedia.



Exhibition Design

Allestimenti, installazioni, eventi, stand fieristici, retail, allestimenti museali.

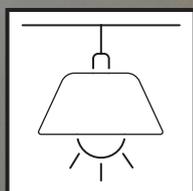


Architettura e costruzioni

Elementi strutturali, pareti divisorie, controsoffitti, rivestimenti da esterno, pavimentazioni.

DESIGN PER L'ILLUMINAZIONE

In questa categoria rientrano gli apparecchi di illuminazione per interno ed esterno pubblici o privati, i sistemi illuminotecnici e l'illuminazione monumentale e stradale. È un settore in crescita quello dei prodotti per l'illuminazione in nuovi materiali a base legno, soprattutto quelli per l'illuminazione da interno (per es. lampadari e lampade da tavolo).



Sullo sfondo:
Lampadario a sospensione FAFOO

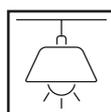
01 GREEN LANTERN

✂ Romolo Stanco per NudeLab

📅 2011

📍 Italia

🪵 Liquidwood



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Green Lantern è una lampada/vaso progettata da Romolo Stanco per NudeLab in collaborazione con Politec Valtellina, azienda italiana di riferimento per Liquidwood. Le due funzioni sono collegate dalla particolare forma che richiama una pipa, con il manico che può roteare sull'asse orizzontale a seconda del bisogno. Green Lantern, inoltre, è caratterizzato da un ciclo di autoalimentazione in cui, attraverso un sistema di azioni chimiche, la pianta produce energia per funzionamento del LED, che rimane autonomo rispetto alla corrente di rete.



Materiali e tecnologie

Green Lantern, disponibile in versione "Natural" o verniciata, è un prodotto realizzato in Liquidwood. La versione "Natural" è realizzata in legno liquido tramite l'iniezione di materiale (lignina, cellulosa, zucchero e fibre di origine naturale) in uno stampo. La superficie dell'oggetto apparirà disomogenea nel colore e al tatto, caratteristica tipica del materiale che rende ogni pezzo unico proprio come se si trattasse di legno tradizionale.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale biobased completamente plastic free; il prodotto, una volta terminato il suo ciclo vitale, è compostabile e biodegradabile.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e una texture unica e irripetibile per ogni pezzo.
- **Multifunzionalità:** il prodotto è in grado di funzionare sia da vaso sia da lampada e di creare un legame tra queste due funzioni.

🔗 <http://woodywood.altervista.org/greenlantern/>
<https://designstreet.it/mi-illumino-di-un-corno/>

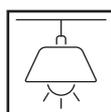
02 COCOON

 HagenHinderdael

 2021

 Stati Uniti

 Forust



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Cocoon è una lampada realizzata in Forust, materiale la cui origine naturale viene celebrata attraverso la forma scultorea e organica della scocca. Quest'ultima funge anche da copertura protettiva per la sorgente luminosa OLED integrata, capace di disperdere la luce in modo uniforme con un bagliore morbido e caloroso. Cocoon è disponibile in due tipologie (a sospensione e da tavolo), ciascuna con la propria linea unica. Una volta raggiunto il fine vita, il prodotto potrà essere riciclato e reimpiegato in un nuovo processo produttivo di Forust.



Materiali e tecnologie

Cocoon è interamente realizzata in Forust, un materiale a base di segatura, lignina e bioresina stampabile in fabbricazione additiva (binder jetting). Una volta uscito dalla stampante, ogni pezzo viene accuratamente tinto a mano e rifinito, al fine di esaltare le venature accuratamente riprodotte nel processo di fabbricazione 3D.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** materiale biobased a base di materie ritenute scarti; il prodotto è riciclabile.
- **Sicurezza:** il materiale è completamente atossico.
- **Forma:** il processo di stampa 3D ha permesso di realizzare una forma la cui complessità rendeva difficoltosa la fabbricazione con altri metodi.

 <https://hagenhinderdael.com/products/cocoon/>
<https://www.forust.com/technology>

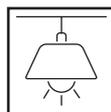
03 STIX

✂ Licht Liebe

📅 2014

📍 Germania

📦 LignoTUBE

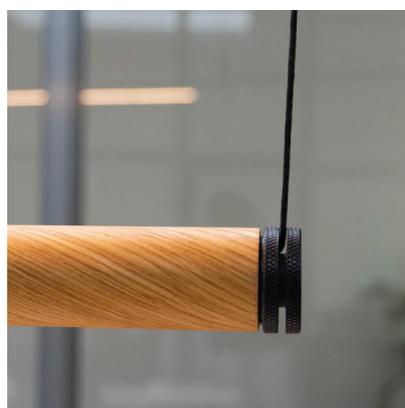


Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Stix è una lampada a sospensione il cui elemento principale è la struttura, realizzata a partire da un tubo di LignoTUBE in versione quercia. Questa è ottenuta attraverso processo di fresatura, al fine di permettere l'inserimento del corpo luminoso e della componentistica elettrica. Stix, inoltre, è regolabile in altezza con un sistema di avvolgimento di due cavi, peculiarità che rende questa lampada estremamente versatile nell'utilizzo e capace di adattarsi alle diverse altezze dei soffitti. Tale flessibilità è ulteriormente rafforzata dall'aspetto neutro e lineare.



Materiali e tecnologie

Stix è realizzata con il corpo centrale in LignoTUBE mentre le due estremità sono in plastica stampata in fabbricazione additiva. Per quanto riguarda la componentistica elettrica, invece, il corpo luminoso è costituito da un tubo LED, cavo in cotone cerato e rosone in metallo. Il prodotto, una volta raggiunto il suo ciclo vitale, è disassemblabile e riciclabile.

Punti di forza

- **Impatto ambientale:** impiego di materiali riciclabili.
- **Disassemblabilità:** al fine di agevolare gli interventi di manutenzione, smaltimento o riuso del prodotto.
- **Versatilità:** regolabile in altezza; estetica minimale.
- **Leggerezza:** grazie ai materiali impiegati il peso è ridotto.

🔗 <https://lichtliebe.de/products/pendelleuchte-stix>
<https://lignotube.de/referenzen/>

04 LUMINO

✂ Gaëtan Guillaumin per Arca Ébénisterie

📅 2019

📍 Francia

📖 Woowood



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Lumino è una lampada da tavolo progettata da Gaëtan Guillaumin attraverso l'impiego di Woowood. La peculiarità principale è data dal corpo luminoso che, attraverso un movimento rotatorio della scocca della lampada, è in grado di stringere o rilassare la membrana elastica di Woowood passando, di conseguenza, da una luce diffusa ad una luce ambientale.



Materiali e tecnologie

La scocca esterna è realizzata in legno massello di noce americano con un inserto di Woowood sull'estremità superiore. Questo è costituito da una membrana elastica combinata con un sottile piallaccio di noce americano precedentemente cesellato. Il cilindro interno a protezione del corpo luminoso è in policarbonato trasparente.

Punti di forza

- **Versatilità:** la conformazione della lampada permette di regolare meccanicamente l'intensità luminosa.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile ed è portatore di nuove gestualità.
- **Disassemblabilità:** Il prodotto è completamente smontabile al fine di permettere gli interventi di manutenzione e sostituzione della lampadina e garantirne il corretto riciclo.

🔗 <https://www.frenchcenterofdesign.com/wp-content/uploads/2021/06/ARCA-Book-EN.pdf>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

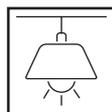
05 ORA SERIES

 Dukta Flexible Wood

 2016

 Svizzera

 Dukta



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

La collezione Ora è composta da un serie di lampade (sia a sospensione sia da appoggio) cilindrici realizzati con un'unica lastra di compensato incisa e tenuta insieme da una clips di rame. La luce calda filtra attraverso le incisioni e mette in evidenza la struttura texturizzata del legno. Disponibili in diverse dimensioni, le lampade Ora uniscono un design tecnico ad una luce calda e vivace.



Materiali e tecnologie

I pannelli Dukta flessibili permettono di creare e personalizzare (durante lo step progettuale) il gioco di luce e ombre grazie alla parziale trasparenza e alle forme arrotondate dei componenti luminosi. L'utilizzo di un'unica lastra di compensato incisa e della clip di rame garantisce una tenuta solida e un aspetto estetico distintivo.

Punti di forza

- **Identitarietà:** La collezione Ora si distingue per il suo design a cilindro inciso e la struttura in legno. Questo conferisce ai lampadari un aspetto distintivo e accattivante.
- **Espressività estetica:** la texture del materiale consente alla luce di filtrare attraverso le incisioni, creando un affascinante gioco di luce e ombra.

 <https://dukta.com/en/products/furniture-lights/>
<https://materialdistrict.com/material/dukta-flexible-wood/>

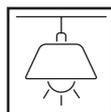
06 FOLIO

 Fulcro Design per Wood-Skin

 2020

 Italia

 Wood-Skin



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

FOLIO è una famiglia di lampade made in Italy personalizzabili e configurabili da parte dell'utente. Attraverso tecniche di taglio e piegatura, il cliente è in grado di dare sfogo alla propria creatività al fine di creare un prodotto su misura delle proprie esigenze. Attraverso il configuratore online è possibile personalizzare la propria lampada nella forma, nelle proporzioni, nelle dimensioni, nella colorazione e nel pattern. L'aspetto estetico, come accade per il resto dei prodotti Wood-Skin, si ispira al mondo degli origami giapponesi.



Materiali e tecnologie

Il progetto di personalizzazione si concentra soprattutto sul paralume. Quest'ultimo è realizzato in Wood-Skin, semilavorato realizzato sovrapponendo diversi materiali, come MDF, compensato, tessuto, feltro e alluminio; questi sono cesellati al CNC al fine di creare il pattern superficiale desiderato. Esistono 4 tipi di struttura, tutte realizzate in alluminio verniciato; il cablaggio, invece, è standard e con attacco E27.

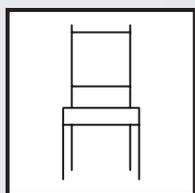
Punti di forza

- **Personalizzabile:** Il prodotto può essere configurato in molteplici conformazioni attraverso il sito web.
- **Identitarietà:** Il prodotto ha una forma riconoscibile grazie al materiale e al pattern geometrico.
- **Versatilità:** la personalizzazione del prodotto permette di avere una lampada progettata ad hoc per ogni ambiente.

 <https://fulcrodesign.com/folio/>
<https://4sigma.it/portfolio/folio>

DESIGN PER L'ABITARE

In questa categoria rientrano gli arredi e complementi per la casa, sanitari e accessori per il bagno, arredi e accessori per la cucina, elettrodomestici, sistemi di controllo domotico, arredi per esterni, attrezzature per il verde, arredo urbano. Esattamente come accade con il legno tradizionale, quello del design per l'abitare è l'ambito più grande ed esplorato.



Sullo sfondo:
Sgabello Taburet

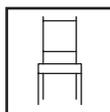
07 CHESTER

✂ Oya-Meryem Yanik & Anastasiya Koshcheeva

📅 2014

📍 Germania

🔪 Stitched Wood



Design per l'abitare
Complementi d'arredo per la casa.

Descrizione

Chester è uno sgabello realizzato in legno cucito, che unisce l'estetica tradizionale del legno con quella della cucitura a rombi tipica delle sedute in cuoio imbottito. La sua forma lineare e la superficie in piallaccio di legno imbottito offrono non solo un aspetto accattivante, ma anche un elevato comfort. Chester è versatile e può essere utilizzato in diversi contesti, dall'arredamento domestico agli ambienti commerciali.



Materiali e tecnologie

Il prodotto è il risultato di un processo che combina il legno curvato con la tecnica del cucito. Questo approccio consente di integrare un'imbottitura direttamente al di sotto della superficie impiallacciata. La tecnologia di cucitura del legno consente di creare giunzioni solide e resistenti, garantendo durabilità e stabilità nel tempo.

Punti di forza

- **Comfort:** Grazie all'aggiunta dell'imbottitura direttamente sulla superficie di impiallacciatura, Chester offre un livello di comfort superiore rispetto agli sgabelli tradizionali in legno.
- **Durabilità:** Il processo di cucitura del legno garantisce una struttura solida e resistente.
- **Tradizione e innovazione:** Fusione tra l'artigianalità tradizionale e l'innovazione tecnologica. Un prodotto che unisce la bellezza e l'eleganza del legno con un approccio moderno e innovativo.

🔗 <https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/chester-2/>
<https://materialdistrict.com/material/stitched-wood/>

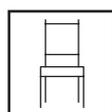
08 SIBIRJAK

 Anastasiya Koshcheeva

 2014

 Germania

 Stitched Wood



Design per l'abitare
Mobili per la casa.

Descrizione

Sibirjak è una moderna poltrona realizzata in corteccia di betulla. La combinazione di poltrona e poggiatesta enfatizza l'estetica del materiale, combinando abilmente la tradizione siberiana con una lavorazione moderna. L'allineamento orizzontale della corteccia sottolinea le proprietà simili alla pelle animale, creando una seduta ampia, flessibile e confortevole. I dettagli tessili e la struttura geometrica minimale creano un forte contrasto con la corteccia in betulla.



Materiali e tecnologie

Sibirjak è realizzato con corteccia di betulla, un materiale naturale che offre una combinazione unica di flessibilità, morbidezza, idrorepellenza e proprietà antibatteriche. È anche traspirante, resistente e robusto. Inoltre, l'impiego della tecnica del legno cucito conferisce al prodotto una maggiore flessibilità durante la sua realizzazione.

Punti di forza

- **Traspirabilità e resistenza:** Grazie alla natura traspirante della corteccia di betulla, Sibirjak offre una seduta confortevole e fresca. Inoltre, il materiale è resistente e robusto, garantendo una durata nel tempo.
- **Sostenibilità:** La scelta dell'uso di cuciture per unire la corteccia di betulla rappresenta una soluzione ottimale per promuovere l'uso responsabile delle risorse senza l'utilizzo di colla o sostanze nocive per l'ambiente.

 <https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/68/>
<https://materialdistrict.com/material/stitched-wood/>

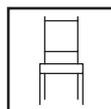
09 ZARTAN RAW CHAIR

✂ Philippe Starck e Eugeni Quillet per Magis

📅 2011

📍 Italia

🪵 Liquidwood



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

La Zartan Chair è una sedia, presentata al salone del mobile di Milano del 2011, progettata da Philippe Starck e Eugeni Quillet per Magis. Magis, azienda leader nell'impiego della plastica, negli ultimi anni si è approcciata alla sperimentazione di materiali alternativi (a base alluminio e legno), distinguendosi come un grande laboratorio internazionale di progettazione e ricerca. La Zartan Chair nasce come manifesto del nuovo approccio alla produzione industriale nell'era post-plastica, concetto sottolineato dal materiale di cui è costituita, ossia Liquidwood.



Materiali e tecnologie

La Zartan Raw Chair è realizzata in Liquidwood (lignina, cellulosa, zucchero e fibre di origine naturale) ed è ottenuta attraverso lo stesso processo impiegato per le materie plastiche (per es. polipropilene), in questo caso stampaggio ad iniezione standard. Inoltre, esistono altre versioni della Zartan Chair in polipropilene caricato con fibre di juta e in polipropilene caricato con fibre di canapa, in entrambi i casi stampati per compressione.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale bio-based completamente plastic free; il prodotto, una volta terminato il suo ciclo vitale, è compostabile e biodegradabile.
- **Risparmio di risorse:** riduzione del quantitativo di biopolimero utilizzato, impiego di sole risorse naturali.
- **Prestazioni:** caratteristiche meccaniche analoghe ai materiali plastici convenzionali.

🔗 http://www.magisdesign.com/wp-content/uploads/2015/02/zartan_raw_eco.pdf
<https://www.designboom.com/design/liquid-wood-philippe-starck-with-eugeni-quillet-created-zartan-for-magis/>

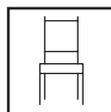
10 PENNE CHAIR

✂ Julia Läufer e Marcus Keichel per Lammhults

📅 2016

📍 Svezia

🪵 LignoTUBE



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

La Penne Chair è una sedia nata con l'obiettivo di coniugare lo spirito del design scandinavo con una delle più recenti novità tecnologiche in ambito legno, ossia LignoTUBE. La Penne è la prima sedia al mondo con gambe prodotte attraverso l'impiego di profilati cavi di piallacci di legno e tra le sue caratteristiche vanta la leggerezza e l'impilabilità, peculiarità che vanno ad aumentare la praticità di questo prodotto. La sedia, inoltre, è assemblata mediante viti e bulloni al fine di facilitare lo smontaggio e il riciclaggio del mobile e la sostituzione di componenti.



Materiali e tecnologie

La Penne Chair è disponibile in diverse versioni, tra cui quelle con le gambe in LignoTUBE. Queste possono avere seduta e schienale realizzati o in multistrato impiallacciato in frassino, quercia o noce (e gambe in LignoTUBE della medesima essenza) o in polipropilene bianco, grigio o nero (in questo caso le gambe sono anche disponibili in alluminio verniciato a polvere). La struttura della seduta, invece, è in poliammide.

Punti di forza

- **Impatto ambientale:** impiego di un materiale riciclabile.
- **Disassemblabilità:** al fine di agevolare gli interventi di manutenzione, smaltimento o riuso del prodotto.
- **Prestazioni:** caratteristiche meccaniche e di durata analoghe a quelle del legno.
- **Maneggevolezza:** il prodotto ha un peso ridotto di soli 4,2 kg. Le sedie sono impilabili tra loro.

🔗 <https://www.lammhults.se/products/chairs-armchairs/penne>
<https://www.archiexpo.com/prod/lammhults-moebel-ab/product-57480-2270268.html>

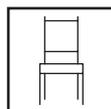
11 MARSUPIO

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2017

📍 Francia

📦 Woowood

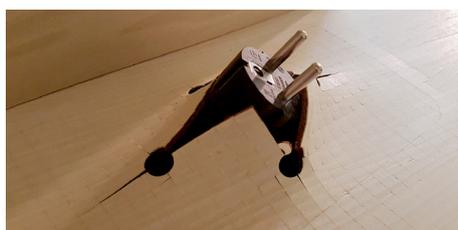


Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa.

Descrizione

La scrivania Marsupio rappresenta il prodotto manifesto della tecnologia Woowood di Arca Ébénisterie. La peculiarità di questo prodotto è la sua estrema flessibilità d'utilizzo data dalla presenza di tasche e fasce elastiche porta oggetti realizzate in Woowood, generando l'illusione di oggetti sospesi e congelati. L'impiego di questa tecnologia a permesso di ridurre le giunzioni e di integrare diverse soluzioni come gli elementi passacavo, il cassetto/ vassoio a scomparsa e la lampada portatile.



Materiali e tecnologie

La struttura della scrivania Marsupio è realizzata in multistrato di palissandro e acero occhiolinato con inserti in Woowood. Questo materiale è composto da una membrana elastica unita a dei piallacci in legno precedentemente cesellati. tra gli altri materiali impiegati vi sono l'alluminio e le vernici impiegate per la finitura. Il mobile è stato realizzato interamente a mano e ha richiesto circa 400 ore di lavoro.

Punti di forza

- **Multifunzionalità:** il prodotto è estremamente flessibile nell'utilizzo.
- **Componenti integrati:** la forte integrazione permette la riduzione delle giunzioni e della minuteria.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e crea delle gestualità nuove in ambito arredo.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/marsupio/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

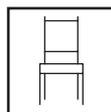
12 SQUAMA

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2019

📍 Francia

📄 Woowood



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Squama è una credenza senza ante né cassetti progettata da designer francese Steven Leprizé. L'accesso avviene mediante delle aperture particate su dei pannelli in Woowood, materiale con cui è realizzata ogni parete di tamponamento del mobile, comprese quella inferiore e quella superiore. Squama rappresenta un esempio di design di ispirazione zoomorfa, in questo caso andando ad imitare gli animali le cui squame si deformano sotto la pressione del cibo ingerito.



Materiali e tecnologie

La credenza Squama presenta una struttura interamente realizzata in legno massello di acero occhiolinato. Le pareti del mobile, invece, sono in Woowood, materiale composto da una membrana elastica unita a dei piallacci in legno di Ziricote precedentemente cesellati.

Punti di forza

- **Multifunzionalità:** il prodotto è estremamente flessibile nell'utilizzo.
- **Componenti integrati:** il mobile non presenta né ante né cassetti, riducendo il numero della minuteria e delle giunzioni presenti.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e crea delle gestualità nuove in ambito arredo.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/squama/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

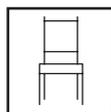
13 WONSOLE

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2019

📍 Francia

🪵 Woowood



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa.

Descrizione

Wonsole è un arredo svuotatasche da parete progettato da Steven Leprizé per Arca Ébénisterie. Questo prodotto è caratterizzato da due pannelli rettangolari nei quali sono ricavati degli inserti e delle tasche in Woowood. Nella parte superiore è presente una tasca rivestita in tessuto, ideale per raccogliere oggetti di piccole dimensioni; nella parte inferiore, invece, vi sono delle aree in Woowood che diventano concave quando vengono depositati degli oggetti, trattenendoli ed evitando la loro caduta grazie al grip generato dalla texture a quadratini.



Materiali e tecnologie

La struttura di Wonsole è realizzata in multistrato rivestito in Woowood. Il materiale, in questo caso, è composto da una membrana elastica unita a dei piallacci in legno di Ziricote precedentemente cesellati. Il prodotto, infine, è rifinito con una vernice trasparente satinata.

Punti di forza

- **Multifunzionalità:** il prodotto è estremamente flessibile nell'utilizzo.
- **Componenti integrati:** riduzione della quantità di minuteria e giunzioni presenti.
- **Protezione:** Woowood rende più sicuro riporre gli oggetti sopra e dentro il prodotto.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/wonsole/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

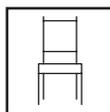
14 TABLE ROUND

 Studio Jeroen Wand

 2011

 Paesi Bassi

 NewspaperWood



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Il tavolo laminato Table Round forma parte dalla collezione Re-Veneer. Realizzato con pezzi di scarto dei processi di impiallacciatura pressati insieme, offre una struttura solida e un aspetto omogeneo. Ogni tavolino è unico nell'aspetto della superficie, grazie alla disposizione personalizzata dei diversi strati di impiallacciatura. L'orientamento incrociato dei vari pezzi di piallaccio, creando un pannello dalla forte isotropia, permette di ottenere una superficie dalle elevate caratteristiche di resistenza meccanica.



Materiali e tecnologie

Il tavolo laminato Re-Veneer utilizza scarti di impiallacciatura provenienti dall'industria del legno, riducendo gli sprechi e promuovendo il riutilizzo delle risorse. La laminazione dei diversi strati di impiallacciatura, insieme alle parti in legno massello, avviene tramite uno specifico stampo che conferisce al materiale solidità e resistenza.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** Riutilizzando impiallacciatura residua proveniente dall'industria del legno, il prodotto contribuisce alla riduzione degli sprechi e alla promozione del riciclo delle risorse.
- **Espressività estetica:** Ogni tavolino ha una struttura unica e un'estetica distintiva.

 <https://studiojeroenwand.nl/portfolio/re-veneer-tables-round/>
<https://materialdistrict.com/material/re-veneer/>

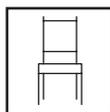
15 MUI BOARD

 Mui Lab

 2018

 Giappone

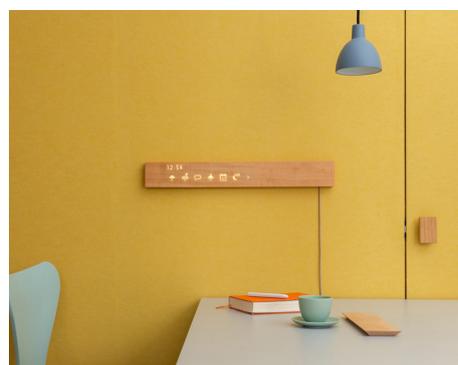
 Legno traslucido



Design per l'abitare
Sistemi di controllo domotico.

Descrizione

Mui Board è un elegante tavolo di legno, si accende solo quando è necessario, in caso contrario rimane visivamente integrata nell'ambiente circostante come un oggetto di arredamento. Con un semplice sguardo o un tocco sulla sua superficie, è possibile inviare e ricevere informazioni digitali e gestire i dispositivi di controllo domotico attraverso il calore e la naturalezza del legno traslucido.



Materiali e tecnologie

Il prodotto è realizzato con materiali di alta qualità. Il legno naturale è il protagonista principale che, grazie a un processo di lavorazione avanzato, viene trasformato in una superficie interattiva, consentendo l'invio e la ricezione di informazioni digitali. Il risultato è un prodotto unico che combina la bellezza naturale del legno con l'integrazione di funzionalità tecnologiche avanzate.

Punti di forza

- **Design elegante e discreto:** Il prodotto si integra perfettamente nell'ambiente circostante come un elemento di arredamento. Il suo design minimalista e raffinato la rende esteticamente unico.
- **Personalizzazione e flessibilità:** Mui Board offre la possibilità di personalizzare il sistema in base alle esigenze specifiche dei clienti, ciò consente un'esperienza su misura e una maggiore flessibilità nell'utilizzo.

 https://muilab.com/en/products_and_services/muiboard/

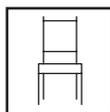
16 IPSUM

 Dukta Flexible Wood

 2020

 Svizzera

 Dukta Flexible Wood

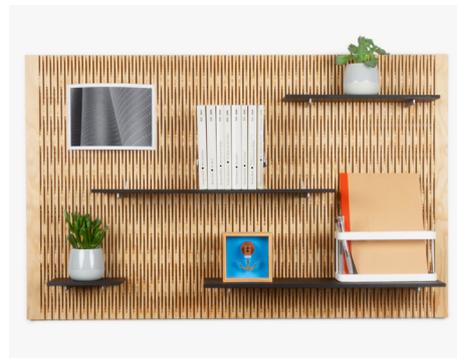
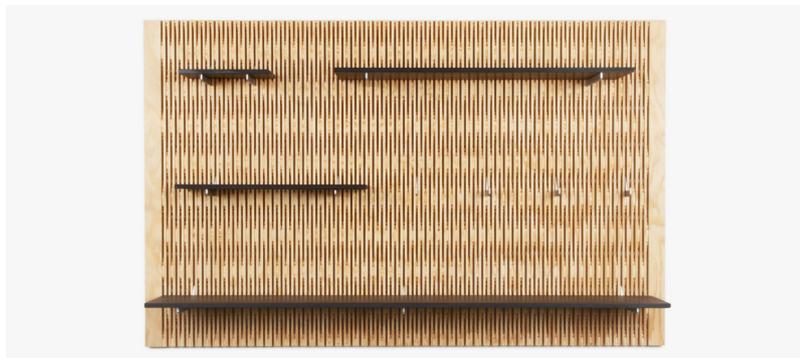


Design per l'abitare

Complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

Il pannello Ipsum offre una soluzione elegante per l'organizzazione degli spazi. Questo pannello può essere personalizzato con ganci e ripiani coordinati per adattarsi alle esigenze individuali. Presenta un design versatile e funzionale, adattandosi perfettamente a diverse aree della casa, come il soggiorno, la cucina o l'ingresso. Inoltre Ipsum può fungere anche da pannello acustico, contribuendo a creare un ambiente più tranquillo.



Materiali e tecnologie

Il pannello murale Ipsum è realizzato con un resistente compensato di pino, garantendo una struttura solida e dalla lunga durata nel tempo. La tecnologia alla base di Ipsum è il processo di incisione Dukta, attraverso il quale si creano scanalature precise che conferiscono flessibilità e plasmabilità al compensato. L'uso di Dukta, inoltre, rende Ipsum un prodotto dall'elevata durabilità e, una volta raggiunto il fine vita, adatto ad attività di upcycling.

Punti di forza

- **Versatilità:** Ipsum offre molteplici opzioni di utilizzo ed è adatto per l'installazione in diversi ambienti.
- **Funzionalità acustica:** Oltre alla funzione di organizzazione, Ipsum agisce anche come pannello acustico.

 <https://flexiblewood.shop/produnkt/ipsum-organisationpanel/?lang=en>
<https://materialdistrict.com/material/dukta-flexible-wood/>

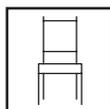
17 PROGRAMMABLE TABLE

✂ MIT SELF-ASSEMBLY LAB per Wood-Skin

📅 2015 (prototipo)

📍 Italia

📄 Wood Skin

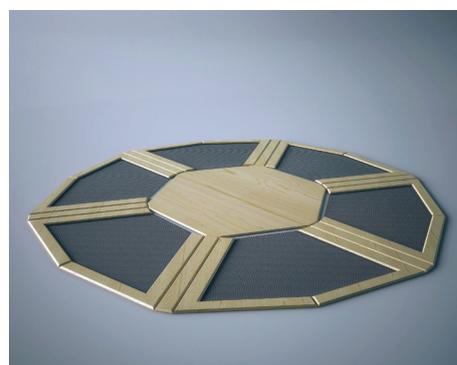


Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina e per l'esterno.

Descrizione

Programmable Table rappresenta un mobile altamente attivo e riconfigurabile, capace di adattarsi a diverse situazioni come il trasporto e lo stoccaggio. Il tavolo è in grado di assumere forme diverse o di essere ripiegato collassando su sé stesso per agevolare la conservazione e il trasporto, offrendo una elevata versatilità. Questo prodotto rappresenta uno spunto dal forte potenziale nell'ambito del design dei mobili salvaspazio, aprendo nuovi orizzonti per l'interior design e l'arredamento smart.



Materiali e tecnologie

Programmable Table è realizzato attraverso il processo Wood-Skin®, che combina legno e tessuto. Questa tecnologia permette alla tavola di auto-trasformarsi in modo preciso e controllato, fornendo una struttura solida e stabile. Grazie all'utilizzo di questa tecnologia, non è necessario l'assemblaggio manuale o meccanico di parti complesse.

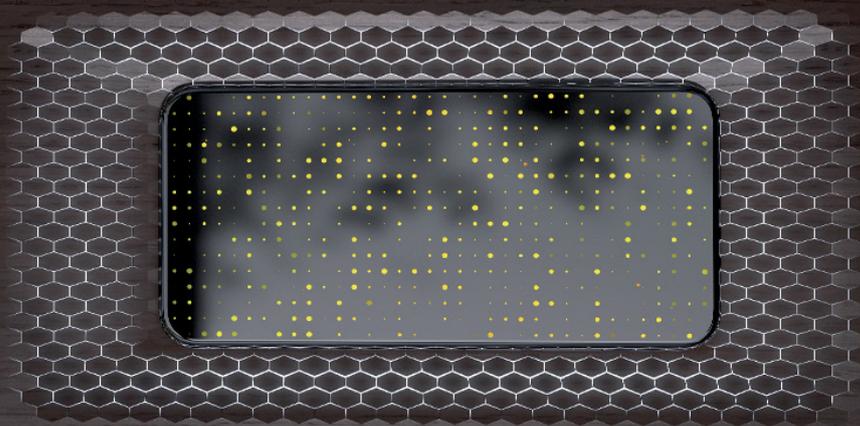
Punti di forza

- **Design innovativo:** Il prodotto rappresenta una nuova visione per il futuro dei mobili smart e auto-trasformanti.
- **Versatilità:** Il tavolo è in grado di adattarsi a diverse situazioni e utilizzi, può essere facilmente riconfigurata in forme diverse o ripiegato per lo stoccaggio e il trasporto.

🔗 <https://selfassemblylab.mit.edu/programmable-table>
<https://materialdistrict.com/material/wood-skin/>

DESIGN PER LA MOBILITÀ

Rientrano in questa categoria i mezzi individuali e collettivi per la mobilità aerea, nautica, stradale. I nuovi materiali a base legno sono impiegati sia in ambiti dove il legno tradizionale era solito essere individuato come materia prima principale (per es. nautica e automotive) sia in ambiti in cui il materiale ligneo non era mai stato trattato prima (per es. bici e moto).



PRND



Sullo sfondo:
Renault MORPHOZ

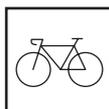
18 WOOD EAGLE

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2019 (serie limitata)

📍 Francia

🔧 Bois Larmé, C°wood e Airwood

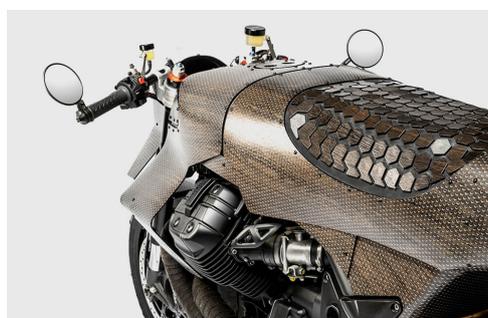
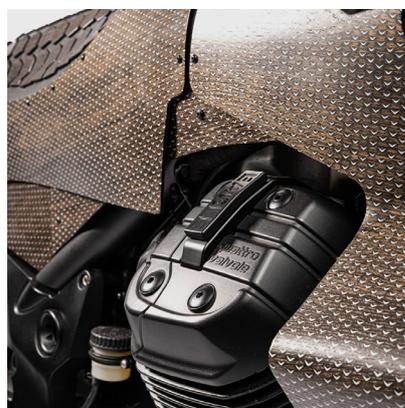


Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale privata.

Descrizione

Wood Eagle è un progetto di Steven Leprizé di personalizzazione realizzato su base Moto Guzzi Griso. L'obiettivo era quello di integrare più tecnologie di Arca Ebenisterie in un unico prodotto al fine di migliorarne alcune caratteristiche. Le carene sono realizzate in bois larmé, materiale che le rende più resistenti e che va ad aumentare il grip superficiale delle stesse. Inoltre, sono sagomate secondo un processo di curvatura proprietario, ossia C°wood. La sella, infine, è rivestita in Airwood, allo scopo di garantirne il giusto grado di morbidezza e comfort.



Materiali e tecnologie

Le carene sono realizzate in Bois Larmé di legno di quercia e alluminio curvati secondo il metodo C°wood. La sella sfrutta il sistema Airwood, e si presenta gonfia quando la moto è spenta, andando a creare una linea unica con quella delle carene. Quando la moto viene accesa, invece, una pompa estrae l'aria rivelando la sella; questa può essere regolata in base alle esigenze del guidatore tramite l'immissione o la rimozione dell'aria.

Punti di forza

- **Prestazioni meccaniche:** elevata resistenza e grip superficiale delle carene e della sella.
- **Versatilità:** la sella può essere regolata in base alle esigenze e alla corporatura del guidatore.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e crea delle gestualità nuove in ambito moto.
- **Manutenibilità:** le carene possono essere facilmente rimosse per la loro sostituzione o per effettuare interventi di manutenzione.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/wood-eagle/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

19 DUNDEE

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2019

📍 Francia

📄 Bois Larmé



Design per la persona
Attrezzature per lo sport.

Descrizione

Dundee è uno skateboard con struttura realizzata in Bois Larmé. In questo progetto l'ispirazione parte dalla conformazione della schiena del cocodrillo che, insieme all'impiego di Bois Larmé, ha permesso di ottenere una superficie dall'ottima resistenza e dall'elevato grip proprio in corrispondenza delle zone a contatto con le calzature. L'uso e lo sfregamento ripetuto faranno comparire in maniera sempre più nitida la texture a goccia della griglia metallica.



Materiali e tecnologie

La tavola è realizzata in Bois Larmé composto da legno di eucalipto unito ad una griglia in alluminio. Le ruote, invece, sono in poliuretano e sono collegate al resto dello skateboard da delle staffe in acciaio inossidabile.

Punti di forza

- **Prestazioni meccaniche:** resistenza meccanica superiore a quella del legno.
- **Sicurezza:** la griglia metallica permette di ottenere un elevato grip superficiale con le calzature.
- **Disassemblabilità:** i componenti possono essere facilmente smontati per la loro sostituzione o per effettuare interventi di manutenzione.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/dundee/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

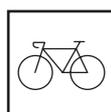
20 CAJALUN

 Nemus Cycles

 2013

 Germania

 LignoTUBE



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale privata.

Descrizione

La start up tedesca Nemus Cycles nel 2014 ha vinto il Reddot Award per la Nemus Cajalun. Si tratta di una bicicletta la cui novità consiste nell'impiego di alluminio e LignoTUBE per la realizzazione del telaio e della componentistica. Questo prodotto vanta un'espressività estetica riconoscibile e identitaria che evidenzia, grazie al contrasto con le parti verniciate di bianco, le sezioni di telaio in materiale ligneo. Tra i punti di forza della Nemus Cajalun vi sono la leggerezza, il comfort di guida, la longevità, la stabilità dimensionale e l'estetica elegante.



Materiali e tecnologie

Il telaio della bicicletta Cajalun è realizzato combinando alluminio e LignoTUBE, materiale costruito a partire da piallacci di legno. L'impiego di questi materiali ha permesso di ottenere un peso di soli nove chilogrammi e una struttura estremamente stabile e durevole che rende Cajalun riciclabile e ambientalmente ed energeticamente sostenibile da produrre.

Punti di forza

- **Impatto ambientale:** impiego di materiali riciclabili.
- **Disassemblabilità:** al fine di agevolare gli interventi di manutenzione, smaltimento o riuso del prodotto.
- **Prestazioni:** caratteristiche meccaniche e stabilità dimensionali paragonabili a quelle dell'alluminio.
- **Leggerezza:** grazie ai materiali impiegati il peso è ridotto a soli 9 kg.

 <https://www.red-dot.org/project/nemus-cajalun-31920>

<https://www.velobiz.de/news/nemus-cycles-erreicht-mit-dem-urban-bike-cajalun-serienreife-veloQXJ0aWNsZS8xMDC5Mgbiz>

DESIGN PER LA PERSONA

In questa categoria rientrano l'abbigliamento, attrezzature per lo sport, il benessere e l'igiene personale, telefonia mobile, palmari, lettori MP3, elettronica per la persona, giochi e articoli per l'infanzia, protesi e attrezzature mediche ad uso privato, gioielli. Molteplici sono i campi approfonditi, da quello dei beni di lusso a quello dei piccoli oggetti di uso quotidiano.



Sullo sfondo:
Hermès Kelly Kellywood

21 CULBUTO

✂ Steven Leprizé per Arca Ébénisterie

📅 2019

📍 Francia

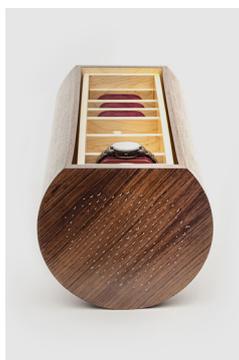
🔪 Bois Larmé



Design per la persona
Oggetti di lusso.

Descrizione

Culbuto è una scatola porta orologi da 6 slot realizzata impiegando una struttura in legno massello rivestita in Bois Larmé. Questo materiale permette alla cassa di avere un'elevata resistenza all'abrasione e agli urti, caratteristiche fondamentali al fine di garantire un adeguato livello di protezione per gli orologi. Inoltre, è caratterizzata da un sistema di contrappesi che permette di mantenere la scatola in equilibrio e di poter osservare gli orologi contenuti.



Materiali e tecnologie

La struttura interna e la rastrelliera per gli orologi sono realizzati in legno massello di acero occhiolinato. Il rivestimento esterno in Bois Larmé è costituito da piallacci in legno di palissandro uniti ad una griglia in alluminio. La finitura superficiale di Culbuto è ottenuta mediante verniciatura con smalto trasparente.

Punti di forza

- **Protezione:** gli orologi sono sempre protetti e ancorati, anche in caso di rotazione della scatola.
- **Prestazioni:** elevata resistenza all'abrasione e agli urti.

🔗 <https://stevenleprize.com/project/culbuto/>
<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

22 VINE

✂ Yves Béhar per Fuseproject

📅 2021

📍 Stati Uniti

📄 Forust



Design per la persona
Recipienti e oggetti per la persona.

Descrizione

Vine è una collezione di quattro oggetti multifunzionali per la casa e per la cucina progettati dal designer statunitense Yves Béhar in collaborazione con Forust. La forma di questi prodotti è stata concepita, da un lato, al fine di sfruttare ed esplorare le capacità della tecnologia di stampa 3D di Forust (i prodotti sono monocomponente), dall'altro, allo scopo di creare un contrasto tra le linee curve e organiche con il calore, la compattezza e la leggerezza del materiale.



Materiali e tecnologie

La collezione Vine è interamente realizzata in Foust, un materiale a base di segatura, lignina e bioresina stampabile in fabbricazione additiva (binder jetting). I prodotti sono fabbricati nella versione senza venature e sono volutamente lasciati grezzi, al fine di esaltare le caratteristiche del materiale. Inoltre, sono realizzati in un unico pezzo e sono privi di giunzioni (colle o ferramenta).

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** materiale bio-based a base di materie ritenute scarti; il prodotto è riciclabile.
- **Sicurezza:** il materiale è completamente atossico.
- **Prestazioni:** caratteristiche meccaniche e di durata analoghe a quelle del legno.
- **Multifunzionalità:** il prodotto è estremamente flessibile nell'utilizzo.

🔗 <https://fuseproject.com/work/forust-vine-3d-wood-collection/>
<https://www.moekodesign.com/post/forust-3d-print-wood>

23 WOOD CLUTCH

✂ Tesler + Mendelovitch

📅 2013

📍 Israele

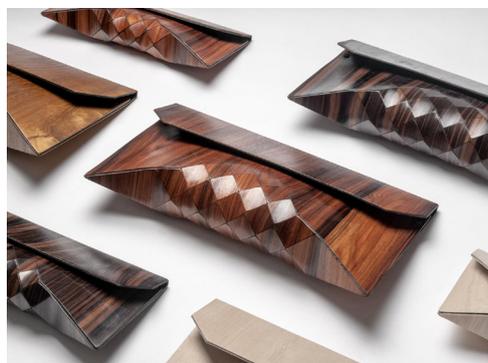
📄 Wood Textile



Design per la persona
Oggetti di lusso.

Descrizione

Wood Clutch è una pochette studiata per massimizzare la leggerezza e permettere una presa agevole, grazie all'ottimo grip fornito dalla parte inferiore con texture a rombi. L'interno, invece, è realizzato in pelle conciata al vegetale mentre la chiusura è di tipo magnetico. Mentre il design geometrico della superficie fornisce la flessibilità necessaria, anche il resto delle superfici in legno sono progettate per garantire un'ottima resistenza all'usura e per diventare sempre più morbide ed elastiche con l'utilizzo.



Materiali e tecnologie

Wood Clutch è disponibile in diverse essenze, di cui molte pregiate ed esotiche, come imbuia, ebano macassar, ebano pale moon, palissandro, noce americano, noce africano, betulla ecc. L'interno è realizzato in pelle conciata al vegetale, mentre l'esterno è rivestito con dei piallacci di legno cesellati, al fine di permettere il giusto grado di flessibilità. La chiusura, infine, è del tipo a scomparsa ed è magnetica.

Punti di forza

- **Protezione:** Il materiale esterno e quello interno preservano gli oggetti contenuti da urti e graffi.
- **Prestazioni:** elevata resistenza all'usura e ottimo grado di flessibilità.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile ed introduce il legno come materiale nel campo moda.
- **Comfort:** leggero. Inoltre, la texture geometrica della superficie permette una presa comoda e ben salda.

🔗 <https://www.tesler-mendelovitch.com/clutchpurse>
<https://www.notjustalabel.com/tesler-mendelovitch>

24 TUESA

 Anastasiya Koshcheeva

 2015

 Germania

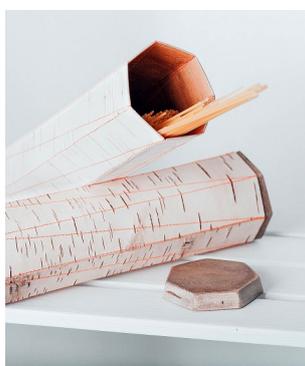
 Stitched Wood



Design per la persona
Recipienti e oggetti per la cucina.

Descrizione

Tuesa è una collezione di contenitori, che grazie alle eccezionali qualità antibatteriche e isolanti della corteccia di betulla, offrono la soluzione adatta alla conservazione di cibo, spezie e tè. La presenza dell'olio essenziale all'interno della corteccia permette di mantenere il contenuto fresco, freddo o caldo per un periodo di tempo prolungato. Con una forma che reinterpreta in chiave contemporanea le tradizioni artigianali siberiane, i contenitori Tuesa rappresentano l'unione della funzionalità con la volontà di tramandare la tradizione e i suoi metodi.



Materiali e tecnologie

I contenitori "Tuesa" sono realizzati impiegando solo corteccia naturale di betulla. Questa è nota per le sue proprietà antibatteriche e isolanti, che consentono di mantenere il contenuto dei contenitori fresco, freddo o caldo. La tecnologia impiegata si basa sulla cucitura della corteccia, questa si riflette nel design e nella durabilità dei contenitori Tuesa.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** La lunga durata dei contenitori riduce la necessità di sostituirli frequentemente.
- **Qualità antibatterica e isolante:** Grazie alle proprietà antibatteriche della corteccia di betulla, i contenitori offrono un'ottima soluzione per la conservazione del cibo, delle spezie e del tè.
- **Design tradizionale e contemporaneo:** La serie Tuesa combina abilmente l'antica tradizione artigianale siberiana con un'estetica contemporanea.

 <https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/tuesa/>
<https://materialdistrict.com/material/stitched-wood/>





Capitolo 6

NUOVI MATERIALI CHE IMITANO IL LEGNO

6.1 Schedatura dei materiali

6.1.1 Obiettivi della selezione

L'obiettivo primario della disciplina del progetto, come suggerito dalla sua radice latina «projectus» (cioè “gettato in avanti”), è quello di proiettare in avanti la propria visione di futuro, ossia di essere portatore di qualcosa di nuovo [1]. Questo carattere di costante ricerca di novità è lo stesso che è alla base del nutrito **interesse da parte dei designer** per tutte quelle novità tecnologiche che riguardano la **sfera dei materiali**. Infatti, il materiale è uno dei fattori principali nello sviluppo di un progetto e talvolta è proprio l'aspetto trainante dell'intero concept (material driven).

Alla luce di ciò, in questo capitolo e in quello successivo si è deciso di andare ad **approfondire parallelamente due categorie di materiali**: nel capitolo 5 si analizzeranno alcune delle principali novità in ambito semilavorati del legno, ossia materiali che puntano a migliorare alcune caratteristiche o a emulare le proprietà di altri materiali, creando degli ibridi [fig. 1]; nel capitolo 6, al contrario, si esploreranno quei materiali che imitano il legno sotto diversi punti di vista, dall'aspetto estetico fino alle proprietà meccaniche e chimiche [fig. 2].

Di conseguenza, considerate le ampie possibilità di combinazione si è deciso di riportare, all'interno del presente capitolo, una serie di **schedature di una selezione di materiali che imitano legno**, ottenuti con l'utilizzo di materie prime alternative al legno.

L'obiettivo delle schedature è quello di presentare nella maniera più dettagliata possibile i nuovi materiali che imitano il legno, al fine di fornire uno strumento utile per tutti coloro che si approcceranno alla progettazione con essi. Questo permetterà di avere a disposizione una **panoramica di informazioni** facilmente accessibili e di semplice lettura, in modo da poter effettuare delle scelte con maggiore consapevolezza.



Figura 1 Slim, nuovo materiale a base legno la cui peculiarità è il fatto di essere traslucido.



Figura 2 Ekoa, materiale a base di fibre di lino che imita il legno.

[1] Germak Claudio, “Uomo al centro del progetto. Design per un nuovo umanesimo”, Torino, Allemandi & C., 2008.

6.1.2 Modalità e criteri di schedatura

Traendo ispirazione dalle modalità di lavoro seguite all'interno delle **materioteche**, per ognuno dei materiali selezionati è stata elaborata una scheda seguendo un **layout standardizzato**, nel quale sono riportate le seguenti informazioni:

- Numero di scheda e nome.
- Anno di inizio della produzione.
- Logo dell'azienda produttrice.
- Anno di fondazione, luogo e sito web dell'azienda.
- Descrizione del materiale.
- Descrizione del processo produttivo.
- Materie prime impiegate.
- Sostenibilità ambientale.
- Fine vita.
- Tecnologie di lavorazione
- Prezzi.
- Percezione.
- Certificazioni, standard e riconoscimenti.
- Proprietà.
- Ambiti d'impiego.
- Colorazioni e finiture.

I materiali sono stati selezionati seguendo alcuni criteri:

- **Datazione**, ossia si è stabilito come limite massimo di "età" del materiale 20 anni dall'inizio della produzione. 20 anni, infatti, è il limite oltre il quale un brevetto decade e, di conseguenza, entro il quale un prodotto o un processo non può più essere ritenuto qualcosa di nuovo. Le stesse considerazioni, di conseguenza, possono essere ritenute valide anche per i materiali.
- Il **tipo di novità** e le **potenzialità** progettuali che il materiale offre.

01 PLAW

SOHMA FURUTATE

In produzione dal 2018

Azienda

📅 2016

📍 Giappone

🌐 sohmafurutedesign.com/

Descrizione

PLAW è un materiale nato da un'idea del designer giapponese Sohma Furutate con l'obiettivo di combinare le proprietà dei polimeri plastici con l'estetica del legno (in questo caso frassino). Il processo consiste nel bruciare la superficie dello stampo in legno e di versare della resina epossidica al suo interno. Mentre la resina polimerizza, la superficie carbonizzata del legno si trasferisce sul materiale, copiandone le venature. Il risultato è simile a quello del legno traslucido ma con le venature di colore nero. Questo processo permette ad entrambi i materiali di sviluppare delle nuove caratteristiche: la resina epossidica perde la propria omogeneità in favore di una maggiore espressività tattile e visiva; il legno, invece, rende riproducibile in serie l'unicità della propria venatura.

Materie prime

Resina epossidica, stampo in legno di frassino.

Processo produttivo

Attualmente il processo di fabbricazione di PLAW è caratterizzato da una forte componente manuale in molte delle sue operazioni. Il primo step consiste nell'essiccazione delle assi in frassino, al fine di ridurre la loro percentuale di umidità residua. Successivamente la superficie del legno viene carbonizzata con una fiamma ossidrica e inserita al fondo di una cassaforma della sua stessa dimensione. La fase successiva è quella della preparazione della resina epossidica (trasparente o colorata) e della sua colatura all'interno dello stampo. Una volta essiccata il pezzo viene estratto dalla cassaforma per procedere con la separazione del componente in resina dall'asse. Il semilavorato, infine, viene dimensionato tramite taglio e rifinito attraverso carteggiatura e lucidatura.



Sostenibilità ambientale

Tra i punti di forza di PLAW vi è la riutilizzabilità dello stampo in legno e la rigenerazione della sua superficie attraverso un nuovo processo di carbonizzazione. Un aspetto sul quale è necessario porre la attenzione è il tipo di resina epossidica impiegata, ossia se è bio-based o meno; il produttore, tuttavia, non ha rilasciato informazioni su questo aspetto.

Fine vita

La resina epossidica fa parte della famiglia delle plastiche termoindurenti, conosciute per la loro scarsa sostenibilità ambientale. Attualmente, il fine vita dei prodotti realizzati in questi materiali consiste nel loro smaltimento in discarica o nell'incenerimento. Tuttavia, negli ultimi decenni molteplici laboratori di ricerca hanno iniziato a lavorare sullo sviluppo di soluzioni per il riciclo chimico e il recupero delle resine epossidiche.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione della resina epossidica come taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, stampaggio, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

Visivamente PLAW appare con un aspetto simile a quello del legno traslucido ma con le venature che virano dal nero al marrone scuro. Al tatto la percezione è quella di una superficie lignea carbonizzata, ossia rugosa e tridimensionale.

Aspetti che imita del legno

PLAW imita la venatura e la tridimensionalità superficiale del legno tradizionale.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Ottima **resistenza all'abrasione**



Res a compressione: 103-102 MPa



Res a flessione: 89,6-145 MPa



Res a trazione: 45-89,6 MPa



Modulo di taglio: 0,84-0,88 GPa



Basso **assorbimento di acqua**

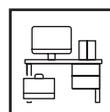


Ottima **res. agli agenti chimici**



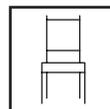
Elevata **stabilità dimensionale**

Ambiti d'impiego



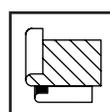
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Ristorazione.



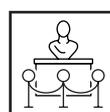
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in versione trasparente o colorata (con tinta personalizzabile).



02 UONUON

In produzione dal 2012



Azienda

📅 1996

📍 Italia

🌐 targetceramics.com/

Descrizione

Uonuon è una collezione di piastrelle in gres porcellanato prodotta dall'azienda italiana Target Ceramics. Il materiale si presenta con una base bianca o nera sulla quale viene successivamente realizzato un decoro che imita la venatura del legno. Le piastrelle sono molto resistenti agli agenti atmosferici e ai graffi e, inoltre, sono adatte per aree a traffico intenso.

Materie prime

Argille ceramiche, feldspati, caolini e sabbia.

Processo produttivo

Il primo step è quello dell'immissione delle materie prime sulla linea continua, dove una striscia di polvere dallo spessore uniforme è compattata, tagliata e pressata formando una prima grande lastra. Dopodiché la lastra viene tagliata e essiccata, perdendo la propria umidità. La fase successiva è il processo di smaltatura del prodotto attraverso ink-jet, che permetterà di realizzare l'effetto legno. Infine, le piastrelle subiscono il processo di cottura (1180°C) e, in seguito, mediante taglio e rettifica, diventano lastre perfettamente squadrate.



Sostenibilità ambientale

Il gres porcellanato è un materiale che presenta un basso impatto ambientale in tutte le fasi della sua filiera, dall'estrazione delle materie prime (di tipo naturale e diffuse in natura) in cave selezionate, fino alla produzione industriale, realizzata secondo criteri di efficientamento energetico e idrico; non contiene sostanze tossiche. Inoltre, le acque e i materiali di scarto di produzione vengono interamente riciclati.

Fine vita

Il gres porcellanato è un materiale prodotto in gran parte con materiali riciclati e riciclabili. Ha una durabilità di gran lunga maggiore rispetto ad altri materiali (ha una durabilità stimata di 60 anni rispetto ai 15 del legno). Inoltre, nella maggior parte dei casi, è possibile effettuare manovre di manutenzione agendo solo sulla parte interessata, evitando, in questo modo, lo spreco di materiale ancora integro e idoneo.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, fresatura, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La finitura opaca restituisce una percezione di ruvidità, mentre quella satinata risulta essere liscia e scorrevole. Visivamente la superficie è bicromatica e rimanda all'aspetto delle venature del legno.

Aspetti che imita del legno

UnUn riprende l'aspetto estetico delle venature del legno senza, però, replicarne le cromie.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Elevata **resistenza all'abrasione**



Elevata **resistenza all'impatto**



Res a flessione: > 35N/mm²



Atossico



Ottima **res. agli sbalzi termici**



Basso **assorbimento di acqua:** ≤0.5%

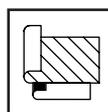


Elevata **res. agli agenti chimici**



Ottima **resistenza ai raggi UV**

Ambiti d'impiego



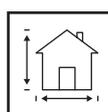
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Architettura e costruzioni

Pavimentazioni da esterno.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in 84 colorazioni e due opzioni di finitura (satinata e opaca).



03 HEMPWOOD

In produzione dal 2019



Azienda

-  2019
-  Stati Uniti
-  hempwood.com/

Materie prime

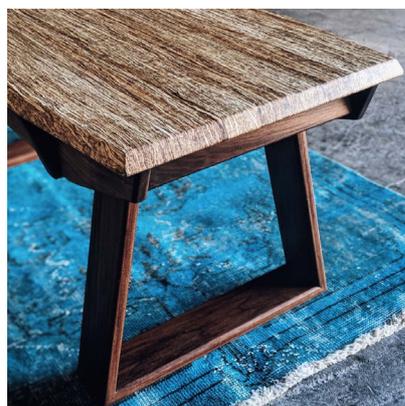
Fibre di canapa (canapulo), bio-resina legante a base di soia.

Descrizione

Hempwood è nato con l'obiettivo di porsi come materiale alternativo al legno, al quale assomiglia per aspetto e caratteristiche. Questo semilavorato è composto per più del 80% da fibre di canapa, le cui piante immagazzinano circa 2 tonnellate di CO2 per acro, rendendo il materiale carbon negative. L'obiettivo dell'azienda è quello di fornire un'alternativa maggiormente ecosostenibile al legno e alla sua filiera produttiva. Infatti, rispetto agli alberi, che spesso richiedono decenni per la loro crescita, la canapa impiega solo 120 giorni per raggiungere la maturazione. Inoltre, il prezzo è competitivo rispetto a quello di altri legni duri (per es. quercia bianca) e la durezza è maggiore del 20% rispetto all'hickory, uno dei legni più duri in commercio.

Processo produttivo

Attraverso un processo brevettato, utilizzando il bio-mimetismo, le fibre di canapa e gli agenti leganti a base di proteine vengono trasformati. Il processo produttivo inizia con la frantumazione degli steli di canapa che successivamente vengono disposti, in modo uniforme, su una griglia e arrotolati. Lo step seguente è quello dell'immersione del rotolo di fibre di canapa nella resina legante a base di soia. Terminata questa operazione, il materiale viene estratto e aperto per essere inserito in un forno essiccatore, al fine di ridurre il contenuto di umidità. Lo step successivo prevede l'inserimento e la pressatura del materiale in uno stampo. Infine, il materiale viene cotto in un forno. Dal materiale di base saranno poi prodotti semilavorati come pannelli e impiallaccature.



Sostenibilità ambientale

La sostenibilità di Hempwood parte sin dalla coltivazione della canapa, che permette dei ridotti tempi di crescita (120 giorni); inoltre, la canapa viene acquistata da agricoltori locali (entro 100 miglia dalla fabbrica). L'azienda impiega leganti certificati CARB2 privi di formaldeide (0% VOC) ed utilizza fonti energetiche rinnovabili (centrali idroelettriche e sfridi di produzione). Questi aspetti rendono Hempwood un materiale ecosostenibile e carbon negative.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul suo fine vita. Tuttavia, il materiale è caratterizzato da un'elevata durabilità e in caso di danneggiamento superficiale è possibile levigarlo e rifinirlo nuovamente. Hempwood, inoltre, data la sua composizione totalmente bio-based, è biodegradabile e non rilascia sostanze nocive.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, verniciatura.

Prezzi

Il prezzo varia in base alla dimensione del pannello; il range va da 24\$ per una tavola da 122 x 14 x 2 cm fino a 84\$ per una tavola da 183 x 14x 5 cm.

Percezione

Hempwood allo stato grezzo appare opaco e con una texture molto fitta, simile a quella del legno e delle sue venature. Al tatto, invece, restituisce la percezione di ruvidità e tridimensionalità tipica del legno; se rifinita, la superficie appare liscia e scorrevole.

Aspetti che imita del legno

Il materiale rimanda all'aspetto estetico del legno ma con alcune proprietà differenti, come la maggiore durezza e tempi di crescita inferiori.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Leggerezza, densità 0,96 g/cm³



Buona **resistenza a compressione**



Buona **resistenza all'abrasione**



Elevata **rigidità**



Ignifugo

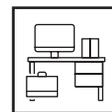


Buon **isolante termico**

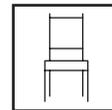


Buon **isolante acustico**

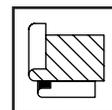
Ambiti d'impiego



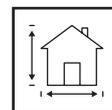
Design per il lavoro
Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



Design per l'abitare
Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici
Materiali per la produzione e componenti semilavorati.



Architettura e costruzioni
Pavimentazioni da interno e rivestimenti.

Colorazioni e finiture

Hempwood è disponibile in otto varianti di colore.



04 GREEN BLADE

In produzione dal 2009



FIBANDCO®
FRENCH WEST INDIES

Azienda

-  2009
-  Martinica
-  fibandco.com/

Materie prime

Tranciati di fibre di banana, supporto in tessuto non tessuto o carta Kraft (entrambi certificati FSC).

Descrizione

Green Blade è un'impiallacciatura 100% bio-based a base di fibre di banana, sviluppata dall'azienda caraibica FIBandCO come alternativa all'impiallacciatura di legno esotico. Infatti, ogni anno scompaiono 32 milioni di acri di foresta naturale mentre 24 milioni di acri di banani sono disponibili a livello globale e completamente rinnovabili due volte all'anno. Alla fine del ciclo di vita di 9 mesi delle piante di banana, muoiono e ricrescono dal loro bulbo. FIBandCO acquista i tronchi indesiderati dai coltivatori di banane per realizzare Green Blade, dando vita ad una vera e propria filiera sostenibile dal punto di vista ambientale, grazie all'impiego di risorse ed energie rinnovabili, e sociale, in quanto sostiene le comunità agricole locali.

Processo produttivo

Il processo produttivo di Green Blade inizia con la raccolta dei tronchi di banana presso gli agricoltori locali. Una volta giunti allo stabilimento, questi sono fatti passare su un rullo trasportatore per raggiungere la postazione di scortecciatura e dimensionamento, dove i tronchi sono tagliati a forma di parallelepipedo. Lo step successivo è quello della tranciatura, in cui le fibre di banana sono ridotte in sottili strisce; queste, in seguito, sono disposte e allineate una di fianco all'altra. L'ultima fase è quella dell'unione del piallaccio con il materiale di supporto (in tessuto non tessuto o carta Kraft), operazione che avviene attraverso il passaggio di un rullo pressatore. Terminata quest'operazione il materiale è organizzato in bobine ed è pronto per essere impiegato nella produzione di altri semilavorati di FIBandCO (per es. pannelli acustici).



Sostenibilità ambientale

Green Blade è un materiale che fa della sostenibilità un suo punto di forza. In primis, dà una seconda vita a un sottoprodotto della coltivazione delle banane; alla fine del loro ciclo di vita di 9 mesi, infatti, le piante di banana muoiono per poi ricrescere dal loro bulbo. Inoltre, la produzione non utilizza acqua o collanti ed è alimentata da pannelli fotovoltaici. Infine, riduce il prelievo di legni esotici. Questi aspetti rendono questo materiale ecosostenibile e dalla ridotta impronta di carbonio.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul suo fine vita. Tuttavia, Green Blade è interamente realizzato con materie prime di origine naturale, caratteristica che lo rende un materiale biodegradabile.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione dei piallacci di legno come taglio, taglio al laser, foratura, avvitatura, incollaggio, curvatura, sagomatura, levigatura, verniciatura, impiallacciatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

Green Blade allo stato grezzo appare opaco e con una texture molto fitta simile a quella dei legni con fibratura dritta. Al tatto, invece, restituisce una percezione di ruvidità molto fine simile a quella del legno; se rifinita, la superficie appare liscia e scorrevole.

Aspetti che imita del legno

Il materiale rimanda all'aspetto estetico dei tranciati di legno esotico per impiallacciate.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Leggerezza



Discreta **resistenza all'abrasione**



Atossico



Discreta **res. agli agenti chimici**



Traslucenza



Discreta **resistenza ai raggi UV**

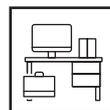


Buon **isolante acustico**



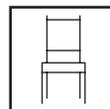
Bio-based e biodegradabile

Ambiti d'impiego



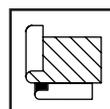
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Componenti semilavorati, serramenti, rivestimenti.

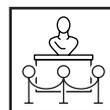


Exhibit Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.

Colorazioni e finiture

Green Blade è disponibile in dieci colori (naturali della pianta, non tinteggiati).



05 NEWSPAPERWOOD



In produzione dal 2003

Azienda

- 2003
- Paesi Bassi
- newspaperwood.com/

Descrizione

NewspaperWood è un materiale inventato da Mieke Meijer, sviluppato insieme e concesso in licenza all'azienda olandese Vij5. L'obiettivo è quello di dare una seconda vita a una parte delle grandi quantità di carta di giornale che quotidianamente vengono prodotte e smaltite (per poi essere riciclate). NewspaperWood mostra un'inversione del processo di produzione tradizionale; non dal legno alla carta, ma viceversa. Quando un tronco di NewspaperWood viene tagliato longitudinalmente gli strati di carta appaiono come le linee delle venature del legno mentre trasversalmente ricordano gli anelli di crescita, rimandando, quindi, all'estetica del vero legno. NewspaperWood non mira a essere un'alternativa su larga scala al legno, ma un progetto di upcycling.

Materie prime

Carta di giornale da recupero, resina legante priva di solventi e plastificanti.

Processo produttivo

Il processo produttivo di NewspaperWood inizia con il reperimento delle materie prime da un'azienda locale specializzata nella raccolta di giornali scartati durante il processo produttivo (per es. errori di stampa, eccedenze di giornali vecchi mai distribuiti) o rifiuti di carta di giornale destinati al riciclo (filiera tra l'altro già molto efficiente). I vari fogli di carta sono incollati individualmente tra loro e inseriti in un macchinario automatico, che li avvolge creando un tronco cilindrico. Successivamente i tronchi sono tagliati in tavole rettangolari e lasciati ad essiccare in cataste con listelli distanziatori, proprio come avviene per la stagionatura del legno tradizionale. Terminata questa fase, i pezzi sono levigati e rifiniti.



Sostenibilità ambientale

Il tema principale del progetto è l'upcycling, pratica con il quale viene mostrato come un surplus di materiale di scarto può essere trasformato in qualcosa di valore, semplicemente impiegandolo in un contesto diverso. La sostenibilità di NewspaperWood continua anche nel suo processo produttivo, che impiega collanti idrosolubili privi di solventi e plastificanti. Inoltre, il reperimento delle materie prime da realtà locali limita al minimo i cicli di trasporto, aumentando l'efficienza del processo.

Fine vita

I prodotti realizzati in NewspaperWood, impiegando collanti privi di solventi e plastificanti, possono essere smaltiti e avviati a processi di riciclaggio. Questo aspetto, inoltre, permette di riutilizzare gli sfridi di segatura e carteggiatura prodotti durante il processo di fabbricazione in altri contesti, come quello del riciclo della carta.

Tecnologie di lavorazione

Il materiale può essere tagliato, fresato e levigato e generalmente trattato come qualsiasi altro tipo di legno.

Prezzi

NewspaperWood non è commercializzato a terzi. È possibile lavorare con questo materiale iniziando una collaborazione con Vij5, azienda che ne detiene l'uso esclusivo.

Percezione

L'aspetto visivo è simile a quello del legno e delle sue venature ma più fitto; questo effetto è determinato dalle tracce visibili di lettere stampate, fotografie, pubblicità e altri elementi grafici nel materiale di partenza. Al tatto il materiale appare liscio, mentre l'odore è quello tipico della carta riciclata.

Aspetti che imita del legno

Il materiale rimanda all'aspetto estetico del legno nelle venature, nel contrasto cromatico e nella disposizione delle linee lungo le varie sezioni del tronco.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

**EUROPEAN
INVENTOR
AWARD**



Proprietà



Discreta **resistenza all'abrasione**



Discreta **resistenza ai raggi UV**



Bassa **res. agli agenti chimici**



Atossico



Buon **isolante termico**

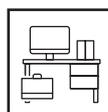


Discreto **isolante acustico**



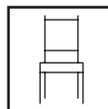
Elevata **riciclabilità**

Ambiti d'impiego



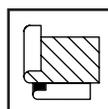
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



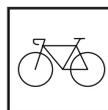
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Materiali per la produzione e componenti semilavorati.

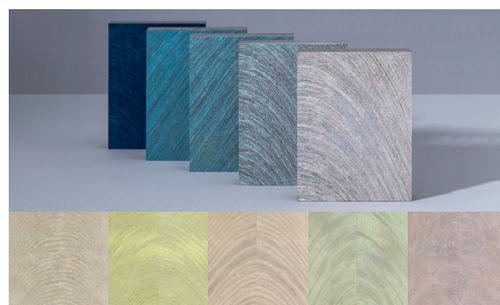


Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale (interni nel settore automotive).

Colorazioni e finiture

Le varie tinte disponibili dipendono dai colori della carta impiegati dai singoli editori.



06 EKOVA

In produzione dal 2017

Lingrove

Azienda

-  2014
-  Stati Uniti
-  lingrove.com/

Materie prime

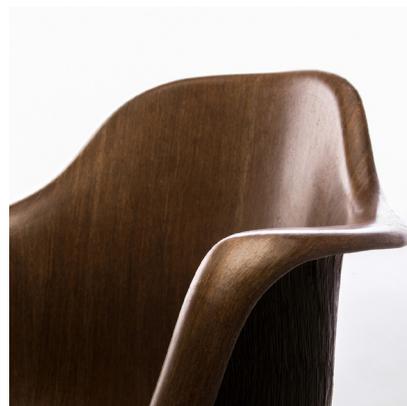
Fibre di lino, resine leganti bio-based, supporto in cellulosa.

Descrizione

Ekoa è un materiale a base di fibre di lino nato come alternativa al legno, alla plastica e ai laminati in tutte le applicazioni ad uso interno. Lo sviluppo di questo materiale è iniziato con l'obiettivo di trovare una materia prima alternativa al legno per la realizzazione di chitarre, percorso che attraverso un processo di reverse engineering del legno tradizionale ha portato alla nascita di Ekoa. Tra i principali punti di forza di questo materiale vi sono il costo competitivo e un rapporto peso/resistenza superiore a quello dell'acciaio e della fibra di vetro aerospaziale. Inoltre, rispetto al legno, riesce ad essere più leggero e ad avere una maggiore resistenza agli agenti atmosferici. Ekoa, infine, è un materiale completamente bio-based e carbon-negative.

Processo produttivo

Il processo di Ekoa inizia con l'approvvigionamento della materia prima principale, ossia le fibre di lino; queste sono coltivate da agricoltori locali situati nelle vicinanze dello stabilimento produttivo. La fase successiva è quella della disposizione delle fibre, tavolta organizzate su più strati incrociati al fine di aumentarne la resistenza meccanica; durante questa fase avviene anche l'imregnazione delle fibre con una resina di origine vegetale. Concluso questo step i pannelli vengono trasferiti ad asciugare all'interno di un forno essiccatore per poi essere estratti e stoccati in un magazzino. Dal materiale ottenuto saranno poi realizzati i vari prodotti attraverso un processo di termoformatura simile a quello dei polimeri plastici.



Sostenibilità ambientale

La sostenibilità di Ekoa parte sin dalla coltivazione del lino, che permette dei ridotti tempi di crescita (dai 90 ai 120 giorni); inoltre, il lino viene acquistato da aziende agricole locali. L'azienda impiega resine leganti bio-based di origine vegetale che hanno permesso ad Ekoa di ottenere la certificazione Clean Air Gold (0% VOC) e di diventare un materiale carbon negative.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul suo fine vita. Tuttavia, Ekoa è interamente realizzato con materie prime di origine naturale, caratteristica che lo rende un materiale biodegradabile.

Tecnologie di lavorazione

Quasi tutte le tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, curvatura, incollaggio, verniciatura, impiallacciatura. Non è possibile carteggiarlo.

Prezzi

Il prezzo è di 120\$ al m² per un pannello di spessore 0,9 mm.

Percezione

A livello visivo Ekoa rimanda fortemente all'aspetto del vero legno, sia dal punto di vista della texture (leggermente più fitta in Ekoa) sia per quanto riguarda le cromie. La percezione che restituisce al tatto è simile a quella del legno trattato con finitura all'olio, ossia semilucida, liscia e scorrevole.

Aspetti che imita del legno

Il materiale rimanda all'aspetto estetico del legno nelle cromie e nelle venature anche dal punto di vista tattile.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Leggerezza, 0,56 kg/m²



Elevato **rapporto peso/resistenza**



Elevata **resistenza a trazione**



Elevata **resistenza a compressione**



Ottima **resistenza ai raggi UV**



Ottima **res. agli agenti chimici**

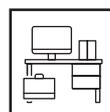


Translucenza



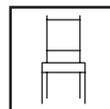
Ottima **resistenza al fuoco**

Ambiti d'impiego



Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio e per la comunità.



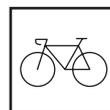
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design per la persona

Strumenti musicali, accessori per smartphone, interfacce digitali.



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale (interni nel settore automotive, biciclette, skateboard).

Colorazioni e finiture

Ekoa è disponibile in 4 colorazioni.



07 BAMBOO X-TREME

In produzione dal 2010



Azienda

1997

Paesi Bassi

moso-bamboo.com/

Descrizione

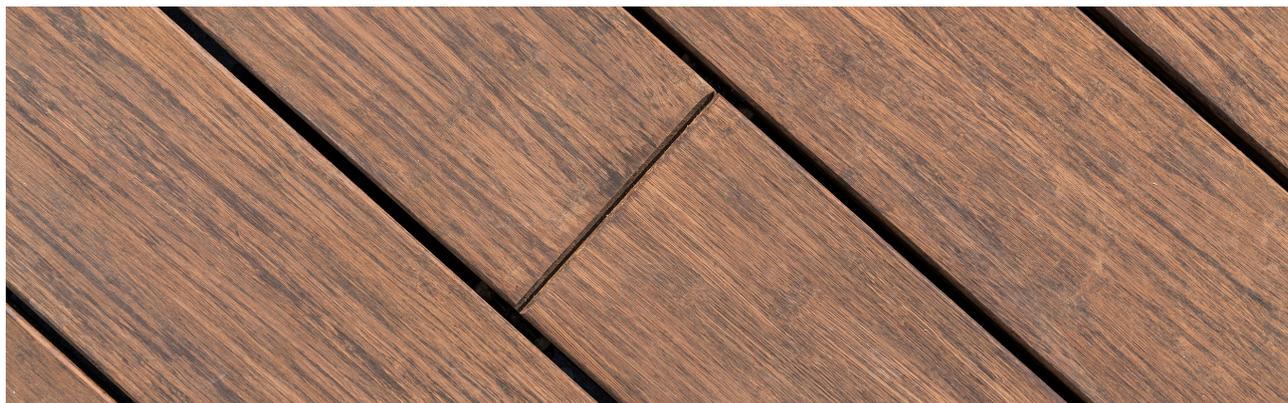
MOSO® Bamboo X-treme® è una tavola massiccia ad alta densità, ricavata dalla compressione di strisce di bambù. Questo materiale nasce come semilavorato adatto per applicazioni da esterno, specialmente rivestimenti e arredo urbano. Uno speciale processo di trattamento termico fornisce a Bamboo X-treme la più alta classe di durabilità possibile nelle norme UE, ossia la classe 1; inoltre, aumenta anche la stabilità dimensionale e la densità e, di conseguenza, la durezza. Questo materiale è naturalmente ignifugo, peculiarità che gli permette di non necessitare di un'impregnazione con sostanze ritardanti di fiamma. Bamboo X-treme, come qualsiasi altra specie legnosa, tenderà ad ingrigirsi col passare del tempo.

Materie prime

Strisce di bambù (Moso), resina legante bio-based.

Processo produttivo

Dopo la raccolta, i culmi maturi di bambù sono sezionati longitudinalmente e piallati; in seguito sono pressati e sfibrati, mediante dei rulli incisorici ad elevata pressione. Dopodichè ha inizio il processo denominato Thermo-Density® in cui le lamelle vengono riscaldate a 200°C in presenza di vapore saturo (per proteggere il bambù dalla carbonizzazione o dalla combustione) e successivamente raffreddate. Questo processo modifica e rimuove le molecole di zucchero naturalmente presenti nel bambù, rendendolo inattaccabile da funghi e microrganismi. Inoltre, il processo aumenta la densità, la durezza e la stabilità del bambù modificandone anche il colore (marrone scuro). In seguito, le lamelle sono impregnate con colla fenolica, asciugate e compresse in uno stampo. Il pannello, infine, viene tagliato secondo la forma richiesta.



Sostenibilità ambientale

Moso è ricavato da una materia prima naturale rinnovabile, ossia la specie di bambù gigante Moso; Questa raggiunge la maturità entro 5 anni, un tempo di crescita decisamente ridotto se comparato agli oltre 50 anni richiesti dalla maggior parte delle specie di legni duri. Inoltre, una volta estratto il bambù la pianta non muore ma si rigenera dalla base. Infine, il ciclo vitale di Bamboo X-treme è stato classificato come "CO² Neutral" secondo lo standard ISO 14040/44.

Fine vita

Essendo il materiale di recente sviluppo non sono attualmente ancora disponibili informazioni dettagliate sul suo fine vita. Tuttavia, il materiale rientra nella più alta classe di durabilità naturale, aspetto che contrassegna questo materiale come estremamente longevo. Una volta raggiunto il fine vita Bamboo X-treme può essere smaltito attraverso la produzione di bio-energia.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le principali tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, fresatura, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, verniciatura.

Prezzi

Su preventivo.

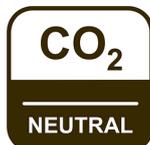
Percezione

A livello visivo il materiale rimanda all'aspetto dei legni scuri esotici, sia dal punto di vista della texture sia per quanto riguarda le cromie. La percezione che restituisce al tatto è simile a quella del legno trattato con smalto trasparente, ossia lucida, liscia e scorrevole. Allo stato grezzo è ruvido.

Aspetti che imita del legno

Il materiale rimanda all'aspetto estetico del legno nelle cromie e nelle venature anche dal punto di vista tattile.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Densità: 1200 kg/m³



Elevata **resistenza a compressione**



Elevata **resistenza a trazione**



Elevata **resistenza al taglio**



Elevata **durezza:** 9,5 kg/mm² Brinell



Ignifugo

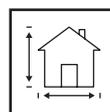


Elevata **durabilità**



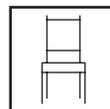
Elevata **stabilità dimensionale**

Ambiti d'impiego



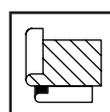
Architettura e costruzioni

Pavimentazioni e rivestimenti da esterno.



Design per l'abitare

Arredi per esterni e per il giardino. Arredo urbano.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Materiali per la produzione e componenti semilavorati.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in un solo colore, grezzo o rifinito con smalto trasparente.



08 KARUUN

In produzione dal 2021

karuun®

Azienda

 2015

 Germania

 karuun.com/en/

Descrizione

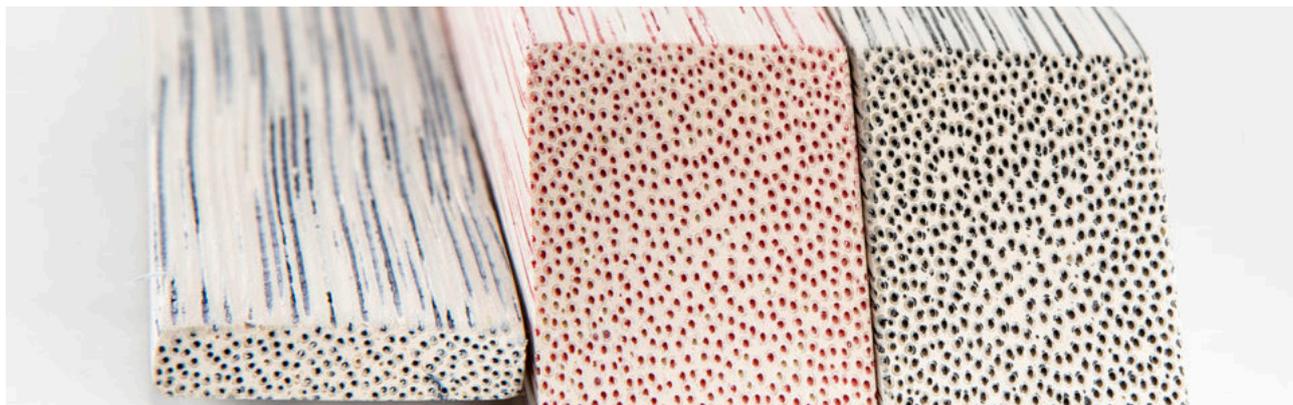
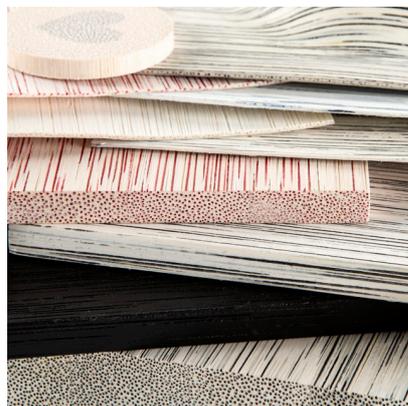
Karuun® è un innovativo materiale circolare che sfrutta le caratteristiche dell'albero di rattan per offrire un'alternativa ecologica alla plastica e al legno tradizionale. Il rattan, grazie alla sua struttura capillare, offre una combinazione di robustezza, flessibilità e leggerezza senza pari. Karuun® sfrutta questo aspetto naturale riempiendo i suoi capillari con agenti di gonfiaggio (tecnologia proprietaria), creando così un materiale solido e versatile che può essere lavorato e modellato con facilità. Con la sua resistenza, la sua superficie uniforme e la sua assenza di nodi o difetti, Karuun® è ideale per applicazioni di alta gamma che richiedono qualità estetiche e prestazioni elevate.

Materie prime

Rattan, legante acrilico, PVAc (colla bianca), pigmenti coloranti.

Processo produttivo

Un processo energeticamente efficiente trasforma la struttura naturale della palma di rattan in un materiale ad alta tecnologia. Si parte dalla raccolta del rattan, al quale viene iniettato un colorante liquido. Successivamente le aste ottenute vengono rifinite utilizzando una piallatrice a quattro lati. I singoli pezzi ottenuti vengono incollati insieme per formare fogli di Karuun, che vengono poi pressati per creare dei blocchi compatti. Attraverso tagli verticali, si ottiene la caratteristica "Karuun stripe" o l'effetto tridimensionale "Karuun 3D", mentre i tagli orizzontali conferiscono lucentezza al materiale e sono soprannominati "Karuun Shine". Karuun viene impiegato per la produzione di arredi e oggetti, offrendo una soluzione ecologica e di alta qualità.



Sostenibilità ambientale

La materia prima utilizzata, il rattan, proviene da coltivazioni sostenibili, garantendo la conservazione delle foreste e la biodiversità. Durante la produzione, vengono adottate pratiche a basso impatto ambientale, con un'attenzione particolare alla riduzione delle emissioni di carbonio. Inoltre, i sottoprodotti e le fibre tagliate durante il processo possono essere riciclate e riutilizzate, riducendo al minimo gli sprechi.

Fine vita

Karuun è un materiale naturale, può essere smaltito in discarica o, in alternativa, può essere sottoposto a un processo di riciclaggio per essere trasformato in nuovi prodotti o materiali.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio.

Prezzi

70 € per un foglio di Karuun stripe di 2530 x 330 x 0.8 mm.

Percezione

Karuun offre una varietà di esperienze sensoriali uniche. Alla vista, si può notare la texture intrecciata del materiale. Al tatto, Karuun rivela una superficie leggermente ruvida, che evidenzia la sua natura organica. Durante l'uso, si può percepire leggerezza e flessibilità.

Aspetti che imita del legno

La sua texture intrecciata e la sua tonalità naturale possono richiamare l'aspetto estetico del legno. La lavorabilità di Karuun e le finiture sono simili a quella del legno.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Moderata **res. a compressione**



Moderata **res. a flessione**



Leggerezza



Ottima **resistenza all'acqua**

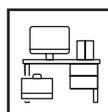


Buona **resistenza ai raggi UV**



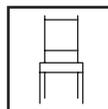
Moderata **res. agli agenti chimici**

Ambiti d'impiego



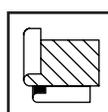
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Ristorazione.



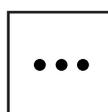
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

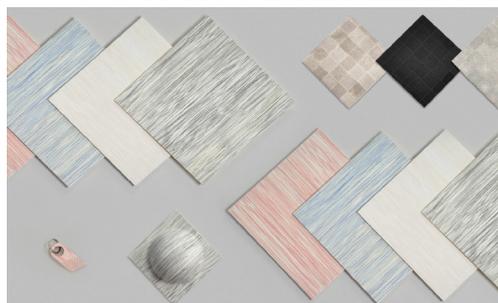
Rivestimenti per uso interno.



Design per la mobilità, Exhibition Design, Design per la comunicazione.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in diverse colorazioni e finiture.



09 SØULD

In produzione dal 2016

Søuld

Azienda

📅 2010

📍 Danimarca

🌐 sould.dk

Descrizione

L'erba di mare, utilizzata come materia prima per la produzione di pannelli Søuld, è conosciuta per essere un materiale naturale, atossico e legante di CO₂. Raccolta in modo sostenibile dai coltivatori danesi, l'erba di mare è in grado di offrire eccezionali prestazioni acustiche. I prodotti di Søuld, realizzati con questo materiale, sono un'alternativa sostenibile per architetti e designer che desiderano ridurre l'impatto ambientale dei progetti, garantendo al contempo una performance acustica eccezionale e un'estetica materica e naturale.

Materie prime

Erba di mare, ritardante di fiamma, resina legante.

Processo produttivo

La materia prima viene selezionata per colore e qualità. Successivamente, le fibre vengono sminuzzate in pezzi più corti e standardizzati per garantire le migliori proprietà meccaniche. Le fibre sminuzzate vengono impregnate con un ritardante di fiamma naturale e mescolate con un legante. Mediante l'utilizzo della tecnologia "Airlaid", le fibre miscelate vengono trasformate in pannelli, con eccezionali risultati in termini di acustica, comfort termico e stabilizzazione dell'umidità dell'aria negli ambienti. Dopo la formazione, questi pannelli vengono ulteriormente compressi mediante un processo che combina bassa temperatura ad una compressione intensa. I prodotti, infine, sono tagliati in dimensioni standard o personalizzate e sono pronti per essere installati su pareti e soffitti.



Sostenibilità ambientale

La materia prima per la produzione dei pannelli, ovvero l'erba di mare, è un materiale atossico, riciclabile e in grado di immagazzinare CO₂. I pannelli presentano la certificazione "Gold", "EPD" e "Material Health Platinum" in tutto il ciclo di vita secondo l'ente certificatore Cradle to Cradle.

Fine vita

I prodotti possono essere restituiti allo stabilimento, ridotti in frammenti e miscelati in nuovi pannelli o, in alternativa, utilizzati per creare una base per materiali di seconda generazione di Sould. Questo processo garantisce la sostenibilità dei prodotti per l'intero ciclo di vita. I prodotti di Sould che non vengono restituiti allo stabilimento possono essere inviati per la combustione presso gli impianti di incenerimento.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, stuccatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua estetica evoca una connessione con la natura, mentre la sua consistenza resiliente e morbida al tatto conferisce calore. Inoltre, la texture, insieme al delicato profumo di mare, offre una percezione olfattiva che va a caratterizzare il prodotto.

Aspetti che imita del legno

La superficie dei pannelli Sould richiama la trama dei pannelli di fibra di legno. Inoltre, la lavorabilità del materiale è paragonabile a quella dei semilavorati del legno.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **res. a compressione**



Moderata **res. a flessione**



Ottima **resistenza all'umidità**



Ottima **resistenza all'acqua**



Moderatamente **infiammabile**

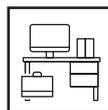


Moderata **resistenza ai raggi UV**



Ottimo **isolante acustico**

Ambiti d'impiego



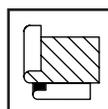
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità.



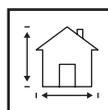
Exhibition Design

Retail, allestimenti, installazioni e stand.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Architettura e costruzioni

Pareti e rivestimento soffitti.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in diverse finiture, e in un'unica colorazione naturale.



10 COCOBOARD

In produzione dal 2023



Azienda

-  2020
-  Svizzera
-  naturloop.com

Descrizione

Cocoboard® è un pannello innovativo a base biologica realizzato con fibre di buccia di cocco e adesivi naturali estratti da tannini. Si pone come un materiale alternativo al MDF, rispetto al quale può vantare una bassa impronta ambientale e proprietà superiori come resistenza all'umidità, resistenza alle termiti e basse emissioni di formaldeide. Cocoboard® è adatto per molteplici applicazioni come mobili e architettura d'interni.

Materie prime

Fibre di buccia di cocco di scarto, adesivo a base di tannino

Processo produttivo

Per produrre Cocoboard®, la materia prima, ovvero le fibre di cocco, viene estratta dalle bucce di cocco e lavorata per ottenere la qualità desiderata. Queste fibre naturali vengono poi combinate con una resina a base biologica formulata da NaturLoop. La resina è atossica e deriva dal tannino, un composto di origine vegetale presente in natura. La miscela risultante viene trasferita a una stazione di formatura e pressata mediante calore per creare dei pannelli. Cocoboard® ha una superficie finemente testurizzata che può essere trattata con qualsiasi sistema di rivestimento o finitura. È resistente e robusto, dimostrando ampia funzionalità in campo progettuale.



Sostenibilità ambientale

La materia prima (bio-based) prevede l'utilizzo di bucce di cocco di scarto e di un adesivo naturale che non emette formaldeide. NaturLoop impiega una specifica miscela per legare la materia prima di Cocoboard® alla resina, il cui componente principale è basato sul tannino, un composto organico presente in molte specie di piante.

Fine vita

I pannelli di Cocoboard possono essere riciclati. Si stima che questo materiale sia biodegradabile grazie ai suoi componenti completamente naturali.

Tecnologie di lavorazione

Tutte le tecnologie di lavorazione del legno come taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, lucidatura, incollaggio, stuccatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

Dal punto di vista visivo, Cocoboard si presenta con un aspetto naturale, simile al MDF, dato dalle fibre e dal colore di buccia di cocco. La sua superficie presenta una texture che offre una sensazione di calore e di morbidezza.

Aspetti che imita del legno

La superficie di Cocoboard ricorda la trama dei pannelli di fibra di legno. Inoltre, la lavorabilità del materiale è simile a quella dei semilavorati del legno.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Modulo di elasticità: 2.3 GPa



Res. a flessione: 22.5 MPa



Buona **resistenza all'umidità**



Ottima **resistenza all'acqua**



Difficilmente **infiammabile**

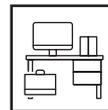


Buona **resistenza ai raggi UV**



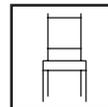
Moderata **res. agli agenti chimici**

Ambiti d'impiego



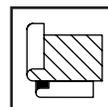
Design per il lavoro

Arredi e complementi per l'ufficio, per il lavoro e per la comunità. Ristorazione.



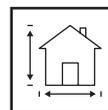
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Architettura e costruzioni

Pareti, rivestimento soffitti e pavimentazioni.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile in diverse finiture, e in un'unica colorazione naturale.



11 CANAPALITHOS

In produzione dal 2014



Azienda

📅 2008

📍 Italia

🌐 cmfgreentech.com

Descrizione

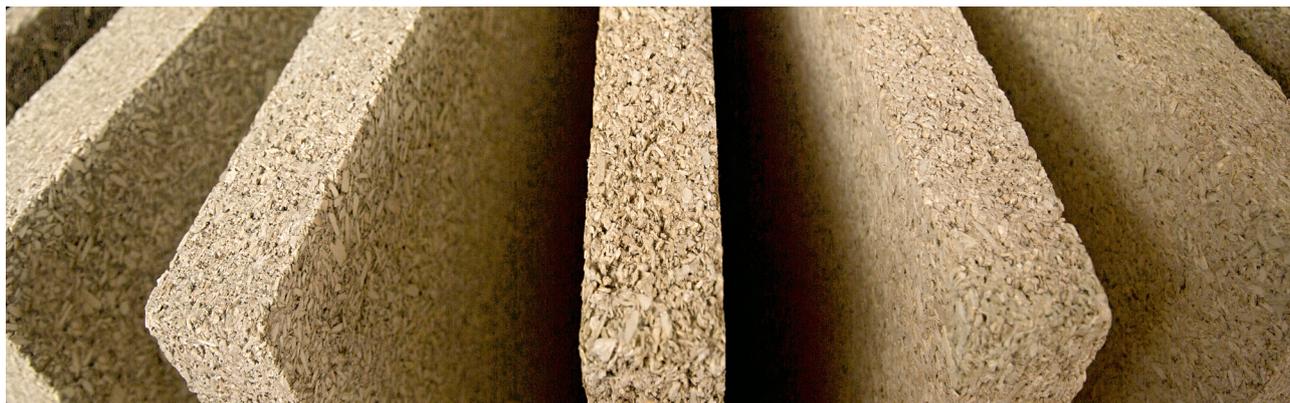
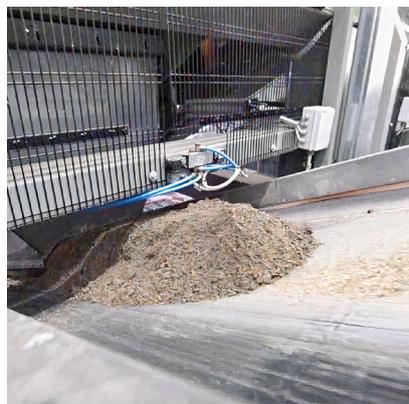
Il materiale Canapalithos è un composito ecologico che possiede caratteristiche e aspetto simili a quelli del truciolare e del MDF. Questo materiale è realizzato utilizzando risorse naturali e rinnovabili (fibre di canapa), ed è completamente indipendente dall'impiego di petrolio e sostanze a base di formaldeide.

Materie prime

Fibre di canapa (canapulo), legante a base naturale.

Processo produttivo

Il processo di produzione del materiale Canapalithos prevede la miscelazione del canapulo con un legante ecologico brevettato noto come "pappa reale". Una volta ottenuto il composto, questo viene alimentato tramite una tramoggia su un nastro e trasferito a un'unità di formatura e pressatura. Il materiale risultante, sottoposto a calore e pressione, viene successivamente essiccato e tagliato per creare pannelli con diversi spessori e densità.



Sostenibilità ambientale

Canapalithos è un materiale completamente realizzato utilizzando esclusivamente risorse naturali e rinnovabili. Oltre ad approfittare dei molteplici benefici della canapa, Canapalithos evita l'impiego di fonti fossili e sostanze chimiche nocive per l'uomo e per l'ambiente.

Fine vita

Alla fine della vita utile del materiale è possibile restituirlo all'azienda per essere triturato e utilizzato nuovamente come materia prima. In alternativa il materiale può essere riciclato o inviato negli impianti di incenerimento per la produzione di energia.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, incollaggio, fresatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie presenta una texture che offre una sensazione di ruvidità al tatto. Alla vista Canapalithos ricorda l'aspetto estetico dei pannelli di legno truciolare.

Aspetti che imita del legno

La disposizione e la densità delle particelle ricorda l'aspetto estetico dei pannelli di truciolare. La lavorabilità del materiale è simile a quella del semilavorato citato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Elevata **res. a compressione**



Moderata **res. a flessione**



Leggerezza



Buona **resistenza all'acqua**



Difficilmente **infiammabile**

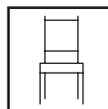


Buona **resistenza ai raggi UV**



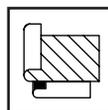
Buon **isolante acustico**

Ambiti d'impiego



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili diverse colorazioni.



12 NOVOFIBRE PANEL

NOVOFIBRE[®]

In produzione dal 2018

Azienda

 2014

 Cina

 novofibre.com

Descrizione

I prodotti Novofibre sono costituiti da pannelli orientati a fibre lunghe (OSB) e tavole da costruzione realizzate interamente con paglia di grano. Questi pannelli sono caratterizzati da un'elevata resistenza al calore, stabilità dimensionale e resistenza ai raggi UV. Sono disponibili in diverse dimensioni e spessori, adatti a varie applicazioni, come basi per la costruzione, superfici fonoassorbenti, pavimenti, compensati e pannelli decorativi.

Materie prime

Paglia di grano, adesivi, composto di rivestimento, cera.

Processo produttivo

Il processo di produzione delle tavole Novofibre inizia con la raccolta della paglia di grano, che viene poi mescolata con un adesivo privo di formaldeide. I componenti del materiale vengono essiccati utilizzando un sistema ad hoc per ottenere l'umidità ideale. Successivamente, avviene un processo di dosaggio e miscelazione della colla a velocità costante. La miscela viene quindi pressata a caldo in modo continuo per creare pannelli stabili e di alta qualità. I pannelli finiti vengono trattati con un rivestimento a bassi livelli di composti organici volatili tossici (VOC) per conferire loro resistenza ai raggi UV. Infine, una finitura a cera viene applicata alla superficie superiore delle tavole per garantire una facile manutenzione e, se necessario, consentire riparazioni.



Sostenibilità ambientale

I pannelli Novofibre sono prodotti utilizzando paglia di grano, un sottoprodotto agricolo; inoltre, durante il processo di produzione vengono adottate pratiche per minimizzare gli sprechi d'acqua e le emissioni. Infine, sono applicati rivestimenti con bassi livelli di composti organici volatili (VOC), contribuendo così a garantire un elevato grado di sostenibilità ambientale del materiale.

Fine vita

A fine vita, i pannelli Novofibre possono essere restituiti all'azienda oppure possono essere riciclati tramite la filiera di recupero dei prodotti in legno, consentendo di utilizzarli nuovamente come materia prima.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, incollaggio, fresatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie si presenta liscia al tatto grazie alla finitura restituita dalla cera applicata. Visivamente appare con una texture con una granulometria grossa data dalla disposizione delle fibre di paglia di grano.

Aspetti che imita del legno

La composizione ricorda l'aspetto estetico dei pannelli OSB in legno. La lavorabilità del materiale è simile a quella del semilavorato citato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Proprietà



Moderata **resistenza all'abrasione**



Buona **res. a compressione**



Buona **res. a flessione**



Buon **isolante acustico**



Buona **resistenza ai raggi UV**



Moderato **res. agli agenti chimici**

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, foratura, levigatura, incollaggio, fresatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie si presenta liscia al tatto grazie alla finitura restituita dalla cera applicata. Visivamente appare con una texture con una granulometria grossa data dalla disposizione delle fibre di paglia di grano.

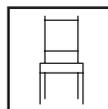
Aspetti che imita del legno

La composizione ricorda l'aspetto estetico dei pannelli OSB in legno. La lavorabilità del materiale è simile a quella del semilavorato citato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti

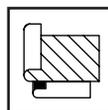
Non sono presenti certificazioni, standard e riconoscimenti per questo materiale.

Ambiti d'impiego



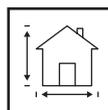
Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Architettura e costruzioni

Pareti e rivestimento soffitti.

Colorazioni e finiture

Il materiale è disponibile solo nel suo colore naturale.



13 PAPER WOOD

GMUND
PAPER



In produzione dal 2018

Azienda

- 1829
- Germania
- gmund.com

Materie prime

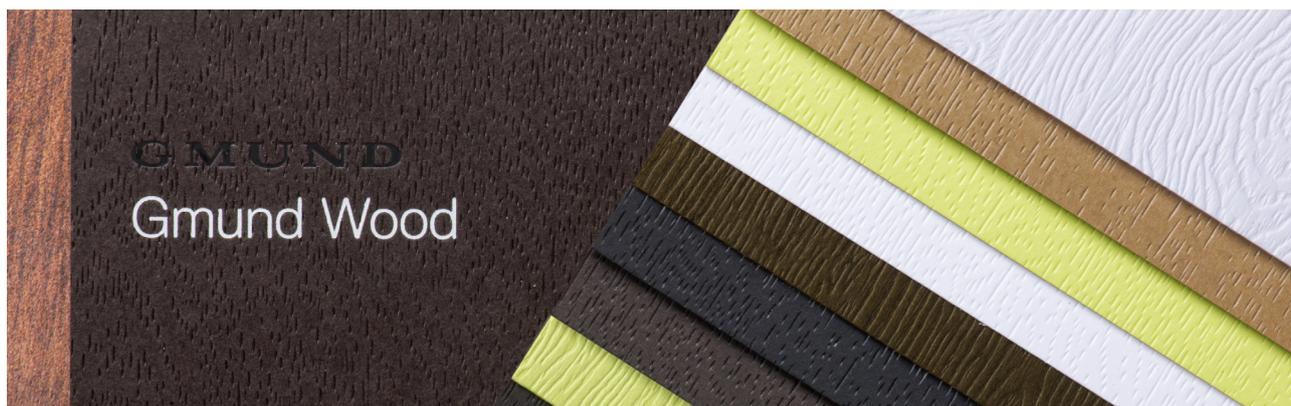
Cellulosa, finitura protettiva, inchiostro o pigmenti.

Descrizione

La collezione Wood di cartoncini di Gmund è una soluzione nata con l'obiettivo di riprodurre fedelmente la struttura e la grana del legno. Grazie alle incisioni praticate sulla superficie della carta, offre un aspetto e una sensazione simili a quelle del legno vero. È disponibile in un'ampia varietà di colori naturali e con due differenti finiture: "Solid", una goffratura che ricorda il legno massiccio di alta qualità, dove la grana del legno autentico è integrata sulla superficie della carta; "Veneer" con l'aspetto e la sensazione del legno pregiato. Questa goffratura è rafforzata da un rivestimento leggermente lucido, che fornisce al contempo anche una protezione extra per la carta. Paper Wood risulta ideale per progetti di stampa e di comunicazione.

Processo produttivo

La produzione coinvolge un processo che mira a riprodurre in modo accurato la struttura superficiale del legno. Attraverso un processo di impressione, la grana del legno viene trasferita sulla superficie della carta, creando un effetto realistico. Successivamente, la carta viene sottoposta a un trattamento con una finitura leggermente lucida che ne rafforza l'aspetto di legno e fornisce una protezione aggiuntiva. Questa carta è realizzata per garantire una qualità superiore e la sua versatilità la rende adatta a una vasta gamma di tecniche di stampa, inclusi rilievi, stampa a caldo e incisioni su carta.



Sostenibilità ambientale

La cellulosa usata durante la produzione di Paper Wood presenta una certificazione FSC. Inoltre, il processo produttivo adotta inchiostri a basso impatto ambientale e metodi a basso consumo energetico.

Fine vita

Al termine della vita utile, il prodotto può essere facilmente riciclato attraverso i normali canali di riciclaggio della carta, dal momento che viene realizzato a partire da materiali tradizionali dell'industria cartiera.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, foratura, incollaggio, incisione, stampa a caldo.

Prezzi

Il prezzo per un cartoncino Paper Wood "Solid" in formato A4 di 300 g/m² è pari a 1.07 €; 0.97 € per la versione "Veneer". Per i formati più grandi il prezzo varia da 7.51 € a 22.84 €.

Percezione

Paper Wood presenta una texture simile al legno, con tonalità che richiamano l'aspetto naturale del materiale. La superficie presenta una delicata grana che si può percepire al tatto, creando un effetto visivo di profondità e realismo.

Aspetti che imita del legno

Superficialmente presenta una texture e una grana simili al legno tradizionale. La gamma di colori naturali e finiture richiamano il legno massiccio o il legno pregiato.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Moderata **resistenza all'abrasione**



Buona **res. a compressione**



Moderata **res. a flessione**



Moderata **res. al taglio**



Leggerezza



Buona **stabilità dimensionale**



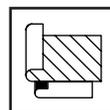
Moderata **resistenza ai raggi UV**

Ambiti d'impiego



Design per la comunicazione

Brochure, manifesti, materiali promozionali, packaging.



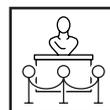
Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Design per la persona

Hobby creativi, scrapbooking, elementi decorativi.



Exhibition Design

Elementi scenografici, strutture espositive, stand fieristici

Colorazioni e finiture

Sono disponibili colori dal look naturale e due diverse goffrature: Solid e Veneer.



14 SINCROLAM CLPL

In produzione dal 2007



Azienda

- 2001
- Italia
- lamitex.it/it/

Descrizione

Continuous Pressure Laminate Sincrolam è una linea di laminati che unisce le caratteristiche estetiche al processo produttivo CPL con resine phenol-free. Il processo CLPL® (Continuous Low Pressure Laminate) è una tecnologia esclusiva sviluppata da Lamitex che consente di ottenere superfici laminate di alta qualità. Sincrolam è progettato per migliorare l'aspetto delle superfici, offrendo effetti visivi e tattili unici che riproducono con realismo le venature, i contrasti e le sensazioni tattili dei diversi tipi di legno. CLPL® combina estetica e funzionalità, con caratteristiche come la flessibilità, la facilità d'uso e l'assenza di agenti inquinanti. Questo rende CLPL® un'opzione ideale per arricchire gli ambienti con superfici di alta qualità e dal' elevato realismo.

Materie prime

Carta, film plastici, strato di rinforzo.

Processo produttivo

Il prodotto Sincrolam CLPL® viene fabbricato utilizzando un processo brevettato che parte con la selezione dei materiali di base e il loro trattamento preliminare. Successivamente, si procede con la laminazione a bassa pressione, mantenendo intatte le caratteristiche delle superfici originali. Durante questo processo, vengono impiegate tecnologie avanzate per ricreare con precisione le venature, i contrasti e le sensazioni tattili del legno su ogni lastra di CLPL®. Il prodotto finale, appartenente alla serie SINCROLAM, offre effetti visivi e tattili estremamente realistici, grazie all'impiego di carte decorative, strati di pergamene vegetali e, se necessario, film plastici. È un prodotto di alta qualità, versatile e esteticamente piacevole per molteplici applicazioni.



Sostenibilità ambientale

Il prodotto è privo di agenti inquinanti e nocivi come fenoli, PVC, melammina o formaldeide. Inoltre, tutti i prodotti della linea Sinrolam CLPL presentano una certificazione FSC.

Fine vita

Alla fine della vita utile è previsto il riciclaggio del materiale; tuttavia, questo processo può essere complesso a causa della sua struttura stratificata e dei diversi materiali coinvolti. In alternativa può essere previsto lo smaltimento dei rifiuti in CLPL® secondo le normative ambientali locali.

Tecnologie di lavorazione

Taglio, taglio CNC, foratura, incollaggio, fresatura, piegatura, sagomatura.

Prezzi

Su preventivo.

Percezione

La sua superficie riproduce con precisione le venature, i contrasti e le sensazioni tattili del legno naturale. La percezione tattile offre la tridimensionalità e la ruvidezza tipiche del legno tradizionale.

Aspetti che imita del legno

Il materiale evoca le venature del legno in modo realistico, con dettagli e sfumature che conferiscono profondità alla superficie del materiale.

Certificazioni, standard e riconoscimenti



Proprietà



Buona **resistenza all'abrasione**



Buona **res. a compressione**



Buona **res. a flessione**



Buona **durabilità**



Buona **resistenza all'acqua**



Difficilmente **infiammabile**

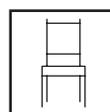


Buona **resistenza ai raggi UV**



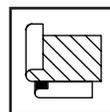
Buona **res. agli agenti chimici.**

Ambiti d'impiego



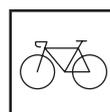
Design per l'abitare

Rivestimento per mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Rivestimenti per uso interno.



Design per la mobilità

Arredamento interno nel settore camperistico.

Colorazioni e finiture

Sono disponibili 70 varianti, tra le quali diverse specie legnose, e 5 finiture.



6.2 Mappatura dei materiali schedati

Come strumento di sintesi e di conclusione delle schedature è stata elaborata una **mappatura** delle stesse. L'obiettivo è quello di rendere **più chiara la lettura delle informazioni** e di facilitare la selezione da parte dei progettisti che vorranno avvicinarsi alla progettazione con uno o più dei materiali schedati. Ogni materiale è contenuto all'interno di una casella nella quale sono riportate informazioni fondamentali riguardanti la sostenibilità, la sfera dei materiali, gli ambiti applicativi e le proprietà.

I materiali schedati, successivamente, sono stati riorganizzati all'interno della mappa **in base alla famiglia di materiali** a cui appartiene la materia prima principale con la quale questi sono realizzati.

Ciascun materiale è introdotto da una serie di **informazioni di carattere generale** tra cui: nome del materiale, logo dell'azienda produttrice, un'immagine evocativa del materiale ed il numero di schedatura (che permette di risalire alla scheda di riferimento per ulteriori approfondimenti).

Sono presenti, inoltre, informazioni relative alla **composizione del materiale**, ossia se si tratta di un materiale totalmente bio-based o meno. Questo fattore dipende dall'origine delle materie prime utilizzate e se queste sono rinnovabili o non rinnovabili, oppure una combinazione delle due. Un ulteriore aspetto, già approfondito precedentemente all'interno delle schedature, inserito all'interno della classificazione riguarda il **fine vita**.

Come emerso dall'analisi dei materiali schedati i nuovi materiali che imitano il legno spesso si pongono come un'**alternativa maggiormente sostenibile** dal punto di vista ambientale ed economico al legno tradizionale e, talvolta, come materiali alternativi ai polimeri plastici, materiali ceramici, materiali isolanti, ecc. Di conseguenza, all'interno della casella di ogni materiale sono stati inclusi alcuni riferimenti rispetto a quali materiali tradizionali possono essere sostituiti o affiancati dai nuovi

materiali a che imitano il legno. Inoltre, sono descritte, attraverso una serie di icone, le principali **proprietà** fisico-mecchaniche, chimiche, acustiche, termiche e ottiche che caratterizzano i singoli materiali. Lo stesso sistema è stato utilizzato per esporre i principali ambiti d'impiego.

Di seguito, è possibile consultare una **legenda**, utile alla comprensione della simbologia impiegata all'interno della mappatura.

Composizione



Bio-based



Non bio-based

Fine vita



Riciclabile



Non riciclabile



Biodegradabile



Compostabile

Alternativa a



Legno



Vetro



Isolanti acustici



Metallo



Ceramica



Tessuti



Polimeri plastici



Calcestruzzo



Carta

Proprietà



Resistenza all'abrasione



Resistenza a compressione



Resistenza al taglio



Resistenza a flessione



Rapporto peso/resistenza



Resistenza a trazione



Resistenza all'impatto



Rigidità



Leggerezza/densità



Limite elastico



Durabilità



Proprietà acustiche



Proprietà ottiche



Resistenza agli agenti chimici



Stabilità dimensionale



Resistenza al fuoco



Assorbimento di acqua



Atossicità



Proprietà termiche



Resistenza ai raggi UV



Resistenza all'acqua



Resistenza all'umidità



Resistenza agli sbalzi termici

03 HEMPWOOD

HEMPWOOD































































04 GREEN BLADE

FIBANDCO































































06 EKO A

Lingrove



















































07 BAMBOO X-TREME

moo



















































08 KARUUN

karuun®




































09 SØULD

Søuld




































10 COCOBOARD

NATURLOOP

























11 CANAPALITHOS

CMF greentech





















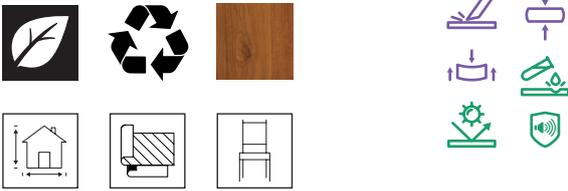




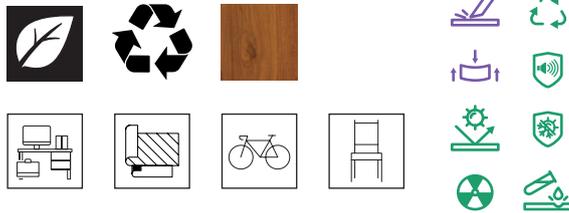
Fibre di origine naturale



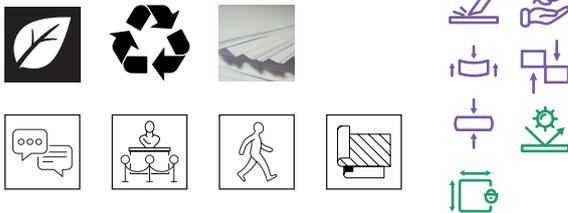
12 NOVOFIBRE PANEL **NOVOFIBRE®**



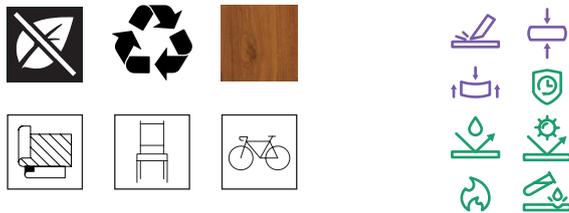

05 NEWSPAPERWOOD **NewspaperWood**




13 PAPER WOOD **GMUND PAPER**



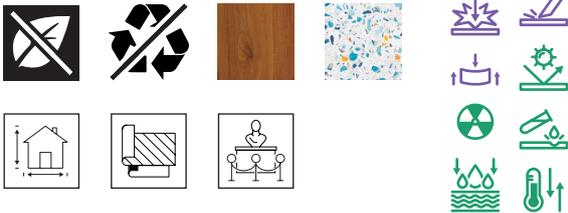

14 SINCROLAM CLPL **Lamitex IDEAL LAMINATES**



Carta



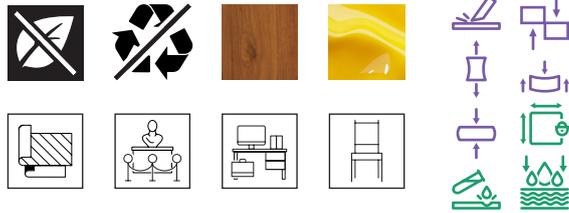
02 UONUON **TARGET ATELIER OF CERAMICS**



Ceramics



01 PLAW **SOHMA FURUTATE**



Polimeri plastici

6.3 Schedatura dei casi studio

6.3.1 Modalità e criteri di schedatura

Per completare la panoramica sui materiali e sui loro impieghi si è deciso di effettuare una selezione di alcuni dei **casi studio** più rilevanti nell'ambito della progettazione con i nuovi materiali che imitano il legno [fig. 3].

I casi studio individuati, approfonditi attraverso schedature, seguono la suddivisione in **categorie tematiche** riportata dall'**ADI** (Associazione per il Disegno Industriale) [fig. 4] [2]. Nello specifico, i casi studio analizzati appartengono alle seguenti categorie: Design per l'illuminazione, Design per l'abitare, Design per la persona, Design per la mobilità e Food Design. Ognuna di queste categorie è costituita da diverse sottocategorie; per esempio, la categoria Design per l'abitare comprende: mobili e complementi d'arredo per la casa, accessori per la cucina, arredi per esterno, sistemi per la domotica, ecc.

Ogni scheda è introdotta da una serie di **informazioni di carattere generale** tra cui: il nome del prodotto, designer e azienda produttrice, l'anno in cui è stato sviluppato, il luogo e il nuovo materiale che imita il legno impiegato nella sua realizzazione. A destra di queste informazioni, inoltre, sono indicate la categoria e la sottocategoria a cui il caso studio appartiene e che ne definiscono l'ambito d'impiego. Successivamente vi è una descrizione di carattere generale sul progetto, sul suo concept e sulle sue funzioni. A completamento di questa sezione vi sono una serie di **immagini** che mostrano alcune caratteristiche e dettagli del caso studio. Segue la seconda **sezione descrittiva**, il cui obiettivo è quello di approfondire i materiali e sulle tecnologie impiegate nella fabbricazione del prodotto o delle componenti che utilizzano dei nuovi materiali che imitano il legno. L'ultimo paragrafo, invece, analizza quelli che sono i punti di forza e i vantaggi che caratterizzano il prodotto e che derivano dall'impiego di questi nuovi materiali.



Figura 3 Peugeot Onyx, esempio di caso studio selezionato per le schedature.



Figura 4 Logo del Design Index di ADI (Associazione per il Disegno Industriale)

[2] <https://www.adi-design.org/ambiti-tematici.html>
(Ultima consultazione 12/06/23)

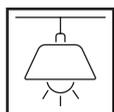
Categoria

Sottocategoria



Design per l'abitare

Arredi e complementi per la casa, sanitari e accessori per il bagno, arredi e accessori per la cucina, elettrodomestici, sistemi di controllo domotico, arredi per esterni, attrezzature per il verde, arredo urbano.



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno ed esterno pubblici o privati, sistemi illuminotecnici, illuminazione monumentale e stradale.



Design per la persona

Abbigliamento, attrezzature per lo sport, il benessere e l'igiene personale, telefonia mobile, palmari, lettori MP3, elettronica per la persona, giochi e articoli per l'infanzia, protesi e attrezzature mediche ad uso privato, gioielli.



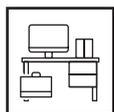
Food Design

Comunicazione, packaging, servizi, luoghi legati alla vendita e al consumo di prodotti edibili, oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare.



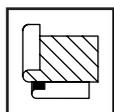
Design per la mobilità

Mezzi individuali e collettivi per la mobilità aerea, nautica, stradale.



Design per il lavoro

Arredi e complementi per il lavoro e per l'ufficio, elettrodomestici professionali, mezzi di trasporto per il lavoro, macchine e componenti per l'industria, software, strumenti e attrezzi per il lavoro, arredi e attrezzature per comunità, strumenti e attrezzature medicali e sanitarie.



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Materiali per la produzione e componenti semilavorati, serramenti, radiatori, sistemi di condizionamento e trattamento aria-acqua, sistemi per la produzione di energie alternative, rivestimenti.



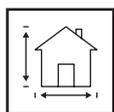
Design per la comunicazione

Campagne sociali, corporate identity, grafica editoriale, information design, packaging, type design, videografica, web design e multimedia.



Exhibition Design

Allestimenti, installazioni, eventi, stand fieristici, retail, allestimenti museali.

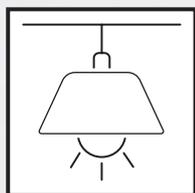


Architettura e costruzioni

Elementi strutturali, pareti divisorie, controsoffitti, rivestimenti da esterno, pavimentazioni.

DESIGN PER L'ILLUMINAZIONE

In questa categoria rientrano gli apparecchi di illuminazione per interno ed esterno pubblici o privati, i sistemi illuminotecnici e l'illuminazione monumentale e stradale. È un settore di nicchia quello dei prodotti per l'illuminazione in nuovi materiali che imitano il legno; questo si occupa soprattutto degli apparecchi per l'illuminazione da interno.



Sullo sfondo:
Lampada Keep Life Radar

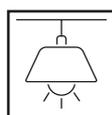
01 HANAI ECOWOOD

 Tedzukuri Atelier

 2017

 Francia

 Green Blade



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Hanai Ecowood è la versione in Green Blade (impiallacciatura in fibre di banana) dell'omonima lampada a sospensione in carta. Il design del prodotto si ispira alla tecnica giapponese degli origami per ottenere un gioco di linee geometriche e superfici sfaccettate; a questi aspetti si aggiunge anche l'ottimo rapporto tra leggerezza e robustezza dato dalle piegature del materiale.



Materiali e tecnologie

Hanai Ecowood presenta un paralume realizzato attraverso la piegatura di un foglio di Green Blade Veneer nella colorazione Portorico; questo materiale è ricavato dalla tranciatura dei tronchi di banana di scarto ottenuti a seguito della raccolta dei frutti. Inoltre, il cavo è realizzato in cotone mentre il corpo illuminante è a LED.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale bio-based realizzato senza l'impiego di collanti o acqua.
- **Impatto ambientale:** materiale biodegradabile a fine vita.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e dalla forte espressività estetica.
- **Leggerezza:** il prodotto ha un peso contenuto.

 <https://tedzukuriatelier.com/en-int/products/suspension-origami-en-ecowood-et-papier-taille-m>
<https://fibandco.com/>

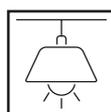
02 ISOLA

✂️ Pietro Petrillo per Keep Life

📅 2017

📍 Italia

🏠 Keep Life

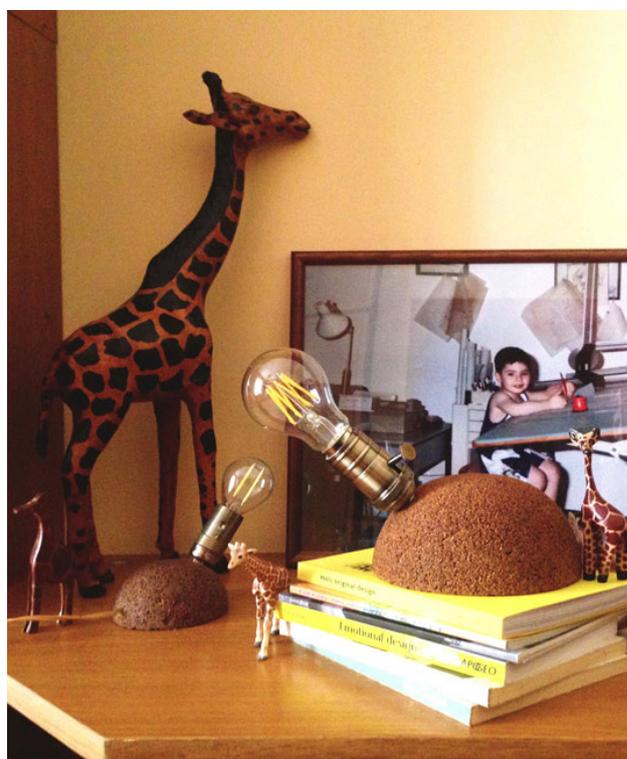


Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno pubblici o privati.

Descrizione

Isola è una lampada da tavolo la cui peculiarità principale è la sua base semisferica realizzata in Keep Life, materiale bio-based ottenuto a partire da gusci di frutta secca. Isola può essere collocata in qualsiasi ambiente della casa grazie alla sua leggerezza e al suo ingombro ridotto; inoltre, può essere spostata e riposizionata secondo le proprie necessità nel raggio di due metri. Il design di Isola rimanda al "cuppino", ossia il mestolo, impiegato per far emergere un'Isola di Keep Life®, una forma intenta a fornire la luce per soddisfare un bisogno di prima necessità.



Materiali e tecnologie

La lampada Isola presenta una base realizzata in Keep Life. Si tratta di un materiale 100% bio-based ottenuto attraverso il riciclo di scarti di gusci di frutta secca uniti ad una resina legante priva di sostanze nocive. Keep Life, inoltre, a partire dal 2017 è coperto da brevetto per invenzione industriale. La percezione visiva del materiale è simile a quella del sughero. Infine, il portalampada (E27) è realizzato in ottone mentre il cavo, invece, è in juta.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale biobased realizzato con materiali di origine naturale.
- **Sicurezza:** il materiale è completamente atossico.
- **Lavorabilità:** Il materiale può essere tagliato, fresato, levigato e trattato come qualsiasi altro tipo di legno.
- **Identitarietà:** il prodotto ha una forma riconoscibile e dalla forte espressività estetica.

🔗 <https://www.keeplife.it/chi-siamo/>
<https://www.keeplife.it/portfolio-item/isola/>

DESIGN PER L'ABITARE

In questa categoria rientrano gli arredi e complementi per la casa, sanitari e accessori per il bagno, arredi e accessori per la cucina, elettrodomestici, sistemi di controllo domotico, arredi per esterni, attrezzature per il verde, arredo urbano. Esattamente come accade con il legno tradizionale, quello del design per l'abitare è l'ambito più grande ed esplorato.



Sullo sfondo:
NewspaperWood Desk

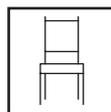
03 ALCANTARA WOOD

✂ Nendo Studio per Alcantara

📅 2015

📍 Giappone - Italia

📄 Alcantara Wood



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Alcantara Wood è un materiale inventato da Nendo Studio con l'obiettivo di imitare le venature del legno attraverso la pelle Alcantara. Alcantara Wood, infatti, sfrutta una delle peculiarità dell'Alcantara, ossia quella di reggere il taglio a vivo senza sfilacciare, per trasformarla in un materiale in grado di sostituire il legno. Il materiale, inoltre, crea una percezione sensoriale del tutto nuova, combinando l'aspetto estetico del legno con l'odore e la morbidezza dell'Alcantara. Alcantara Wood, infine, presenta due prodotti manifesto, un tavolo e una sedia.



Materiali e tecnologie

Alcantara Wood è realizzato incollando vari strati sovrapposti di Alcantara (in differenti tonalità dell'azzurro e del grigio) per poi avvolgerli creando una bobina cilindrica simile al tronco di un albero. Successivamente, questo viene tagliato longitudinalmente ottenendo degli assi caratterizzati da una serie di venature, simili a quelle del legno ma soft touch. L'alcantara, inoltre, è simile alla pelle scamosciata, ma è più durevole e resistente all'acqua.

Punti di forza

- **Sensorialità:** Il materiale offre degli stimoli sensoriali dal punto di vista tattile, olfattivo e visivo.
- **Durabilità:** l'Alcantara garantisce un'ottima resistenza all'usura e all'acqua.
- **Identitarietà:** il prodotto ha un aspetto riconoscibile e dalla forte espressività estetica.

<https://www.nendo.jp/en/works/alcantara-wood-2/>
<https://www.dezeen.com/2015/05/27/nendo-alcantara-artificial-suede-material-timber-patterned-furniture/>

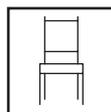
04 TRANSPARENT TABLE

 Nendo Studio

 2011

 Giappone

 Resina acrilica



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Transparent Table fa parte dei prodotti della mostra "Textured Transparencies" presentata da Nendo Studio alla Milano Design Week del 2011. L'obiettivo del progetto è stato quello di sperimentare con le texture superficiali di diversi materiali per poi riprodurle su un supporto completamente trasparente. Nel caso di Transparent Table la grana emulata è quella delle venature del legno, percepibili sia a livello visivo che tattile. Il design, simile a quello di un tavolo su cavalletti, è caratterizzato con le due estremità che rimandano all'immagine degli assi di legno.



Materiali e tecnologie

Il tavolo è disponibile in due versioni: trasparente e nero fumé. I due tavoli creano effetti ottici specifici e diversi: a prima vista il tavolo nero è in legno, ma uno sguardo più attento ne rivela la trasparenza, mentre il tavolo chiaro è trasparente a prima vista, e solo successivamente rivela la sua forma lignea. Entrambi i piani sono realizzati in resina acrilica mediante colatura della stessa in uno stampo; le gambe, invece, sono in legno massello.

Punti di forza

- **Identitarietà:** il prodotto ha un aspetto riconoscibile e dalla forte espressività estetica.
- **Sensorialità:** Il materiale offre degli stimoli sensoriali dal punto di vista tattile e visivo.
- **Versatilità:** il design minimale e i colori neutri lo rendono adatto a diversi ambienti.

 <https://www.nendo.jp/en/works/transparent-table-2/>
<https://design-milk.com/nendo-textured-transparencies/>

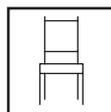
05 FRAMED

✂ Breg Hanssen per VIJ5

📅 2011

📍 Paesi Bassi

📄 NewspaperWood



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Framed 2-door è una collezione di armadi appositamente progettati da Breg Hanssen attorno al materiale NewspaperWood. Il mobile è costituito da una solida struttura in acciaio, disponibile in diversi colori e configurazioni. Nel corso del processo di progettazione, è stata prestata particolare attenzione al rapporto tra il “non-colore” di NewspaperWood e i colori della struttura, volutamente realizzati con colori vivaci in modo da creare un effetto di forte contrasto.



Materiali e tecnologie

L'arredo è costituito da una struttura in acciaio verniciato sulla quale vengono applicati dei pannelli di NewspaperWood. Questo materiale viene realizzato sotto forma di tronco, il quale viene successivamente tagliato, mostrando i vari strati di carta; questi appaiono come le linee delle venature del legno o gli anelli di un albero, creando un effetto che rimanda all'estetica del vero legno.

Punti di forza

- **Impatto ambientale:** upcycling di un materiale di scarto, processo produttivo 100% sostenibile grazie all'impiego di colle prive di plastificanti o solventi, materiale a sua volta riciclabile, impiego di materie prime locali.
- **Espressività estetica:** la texture del materiale rimanda al materiale legno e alle sue venature.
- **Lavorabilità:** Il materiale può essere tagliato, fresato, levigato e trattato come qualsiasi altro tipo di legno.

🔗 <https://vij5.nl/en/webshop/meubels/kasten/framed-kast/>
<https://materialdistrict.com/material/newspaperwood/>

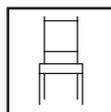
06 EKOA TULIP CHAIR

 Progetto originario di Eero Saarinen

 2018

 Stati Uniti

 Ekoa



Design per l'abitare

Mobili per la casa e per la cucina.

Descrizione

Questo progetto nasce dalla volontà di Joe Luttwak, fondatore di Lingrove, di mostrare le potenzialità di lavorazione di Ekoa, materiale a base di fibre di lino. La scelta è ricaduta su un'icona del product design, la Tulip Chair di Eero Saarinen del 1957, che rinuncia alla sua caratteristica seduta in compensato di legno stampato in favore di una realizzata attraverso un sandwich di lamine di Ekoa. Il risultato finale è una sedia che mantiene le tonalità e le venature simili a quelle della versione originale, ma con un materiale 100% naturale ed ecosostenibile.



Materiali e tecnologie

La base, proprio come nella sedia originale, è realizzata in alluminio pressofuso rifinito con una verniciatura di colore bianco. La scocca della seduta, invece, è realizzata in Ekoa attraverso la disposizione del materiale su più strati e il loro successivo indurimento in uno stampo.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale bio-based realizzato con fibre di origine naturale.
- **Espressività estetica:** la texture del materiale rimanda al materiale legno e alle sue venature.
- **Sicurezza:** il prodotto è realizzato in un materiale completamente atossico.

 <https://www.woodworkingnetwork.com/technology/flax-based-laminate-substitutes-nicely-plywood-saarinen-design-tulip-chair>
<https://archive.curbed.com/2018/4/19/17255266/lingrove-ekoa-sustainable-material-wood-alternative>

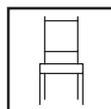
07 PLAW FURNITURE

✂ Sohma Furutate

📅 2018

📍 Giappone

📄 PLAW

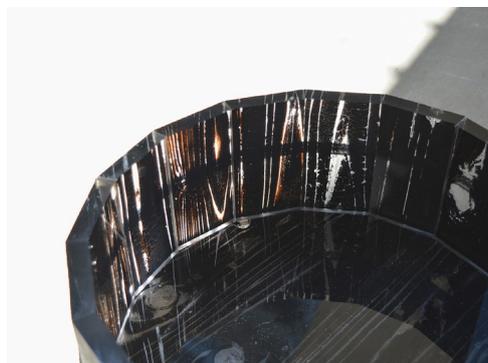


Design per l'abitare

complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

PLAW è un materiale nato da un'idea del designer giapponese Sohma Furutate con l'obiettivo di combinare le proprietà dei polimeri plastici con l'estetica del legno (in questo caso frassino). Il processo produttivo permette ad entrambi i materiali di sviluppare delle nuove caratteristiche: la resina epossidica guadagna una maggiore espressività tattile e visiva; il legno, invece, rende riproducibile in serie l'unicità della propria venatura. I prodotti manifesto di questo materiale sono tre: un recipiente tondo, una cassetta rettangolare e uno sgabello.



Materiali e tecnologie

I tre prodotti sono realizzati interamente in PLAW. Il processo di produzione di questo materiale consiste nel bruciare la superficie dello stampo in legno (frassino) e di versare della resina epossidica al suo interno. Mentre la resina polimerizza, la superficie carbonizzata del legno si trasferisce sul materiale, copiandone le venature. Il risultato è simile a quello del legno traslucido ma con le venature di colore nero.

Punti di forza

- **Identitarietà:** Il prodotto è riconoscibile grazie alla texture del materiale che combina l'aspetto delle venature del legno combinate con la trasparenza della resina epossidica.
- **Resistenza all'acqua:** Il materiale ha un ridotto assorbimento di acqua.

🔗 <https://www.sohmafurutedesign.com/plaw-material>
<https://materialdistrict.com/material/plaw/>

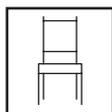
08 COFFE TABLE

✂ Studio Colony

📅 2022

📍 Svizzera

📄 Cocoboard



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

Coffe table è un prototipo di tavolino realizzato con piano in Cocoboard e con finitura superficiale in cera d'api naturale. Realizzato impiegando macchine e strumenti artigianali, questo prodotto presenta una forma minimale e distintiva che lo rende un elemento di arredo moderno e funzionale per qualsiasi spazio abitativo. Un connubio di design e sostenibilità.



Materiali e tecnologie

Il tavolino è realizzato in Cocoboard, un materiale bio-based prodotto dalla fibra di cocco riciclata che rappresenta un nuovo semilavorato sostenibile in ambito progettuale. La lavorazione del materiale è stata eseguita attraverso macchine tradizionali (per es. tornio; inoltre, è stata impiegata la cera d'api naturale per la finitura della superficie, un trattamento che conferisce al tavolino una patina naturale per una protezione duratura nel tempo.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** Il tavolino è realizzato in Cocoboard, un materiale bio-based prodotto dalla fibra di cocco riciclata.
- **Design e tradizione:** Il tavolino riflette una qualità artigianale che conferisce un senso di autenticità. Dall'altra parte presenta una forma espressiva e di forte matericità.

🔗 <https://naturloop.com/coffee-table/>
<https://materialdistrict.com/material/cocoboard/>

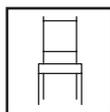
09 SGABELLO JEAN

 Michele Giacopini

 2019

 Italia

 Canapalithos



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

Lo sgabello Jean è un'elegante soluzione che combina due materiali distintivi: Canapalithos e il metallo. Questa fusione di materiali dona allo sgabello un aspetto caratteristico che si distingue per la sua semplicità e la sua forte linearità, creando un interessante contrasto tra la texture naturale e materica del truciolo di canapa e l'omogeneità e la modernità del metallo verniciato.



Materiali e tecnologie

Il truciolo di canapa, conosciuto come Canapalithos, conferisce allo sgabello una base solida e resistente. Questo materiale ecologico è realizzato utilizzando fibre di canapa riciclate che vengono unite mediante un processo di pressatura. Il risultato è un materiale durevole, leggero e sostenibile che contribuisce all'aspetto naturale e all'espressività estetica dello sgabello Jean.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** Lo sgabello è realizzato con truciolo di canapa Canapalithos, un materiale eco-friendly ottenuto da fibre di canapa riciclate.
- **Versatilità e semplicità:** Il design minimalista si adatta facilmente a diversi stili di arredamento.

 <https://www.giacopini.design/it/prodotto/jean-stool>
<https://materialdistrict.com/material/loam-hemp-panels/>

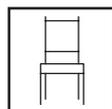
10 ROCKING HORSE

✂ Henry&Co

📅 2014

📍 Italia

📦 Canapalithos



Design per l'abitare
Giochi e articoli per l'infanzia.

Descrizione

Presentato al Salone del Mobile di Milano, Rocking Horse, un cavallo a dondolo, è un giocattolo tipico della tradizione riproposto attraverso l'utilizzo di materiali innovativi, tra cui Canapalithos, un semilavorato realizzato con fibre di canapa. Rocking Horse stimola l'immaginazione dei bambini, offrendo un'esperienza interattiva che accompagna la loro crescita.



Materiali e tecnologie

Rocking Horse è realizzato in Canapalithos, un materiale sostenibile ottenuto dalla biomassa di canapa e legato con un legante atossico brevettato. Questa combinazione ecocompatibile offre numerosi vantaggi, come la resistenza al fuoco e all'acqua. Un materiale simile al MDF in legno, privo di formaldeide che garantisce un prodotto sicuro per la salute e con eccellenti proprietà.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** Lo sgabello è realizzato con truciolo di canapa Canapalithos, un materiale eco-friendly ottenuto da fibre di canapa riciclate.
- **Sicurezza:** atossico, nessun utilizzo e possibile rilascio di formaldeide.
- **Resistente:** inalterabile all'acqua ed ignifugo.

🔗 https://www.domusweb.it/it/notizie/2014/04/02/rocking_horse.html
<https://materialdistrict.com/material/loam-hemp-panels/>

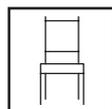
11 MOMENTUM

✂ Studio David Thulstrup per Søuld

📅 2021

📍 Danimarca

🏠 Søuld



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

La collezione MOMENTUM esplora la percezione dell'erba di mare attraverso quattro prodotti: un tavolino basso, un tavolino alto, un podio e uno schermo. Con un focus sui sensi, ogni pezzo integra vetro e acciaio con i pannelli acustici di Søuld. I prodotti evocano il calore e la morbidezza organica di Søuld, facendo riferimento alle origini naturali dell'erba di mare. Il risultato è una collezione di prodotti materici e sensoriali che migliorano l'acustica negli spazi e che connettono il design d'interni moderno con la natura.



Materiali e tecnologie

Alla base della collezione vi è Søuld, un materiale eco-friendly, salubre e in grado di immagazzinare CO₂. Questo semilavorato è prodotto a partire dalle piante marine locali. Søuld offre numerosi vantaggi sia dal punto di vista estetico che funzionale: da un lato i suoi prodotti migliorano l'acustica dell'ambiente mentre dall'altro contribuiscono al comfort termico, garantendo una temperatura ottimale e un ambiente accogliente.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** I prodotti della collezione Momentum sono in pannelli Søuld, un materiale sostenibile a base di erba di mare, inoltre offrono vantaggi acustici migliorando l'acustica dell'ambiente.
- **Sensorialità:** La collezione si concentra sulla tattilità dell'erba di mare, offrendo un'esperienza sensoriale unica. I materiali utilizzati creano una combinazione di texture e sensazioni tattili.

🔗 <https://www.sould.dk/project/studio-david-thulstrup>
<https://materialdistrict.com/material/eelgrass-acoustic-mats/>

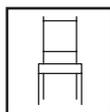
12 BIRD CHAISE CHAIR

✂ Studio Tom Dixon & Sould

📅 2022

📍 Italia

🏠 Sould



Design per l'abitare

Mobili e complementi d'arredo per la casa e per la cucina.

Descrizione

I pannelli Sould sono stati proposti come rivestimento della famosa Bird Chaise. Questa poltrona con il suo design audace e scultoreo, è un esempio di come un materiale come Sould possa essere utilizzato in modo innovativo. Di fatto i pannelli, trasformati in un unico blocco, aggiungono un elemento di comfort e modernità, offrendo un'esperienza di seduta piacevole, avvolgente e rispettosa dell'ambiente.



Materiali e tecnologie

Realizzata con l'erba di mare, Sould, offre numerosi vantaggi estetici e funzionali. Migliora l'acustica dell'ambiente e contribuisce al comfort termico. Il materiale alla base di Bird Chaise Chair offre un'alternativa alle tradizionali soluzioni a base di materiali petrolchimici, mettendo in evidenza le potenzialità di un approccio più sostenibile nel design del prodotto.

Punti di forza

- **Sostenibilità:** Il prodotto è realizzato in pannelli Sould, un materiale realizzato a base di erba di mare, naturale, atossico e raccolto in modo sostenibile.
- **Identitarietà:** Bird Chaise Chair ha un design unico che si distingue per la sua forma materica e scultorea. Questo conferisce alla poltrona un aspetto riconoscibile e minimale.

🔗 <https://www.sould.dk/project/studio-tom-dixon-bird-chaise-chair>
<https://materialdistrict.com/material/eelgrass-acoustic-mats/>

DESIGN PER LA PERSONA

In questa categoria rientrano l'abbigliamento, attrezzature per lo sport, il benessere e l'igiene personale, telefonia mobile, palmari, lettori MP3, elettronica per la persona, giochi e articoli per l'infanzia, protesi e attrezzature mediche ad uso privato, gioielli. Molteplici sono i campi approfonditi, da quello degli strumenti musicali a quello dei piccoli oggetti di uso quotidiano.



Sullo sfondo:
Hemp Eyewear Mucha

13 EL CAPITAN

 Blackbird Guitars

 2014

 Stati Uniti

 Ekoa



Design per la persona
Strumenti musicali.

Descrizione

El Capitan è il primo modello di chitarra realizzato da Blackbird Guitars, azienda responsabile dello sviluppo di Ekoa. Si tratta di una chitarra modello mini jumbo con corpo, manico e paletta realizzati in un pezzo unico di Ekoa stampato, materiale che permette di avere uno strumento con la stabilità della fibra di carbonio e la qualità acustica, il volume e l'estetica tipici delle chitarre in legno di misura più grande. Inoltre, El Capitan non solo è più reattiva dal punto di vista dei toni, ma è anche estremamente durevole, nonché stabile all'umidità e alla temperatura.



Materiali e tecnologie

La chitarra ha corpo, manico e paletta in Ekoa, materiale a base di fibre di lino. La tecnologia impiegata è quella tipica dei materiali compositi fibrorinforzati, ossia quella della preimpregnazione in uno stampo (prepreg), in questo caso con una bio-resina. Ekoa, inoltre, offre una rigidità superiore del 25% alla vetroresina abbinata ad una densità inferiore a quella della fibra di carbonio.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale bio-based realizzato con fibre di origine naturale.
- **Prestazioni:** acustica paragonabile a quella del legno vintage, ma con prestazioni meccaniche, stabilità e durabilità superiori.
- **Tecnologia/tradizione:** Il nuovo materiale è abbinato all'estetica tipica delle chitarre acustiche tradizionali.
- **Leggerezza:** il peso ridotto rende lo strumento molto confortevole da suonare.

 <https://www.blackbirdguitar.com/products/el-capitan#ptab-features>
<https://www.blackbirdguitar.com/blogs/press/93451270-bio-prepreg-guitar-the-look-feel-and-acoustic-quality-of-wood>

14 VENERIS

✂ Nunzia Ponsillo per Keep Life

📅 2017

📍 Italia

🏠 Keep Life



Design per la persona
Attrezzature per il benessere.

Descrizione

Veneris è una collezione di tre oggetti per la cura personale, ossia uno specchio e due contenitori porta gioielli. Essi sono realizzati in Keep Life, materiale bio-based ottenuto dalla lavorazione di scarti di gusci secca di frutta inventato nel 2017 dai designer italiani Pietro Petrillo e Ilaria Spagnuolo. L'aspetto estetico trae ispirazione dalla forma e dallo stile degli antichi anfiteatri romani; il materiale Keep Life, invece, dona agli elementi il gusto materico e primordiale.



Materiali e tecnologie

I due contenitori e la base dello specchio sono fabbricati in Keep Life. Si tratta di un materiale 100% bio-based ottenuto attraverso il riciclo di scarti di gusci di frutta secca uniti ad una resina legante priva di sostanze nocive. Keep Life, inoltre, a partire dal 2017 è coperto da brevetto per invenzione industriale. La percezione visiva del materiale è simile a quella del sughero.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale biobased realizzato con materiali di origine naturale.
- **Sicurezza:** il materiale è completamente atossico.
- **Lavorabilità:** Il materiale può essere tagliato, fresato, levigato e trattato come qualsiasi altro tipo di legno.

🔗 <https://www.keeplife.it/chi-siamo/>
<https://www.keeplife.it/portfolio-item/veneris/>

DESIGN PER LA MOBILITÀ

Rientrano in questa categoria i mezzi individuali e collettivi per la mobilità aerea, nautica, stradale. I nuovi materiali a base legno sono impiegati sia in ambiti dove il legno tradizionale era solito essere individuato come materia prima principale (per es. nautica e automotive) sia in ambiti in cui il materiale ligneo non era mai stato trattato prima (per es. bici).



Sullo sfondo:
Prototipo di cruscotto in Ekoa

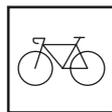
15 PEUGEOT ONYX e EXALT

 NewspaperWood per Peugeot

 2012 - 2014 (concept car)

 Francia

 NewspaperWood



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale privata.

Descrizione

NewspaperWood ha iniziato a collaborare con Peugeot in occasione del disegno degli interni della concept car Onyx. L'obiettivo di quest'auto era quello di esplorare nuove tecniche e materiali per il mondo automotive, come dimostrato dalla carrozzeria in rame e dagli interni, realizzati in NewspaperWood, feltro e fibra di carbonio. Nel 2014 la collaborazione tra i due brand ha dato vita alla concept car Exalt, berlina che ha continuato il percorso iniziato con Onyx avvalendosi, in questo caso, di una maggiore attenzione alla sostenibilità e all'efficienza.



Materiali e tecnologie

NewspaperWood, materiale ricavato dalla carta di giornale, è stato impiegato nella realizzazione degli abitacoli di entrambe le concept car. In Onyx è stato utilizzato per fabbricare gran parte degli interni (in versione standard sui toni del grigio), in combinazione con degli inserti in feltro e fibra di carbonio; per la Exalt NewspaperWood (nella variante con toni più caldi) è stato abbinato ad un tessuto crêpe de chine e pannelli in acciaio spazzolato.

Punti di forza

- **Impatto ambientale:** upcycling di un materiale di scarto, processo produttivo 100% sostenibile grazie all'impiego di colle prive di plastificanti o solventi, materiale a sua volta riciclabile, impiego di materie prime locali.
- **Espressività estetica:** la texture del materiale rimanda al materiale legno e alle sue venature.
- **Lavorabilità:** Il materiale può essere tagliato, fresato, levigato e trattato come qualsiasi altro tipo di legno.

 <https://newspaperwood.com/portfolio/peugeot-onyx/>
<https://newspaperwood.com/portfolio/peugeot-exalt/>

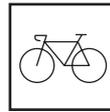
16 ET7

 NIO

 2021

 Cina

 Karuun



Design per la mobilità

Mezzi per la mobilità stradale privata.

Descrizione

La ET7 è la prima vettura in produzione ad includere Karuun nei suoi interni. All'interno dell'abitacolo si trovano più di 14 pezzi di materiale rinnovabile Karuun provenienti dalle foreste pluviali tropicali. Ognuno è caratterizzato da una texture unica in grado di trasmettere la sensazione di natura e di eleganza tipicamente offerta dal legno. Gli interni sono disponibili in tre colorazioni, ossia Storm Gray, Sand Brown e Edelweiss White.



Materiali e tecnologie

La materia prima viene raccolta manualmente senza l'uso di macchinari e viene successivamente lavorata sul posto attraverso un metodo brevettato per la fabbricazione di Karuun. Quest'ultimo è un materiale ecologicamente sostenibile realizzato con rattan, considerato attualmente come una delle nuove alternative alla plastica.

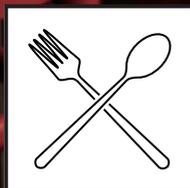
Punti di forza

- **Sostenibilità:** L'utilizzo del materiale Karuun rappresenta un'alternativa ecologicamente sostenibile.
- **Materiali naturali ed estetica:** La texture del Karuun, evoca una sensazione di natura all'interno dell'abitacolo.
- **Identitarietà:** Essere la prima vettura di produzione a impiegare Karuun negli interni conferisce all'ET7 un elemento distintivo.

 <https://www.nio.com/et7?noredirect=>
<https://www.karuun.com/en/>

FOOD DESIGN

In questa categoria rientrano Comunicazione, packaging, servizi, luoghi legati alla vendita e al consumo di prodotti edibili, oggetti e strumenti per la preparazione e l'uso alimentare. Uno degli ambiti più esplorati nella progettazione con nuovi materiali che imitano il legno vi è l'interior design per luoghi dedicati alla ristorazione, in particolar modo bar e ristoranti.



Sullo sfondo:
Goldfinch Restaurant

17 CAFÉ ZA

✂ Philippe Starck

📅 2016

📍 Francia

📄 Green Blade

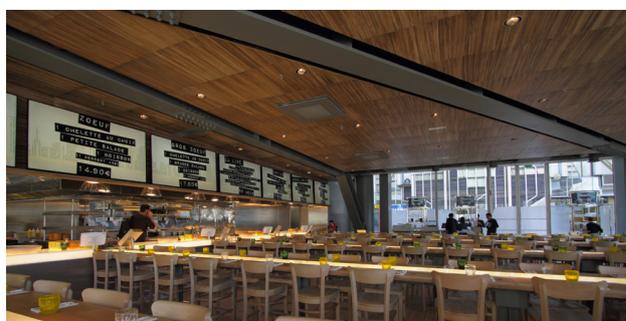


Food design

Luoghi legati alla vendita e al consumo di prodotti edibili.

Descrizione

Café Za è un locale progettato da Philippe Starck mettendo al centro nuove tecnologie e modalità di consumo. Esso si propone come un luogo di aggregazione sociale in cui trascorrere del tempo per svolgere una moltitudine di attività oltre a quella del consumo del cibo come la lettura, lo studio o il lavoro. Inoltre, per i rivestimenti delle pareti e per il controsoffitto di Café Za sono stati impiegati dei pannelli acustici in Green Blade, materiale realizzato a partire da tranciati di tronchi di banana.



Materiali e tecnologie

Café Za è caratterizzato da una forte presenza del materiale ligneo, impiegato nella realizzazione della pavimentazione e degli arredi. Le pareti e il controsoffitto sono rivestiti con dei pannelli acustici impiattacciati in Green Blade, ottenuti unendo un pannello in MDF con un piattaccio forato di Green Blade; questa soluzione, inoltre, garantisce un'estetica simile a quella del legno e vanta un coefficiente di riduzione del rumore (NRC) del 60-90%.

Punti di forza

- **Sostenibilità ambientale:** impiego di un materiale bio-based realizzato senza l'impiego di collanti o acqua.
- **Impatto ambientale:** materiale biodegradabile a fine vita.
- **Prestazioni acustiche:** i pannelli acustici Green Blade vantano un NRC del 60-90%.

🔗 <https://fibandco.com/products/acoustic/#1616277374823-e22ad01a-474f>
<https://www.starck.com/about>





Capitolo 7

IL LEGNO **TRASPARENTE**

7.1 Introduzione

7.1.1 Il legno e la trasparenza

Il lavoro di schedatura svolto nei capitoli precedenti (cap. 5 e 6) ha fatto emergere un **crescente interesse progettuale** e un aumentare delle soluzioni che intendono coniugare la **trasparenza/translucenza** al materiale ligneo o a ciò che lo imita.

Per quanto riguarda i **materiali che imitano il legno** la ricerca si è mossa sia nella direzione di **materiali a base di fibre naturali** (per es. Ekoa e Green Blade), sia nel campo dei **polimeri plastici** trasparenti e della loro testurizzazione (per es. PLAW e la resina acrilica impiegata per realizzare il Transparent Table di Nendo Studio). Questa categoria di materiali, attualmente, ha sfruttato questa proprietà in diversi ambiti, quali l'**automotive** [fig. 1], il design per l'**illuminazione** e il settore dell'**arredamento**.

Tuttavia, nonostante questi materiali rappresentino delle valide alternative al legno dal punto di vista dell'estetica, delle caratteristiche e della sostenibilità questi non sono vero legno. Da questo punto di vista, è bene sapere che il lavoro di ricerca per rendere il **legno** un materiale **trasparente** è iniziato ben prima rispetto ai materiali precedentemente citati (anni '90); nonostante ciò, solo negli ultimi anni questo ha raggiunto un livello di sviluppo tale da permettergli di essere introdotto sul mercato per essere commercializzato al pubblico. Questo materiale, che è realmente legno reso trasparente/traslucido, prende il nome di **Transparent Wood (TW)**. Un esempio di azienda che produce questo materiale è Woodoo, con il suo prodotto chiamato SLIM.

L'**obiettivo di questo capitolo** è di esplorare il legno trasparente/traslucido partendo con un approfondimento sulla sua storia per poi proseguire con un'analisi delle proprietà, dei processi produttivi, dell'industria e delle applicazioni. Infine, saranno presentati alcuni casi studio di rilievo nell'ambito della progettazione, per poi concludere il capitolo con una comparativa con altri materiali e con alcune considerazioni in merito all'ecosostenibilità.



Figura 1 Prototipo cruscotto di un'automobile con inserti in Ekoa integrati con l'infotainment.



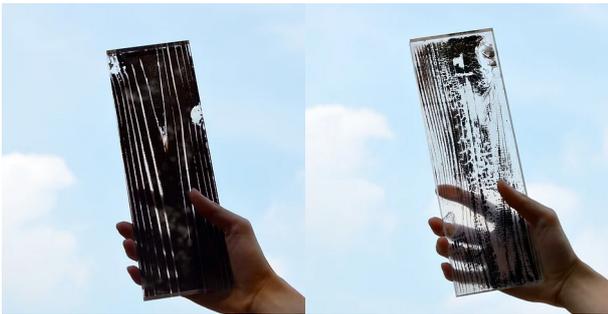
Slim

Slim è un pannello di legno, traslucido e sensibile al tatto. Il processo prevede la ri-elaborazione della microstruttura del legno per potenziarne alcune caratteristiche. Durante questa fase, la lignina presente nel legno viene rimossa al fine di migliorare la stabilità dimensionale e la durabilità.



Ekoa

Ekoa è un materiale a base di fibre di lino nato come alternativa al legno, alla plastica e ai laminati in tutte le applicazioni ad uso interno. La composizione del materiale lo rende traslucido e touch sensitive. Attualmente queste proprietà sono sfruttate nel campo dell'automotive.



PLAW

PLAW è un materiale nato da un'idea del designer giapponese Sohma Furutate con l'obiettivo di combinare le proprietà dei polimeri plastici con l'estetica del legno. È ottenuto attraverso la carbonizzazione di uno stampo in legno e il suo successivo riempimento con resina epossidica.



Transparent Table

Si tratta di un progetto di Nendo Studio intitolato "Textured Transparencies". Il tavolo, realizzato in resina acrilica stampata, è disponibile in due versioni: nero fumé, che crea l'effetto del legno traslucenza, e naturale, che mira a creare la percezione del legno totalmente trasparente.



Green Blade

Green Blade è un'impiallacciatura 100% bio-based a base di fibre di banana, sviluppata dall'azienda caraibica FIBandCO come alternativa all'impiallacciatura di legno esotico. Il materiale, inoltre, è impiegato nel settore dell'illuminazione per via della sua leggera traslucenza.

7.2 Principali grandezze fisiche

Prima di iniziare ad approfondire il TW è necessario introdurre e definire tutte quelle grandezze che saranno più volte citate nelle sezioni successive. In questo modo sarà più semplice leggere e comprendere i concetti che saranno spiegati in seguito.

- **Indice di rifrazione**

L'indice di rifrazione viene definito come il rapporto tra le due velocità raggiunte da un raggio di luce che attraversa due mezzi trasmissivi (il vuoto e il mezzo). Si tratta di una grandezza adimensionale, che varia in funzione della lunghezza d'onda del raggio di luce e della temperatura. In termini più semplici, descrive quanto velocemente il raggio di luce attraversa un materiale. Questa relazione è descritta dalla seguente formula ^{[1][2]}:

$$n = c / v$$

n = indice di rifrazione;
 c = velocità della luce nel vuoto;
 v = velocità della luce nel mezzo.

- **Trasmittanza**

La trasmittanza (generalmente indicata con τ), in ottica e in spettroscopia, rappresenta la capacità di un materiale di lasciarsi attraversare da una porzione della luce incidente. Trattandosi del rapporto tra l'intensità del flusso radiante trasmesso e l'intensità del flusso radiante incidente, la trasmittanza è considerata una grandezza adimensionale ^{[3][4]}.

- **Haze**

Viene definito come la percentuale di luce incidente diffusa oltre $2,5^\circ$ attraverso il campione di materiale. Più basso è il valore haze, maggiore è la chiarezza. Quando il valore haze è superiore al 30%, si parla di "diffusione". L'haze non presenta un'unità di misura specifica, ma si esprime in percentuale (%).

Esistono due tipologie di haze che è possibile riscontrare nei materiali:

[1] <https://tinyurl.com/MT-refractive-index>
(Ultima consultazione 21/06/23)

[2] CES EduPack 2019, Regno Unito, Granta Design, 2019.

[3] <https://physicsopenlab.org/2021/06/19/spettroscopia-di-trasmissione/>
(Ultima consultazione 21/06/23)

[4] Cit. [2]

- Haze di riflessione, che si verifica quando la luce viene riflessa da un materiale (aspetto tipico delle superfici lucide).

- Haze di trasmissione, che si verifica quando la luce passa attraverso un materiale [5][6].

- **Luminosità (Brightness)**

In ottica, viene definita come la luminosità o l'oscurità di un colore senza prendere in considerazione i valori di tonalità e saturazione. La scala di luminosità va dal bianco, situato all'estremità superiore, al nero, collocato all'estremità inferiore [7][8].

- **Conducibilità termica**

Indica la velocità con la quale il calore viene condotto attraverso un solido allo stato stabile. Il simbolo con cui si indica la conducibilità termica è λ mentre l'unità di misura adottata dal Sistema Internazionale è $W/(m \cdot K)$. Utilizzando termini più semplici è possibile affermare che la conducibilità termica rappresenta l'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore.

Essa dipende unicamente dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale preso in esame. I materiali con elevata conducibilità termica sono definiti conduttori, mentre quelli a bassa conducibilità termica sono classificati come isolanti. Inoltre, esiste una corrispondenza tra la capacità di trasmettere calore e quella di trasmettere l'elettricità di un materiale: un isolante termico solitamente è un pessimo conduttore elettrico. Infine, è bene sapere che la conducibilità termica è calcolata attraverso la legge di Fourier [9][10].

[5] <https://tinyurl.com/omnexus-special-chem>
(Ultima consultazione 21/06/23)

[6] Cit. [2]

[7] https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-540-72816-0_2942
(Ultima consultazione 21/06/23)

[8] Cit. [2]

[9] <https://tinyurl.com/vimark-trasmittanza>
(Ultima consultazione 21/06/23)

[10] Cit. [2]

7.3 Tappe storiche

Il legno trasparente è un'**invenzione** introdotta per la prima volta nel **1992** da **Siegfried Fink**, che trasformava il legno in materia trasparente per poterne osservare le strutture specifiche. Il suo lavoro è stato **riscoperto** a cavallo **tra il 2015 e 2016** dai team dello **Swedish KTH Royal Institute of Technology** [fig. 1] e dell'**Università del Maryland**. Entrambi i team sono partiti dal processo di fabbricazione del legno trasparente di Fink, che hanno poi modificato per poter raggiungere il loro **obiettivo** che, a differenza di Fink, era quello di **esaminare le proprietà** del legno trasparente. I due processi erano differenti, ma il concetto di trasformazione del legno in materia trasparente era il medesimo.

Il **primo passo** è quello di **delignificare** il campione di legno, poiché la lignina dà al legno il suo colore; i campioni di legno delignificati si presentano, quindi, bianchi [fig. 2]. Il **secondo step**, successivamente, consiste nel sottoporre il campione ad un'**infiltrazione di polimeri trasparenti** aventi indici di rifrazione corrispondenti (PMMA al KTH e resina epossidica al Maryland), attraverso un processo che alterna vuoto e **sottovuoto**. Dopo la seconda fase, si ottiene un campione di legno trasparente.

Entrambi i team hanno quindi **analizzato le proprietà** dai campioni di legno trasparente ottenuti e hanno scoperto che quanto più spesso era il campione, tanto minore era la sua trasmittanza ottica. Un'altra scoperta è stata che il legno trasparente ha alti valori di opacità ottica tra il 90% e il 100%. La **vera scoperta importante**, considerando l'utilizzo del legno trasparente in edilizia, sono state le sue **proprietà meccaniche** che sono state migliorate rispetto sia al legno originario, sia al polimero con cui è stata effettuata l'infiltrazione [1].

Successive ricerche hanno poi suggerito le sue **possibili applicazioni** per strutture leggere a basso costo nella trasmissione della luce come edifici, finestre a celle solari trasparenti, mobili o come materiale strutturale in automobili e optoelettronica. Queste



Figura 1 Campione di legno trasparente ottenuto dai ricercatori dello Swedish KTH Royal Institute of Technology.



Figura 2 Confronto tra un campione di legno normale e uno delignificato (di colore bianco).

[1] Karl'a V., "Update on Research on Transparent Wood", Vol. 566, Regno Unito, IOP Publishing Ltd, 2019.

ricerche sostenevano che il legno trasparente poteva permettere costi minori e una maggiore sostenibilità ambientale rispetto al vetro. Tuttavia, ci sono state alcune **critiche** riguardo tali affermazioni, principalmente dovute all'**uso di sostanze chimiche** necessarie per delignificare il legno e allo **spessore limitato**. Tenendo presenti queste critiche, gli scienziati del KTH Institute hanno sviluppato delle versioni aggiornate del legno trasparente e esaminato le loro proprietà [fig. 3].

Nel **2017**, i ricercatori del KTH Institute hanno elaborato un **processo di produzione** del legno trasparente, che **lascia la lignina** all'interno delle cellule del legno, **modificandone la struttura** e rimuovendo solo le strutture cromoforiche. Le **proprietà meccaniche** del legno trasparente ottenuto attraverso la modificazione della lignina si sono dimostrate **migliori** rispetto a quelle ottenute con il processo di delignificazione.

Nel **2018**, al KTH institute, si è cercato di **migliorare la trasmittanza ottica** del legno trasparente. In questo caso i ricercatori hanno **acetilato dei campioni** di legno delignificato utilizzando anidride acetica, per una migliore compatibilità con il PMMA [2].

Nel **2019**, Wang et al. hanno impiegato dei **materiali fotocromici** per infiltrare dei campioni di legno modificato, ottenendo il **legno trasparente fotocromico**. Questo tipo di materiale è in grado di passare da un colore viola brillante a un viraggio del tutto incolore se posizionato sotto la luce; mostra una buona trasmittanza (circa il 65%) e un valore di haze alto (circa il 90%), che è molto importante per l'applicazione di tale materiale nella realizzazione di finestre smart e nei materiali anticontraffazione [3]. Nello **stesso anno** Li e coll. assemblano con successo delle **celle solari in perovskite** direttamente **su una superficie di legno trasparente** per la prima volta, con una buona efficienza di conversione di potenza. Questo ha confermato che il legno trasparente è adatto come substrato per moduli di celle solari e che ha un potenziale



Figura 3 Confronto tra vari campioni di legno trasparente ottenuti con diversi metodi di infiltrazione.

[2] Cit. [1]

[3] Yan Wu, Jichun Zhou, Qiongtao Huang, Feng Yang, Yajing Wang, Jing Wang, "Study on the Properties of Partially Transparent Wood under Different Delignification Processes", articolo pubblicato sulla rivista Polymers, Svizzera, MDPI Editore, 2020.

nell'ambito dell'efficienza energetica .

Céline Montanari et al. hanno anche affermato che il legno trasparente dovrebbe essere dotato di molteplici funzioni. Utilizzando polietilenglicole come materiale di base, ovvero un **materiale a cambiamento di fase (PCM)** con forma stabile, questo è stato incorporato all'interno di campioni di legno delignificati in modo da ottenere del **legno trasparente multifunzionale**. L'applicazione nei sistemi di accumulo del calore e nella trasmissione luminosa reversibile nell'accumulo di energia termica rappresentano due validi esempi [4].

Nel **2021**, cinque anni dopo aver introdotto il primo materiale da costruzione in legno trasparente, i ricercatori del KTH, hanno alzato nuovamente l'asticella dell'innovazione. Gli scienziati hanno trovato un modo per rendere il loro biocomposito un **materiale rinnovabile al 100%** e aumentare, allo stesso tempo, la traslucenza. Per rendere il loro legno trasparente ancora più ecologico, il gruppo di ricercatori ha **sostituito il PMMA con limonene acrilato**, un monomero a base di limonene, la molecola che è alla base dell'odore degli agrumi. Questa nuova versione di legno trasparente offre, inoltre, una trasmissione ottica del 90% con uno spessore di 1,2 mm [5].



Figura 4 Confronto di un campione di legno trasparente infiltrato con limonene acrilato con uno di legno normale.



Figura 5 Campione di legno trasparente infiltrato con limonene acrilato.

[4] Cit. [3]

[5] Céline Montanari, Yu Ogawa, Peter Olsén, Lars A. Berglund, "High Performance, Fully Bio-Based, and Optically Transparent Wood Biocomposites", articolo pubblicato sulla rivista *Advanced Science*, Vol. 8, N. 12, Germania, Wiley-VCH, 2021.

7.4 Processi produttivi

Data la natura recente del materiale, le attività di ricerca da parte degli studiosi si sono concentrate soprattutto sul processo e sulla sua ottimizzazione dal punto di vista delle prestazioni del materiale e della sostenibilità. Nei paragrafi successivi saranno approfonditi il **primo metodo** introdotto, ossia quello attraverso delignificazione, e il suo **sviluppo successivo**, ovvero il processo tramite modificazione della lignina. Il sotto capitolo si conclude con un **confronto** tra i due metodi dal punto di vista delle prestazioni e delle caratteristiche dei materiali ottenuti da entrambi i processi. Infine, un'ulteriore variante del processo, di grande rilevanza dal punto di vista dell'ecosostenibilità, sarà trattata nel sotto capitolo relativo alla sostenibilità ambientale (cap. 7.8).

7.4.1 Metodo con delignificazione

Il processo [fig. 6] inizia con l'**essiccazione** di un campione di legno di balsa (densità pari a 160 kg/m^3) a $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ per 24 ore prima dell'**estrazione chimica**. I campioni essiccati sono in seguito estratti impiegando l'1% in peso di clorito di sodio (NaClO_2) con una soluzione tampone di acetato (pH 4,6) a $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Le dimensioni del campione sono di $20 \times 20 \text{ mm}$, mentre lo spessore può essere di $0,6 \pm 0,1$, $1,0$, $2,5 \pm 0,1$, $5,0$ e $8,0 \text{ mm}$. Il tempo di reazione è di 6 ore per i campioni con uno spessore inferiore a 3 mm ed è di 12 ore per i campioni con uno spessore compreso tra 5 e 8 mm. Inoltre, sono state effettuate anche prove di reazione su campioni con dimensioni di $100 \times 100 \times 1 \text{ mm}$ al fine di dimostrare la possibilità di lavorare su campioni di grandi dimensioni.

I **campioni estratti** sono accuratamente **lavati** con acqua deionizzata e in seguito **disidratati** utilizzando prima etanolo puro, poi una miscela 1:1 (rapporto di volume) di etanolo e acetone e, infine, acetone puro (in maniera graduale). Ogni passaggio è ripetuto tre volte [1].

Il **legno è reso trasparente** attraverso l'**infiltrazione** del campione di legno delignificato con una soluzione di **metilmetacrilato (MMA)** pre-polimerizzato e successiva-

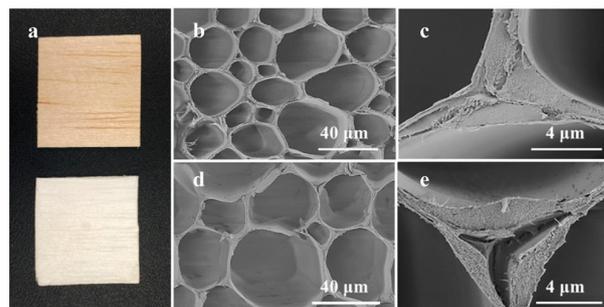


Figura 1 a) Campione di legno prima e dopo la delignificazione. b-c) Ingrandimenti al microscopio del legno non processato. d-e) Ingrandimenti al microscopio del legno dopo la delignificazione.

[1] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Shun Yu, Min Yan, and Lars Berglund, "Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance", articolo pubblicato sulla rivista Biomacromolecules, Stati Uniti, American Chemical Society, 2016.

mente **riscaldato in un forno** a 70°C per 4 ore [fig. 1]. Il monomero MMA puro viene pre-polimerizzato a 75°C per 15 minuti, in un pallone a fondo rotondo a due colli, con lo 0,3% in peso di 2,2'-Azobis (2-metilpropionitrile) come iniziatore. Il MMA pre-polimerizzato è **raffreddato** a temperatura ambiente in un bagno di ghiaccio e acqua allo scopo di interrompere la reazione. Successivamente, il campione di legno delignificato è **infiltrato** nella soluzione di MMA pre-polimerizzato **attraverso** un processo **sottovuoto** di circa 30 minuti. L'infiltrazione sottovuoto viene ripetuta per tre volte al fine di garantire la completa infiltrazione. Infine, viene realizzato un **pannello sandwich** in cui il legno infiltrato viene interposto tra due lastre di vetro e confezionato in un foglio di alluminio prima di procedere con la successiva polimerizzazione. Il **processo** di polimerizzazione viene **completato riscaldando il campione** di legno infiltrato all'interno di un forno a 70°C per 4 ore.

Il **funzionamento del legno trasparente** è spiegato dalla presenza nelle varie specie legnose di un sistema cellulare altamente ordinato; nei legni duri, tuttavia, la dimensione del lume (dimensione interna dei pori) può mostrare grande variazione. La **diffusione della luce** avviene in tutte le interfacce tra parete cellulare e aria presenti nella cavità del lume e nello spazio all'interno delle cellule fibrose del legno; ciò modifica il percorso della luce per la trasmissione in avanti. Inoltre, si verifica un forte assorbimento di luce a causa della natura dei biopolimeri che caratterizzano le pareti cellulari del legno. In particolare, la **lignina** è una **sostanza fortemente assorbente** ed è responsabile del 80-95% dell'assorbimento della luce. Nella fabbricazione del legno trasparente, la lignina viene subito **rimossa per ridurre l'attenuazione della luce** dovuta all'assorbimento. La lignina, in origine, presenta un colore marrone a causa del suo carattere fenolico. A seguito della delignificazione, il campione ottenuto, ricco di cellulosa, diventa di colore bianco mentre la forma, al contrario, rimane invariata [fig. 2]. Il contenuto di lignina diminuisce forte-

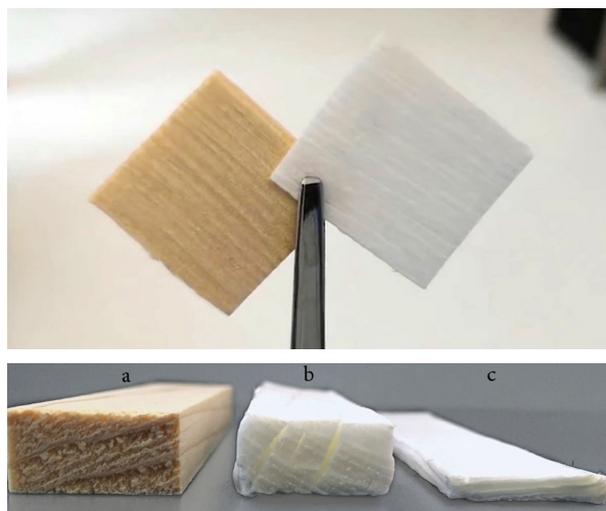


Figura 2 Cambio di colore del campione di legno prima e dopo la delignificazione.

[2] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Shun Yu, Min Yan, and Lars Berglund, "Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance", articolo pubblicato sulla rivista *Biomacromolecules*, Stati Uniti, American Chemical Society, 2016.

mente passando dal 24,9% al 2,9% [2].

Anche nella parte più interna dei campioni di legno, la struttura a nido d'ape e l'organizzazione delle pareti cellulari (su scala nanometrica) restano intatte e ben conservate [fig. 3] [3].

Il legno delignificato, tuttavia, non è trasparente a causa della diffusione della luce nell'interfaccia tra la parete cellulare e l'aria presente nella cellula, e tra le nanofibre di cellulosa e l'aria nella parete cellulare. Secondo la legge di Snell, **la luce viene diffratta durante la trasmissione attraverso un'interfaccia**. Maggiore è la differenza di indici di rifrazione tra i due mezzi e maggiore sarà l'angolo di diffrazione. Quando la luce viene trasmessa attraverso il legno delignificato, solo una piccola frazione della luce mantiene la sua direzione originaria, a causa della porosità del legno su scala molto grande (scala di $10\ \mu\text{m}$) e della differenza degli indici di rifrazione tra l'aria (indice di rifrazione di 1.0) e la parete cellulare del legno (indice di rifrazione di circa 1.53). La delignificazione, infatti, influenza fortemente l'indice di rifrazione delle pareti cellulari. L'indice di rifrazione della lignina è di 1.61, valore che è molto più basso per la cellulosa (con indice di rifrazione di 1.53) e l'emicellulosa (indice di rifrazione di circa 1.53). Dopo la delignificazione, gli **indici di rifrazione dei componenti della parete cellulare sono quasi gli stessi**, con un valore comune di circa 1,53. Per regolare ulteriormente l'indice di rifrazione del legno e rimuovere le porosità a livello nanoscopico si infila il campione con del polimetilmetacrilato (PMMA) il cui indice di rifrazione è di circa 1,49; questo è stato polimerizzato nella parete cellulare per regolare l'interfaccia ottica e diminuire la luce [fig. 4]. Ciò fa sì che la diffusione della luce sia ridotta, con conseguente trasmissione della luce e trasparenza ottica quasi totali. Le immagini SEM a basso ingrandimento hanno mostrato che le cavità del lume delle cellule del legno sono riempite dal PMMA e che la microstruttura è ben conservata. Inoltre, nell'immagine SEM ad alto ingrandimento della sezione trasversale della parete cel-

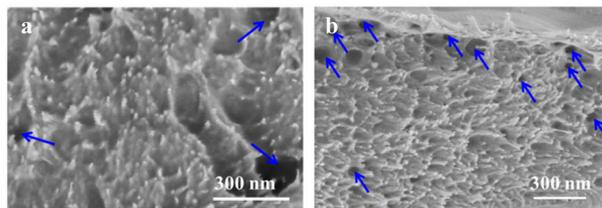


Figura 3 a) Ingrandimento al microscopio della sezione della nanostruttura del legno non processato. b) Ingrandimento al microscopio della sezione della nanostruttura del legno delignificato.

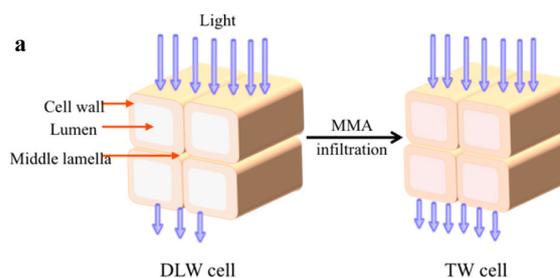


Figura 4 Nel campione di legno non processato viene trasmessa solo una piccola frazione di luce (a sinistra). Dopo l'infiltrazione di MMA e la completa polimerizzazione in PMMA, la differenza dell'indice di rifrazione tra parete cellulare e lume viene ridotta permettendo di ottenere una minore dispersione della luce e una maggiore trasparenza (a destra).

[3] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Shun Yu, Min Yan, and Lars Berglund, "Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance", articolo pubblicato sulla rivista *Biomacromolecules*, Stati Uniti, American Chemical Society, 2016.

lulare, è evidente che con il presente metodo di preparazione, **le porosità** a livello microscopico e nanoscopico sono **sostituite dalla matrice di PMMA**, nonostante la sua natura relativamente idrofobica. La nanostruttura delle nanofibre di cellulosa è anch'essa mantenuta senza troppa agglomerazione, come è evidente dalle immagini SEM ad alto ingrandimento. Si noti che il PMMA è presente sia nel lume sia nella parete cellulare modificata, dove si mescola con le nanofibre di cellulosa a scala nanometrica [fig. 5] [4].

7.4.2 Metodo con modificazione della lignina

Il processo [fig. 8] inizia con l'esposizione di un campione di legno di balsa ad un **trattamento alcalino con H₂O₂** (perossido di idrogeno). Dopo 30 minuti, la luminosità dei campioni di legno raggiunge il 77% e dopo un'ora si ottiene il 79%, valore che risulta essere accettabile per l'ottenimento del legno trasparente [5]. Inoltre, sono stati provati dei tempi di esposizione maggiore: ciò nonostante, la luminosità del campione non è riuscita ad andare oltre l'80%. Con il processo di delignificazione, al contrario, sono state necessarie ben 6 ore per ottenere l'80% di luminosità.

Successivamente è stato preparato un campione più grande di legno di balsa con dimensioni pari a 100 x 100 x 3 mm; questo, nel processo di trasformazione, ha impiegato 5 ore, utilizzando il metodo di modificazione della lignina, mentre sono state necessarie 24 ore con il processo di delignificazione.

Segue, infine, l'**infiltrazione con polimero**, che può essere effettuata con PMMA, resina epossidica o limonene acrilato. Con **questo metodo**, rimuovendo solo le strutture cromoforiche della lignina, è possibile ottenere il **legno trasparente da molteplici specie legnose**, aspetto che fino a prima aveva rappresentato una sfida (data la presenza della fase di delignificazione) [6].

Con la combinazione di ottime proprietà ottiche, prestazioni meccaniche e bassa

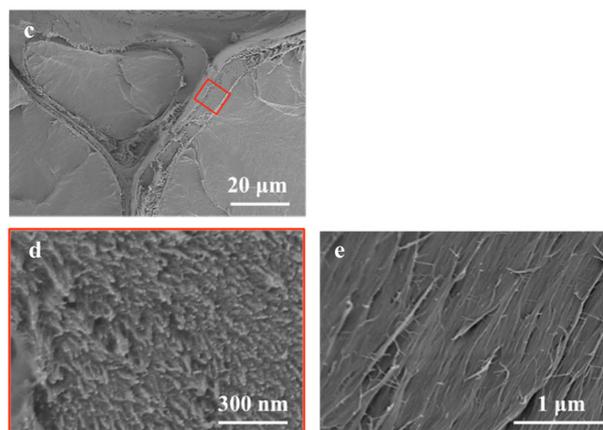


Figura 5 c) Ingrandimento al microscopio del legno trasparente in sezione che mostra l'effettiva presenza del PMMA. d-e) Ingrandimenti al microscopio del legno trasparente (della sezione e della sua superficie) che mostrano la completa preservazione della nanostruttura.

[4] Cit. [1]

[5] Bob McDonald, "Scientists develop transparent wood that is stronger and lighter than glass", articolo pubblicato su CBC Radio, Canada, CBC, 2021.

[6] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Ramiro Rojas, Min Yan, Martin Lawoko, Lars Berglund, "Lignin-Retaining Transparent Wood", articolo pubblicato sulla rivista ChemSusChem (di Chemistry Europe), N. 10, Stati Uniti, John Wiley & Sons Chem, 2017.

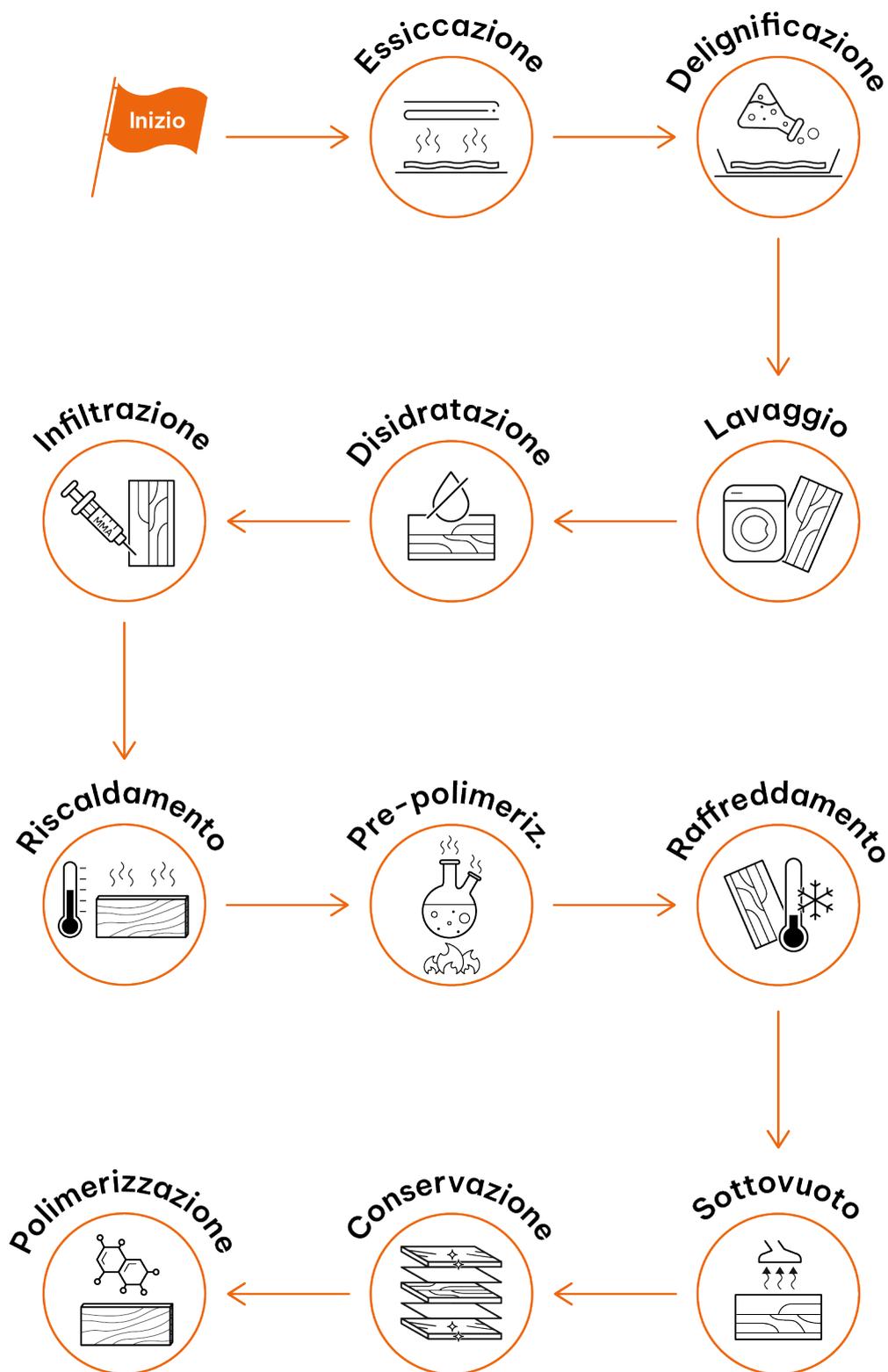


Figura 6 Schema del processo di fabbricazione del legno trasparente attraverso delignificazione.

conducibilità termica, il legno trasparente ottenuto modificando la lignina è un buon candidato nel **campo dell'edilizia** ad elevata efficienza energetica. Infatti, l'assorbimento dagli impianti di illuminazione può essere parzialmente sostituito dalla luce solare se si utilizza un tetto o una finestra in legno trasparente. Inoltre, l'**elevato valore di haze** permette anche di proteggere e assicurare la **privacy** interna. La **bassa conducibilità termica**, infine, aiuta a diminuire lo scambio di calore tra l'interno e l'esterno. Questo a sua volta, riduce il consumo di energia necessario per i sistemi di condizionamento estendendo, per esempio, il comfort termico interno, soprattutto tra le varie stagioni. Un'altra importante applicazione per il legno trasparente è il suo utilizzo nei **mobili**, dove si ricercano proprietà estetiche e funzionali nell'arredamento di abitazioni e uffici. Inoltre, utilizzando punti quantici incorporati in un pannello in legno madre, è possibile anche la luminescenza diffusa. Questo è un vantaggio nella realizzazione, per esempio, di **sorgenti luminose** planari e di elementi luminescenti per costruzioni, edifici o mobili [fig. 7] [7].

[7] Alberto Mariani, Giulio Malucelli, "Transparent Wood-Based Materials: Current State-of-the-Art and Future Perspectives", articolo pubblicato sulla rivista Materials, Svizzera, MDPI Editore, 2023.

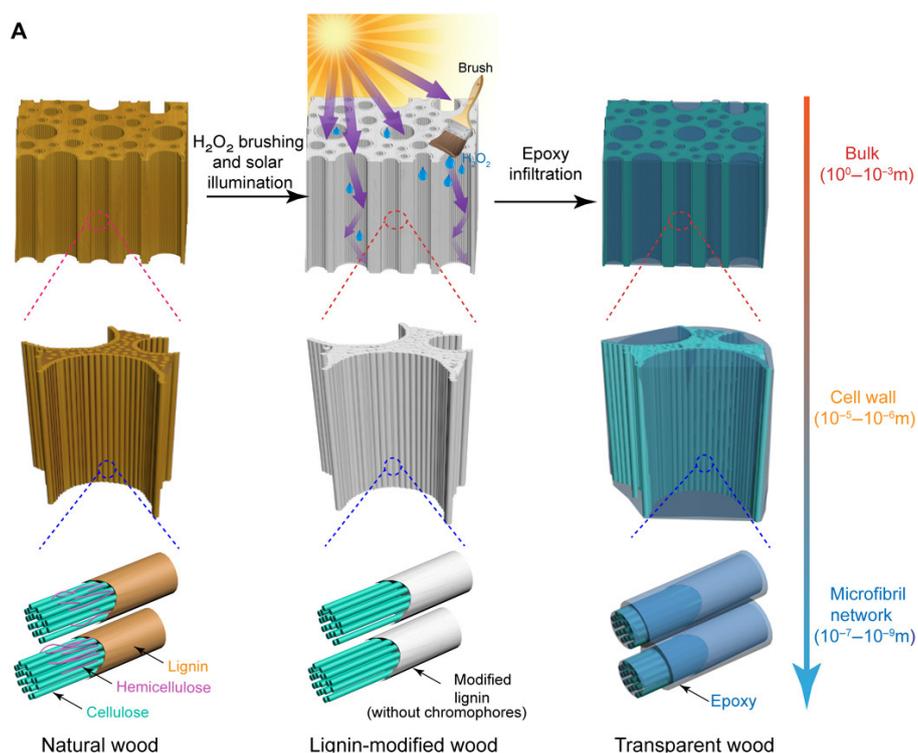


Figura 7 Schema delle tre principali fasi del processo di produzione mostrate secondo tre scale di ingrandimento.

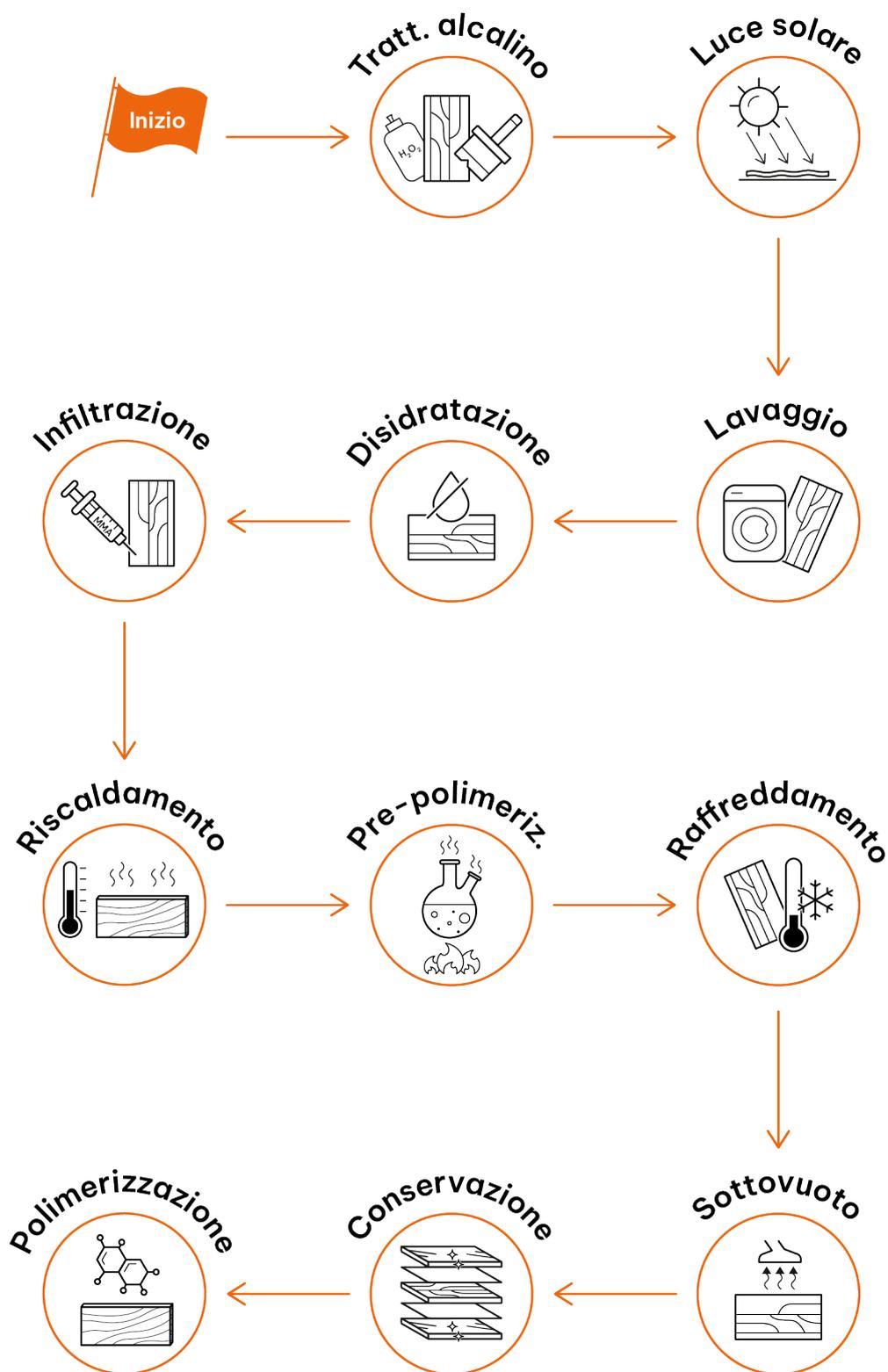


Figura 8 Schema del processo di fabbricazione del legno trasparente attraverso modificazione della lignina.

7.4.3 Comparativa tra i due metodi

I campioni di TW delignificati e quelli ottenuti modificando la lignina appaiono simili. Per il confronto sono stati misurati i valori di un campione ottenuto con la modificazione della lignina e i valori di un campione delignificato.

Il legno trasparente con la lignina modificata dimostra elevate **prestazioni ottiche** [fig. 9]. Il campione valutato presenta uno spessore di 1,5 mm e la sua trasmittanza ottica è dell'83%; il suo valore di haze è del 75%. La trasmittanza ottica del campione delignificato, invece, è dell'86% e il suo haze è del 68% circa. Gli scienziati del KTH Institute hanno ipotizzato che l'aumento dei valori di haze nel legno trasparente con ancora presente la lignina al suo interno può essere causato dalla discrepanza relativamente grande dell'indice di rifrazione tra lignina (1,61) e PMMA (1,49).

I ricercatori del KTH Institute, inoltre, hanno anche eseguito un **test di flessione** su 3 punti per valutare se il legno trasparente potesse sostituire il vetro nelle applicazioni strutturali. Lo sforzo fino a rottura è risultato essere migliore nel legno trasparente ($2,18 \pm 0,14\%$) rispetto al vetro ($0,19 \pm 0,02\%$), grazie al rafforzamento che la struttura del legno sviluppa una volta trasformato in legno trasparente. Le proprietà del legno trasparente con la lignina modificata appena citate, possono essere utili in applicazioni quali travi in legno.

Lasciare la lignina all'interno del legno ha anche un altro vantaggio. L'**assenza di lignina indebolisce la struttura** del legno, che rende la manipolazione e la **fabbricazione** di campioni di grandi dimensioni molto difficoltosa e **poco pratica**; inoltre, alcune specie legnose (per esempio il pino) tendono a disgregarsi in pezzi una volta delignificati [8].

Per il legno delignificato, è stato possibile ottenere anche lo **spettro di luminescenza**, grazie alla presenza di residui di lignina. Tuttavia, l'intensità è decisamente diminuita, a causa della rimozione quasi totale della lignina. Il **contenuto di lignina** presente con il metodo di modificazione del-

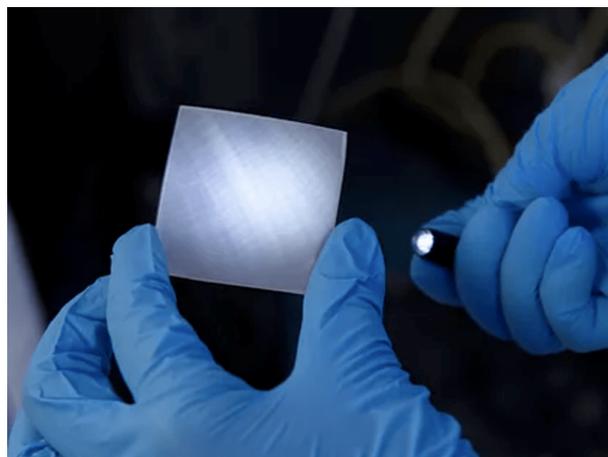


Figura 9 Interazione con la luce di un campione di legno trasparente.

[8] Karl'a V., "Update on Research on Transparent Wood", Vol. 566, Regno Unito, IOP Publishing Ltd, 2019.

la lignina è sceso leggermente, dal 23,5% al 21,3% in peso, mantenendo circa l'80% in peso del contenuto di lignina del legno di partenza. Con il processo di delignificazione, il contenuto di lignina è diminuito significativamente da circa il 23,5% al 2,5% in peso, ovvero più del 90% della lignina è stato rimosso.

Per il legno con la lignina modificata la **delaminazione della parete cellulare** si è verificata in corrispondenza della lamella media in misura molto limitata, aspetto compatibile con la presenza di lignina ben preservata. Al contrario, molto accentuata è la delaminazione della parete cellulare che si è verificata dopo il processo di delignificazione. Il peso e la misurazione della perdita di lignina confermano una migliore conservazione del legno trasparente che ha mantenuto la lignina (considerazioni che, a differenza della delignificazione, sono valide per tutte le specie legnose) [fig. 10] [9].

I campioni di legno trasparente ottenuti con la modificazione della lignina mostrano **proprietà meccaniche** migliori. Questo è essenziale quando si conducono processi di fabbricazione di legno trasparente su larga scala a partire da varie specie legnose. La lignina è un agente legante a matrice polimerica che, legando insieme le nanofibrille e la fibra, conferisce alle piante elevata resistenza e rigidità. Dopo la delignificazione, la resistenza meccanica del campione in legno è ridotta. Tuttavia, con il metodo di modificazione della lignina, questo non è un problema. Inoltre, è stata misurata anche la resistenza all'umidità (con forze applicate parallelamente e perpendicolarmente alla direzione delle fibre) al fine di definire la stabilità meccanica del campione durante le possibili manipolazioni che gli operatori svolgerebbero durante il processo di fabbricazione del legno trasparente. La **resistenza all'umidità** dei campioni di betulla, pino e frassino è molto più alta se questi sono stati fabbricati tramite la modificazione della lignina piuttosto che attraverso delignificazione. Dopo la delignificazione, di solito pino e frassino tendono a disgregarsi in pezzi, anche con un'attenta mani-

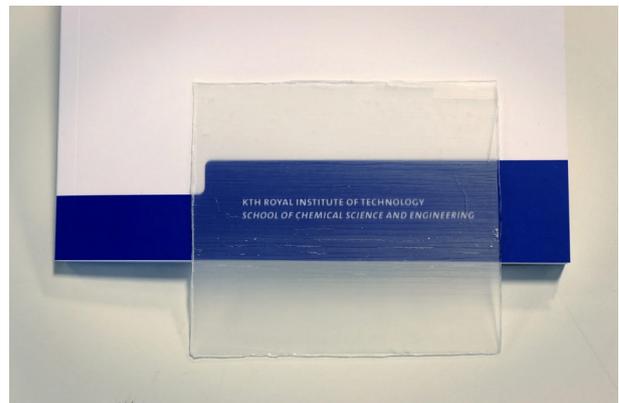


Figura 10 Campione di legno trasparente ottenuto dai ricercatori dello Swedish KTH Royal Institute of Technology.

[9] Karl'a V., "Update on Research on Transparent Wood", Vol. 566, Regno Unito, IOP Publishing Ltd, 2019.

polazione. Con la modificazione della lignina, al contrario, la struttura del legno è ben conservata, così come l'integrità meccanica del campione [tab. 1].

Il metodo di modificazione della lignina è un processo più **ecologico**, dal momento che gli effluenti tossici sono ridotti al minimo. Il metodo di delignificazione risulta essere svantaggiato da questo punto di vista. Per es., la formazione di metilmercaptano, dimetilsolfuro e idrogeno solforato nel macero Kraft e le diossine clorurate durante il trattamento con NaClO_2 sono dannose. Tenendo conto di tutti gli aspetti considerati, il **metodo con modificazione della lignina** risulta essere un **processo migliore** della delignificazione e potrà potenzialmente permettere la realizzazione su scala industriale del legno trasparente [10].

[10] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Ramiro Rojas, Min Yan, Martin Lawoko, Lars Berglund, "Lignin-Retaining Transparent Wood", articolo pubblicato sulla rivista ChemSusChem (di Chemistry Europe), N. 10, Stati Uniti, John Wiley & Sons Chem, 2017.

Tabella 1 Confronto tra le proprietà di alcune specie legnose trattate con i due metodi di fabbricazione (fonte: Li, Fu, Rojas, Yan, Lawoko e Berglund 2017).

Specie legnosa	Metodo produttivo	Tempo (h)	Perdita di peso (%)	Contenuto di lignina (wt%)	Res. all'umidità parallela alle fibre (MPa)
Balsa	Mod. lignina Delignificazione	2	12	21,3	7,9±1,2
		6	26,4	2,5	6,9±1,3
Betulla	Mod. lignina Delignificazione	2	10,6	20,1	14,4±3,3
		12	25,3	3,3	1,4±0,4
Pino	Mod. lignina Delignificazione	8	25	22,3	14,4±2,2
		18	40,9	5,2	(*)
Frassino	Mod. lignina Delignificazione	4	15,5	22,4	0,2±0,05
		18	31,1	5,3	
Tiglio	Delignificazione e H_2O_2	12	-	1,5	(*)
Pioppo Cathay	Delignificazione e H_2O_2	16	-	1,5	-

(*) I campioni sono meccanicamente troppo deboli e non è possibile manipolarli per effettuare il test. Contenuto di lignina originario del legno: balsa 23,5 wt%, betulla 24,2 wt%, pino 32,5 wt%, frassino 27,1 wt%. Per il test di resistenza meccanica sono stati impiegati dei campioni di legno che, prima del trattamento chimico, presentavano una dimensione di 50 x 10 x 15 mm.

7.4.4 Metodo attraverso rimozione selettiva della lignina

Gli attuali metodi per la fabbricazione del legno trasparente generalmente si basano su un processo di delignificazione completo (o quasi completo), ovvero con la rimozione della maggior parte dei materiali che assorbono la luce (lignina ed estrattivi) o dei componenti cromofori, con una percentuale di lignina rimanente del 80% circa. Tuttavia, il trattamento chimico intensivo può abbattere gravemente la struttura del legno originale (ad esempio, la parete cellulare è parzialmente degradata e i modelli di anello di crescita diventano meno visibili) al fine di garantire un'efficiente infiltrazione del polimero. Inoltre, questi i metodi precedentemente citati si sono generalmente focalizzati sulla morfologia e sull'anisotropia delle proprietà ottiche, meccaniche e termiche, senza mostrare alcun interesse verso gli aspetti legati all'**estetica degli anelli di crescita** originali del legno e alla produzione scalabile tramite un processo efficiente.

La realizzazione di un legno parzialmente trasparente (denominato **Aesthetic Transparent Wood**) prevede la rimozione selettiva della lignina dal materiale legnoso di partenza per rendere il legno trasparente e preservare contemporaneamente il suo disegno naturale. Durante un breve **trattamento chimico** di circa 2 ore, il **legno** naturale viene **selettivamente delignificato** al fine di preservare i suoi anelli di crescita originari (a livello sia strutturale sia visivo) [fig. 11]. La resina epossidica, con indice di rifrazione corrispondente, viene poi infiltrata nella struttura su scala nanometrica per rendere il legno trasparente e con la **texture delle fibre preservata** [fig. 12] [11].

Di conseguenza, l'Aesthetic Transparent Wood grazie alle sue eccellenti capacità di trasparenza ottica, di blocco delle radiazioni UV, di isolamento termico, di resistenza meccanica, di scalabilità ed estetica, si configura come un materiale dalle grandi potenzialità nel campo dell'edilizia soste-

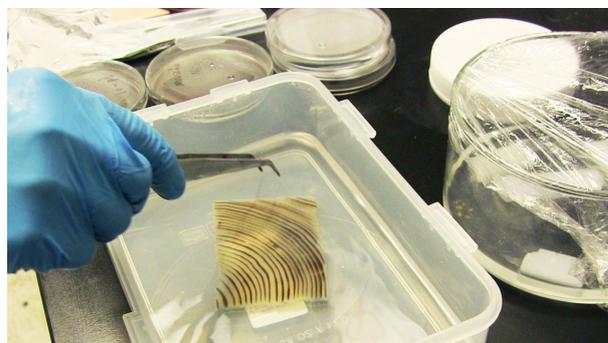


Figura 11 Fase di delignificazione parziale di un campione di legno.

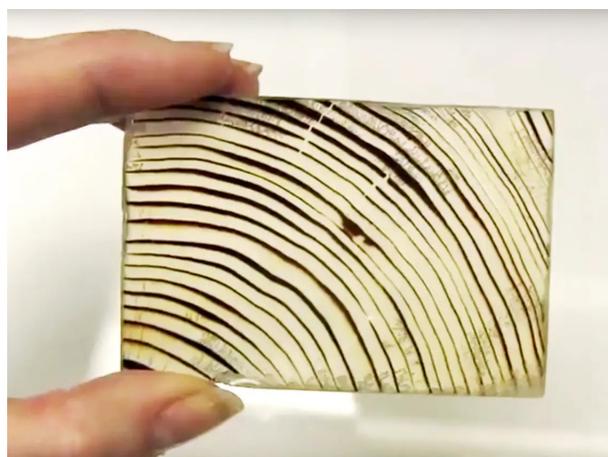


Figura 12 Campione di legno traslucido (denominato Aesthetic Transparent Wood).

[11] Ruiyu Mi, Chaoji Chen, Tobias Keplinger, Yong Pei, Shuaiming He, Dapeng Liu, Jianguo Li, Jiaqi Dai, Emily Hitz, Bao Yang, Ingo Burgert, Liangbing Hu, "Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings", articolo pubblicato sulla rivista Nature Communications, N. 11, Germania-Regno Unito, Springer Nature, 2020.

nibile e della progettazione di prodotto. A causa della distribuzione disomogenea della lignina e delle strutture cellulari l'Aesthetic Transparent Wood presenta una **trasmissione ottica non uniforme**. Nonostante la differenza di trasmissione, la texture rimanente riduce solo leggermente la trasmissione media complessiva del Aesthetic Transparent Wood [fig. 13].

Inoltre, si possono realizzare più tipologie di **motivi decorativi sovrapponendo più strati** di Aesthetic Transparent Wood. Ad esempio, è possibile progettare vari modelli di reticolo impilando due strati di Aesthetic Transparent Wood ruotati con angoli diversi tra loro [fig. 14]. L'elevata trasmissione e le caratteristiche estetiche del Aesthetic Transparent Wood realizzato su più livelli, lo rendono potenzialmente adatto ad applicazioni in cui sono richieste superfici con motivi geometrici. Inoltre, la numerosità di motivi geometrici disponibili può essere ulteriormente aumentata sviluppando un Aesthetic Transparent Wood a partire da altre specie di legno (principalmente legni teneri) sovrapposte secondo il metodo appena descritto.

È stata valutata anche la **stabilità** agli agenti atmosferici, esponendo i materiali all'esterno per tre settimane e misurando le proprietà meccaniche e ottiche. Il confronto tra le proprietà dei campioni prima e dopo l'esposizione all'aperto ha mostrato come non vi sia stato alcun degrado significativo nelle performance dell'Aesthetic Transparent Wood. Questi risultati indicano la **forte stabilità agli agenti atmosferici** a breve termine del Aesthetic Transparent Wood, aspetto che suggerisce il potenziale di questo materiale per applicazioni strutturali e a contatto con gli agenti esterni [12].

L' Aesthetic Transparent Wood mostra anche delle **elevate proprietà di gestione ottica** tra cui l'effetto anti-abbagliamento (anti-glare effect) e la guida di raggi luminosi (light guiding), caratteristiche di grande importanza per applicazioni come quelle delle coperture per il tetto. Pertanto, le

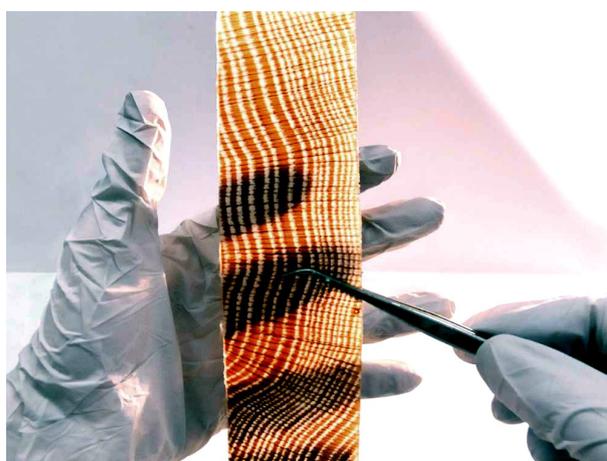


Figura 13 Interazione con la luce di un campione di legno traslucido (Aesthetic Wood).

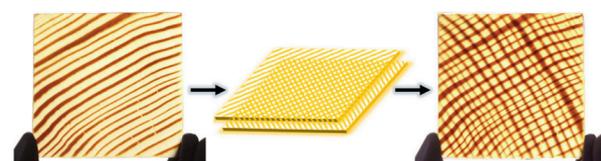


Figura 14 Campione di legno traslucido (Aesthetic Wood) a strato singolo e a doppio strato incrociato.

[12] Ruiyu Mi, Chaoji Chen, Tobias Keplinger, Yong Pei, Shuaiming He, Dapeng Liu, Jianguo Li, Jiaqi Dai, Emily Hitz, Bao Yang, Ingo Burgert, Liangbing Hu, "Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings", articolo pubblicato sulla rivista Nature Communications, N. 11, Germania-Regno Unito, Springer Nature, 2020.

finestrature in Aesthetic Transparent Wood offrono non solo un'esperienza diversa di estetica e comfort, ma migliorano anche l'**efficienza energetica** per l'illuminazione interna, grazie ai suoi elevati valori di haze e di antiriflesso rispetto a un controsoffitto in vetro. Allo stesso tempo, l'Aesthetic Transparent Wood può anche migliorare l'efficienza energetica grazie alle sue eccellenti proprietà di **isolamento termico** rispetto al vetro.

L'efficiente processo di delignificazione e la presenza di lignina residua, contribuiscono a rendere l'Aesthetic Transparent Wood un materiale **adatto alla fabbricazione su larga scala**. Inoltre, con la sua elevata trasparenza (80%), le sue eccellenti proprietà di schermatura dei raggi UV e un elevato valore di haze (93%), abbinato alle buone prestazioni antiriflesso e di guida della luce risulta essere un valido materiale alternativo al vetro nella **progettazione di spazi interni** [fig. 15]. Questo materiale mostra anche **eccellenti proprietà meccaniche**, tra cui un'elevata resistenza a trazione di 91,95 MPa, un'elevata tenacità a frattura di 2,73 MJ m⁻³ e una bassa conducibilità termica di 0,24 W m⁻¹ K⁻¹. Tutte queste caratteristiche pongono l'Aesthetic Transparent Wood come un candidato promettente nell'ambito delle costruzioni ecosostenibili, degli edifici ad alta efficienza energetica e in altre applicazioni in cui la texture delle fibre del legno può rappresentare un valore estetico e progettuale di rilievo [13].



Figura 15 Confronto tra una finestra in legno traslucido (Aesthetic Wood) e una in vetro.

[13] Ruiyu Mi, Chaoji Chen, Tobias Keplinger, Yong Pei, Shuaiming He, Dapeng Liu, Jianguo Li, Jiaqi Dai, Emily Hitz, Bao Yang, Ingo Burgert, Liangbing Hu, "Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings", articolo pubblicato sulla rivista Nature Communications, N. 11, Germana-Regno Unito, Springer Nature, 2020.

7.5 Proprietà

Anche se finora sono stati prodotti solo dei piccoli campioni di legno trasparente, questo non ha impedito lo studio e l'esaminazione delle loro proprietà. Le ricerche hanno principalmente studiato le proprietà meccaniche e ottiche. Dalle suddette ricerche sono emersi i seguenti risultati.

7.5.1 Proprietà ottiche

Il legno trasparente, di vari spessori, mostra diverse proprietà ottiche [fig. 1].

- **Trasmittanza**

L'attuale legno trasparente mostra una buona trasmittanza ottica; inoltre, più sottile è il campione e maggiore è la sua trasmittanza ottica. Ciò dipende dalla frazione volumetrica di cellulosa. I ricercatori del KTH Institute hanno raggiunto il massimo valore di trasmittanza (90%) con un campione spesso 0,7 mm. La percentuale più bassa è stata del 40% circa con un campione spesso 3,7 mm. L'Università del Maryland, ha anche esaminato come le proprietà del legno trasparente dipendano dal taglio del legno di origine, ovvero se tagliato radialmente o longitudinalmente. Poiché il legno tagliato radialmente ha una frazione volumetrica di cellulosa inferiore, il massimo valore di trasmittanza raggiunto è del 90% con un campione spesso 2 mm; è del 80% circa il valore di trasmittanza rilevato con un campione tagliato longitudinalmente e con il medesimo spessore [1].

- **Haze**

Un'altra proprietà ottica che hanno entrambi gli istituti di ricerca studiato è l'haze ottico, valore che è risultato essere elevato nel legno trasparente. Il team del KTH Institute hanno misurato valori di haze dal 60% all'80%, mentre sono stati maggiori nei campioni più spessi. L'Università del Maryland ha rilevato un haze del 90% per il legno tagliato longitudinalmente e un valore vicino al 100% per il legno tagliato

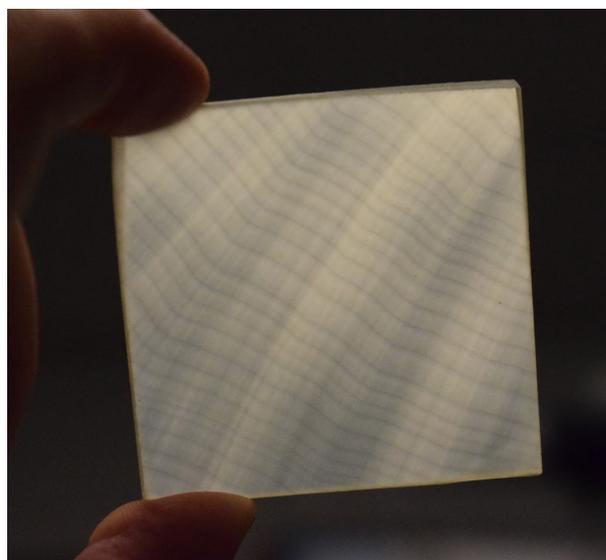


Figura 1 Interazione con la luce di un campione di legno trasparente (TW).

[1] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

radialmente. Il legno tagliato radialmente ha una frazione volumetrica di cellulosa inferiore, ma un fattore importante qui è la disposizione delle cellule del legno che ha creato un haze maggiore [2].

- **Riflessione**

Il legno trasparente mostra un'elevata trasmittanza e un elevato haze, con minore riflessione sulla superficie esterna [3].

- **Diffusione**

Nel legno trasparente, la diffusione della luce avviene principalmente grazie all'interfaccia tra il tessuto fibroso del legno e il polimero. Minore è il contrasto dell'indice di rifrazione tra la specie legnosa e il polimero e minore sarà la dispersione tra le due interfacce. Ottenere interfacce perfette tra polimero e tessuto legnoso rappresenta una sfida, poiché vi è un concreto rischio di gap interfaciali tra il polimero nel lume e la parete cellulare del legno. Ci sono due ragioni principali: a) la compatibilità tra il polimero e il modello di legno potrebbe non essere sufficiente; b) il polimero si ritira durante la polimerizzazione. c) Occorre inoltre considerare l'assorbimento all'interno del legno trasparente: esso è dovuto principalmente alla presenza di lignina nel legno. La delignificazione e la modificazione della lignina sono state applicate rimuovendo i componenti contenenti cromofori per ridurre al minimo l'assorbimento della luce [4].

All'aumentare dello spessore del legno, la trasmittanza diminuirà e l'haze aumenterà. Ciò è causato dall'aumento dell'attenuazione della luce, che presenta un percorso più lungo e dal maggior numero di interfacce polimero/legno, che portano alla diffusione della luce [fig. 2].

La frazione di volume della cellulosa è un altro parametro importante. Il legno trasparente può essere prodotto con diverse frazioni di volume di cellulosa mantenendo



Figura 2 Interazione con la luce di un campione di legno traslucido.

[2] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

[3] Cit. [2]

[4] Cit. [2]

il medesimo spessore attraverso la compressione del campione di legno prima dell'impregnazione con il polimero. La diffusione della luce del legno trasparente basato su diverse specie legnose può variare sostanzialmente a causa delle differenze nella frazione volumetrica della cellulosa e nella morfologia cellulare.

Anche l'anisotropia ottica è un aspetto importante. Il legno è un materiale strutturato altamente anisotropo e questo porta a proprietà ottiche dipendenti dalla direzione delle fibre [fig. 3]. La densità di interfaccia (numero di interfacce per lunghezza) è maggiore quando la luce si propaga trasversalmente alle fibre rispetto alla propagazione lungo la direzione longitudinale. Quando la luce si propaga lungo la direzione longitudinale il legno trasparente presenta una maggiore trasmittanza e un valore di haze inferiore rispetto a quando la luce si propaga lungo il piano trasversale. Questo fenomeno è dovuto alla direzione longitudinale, che presenta una minore densità di interfacce polimero/cellulosa a causa della forma cilindrica cava delle cellule del legno. Anche il modello di diffusione della luce è influenzato dall'anisotropia [5].

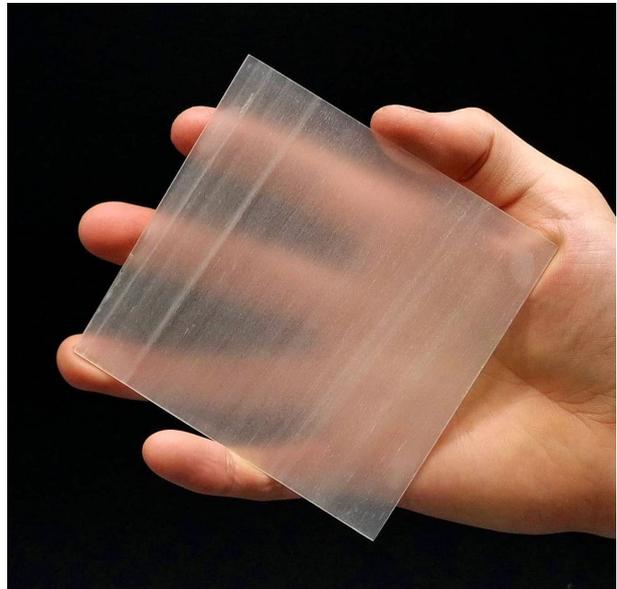


Figura 3 Interazione con la luce di un campione di legno trasparente.

[5] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

7.5.2 Proprietà fisico-meccaniche

Le proprietà meccaniche sono importanti per molti campi d'applicazione. Dipendono fortemente dalle specie legnose (compresa densità, contenuto di cellulosa, morfologia della struttura cellulare, struttura ad anello annuale ecc.) e dall'anisotropia della struttura del legno. Per esempio, le proprietà dei legni trasparenti ottenuti con legno di balsa, pioppo e faggio impregnati con lo stesso polimero mostrano differenze sostanziali [tab. 1].

Si osservano alcune sinergie di proprietà meccaniche tra legno e polimero per quei campioni di legno trasparente testati lungo la direzione delle fibre. Infatti, il componente portante principale del legno sono le nanofibre di cellulosa; sono orientate favorevolmente e mostrano un'interazione positiva (legame) con il PMMA. Il legno trasparente ha mostrato anche eccellenti proprietà meccaniche. Gli studi hanno dimostrato che quelle del TW sono superiori rispetto a quelle del legno e del PMMA.

- **Modulo elastico**

Il modulo elastico per il legno trasparente con una frazione volumetrica di cellulosa del 5% ha un valore di $2,05 \pm 0,13$ GPa (era di $1,80 \pm 0,18$ GPa per il PMMA e di $0,22 \pm 0,08$ GPa per il legno delignificato) [6][7].

- **Resistenza a trazione**

La prova a trazione nella direzione longitudinale del legno trasparente (con una frazione volumetrica di cellulosa del 19%) ha fatto misurare un valore di resistenza a trazione di $90,1 \pm 10$ MPa con un modulo di $3,59 \pm 0,27$ GPa (per il PMMA era di $44,1 \pm 9,5$ MPa)]. I ricercatori dell'Università del Maryland hanno anche esaminato le proprietà meccaniche dei campioni e hanno scoperto che sia il legno tagliato radialmente sia quello tagliato longitudinalmente sono entrambi più resistenti dei loro corrispettivi naturali. Inoltre, il legno trasparente tagliato longitudinalmente è circa due volte

[6] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

[7] Yuanyuan Li, Elena Vasileva, Ilya Sychugov, Sergei Popov, Lars Berglund, "Optically Transparent Wood: Recent Progress, opportunities, and Challenges", articolo pubblicato sulla rivista Advanced Optical Materials, N.18, Germania, John Wiley & Sons Chem, 2018.

più resistente del legno trasparente tagliato radialmente.

Li et al. hanno riportato che le proprietà di trazione del legno trasparente ($V_f = 19\%$, $E = 3,59 \text{ GPa}$ e $\sigma = 90 \text{ MPa}$) sono più elevate rispetto a quelle del campione di legno delignificato ($E = 0,22 \text{ GPa}$ e $\sigma = 3 \text{ MPa}$) e a quelle del PMMA ($E = 1,8 \text{ GPa}$ e $\sigma = 44 \text{ MPa}$). Inoltre, è stato rilevato un miglioramento delle proprietà di trazione del legno trasparente all'aumentare della frazione volumetrica di cellulosa; le proprietà di trazione possono anche essere personalizzate/adattate mediante la compressione del campione di legno secondo lo spessore e la percentuale di cellulosa desiderati.

Infine, il legno è un materiale anisotropo con modulo e resistenza maggiori nella direzione longitudinale rispetto a quella radiale. Il motivo sono le proprietà anisotrope della parete cellulare e la forma geometrica delle fibre di legno. Anche le proprietà di trazione del legno trasparente sono quindi anisotrope. Zhu et al. hanno riportato che le prestazioni meccaniche del legno trasparente lungo la direzione longitudinale sono circa il doppio di quelle del TW lungo la direzione trasversale [8][9].

- **Tenacità a frattura**

Un ulteriore vantaggio del legno trasparente rispetto ad altri materiali è la sua elevata tenacità alla frattura, superiore a quella di materiali fragili come il vetro.

- **Resistenza all'urto**

Il team di ricercatori guidato da Li ha testato la resistenza all'urto del legno trasparente e ha registrato un'elevata resistenza all'urto. Ciò evidenzia che il legno trasparente potrebbe essere potenzialmente impiegato in applicazioni in cui le proprietà di resistenza all'impatto sono importanti [10][11].

[8] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

[9] Yuanyuan Li, Elena Vasileva, Ilya Sychugov, Sergei Popov, Lars Berglund, "Optically Transparent Wood: Recent Progress, opportunities, and Challenges", articolo pubblicato sulla rivista Advanced Optical Materials, N.18, Germania, John Wiley & Sons Chem, 2018.

[10] Cit. [8]

[11] Cit. [9]

Tabella 1 Proprietà meccaniche e fisiche relative al legno trasparente ottenuto dai diversi team di ricerca a partire da diverse specie legnose (fonte: Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, 2017).

Specie legnosa	Polimero	Proprietà ottica			Performance meccanica			
		sp(mm)	Tr(%)	haze(%)	l x w x t (mm ³)	E(GPa)	σ(MPa)	ε(%)
Balsa	PMMA	0.7	90	~50	60 × 5 × 1.2	3.59	90	~3.5
		3.7	40	~80				
Pioppo Cathay	PMMA	0.5	86.1	—	50 × 10 × 3	2.66	45.92	~5.5
Faggio	PMMA	5	86	90	60 × 30 × 5	2.67	60.1	~4.8
Faggio	PMMA (RI = 1.49)	0.1	70	—	50 × 3 × ?	2.5	150	~10
		0.3	30	18				
		0.6	15	40				
		0.7	10	49				
Tiglio	Epoxy (RI = Approx. 1.5)	2	90	~95	50 × 10 × 3	1.22	23.38	~4
			~80	~85	50 × 10 × 3	1.22	23.38	~4.3
Tiglio	PVP (RI = 1.53)		90	80	50 × 10 × 3	—	11.7	6
Tiglio	Epoxy (RI = Approx. 1.5)		90	95	—	—	—	—
Tiglio nostrano, olmo, frassino e quercia rossa.	Mixture A ^a (RI = 1.55-1.57)		—	—	—	—	—	—
	Mixture B ^b (RI = 1.56)		—	—	—	—	—	—

7.6 Tecniche di lavorazione e rivestimento

La seguente sezione intende approfondire le innovazioni che hanno interessato il legno trasparente sia dal punto di vista delle tecniche di lavorazione e dei semilavorati, sia dal punto di vista dei film e dei coatings che vanno a migliorare determinate proprietà. Nei paragrafi che seguono sono state selezionate le novità tecnologiche ritenute di maggior interesse dal punto di vista progettuale e applicativo.

- **Compensato e multistrato di TW**

Si tratta di un semilavorato elaborato presso il KTH Institute a partire da dei tranciati delignificati; questi sono stati successivamente compressi con una forza di 75 kN per 25 minuti a 25°C. I tranciati, una volta compressi, sono stati poi infiltrati con PMMA, divenendo trasparenti [fig. 1]. Infine, sono state assemblate due tipologie di pannello: una di cinque strati disposti in direzione perpendicolare tra loro (90°), e una di cinque strati ruotati di 45° tra loro al fine di creare una struttura quasi isotropica. Questi strati sono stati poi laminati impiegando del PMMA.

In seguito, sono state misurate sia le proprietà ottiche sia quelle meccaniche del compensato trasparente. A differenza del legno trasparente standard, il compensato trasparente mostra proprietà ottiche isotropiche. I test meccanici sui compensati di legno trasparente hanno, inoltre, rivelato che la resistenza massima per il compensato di legno trasparente a strato singolo aumenta linearmente con l'aumentare della frazione volumetrica della cellulosa.

A livello di potenziali applicazioni i compensati di legno trasparente potrebbero trovare impiego nel campo dell'architettura come pareti divisorie semitrasparenti non portanti o come travi portanti per brevi ponti o scale [1].

- **Film ritardante di fiamma per TW**

Il legno trasparente (TW) è un materiale di origine biologica con eccellenti proprietà ottiche. Tuttavia, il

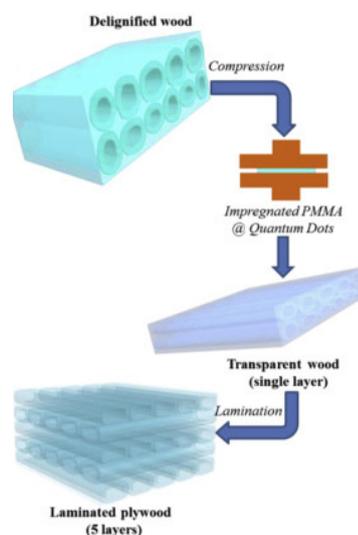


Figura 1 Schema del processo di produzione del compensato di legno trasparente (TW).

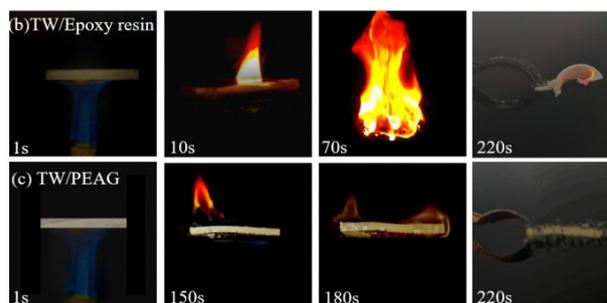


Figura 2 Confronto del comportamento alla fiamma tra legno trasparente normale (TW) e trattato con ritardante di fiamma (TW/PEAG).

[1] Karl'a V., "Update on Research on Transparent Wood", Vol. 566, Regno Unito, IOP Publishing Ltd, 2019.

problema della sicurezza antincendio ne limita notevolmente lo sviluppo e le applicazioni. Per far fronte a questo problema, è stato sviluppato un trattamento ignifugo per il legno trasparente (FRTW), caratterizzato da eccellenti proprietà ottiche e di ritardante di fiamma. Esso è ottenuto impregnando il legno trasparente con una pellicola ignifuga trasparente con indice di rifrazione corrispondente a quello del legno delignificato [fig. 2] [2].

- **Film color converting per TW**

I film fotoluminescenti flessibili a punti quantici (QDs) rappresentano una nuova frontiera di materiali in grado di emettere luce. Il legno si presta alla realizzazione di film di fotoluminescenti a QDs una volta reso sottile, flessibile e trasparente. Il metodo prevede molteplici fasi. In primis, viene prodotto un film di legno utilizzando il processo di tranciatura orizzontale. In seguito, il film di legno è sottoposto a un processo di delignificazione e all'impregnazione con QDs dispersi nella resina epossidica. Successivamente, questo film viene impiegato nella fabbricazione di film per la conversione del colore al fine di permettere l'emissione di luci rosse, blu e verdi sotto radiazioni ultraviolette o eccitazione da diodi a emissione di luce blu [fig. 3]. Inoltre, il film è in grado di resistere all'acqua, alle soluzioni alcaline, alle soluzioni saline e ai solventi organici per 10 giorni senza perdere le capacità di emissione della luce. Questo metodo fornisce una soluzione ecosostenibile per la progettazione di dispositivi fotoelettrici ecologici e flessibili [3].

- **TW a memoria di forma**

Un'importante novità tecnologica è rappresentata dallo sviluppo dei TW a memoria di forma programmabile (ESMTW), ottenuti mediante la polimerizzazione in situ di polimeri covalenti dinamici a base di resina epossidica (EDCP) in uno scheletro di legno

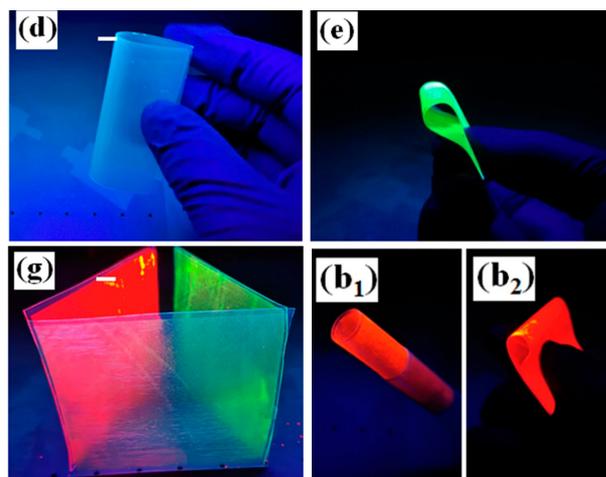


Figura 3 Campioni di legno trasparente impregnato con quantum dots e dotato di proprietà di conversione del colore.

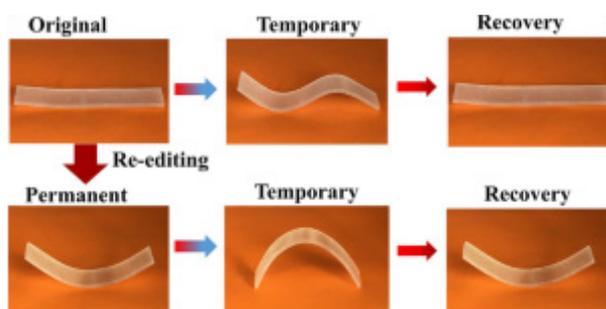


Figura 4 Campioni di legno trasparente a memoria di forma programmata.

[2] Tianyang Chu, Yuxin Gao, Liang Yi, Chuangang Fan, Long Yan, Chao Ding, Changcheng Liu, Que Huang, Zhengyang Wang, "Highly fire-retardant optical wood enabled by transparent fireproof coatings", articolo pubblicato sulla rivista *Advanced Composites and Hybrid Materials*, Svizzera, Springer Nature, 2022.

[3] Miao Zou, Yongping Chen, Liang Chang, Xianbao Cheng, Li Gao, Wenjing Guo, Yiping Ren, Luo Shupin, Qiheng Tang, "Toward 90 μm Superthin Transparent Wood Film Impregnated with Quantum Dots for Color-Converting Materials", articolo pubblicato sulla rivista *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, Stati Uniti, American Chemical Society, 2022.

delignificato [fig. 4]. L'ESMTW si presenta rigido alle basse temperature e flessibile alle temperature elevate; inoltre, mostra eccellente plasticità allo stato solido e capacità di modellazione della forma sotto stimoli termici. La combinazione delle sue caratteristiche consente al ESMTW di essere il materiale ideale per le applicazioni tridimensionali (per esempio, vetri curvi o dalle forme irregolari, finestre, soffitti, tetti.). Inoltre, potrebbe anche fornire nuovi spunti per la progettazione di dispositivi ottici/elettronici trasparenti e modificabili nella forma [4].

- **Film idrofobico per TW**

In questo studio il legno trasparente (TW) è stato rivestito con perfluorodeciltrietossisilano (FAS) per ottenere un materiale idrofobo e trasparente (HTW) [fig. 5]. A causa della grande riduzione dell'idrossile nella resina epossidica, l'idrofobicità dell'HTW è stata notevolmente migliorata rispetto al TW. Inoltre, il rivestimento del FAS non ha ridotto la trasmittanza [5].

- **TW fotocromico**

I compositi a base di legno trasparente (TW) rappresentano una materia di grande interesse per applicazioni come quelle delle finestre smart. Il materiale prende il nome di TW fotocromico a doppio stimolo ed è caratterizzato dalla possibilità di poter controllare in modo reversibile le proprietà ottiche in risposta ai cambiamenti di temperatura e delle radiazioni UV [fig. 6]. Per produrre questo tipo di semilavorato, il legno delignificato è stato impregnato con monomeri tiolici ed enici privi di solventi contenenti componenti cromici, ed è stato poi polimerizzato con UV. Le proprietà ottiche individuali dei singoli componenti cromici sono state mantenute nella miscela compositiva. Ciò ha permesso di migliorare la trasmittanza ottica assoluta fino a 4 volte al di sopra della temperatura di cambiamento di fase.

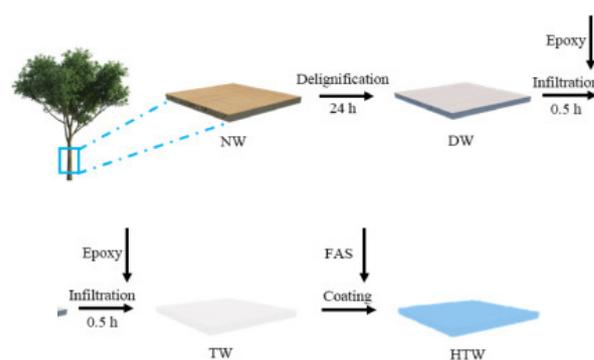


Figura 5 Processo di fabbricazione del legno trasparente con proprietà idrofobiche (HTW).

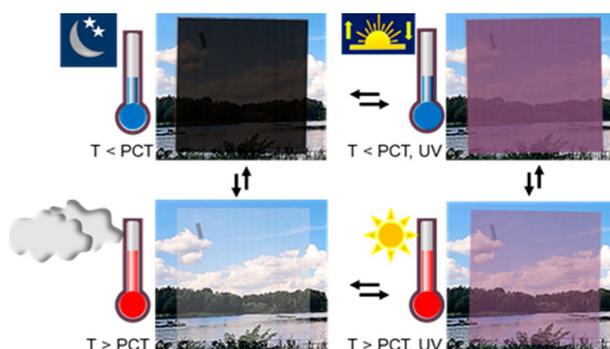


Figura 6 Schema relativo al funzionamento del legno trasparente fotocromico.

[4] Kaili Wang, Xiaorong Liu, Youming Dong, Zhe Ling, Yahui Cai, Dan Tian, Zhen Fang, Jianzhang Li, "Edible shape-memory transparent wood based on epoxy-based dynamic covalent polymer with excellent optical and thermal management for smart building materials", articolo pubblicato sulla rivista Cellulose, N. 29, Paesi Bassi, Springer Nature, 2022.

[5] Linhu Ding, Xiaoshuai Han, Lian Chen, Shaohua Jiang, "Preparation and properties of hydrophobic and transparent wood", articolo pubblicato sulla rivista Journal of Bioresources and Bioproducts, Cina, Nanjing Forestry University (NFU), 2022.

[6] Archana Samanta, Hui Chen, Pratick Samanta, Sergei Popov, Ilya Sychugov, Lars A. Berglund, "Reversible Dual-Stimuli-Responsive Chromic Transparent Wood Biocomposites for Smart Window Applications", articolo pubblicato sulla rivista ACS Applied Materials & Interfaces, Stati Uniti, American Chemical Society, 2021.

Gli elementi cromatici sono stati localizzati all'interno del lume della struttura del legno. Inoltre, la durabilità delle proprietà ottiche reversibili è stata misurata e dimostrata attraverso molteplici test ciclici. Infine, i TW fotocromici hanno mostrato ottime capacità di assorbimento di energia, aspetto che li rende adatti per applicazioni in cui è richiesto l'accumulo di calore [6].

- **TW termoreversibile**

In questa ricerca, un copolimero composto dai monomeri stirene (St), acrilato di butile (BA) e octadecene (ODE) è stato infiltrato nel legno, trattato per ottenere un legno trasparente e flessibile (TW) con proprietà ottiche termoreversibili (abbreviato come SBO/TW). Questo materiale è in grado di passare ripetutamente da opaco (~23,7% di trasmittanza, ~98,3% di haze) a trasparente (~74,9% di trasmittanza, ~36% di haze) attraverso l'aumento della temperatura e viceversa durante il processo di raffreddamento [fig. 7]. Questo studio ha permesso di sviluppare una soluzione ideale per controllare le proprietà ottiche del legno trasparente, tecnologia potenzialmente utile nel campo dei sistemi smart per la gestione della luce [7].



Figura 7 Schema relativo al funzionamento del legno trasparente termoreversibile (SBO/TW).

[7] Zhe Qiu, Shuo Wang, Yonggui Wang, Jian Li, Zefang Xiao, Haigang Wang, Daxin Liang, Yanjun Xie, "Transparent wood with thermo-reversible optical properties based on phase-change material", articolo pubblicato sulla rivista Composites Science and Technology, Paesi Bassi, Elsevier, 2020.

7.7 L'industria

7.7.1 Dal laboratorio alla produzione industriale

Al giorno d'oggi la tecnologia del legno trasparente **non è ancora commercializzata** e reperibile sul mercato, essendo ancora oggetto di numerosi studi e ricerche da parte di vari laboratori. Tuttavia, esistono alcune realtà aziendali che si stanno muovendo per rendere il legno trasparente un materiale industrializzato [fig. 1], come la francese Woodoo. Inoltre, alcuni studi di progettazione hanno iniziato ad avviare dei **progetti di prodotti** dove il legno trasparente rappresenta la tecnologia chiave, che permette di ottenere degli output progettuali impensabili e non possibili prima dell'avvento di questa nuova tecnologia. Al momento, il legno estetico/traslucido/parzialmente trasparente (delignificato in modo selettivo) sembra essere la direzione più promettente, soprattutto per il campo del design, ma anche quello dell'architettura, dove comunque il legno completamente trasparente continua ad essere il materiale di punta.

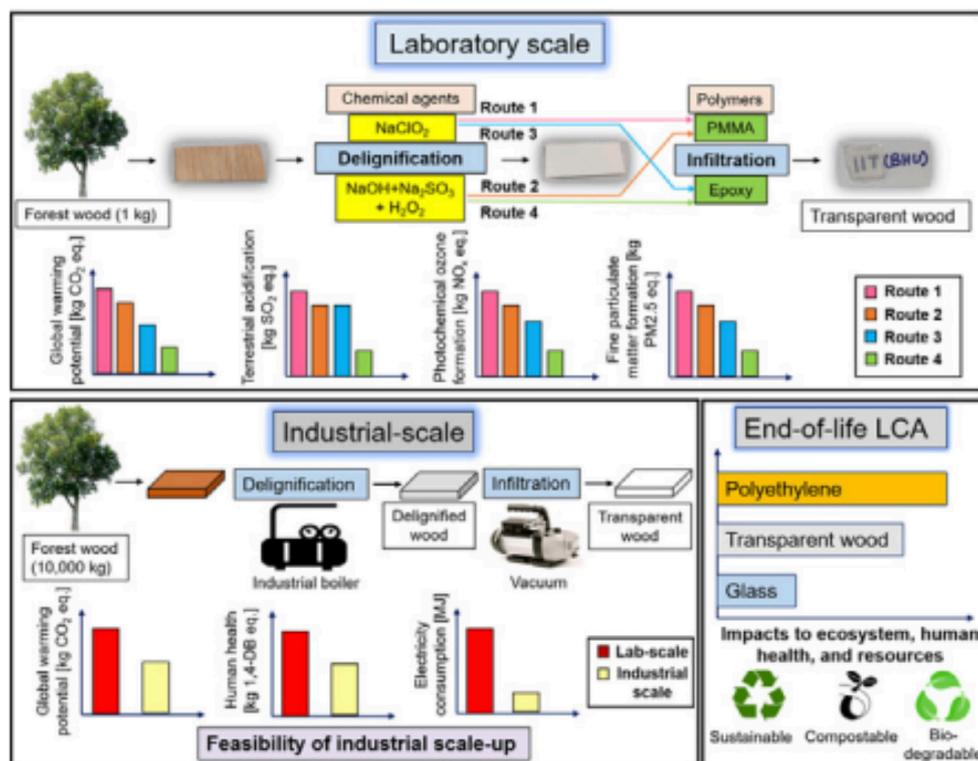


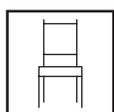
Figura 1 Schema relativo alle fasi del processo di fabbricazione del legno trasparente in laboratorio e su scala industriale. Grafico relativo al life cycle assessment del legno trasparente, del vetro e del polietilene (PE).

7.7.2 Ambiti d'impiego

I vari studi scientifici, oltre a descrivere il materiale dal punto di vista delle caratteristiche e dei processi, si sono cimentati anche nella formulazione di alcune ipotesi di possibili ambiti d'impiego.

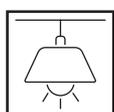
Categoria

Sottocategoria



Design per l'abitare

Arredi e complementi per la casa, elettrodomestici, sistemi di controllo domotico.



Design per l'illuminazione

Apparecchi di illuminazione per interno ed esterno pubblici o privati.



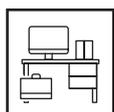
Design per la persona

Telefonia mobile, elettronica per la persona (per es. console), prodotti di lusso (per es. alta orologeria).



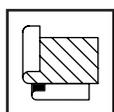
Design per la mobilità

Mezzi individuali e collettivi per la mobilità aerea, nautica, stradale (automotive).



Design per il lavoro

Arredi e complementi per il lavoro, per l'ufficio e per la comunità (per es. pareti divisorie), strumenti e attrezzature medicali e sanitarie (per es. radiologia).



Design dei materiali e dei sistemi tecnologici

Materiali per la produzione e componenti semilavorati, rivestimenti.



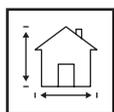
Design per la comunicazione

Information design, packaging.



Exhibition Design

Allestimenti, installazioni, stand fieristici, retail, allestimenti museali.



Architettura e costruzioni

Rivestimenti da esterno, serramenti (per es. finestre).

Caso studio

Woodoo

Woodoo è un'azienda francese fondata da Timothee Boitouzet nel 2000. La mission dell'azienda è quella di **ridurre l'impiego di materiali** quali il calcestruzzo (che rappresenta l'11% delle emissioni di CO₂ globali), la plastica (che è responsabile del 5% delle emissioni globali e solo il 9% di essa viene riciclata) e il metallo (l'industria siderurgica rappresenta circa il 10% delle emissioni globali di gas serra). Woodoo ha individuato il **legno** come un **valido candidato** per fronteggiare questo problema. Si tratta di un materiale dal basso costo e rinnovabile; la sua disponibilità, inoltre, cresce globalmente di 233 milioni di ettari all'anno e, rispetto all'acciaio, richiede quattro volte meno energia incorporata per essere lavorato. Il legno, infine, è un materiale carbon negative in grado di immagazzinare 1 tonnellata di CO₂ per ogni m³ di legno.

Il legno, tuttavia, è un materiale che presenta alcune proprietà che ne vanno a limitare l'uso (per es. durabilità, stabilità dimensionale, difetti, ecc.). L'approccio di Woodoo è stato quello di **trasformare il legno a livello molecolare**, rendendolo un materiale sostenibile e dalle elevate prestazioni (per es.

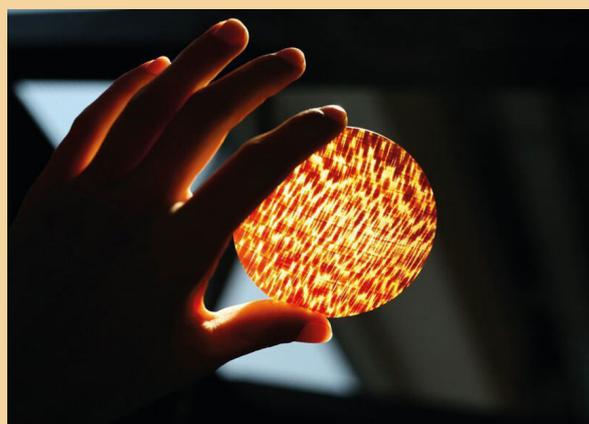


Figura 2 Tavola di legno traslucido Slim nella versione in legno chiaro. Interazione con la luce di un campione di Slim. Operatore di Woodoo durante la selezione dei tranciati.



Figura 3 Immagini di Slim in diverse varianti cromatiche e condizioni di illuminazione.

maggiore resistenza meccanica e durezza), caratteristiche che hanno permesso di renderlo un valido materiale alternativo all'acciaio, al vetro, alla pelle e alle plastiche. Inoltre, un altro aspetto importante per l'azienda è quello di **contribuire al mantenimento della vitalità del settore forestale**, che attualmente dà lavoro a 33 milioni di persone, circa l'1% dell'occupazione globale. Tuttavia, sono scomparsi nell'ultimo decennio 6,5 milioni di posti di lavoro. La rivitalizzazione di questo settore contribuisce a un'enorme crescita sociale ed economica.

Woodoo sostiene la salvaguardia della biodiversità promuovendo la silvicoltura rigenerativa di **specie ampiamente disponibili** e dalla **crescita rapida**, ma **scarsamente apprezzate dall'industria tradizionale** del legno e della silvicoltura; il processo, inoltre, impiega legnoscadente, morto e malato che altrimenti sarebbe stato destinato allo smaltimento. Utilizzando questo legno deperito, Woodoo dà vita a biomateriali con caratteristiche tecniche migliorate, nuove qualità estetiche e capacità sensoriali interattive.

Woodoo, nel corso degli anni, ha iniziato lo sviluppo di tre nuovi materiali a base legno: **Flow**, ossia legno morbido e flessibile come la pelle animale, **Solid**, ovvero legno con capacità strutturali e resistenza superiore a quella dell'acciaio, **Slim**, ossia legno reso traslucido e con proprietà touch sensitive. Quest'ultimo rappresenta il materiale su cui l'azienda ha concentrato maggiormente i propri sforzi e che attualmente è stato un materiale cruciale nello sviluppo dei primi progetti con il legno trasparente [figg. 2,3] ^[1].

[1] <https://woodoo.com/> (Ultima consultazione 23/06/23)

Caso studio

Guerlain - Woodoo

Exhibition design (retail e stand)



Marquardt - Woodoo

Design per la mobilità (automotive)



BHTC - Woodoo

Design per la mobilità (automotive)



Tiaso - Woodoo

Design per il lavoro (parete smart)



Switchr - Woodoo

Design per l'abitare (domotica)



Carrè Senart- Woodoo

Design per la persona (videogiochi)



Mui Board - Mui Lab

Design per l'abitare (domotica)



Lumes Wood - Eness Lumes

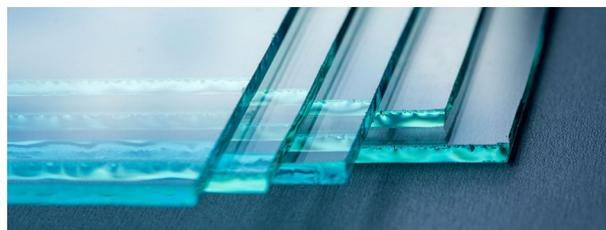
Design per il lavoro (spazi comuni)



7.8 Comparativa con altri materiali

7.8.1 Legno trasparente e vetro

Si è scelto di confrontare il legno trasparente con il vetro in quanto questo si pone come materiale alternativo in diversi ambiti, primo tra tutti l'architettura. Dal confronto delle loro proprietà [tab. 1] è emerso che il **legno trasparente è più resistente e leggero del vetro**; inoltre, è in grado di resistere a impatti molto più forti rispetto al vetro, situazioni in cui esso tenderà a piegarsi o a scheggiarsi piuttosto che frantumarsi (il TW, infatti, non è un materiale fragile). Infine, il legno trasparente garantisce migliori prestazioni di **isolamento termico**. Per quanto riguarda le **proprietà ottiche** il vetro offre prestazioni di haze e di trasmittanza superiori al legno trasparente, che presenta comunque dei valori elevati [1].



[1] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

Tabella 1 Proprietà meccaniche e ottiche del legno trasparente e del vetro (fonte: Li, Fu, Yang e Berglund, 2017).

Proprietà	TW	Vetro
Densità (g/cm ³)	1,2	2,5
Resistenza a trazione (MPa)	90,1 ± 10	70
Modulo elastico (GPa)	2,05 ± 0,13	70
Haze (%)	90 (longitudinale) 100 (radiale)	100
Trasmittanza ottica (%)	90 (radiale) 80 (longitudinale)	100
Percezione visiva	Il legno si presenta quasi del tutto trasparente ed è caratterizzato da una leggera texture derivata dalla presenza della parete cellulare.	La superficie del vetro si presenta con un'elevata trasparenza e cristallinità. Inoltre, all'aumentare dello spessore diventa leggermente verdino.
Percezione tattile	Semilucida, rigida e leggermente vetrosa.	Da lucida ad opaca, molto liscia al tatto.

7.8.2 Legno trasparente e PMMA

Come secondo materiale da confrontare si è deciso di inserire il polimetilmetacrilato (PMMA), uno dei principali e più diffusi polimeri plastici trasparenti; inoltre, è il materiale con il quale viene effettuata l'infiltrazione polimerica del legno una volta delignificato. La **densità** dei due materiali risulta essere quasi la medesima, mentre le **proprietà meccaniche** sono maggiori nel legno trasparente.

Per quanto riguarda le **proprietà ottiche** il valore di haze del legno trasparente è più elevato rispetto a quello del PMMA, che raggiunge il 5,2% di haze [tab. 2] [2].



[2] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

Tabella 2 Proprietà meccaniche e ottiche del legno trasparente e del PMMA (fonte: Li, Fu, Yang e Berglund, 2017).

Proprietà	TW	PMMA
Densità (g/cm ³)	1,2	1,17- 1,2
Resistenza a trazione (MPa)	90,1 ± 10	44,1 ± 9,5
Modulo elastico (GPa)	2,05 ± 0,13	1,80 ± 0,18
Haze (%)	90 (longitudinale) 100 (radiale)	5,2
Trasmittanza ottica (%)	90 (radiale) 80 (longitudinale)	90-92
Percezione visiva	Il legno si presenta quasi del tutto trasparente ed è caratterizzato da una leggera texture derivata dalla presenza della parete cellulare.	Più trasparente del vetro (coeff. di trasparenza 0,93, mentre il vetro 0,80). Col passare del tempo non ingiallisce.
Percezione tattile	Semilucida, rigida e leggermente vetrosa.	Liscio e più caldo al tocco rispetto al vetro .

7.8.3 Legno trasparente e legno naturale

Essendo il legno trasparente un materiale derivato dal legno si è ritenuto necessario confrontare alcune proprietà dei due materiali al fine di mostrare come il processo di trasformazione del legno in materia trasparente abbia influito sulle sue caratteristiche [tab. 3]. Gli studi dell'università del Maryland hanno riportato che le **proprietà meccaniche** dei campioni di TW sia tagliato radialmente sia longitudinalmente sono entrambi meccanicamente più resistenti dei loro corrispettivi naturali. La **resistenza a trazione**, infatti, si è dimostrata circa 2 volte maggiore longitudinalmente e circa 45 volte maggiore trasversalmente [3].



[3] Yuanyuan Li, Qiliang Fu, Xuan Yang and Lars Berglund, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista Philosophical Transactions of the Royal Society A, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

Tabella 3 Proprietà meccaniche e ottiche del legno trasparente e del legno naturale (fonte: Li, Fu, Yang e Berglund, 2017).

Proprietà	TW	Legno naturale
Densità legno di balsa (g/cm ³)	1,2	0,16
Densità legno di betulla (g/cm ³)	1,2	0,63
Resistenza a trazione longitudinale (MPa)	46,2	24,5
Resistenza a trazione trasversale (MPa)	31,4	0,7
Modulo elastico radiale (GPa)	1,22	0,19
Modulo elastico longitudinale (GPa)	2,37	5,78
Percezione visiva	Il legno si presenta quasi del tutto trasparente ed è caratterizzato da una leggera texture derivata dalla presenza della parete cellulare.	Il legno si presenta di colore giallo-bruno; è caratterizzato da una texture derivata da venature, tessitura e fibratura del legno stesso.
Percezione tattile	Semilucida, rigida e leggermente vetrosa.	Ruvida, morbida e irregolare (se grezzo).

7.9 Sostenibilità ambientale

7.9.1 Ecosostenibilità del processo

Il legno trasparente rappresenta un materiale sostenibile che potrebbe potenzialmente sostituire i convenzionali polimeri a base di petrolio grazie alla sua composizione completamente rinnovabile e biodegradabile. Rohit Rai, Rahul Ranjan e Prodyut Dhar hanno **analizzato il ciclo di vita (LCA)** del legno trasparente al fine di elaborare un quadro generale sull'impatto ambientale durante il processo produttivo e il fine vita (EOL) [fig. 1]. L'analisi dell'LCA, dalla nascita alla produzione del legno trasparente, suggerisce che l'idrossido di sodio, il solfito di sodio, la delignificazione a base di perossido di idrogeno (metodo NaOH + Na₂SO₃ + H₂O₂) e l'infiltrazione con resina epossidica generino il minor impatto sull'ambiente. Esso, infatti, produce potenzialmente circa il 24% in meno di riscaldamento globale e circa il 15% in meno di acidificazione terrestre rispetto alla delignificazione con clorito di sodio e all'infiltrazione con PMMA.

Inoltre, la **produzione su scala industriale** adattata e ottimizzata presenta un minor consumo di elettricità (pari al 98,8%) e un ridotto impatto sull'ambiente rispetto alla scala laboratoriale (potenziale riduzione del 28% del riscaldamento globale e circa il 97% in meno di tossicità per l'uomo) [tab. 1] [1].

L'analisi EOL del legno trasparente ha mostrato un impatto ecologico notevolmente ridotto (107 volte) rispetto al polietilene. Inoltre, mostra che il legno trasparente genera un **impatto ambientale** superiore rispetto al vetro ma inferiore a quello del polietilene (PE). Ciò indica la necessità di migliorare la tecnologia di processo al fine

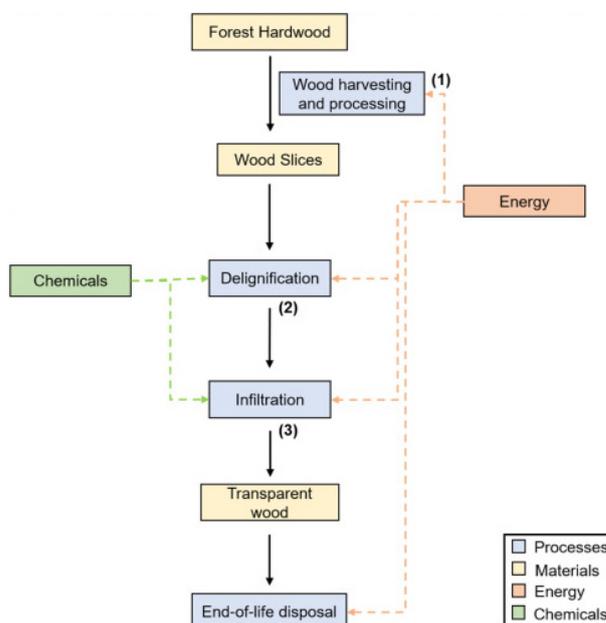


Figura 1 Schema del processo del legno trasparente dalla foresta alla dismissione.

[1] Rohit Rai, Rahul Ranjan, Prodyut Dhar, "Life cycle assessment of transparent wood production using emerging technologies and strategic scale-up framework", articolo pubblicato sulla rivista Science of the Total Environment, Paessi Bassi, Elsevier, 2022.

Tabella 1 Sensitivity analysis delle principali categorie ambientali attraverso la variazione di tre parametri chiave nella produzione del legno trasparente: elettricità, delignificazione e infiltrazione (fonte: Rai, Ranjan, Dhar, 2022).

Categories	Electricity		Delignification		Infiltration	
	10 % increase	8 % decrease	10 % increase	8 % decrease	10 % increase	8 % decrease
Terrestrial acidification [kg SO ₂ eq.]	9.46 %	-10.5 %	0.51 %	-0.53 %	0 %	0 %
Photochemical ozone formation, ecosystems [kg NO _x eq.]	9.49 %	-10.36 %	0.47 %	-0.61 %	0 %	-0.13 %
Climate change, default, incl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	9.55 %	-11.05 %	0.96 %	-0.49 %	0.49 %	-1 %
Fine particulate matter formation [kg PM2.5 eq.]	9.52 %	-10.44 %	0.77 %	-0.55 %	0.09 %	0.04 %

di rendere il legno trasparente più sicuro nell'utilizzo. Tuttavia, il legno trasparente risulta essere più sicuro del PE, che può potenzialmente sostituire grazie alla sua ottima trasparenza e alla migliore ecosostenibilità.

In conclusione, la produzione del legno trasparente come semilavorato prodotto su scala industriale sembra essere positiva dal punto di vista della sostenibilità ambientale.

7.9.2 Fine vita

Guzik et al. hanno condotto dei test sul fine vita (EOL) del **legno trasparente** (TW), del **vetro** e del **polietilene** (PE) [fig. 2]. In questo scenario, il TW può essere dismesso mediante incenerimento e smaltimento in discarica, mentre il PMMA infiltrato nel legno può essere smaltito solo attraverso incenerimento. Sono state individuate tre categorie di impatto (ecosistemi, salute umana e risorse), categorie nelle quali gli impatti ambientali generati dal fine della vita del legno trasparente mostrano valori di impatto inferiori rispetto alla decomposizione dei polimeri plastici come il polietilene. L'elevato impatto del polietilene si ipotizza possa essere dovuto alla produzione di alcani, CO₂ ed energia durante l'incenerimento. La categoria di impatto dal valore più alto nella produzione del legno trasparente si rileva nella sezione "salute umana" (durante l'incenerimento) mentre l'impatto minore è riscontrabile nella categoria "ecosistemi". Per lo smaltimento in discarica del legno, i valori di impatto interessano soprattutto i danni alla salute umana e agli ecosistemi.

I risultati di quest'analisi mostrano che lo **smaltimento in discarica** del **TW** rappresenta una strategia migliore per la sua dismissione a causa dei minori impatti ambientali generati. Tuttavia, l'analisi del fine vita del **vetro evidenzia un impatto ambientale** (in tutte e tre le categorie) notevolmente **inferiore** rispetto ai valori di impatto del legno trasparente [2].

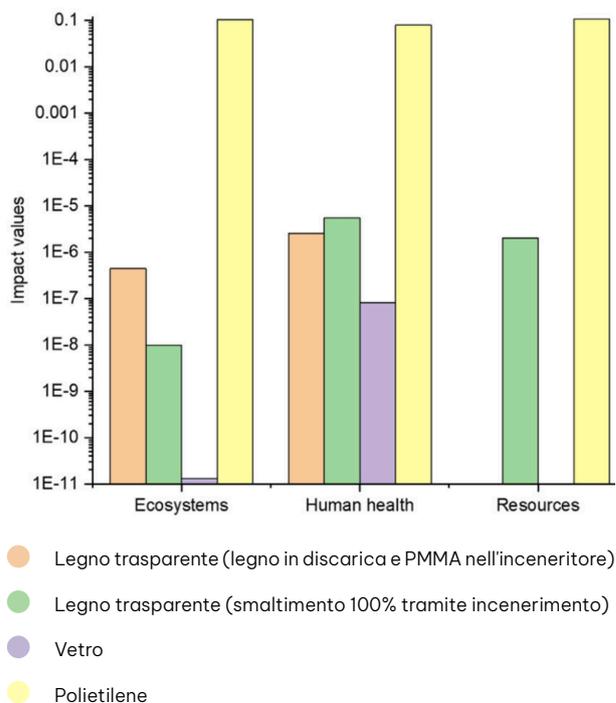


Figura 2 EOL del legno trasparente, del vetro e del polietilene (PE).

[2] Rohit Rai, Rahul Ranjan, Prodyut Dhar, "Life cycle assessment of transparent wood production using emerging technologies and strategic scale-up framework", articolo pubblicato sulla rivista Science of the Total Environment, Paessi Bassi, Elsevier, 2022.

7.9.3 TW 100% bio-based

Nel 2021 i ricercatori del KTH, guidati da Céline Montanari hanno elaborato un metodo per rendere il **legno trasparente** un **materiale rinnovabile al 100%** e aumentare, al tempo stesso, la traslucenza. Per rendere il legno trasparente ancora più ecosostenibile il gruppo di ricercatori ha sostituito il PMMA con **limonene acrilato**, un monomero a base di limonene, ottenibile a partire dagli scarti degli agrumi. Questa versione di legno trasparente [fig. 3] offre una trasmittanza ottica del 90% con uno spessore di 1,2 mm e un valore di haze del 30%. Inoltre, presenta elevate prestazioni meccaniche, con una resistenza a trazione di 174 MPa e un modulo di Young pari a 17 GPa.

Come descritto nelle sezioni precedenti, il processo produttivo del TW prevede la rimozione della lignina e la successiva infiltrazione con sostanze di origine petrolchimica come PMMA e resine epossidiche. Tuttavia, se da un lato l'impiego del legno come rinforzo rappresenta una scelta ecosostenibile, dall'altro lato l'**utilizzo di matrici polimeriche** rappresenta un punto **critico** da questo punto di vista. Infatti, la matrice polimerica di solito rappresenta circa il **70 % del volume del TW**, anche in quelli ottenuti a partire da specie legnose ad alta densità (per es. betulla). Di conseguenza, si è ritenuto necessaria l'elaborazione di un **metodo di produzione** basato su **matrici polimeriche bio-based**. La scelta è ricaduta sul limonene acrilato (LIMA), un comune terpene ciclico che può essere estratto dai rifiuti industriali, tramite isomerizzazione dell' α - pinene (dal legno) o dall'olio di scorze di agrumi.

Pertanto, il presente metodo è **applicabile** ad un'**ampia gamma di specie legnose**, consentendo prestazioni ottiche e meccaniche regolabili a seconda dell'applicazione. Per prestazioni meccaniche più elevate sono preferibili specie legnose di maggiore densità (betulla e faggio). Le specie legnose a bassa densità (balsa), invece, presentano elevata trasmittanza ottica e basso haze [3].



Figura 3 Campione di legno trasparente ottenuto impiegando il poli(limonene acrilato) (PLIMA).

[3] Céline Montanari, Yu Ogawa, Peter Olsén, Lars A. Berglund, "High Performance, Fully Bio-Based, and Optically Transparent Wood Biocomposites", articolo pubblicato sulla rivista Advanced Science, Vol. 8, N. 12, Germania, Wiley-VCH, 2021.





Capitolo 8

LINEE GUIDA PER IL LEGNO TRASPARENTE

8.1 Proposte per lo sviluppo di nuove applicazioni

Dopo aver esplorato il **legno trasparente** sotto diversi punti di vista, prima con la schedatura di Slim nel capitolo 5 e poi con l'approfondimento sullo sviluppo e sulle caratteristiche svolto nel capitolo 7, si è deciso di ipotizzare una serie di **nuove proposte di applicazione** per questo materiale.

Analizzando l'industria del legno trasparente sono emersi **due importanti aspetti da tenere in considerazione** qualora ci si volesse approcciare alla progettazione con questo materiale: a) la tecnologia permette di ottenere o legno completamente **trasparente** (delignificato o con lignina modificata) o **traslucido** (delignificato selettivamente). b) il TW può essere interpretato o come **semilavorato analogico** (scelto per es. per le sue proprietà meccaniche o termiche) o come **materiale per interfacce digitali**. Sulla base degli aspetti precedentemente descritti sono stati inizialmente individuati 9 **ambiti applicativi**:

- **Domotica**
- **Mobilità**
- **Arredamento**
- **Exhibit design**
- **Spazi per il lavoro e la comunità**
- **Arredo urbano**
- **Illuminazione**
- **Dispositivi elettronici**
- **Artigianato tradizionale del legno**

Questi ambiti sono letti dal punto di vista del potenziale di sviluppo e della possibilità di impiegare il materiale in maniera funzionale e intelligente. Questa lettura ha portato alla selezione di 5 ambiti applicativi da approfondire nel presente capitolo: **arredamento, mobilità, illuminazione, dispositivi elettronici e arredo urbano**.

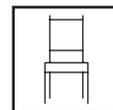
Le proposte sviluppate sono state elaborate partendo dall'**analisi dello scenario** e dei materiali tipicamente impiegati. Successivamente sono state elaborate una serie di **linee guida progettuali** sull'utilizzo del materiale, descrivendo anche quali **proprietà** di quest'ultimo si andranno a sfruttare.

PROPOSTE DI AMBITI APPLICATIVI



Sullo sfondo:
Eness Lumes Wood
Urbis Offices, Sydney

Legno trasparente e arredamento



Ambito applicativo

Quello dell'arredamento è uno degli **ambiti più grandi ed esplorati** del mondo della progettazione in generale. Tuttavia, l'attuale tecnologia del **legno trasparente**, nonostante i suoi continui sviluppi, non è ancora stata introdotta e proposta all'interno di questo settore come **semilavorato analogico** da impiegare in sostituzione di altri materiali tipicamente impiegati. Al momento le uniche proposte di applicazione riguardano i dispositivi per la domotica.

Il **campo dell'arredamento** è da sempre legato al **legno**, ma anche altri materiali come i polimeri plastici e il vetro. Attualmente la maggior parte degli arredi sono realizzati in materiali semilavorati del legno come pannelli truciolari ed MDF. Questi sono spesso fabbricati attraverso l'impiego di **leganti** derivanti dal petrolio che emettono, nonostante siano a norma di legge, **sostanze** inquinanti per l'ambiente e **nocive** per l'uomo (per es. formaldeide). In molti casi vengono impiegati sottoforma di pannelli laminati, aspetto che va a rendere più difficoltosi i processi di smaltimento a **fine vita** e che ne limitano le possibilità di **riconfigurazione** [1].

Da questo punto di vista l'impiego di **legno trasparente o traslucido** prodotto in maniera sostenibile (come avviene nel caso di Woodoo) permette di dare una **seconda opportunità** a dei **legni** che altrimenti sarebbero **scartati**, di sfruttare le **proprietà ottiche** e di trasparenza per dare origine a nuove funzioni e, infine, di impiegare un semilavorato dalla **maggiore robustezza** (in opposizione al trend del fast furniture) e resa **estetica**.

Linee guida



Sostenibilità

Impiego di essenze poco considerate dall'industria dell'arredo, proveniente da silvicoltura rigenerativa. Bio-based.



Robustezza

Il materiale fornisce ottime performance meccaniche e un'ottima durabilità, con proprietà che perdurano nel tempo.



Leggerezza

Il materiale è più leggero sia dal punto di vista fisico, sia da quello visivo (maggior luminosità).



Riduzione

Le proprietà del materiale permettono di ridurre gli spessori e limitare l'uso di materie prime.

Target



Utenti di varie età che intendono arredare casa

- Sono interessati ad arredi dal ridotto impatto visivo che non compromettano la luminosità dell'ambiente.
- Ricercano prodotti ecosostenibili.
- Sono alla ricerca di arredi resistenti e durevoli.

Proprietà



R. peso/resistenza

Il prodotto è più leggero e resistente del legno. Questo agevola il montaggio e la movimentazione.



Proprietà ottiche

Permettono leggerezza visiva, un ambiente più luminoso e integrazione con soluzioni digitali.



Durabilità

Il materiale è robusto, aspetto che sommato alla migliore durabilità ne estende la vita utile.



Rigidità

Le superfici in questo materiale sono adatte a supportare pesi e non si frantumano come il vetro.

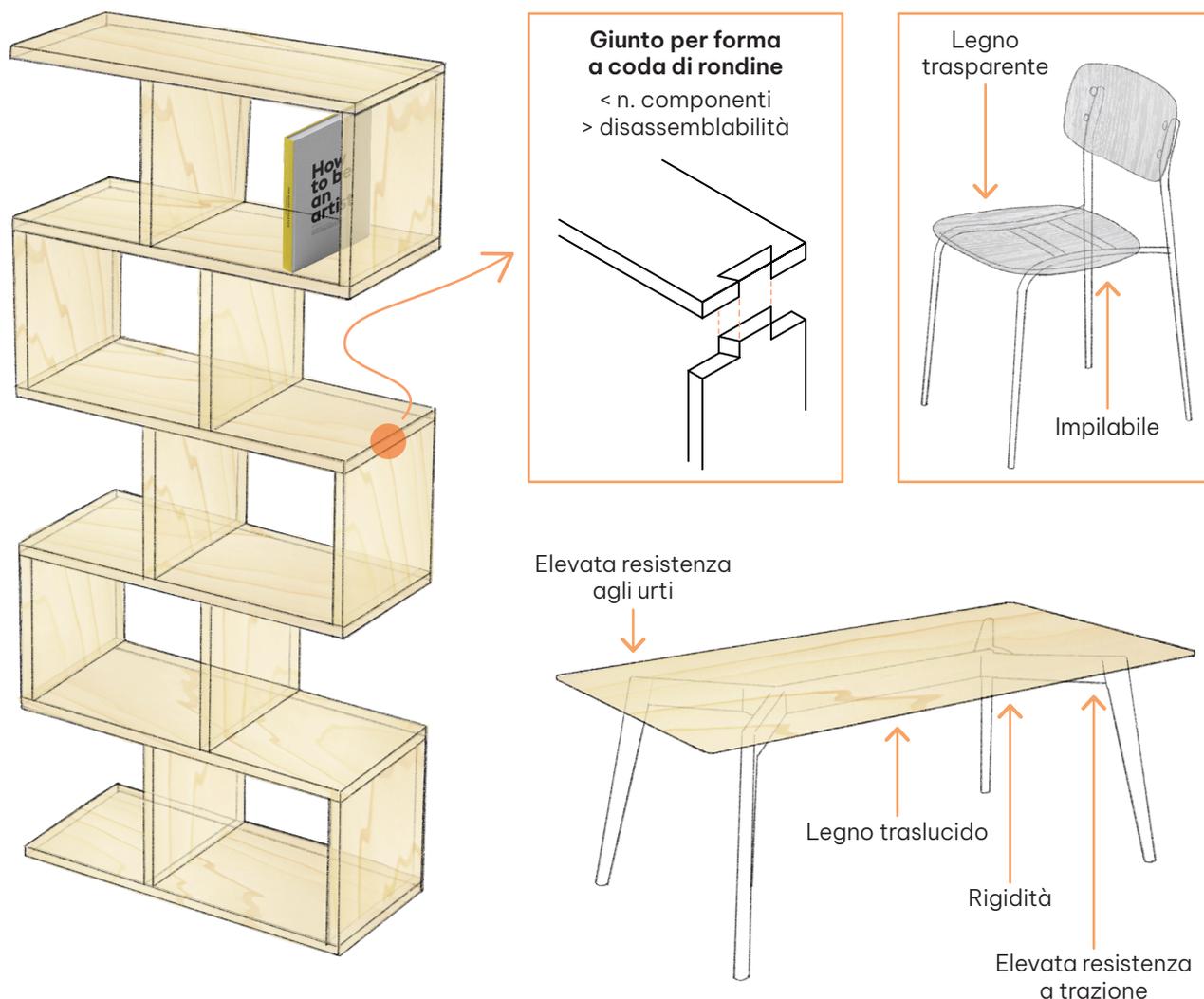
Proposta di applicazione

La proposta progettuale consiste nella realizzazione di tre differenti arredi per la casa, nello specifico **una libreria, una sedia e un tavolo**. Il TW è impiegato in sostituzione del vetro, del PMMA e del policarbonato come materiale in grado di permettere un **impatto visivo ridotto**, e di offrire un **ambiente più luminoso**. Questa soluzione potrebbe essere applicata in **ambienti di piccole dimensioni** e con **poche aperture** verso l'esterno come appartamenti e uffici.

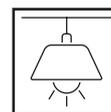
Le proprietà meccaniche del TW garantiscono una **maggiore robustezza** degli arredi rispetto a quelli realizzati in **polimeri plastici** (> resistenza a trazione e > rigidità) e in **vetro** (> resistenza all'impatto, non si frantuma). Inoltre, il materiale può essere rivestito con un rivestimento **ignifugo** che ne aumenta la resistenza alla fiamma. La maggiore resistenza meccanica, infine, permette di **ridurre gli spessori** e limitare l'uso di materie prime.

La libreria e il tavolo sono realizzati in **legno traslucido** (vedi Woodoo Slim), mentre la sedia è stata concepita in **legno trasparente**. I due materiali possono essere applicati a tutte e tre le proposte in base al tipo di impatto visivo che si desidera (minore nel legno trasparente) e alla **matericità** che si vuole mantenere (maggiore nel legno traslucido).

Un fattore che va tenuto in considerazione è il **costo**, che nel TW inizialmente sarà maggiore di quello del vetro e dei polimeri plastici; un altro aspetto è quello dell'**ecosostenibilità**, minore rispetto al vetro ma maggiore rispetto a quella del PMMA e del PC (specie se il TW è prodotto con limonene acrilato).



Legno trasparente e illuminazione



Ambito applicativo

Lo studio della luce ha oggi un ruolo molto importante sia nell'ambito dell'**architettura per interni** sia nella **progettazione di dispositivi** (per elettrodomestici, interruttori, ecc.).

Il tema del design della luce ha assunto un ruolo centrale nel settore illuminotecnico dove ha registrato, nel corso degli ultimi anni, una **crescita significativa** ed un'evoluzione del concetto di luce che va oltre l'idea di sorgente di illuminazione o segnalazione. Infatti, secondo i dati rilevati da FederLegnoArredo, il macrosistema arredamento e illuminazione ha chiuso il **2021** con un **aumento del fatturato del +11%** rispetto al 2019. Nel 2021 le aziende della luce hanno registrato crescite importanti, spinte dalla **tendenza generale**, emersa durante la pandemia, di una **maggior attenzione** da parte dei consumatori alla casa e, di conseguenza, alla sua **illuminazione**. L'incremento delle vendite è stato trainato in particolare da prodotti ad alto tasso di innovazione; gli investimenti nell'ambito della ricerca e dello sviluppo (R&D) sono andati in molteplici direzioni: l'avanzamento tecnologico, la **digitalizzazione** (Smart Lighting), l'**ecosostenibilità**, l'**efficienza energetica** e la **ricerca del benessere per l'individuo** (Human Centric Lighting) ^{[2][3]}.

Il legno trasparente/traslucido potrebbe potenzialmente diventare un valido materiale per questo settore in virtù delle sue proprietà ottiche (per es. la diffusione della luce) e delle sue peculiarità come materiale touch sensitive (per es. interruttori e schermi).

Linee guida



Benessere

Il materiale deve sfruttare le sue proprietà di diffusione della luce al fine di favorire il benessere psicofisico dell'utente.



Integrazione

L'integrazione delle fonti luminose al di sotto del materiale permetterebbe di creare nuove modalità di illuminazione.



Consumo di risorse

Ridurre l'uso dei polimeri plastici e limitare l'impiego di materiali di vario tipo (> la monomatericità).



Multifunzionalità

Sfruttare le proprietà ottiche e touch per rendere l'oggetto più smart e flessibile negli utilizzi.

Target



Utenti di età compresa tra i 20 e i 65 anni

- Interessati al tema del comfort e del benessere generato dalla luce.
- Ricercano soluzioni integrate e discrete (shy tech).
- Attenti alla sostenibilità e all'estetica dei materiali naturali.

Proprietà



Touch sensitive

Questa proprietà permette la realizzazione di interruttori e controlli per regolare la luce.



Traslucenza

Il materiale permette di ottenere un'illuminazione diffusa combinata con la texture del legno.



Res. all'acqua

Il materiale deve proteggere i componenti elettrici da eventuali contatti con l'acqua.



Res. all'impatto

Il materiale deve resistere agli impatti senza frantumarsi e compromettere le sue funzionalità.

Proposta di applicazione

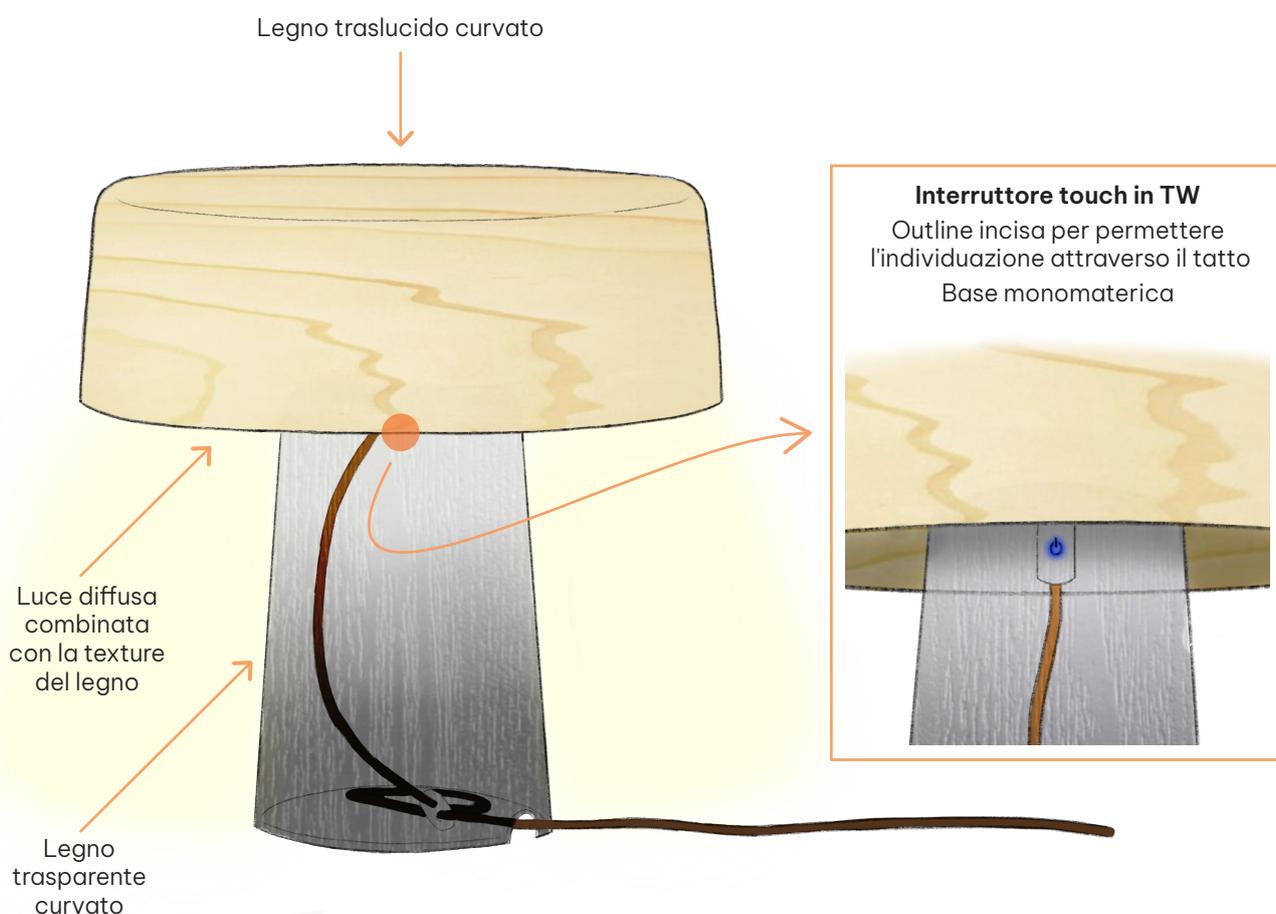
La proposta progettuale consiste nella realizzazione di una **lampada da tavolo** quasi interamente realizzata in TW. Il design **minimale** e i **colori neutri** rendono a questo prodotto adatto a diversi tipi di ambienti e scopi.

La scocca del prodotto è monomaterica. Il **paralume** è fabbricato in **legno traslucido**, al fine di garantire una **luce diffusa e d'atmosfera**; la combinazione di questa con il calore e le venature del legno permette di ottenere un'illuminazione più vicina a quella naturale, ossia quella più adatta a favorire il **benessere psicofisico** dell'utente.

La **base** è realizzata in **legno trasparente**, per ottenere maggiore **leggerezza visiva** e non intaccare il percorso della luce. Inoltre, è dotata di un **interruttore touch-sensitive** (collocato in modo da non essere invasivo alla vista) in TW luminoso caratterizzato da una linea di contorno incisa allo scopo di fornire un **feedback tattile** e facilitarne l'individuazione.

Entrambi i componenti della scocca sono realizzati attraverso **curvatura** e sono studiati per **proteggere i componenti elettrici** da eventuali schizzi d'acqua (vedi il paralume chiuso nella parte alta, il cavo interno alla base e l'interruttore touch). Inoltre, il materiale permette alla lampada di avere una **resistenza ad urti ed impatti accidentali** superiore a quella dei polimeri plastici e del vetro, a differenza **tenderà a deformarsi** piuttosto che andare in frantumi.

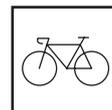
Un altro ambito nel quale il TW potrebbe essere potenzialmente impiegato è quello delle pavimentazioni (sia domestiche che pubbliche) con la **luce intesa come strumento per segnalare percorsi**. In questo caso, le fonti di luce (di spessore ridotto, come accade negli schermi) verrebbero disposte e unite alla parte inferiore del pannello in legno traslucido secondo motivi o disegni scelti dal committente. Il vantaggio rispetto alle soluzioni attuali in legno è il **minor numero di lavorazioni** e l'**impatto visivo quasi nullo** dei corpi luminosi durante il giorno (che fa apparire la pavimentazione come un normale rivestimento in legno).



[2] <https://www.slim.it/blog/illuminotecnica-settore-evoluzione>

[3] <https://www.salonemilano.it/it/articoli/design/illuminazione-nel-2021-ricavi-da-record>

Legno trasparente e mobilità



Ambito applicativo

Come mostrato in alcuni casi studio nei capitoli precedenti (per es. NewspaperWood, Karuun, Ekoa) quello del design per la mobilità è un settore in costante **ricerca di eco-sostenibilità**. Negli ultimi decenni le case automobilistiche hanno iniziato a incrementare questo aspetto su più fronti, sia dal punto di vista dell'impatto ambientale dei veicoli a livello di emissioni e di consumo energetico, sia dal punto di vista dei **materiali impiegati negli interni**.

La progettazione degli abitacoli delle automobili nel corso dell'ultimo decennio ha dovuto fare i conti con il **crecente impiego di dispositivi elettronici e interfacce digitali** (tasti, schermi, ecc.). Questo aspetto ha diminuito le possibilità di integrazione estetica con il resto degli interni, inoltre, ha aumentato il consumo complessivo di **energia elettrica** del veicolo. Un altro aspetto che caratterizza l'interno delle automobili è la scelta dei materiali, che vede i **polimeri plastici** tra i materiali più impiegati [4].

L'utilizzo del legno traslucido permetterebbe non solo di ridurre l'impiego di questi materiali, ma di integrare interfacce digitali al di sotto di esso e di garantire migliori prestazioni di durabilità degli interni agli agenti atmosferici e all'utilizzo. Inoltre, le **proprietà ottiche e di isolamento termico** potrebbero essere sfruttate nella realizzazione di alcuni pannelli attualmente fabbricati in vetro (migliorando il comfort e la resistenza meccanica). Di conseguenza si sono volute individuare nuove possibilità di applicazione riguardanti sia gli **interni** sia gli **esterni** nel **campo automotive**.

Linee guida



Integrazione

L'integrazione del materiale con i dispositivi elettronici di bordo permette di ridurre il numero dei componenti e dei materiali.



Pregevolezza

Il materiale rimanda all'estetica del legno naturale, materiale impiegato da sempre in quest'ambito e sinonimo di qualità.



Consumo di risorse

Ridurre l'utilizzo di polimeri plastici e altri materiali dalla scarsa sostenibilità ambientale.



Durevolezza

Assicurare prestazioni durevoli nel tempo senza compromettere la funzionalità del prodotto.

Target



Utenti che impiegano l'auto (privati e lavoratori)

- Ricercano tecnologia senza rinunciare all'estetica.
- Sono legati alla pregevolezza dei materiali premium.
- L'abitacolo deve essere confortevole e sicuro.

Proprietà



Proprietà ottiche

Il materiale funziona sia come filtro per la luce, sia come supporto per tasti e touchscreen.



Res. ai raggi UV

Il materiale dev'essere in grado di resistere all'azione della luce solare senza subire alterazioni.



Res. a agenti chimici

Il prodotto deve resistere all'azione dei detergenti per la pulizia degli interni (per es. carsharing).



Isolamento termico

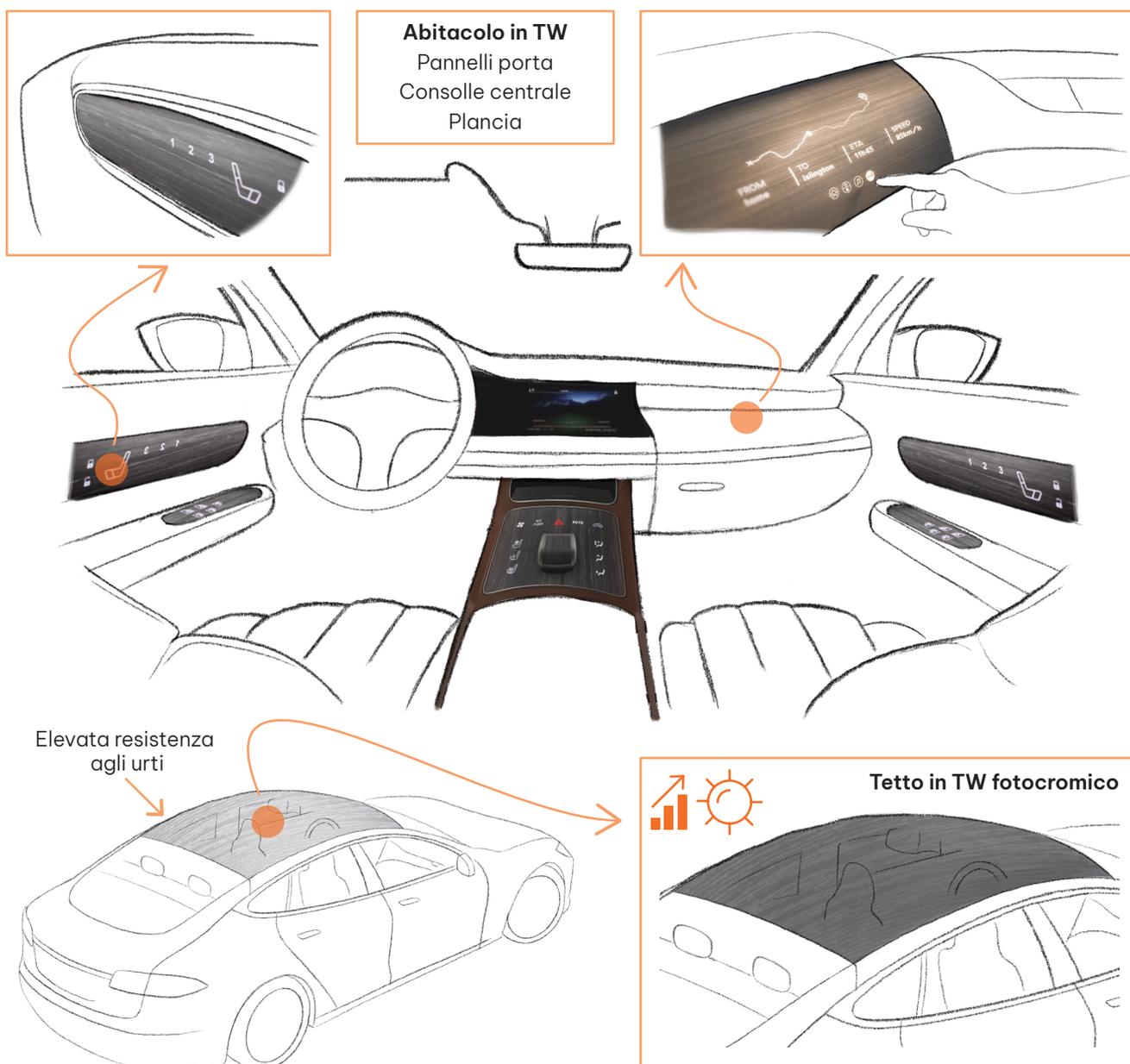
Il materiale favorisce l'efficienza del sistema di climatizzazione e migliora il comfort.

Proposta di applicazione

La proposta progettuale consiste nella realizzazione di alcuni elementi dell'**abitacolo** di un **autoveicolo**. Nello specifico, il TW è impiegato come materiale di supporto e rivestimento di quelle zone della **plancia**, delle **portiere** e della **consolle centrale** in cui sono di norma presenti **interfacce elettroniche** azionabili attraverso il senso del tatto (per es. tasti e touchscreen).

Il materiale è il **legno traslucido**, scelto per la sua matericità che **rimanda al legno naturale**, materiale tradizionale da sempre adoperato nel campo degli interni per le auto; inoltre, la **percezione** da parte del pubblico di questo materiale è di **lusso e qualità**. La seconda motivazione è la possibilità ottenere una maggiore **integrazione** estetica tra le **interfacce elettroniche** (sempre più presenti nelle auto) e la **pulizia delle linee dell'abitacolo** sfruttando le proprietà ottiche e touch-sensitive del TW. Infine, l'impiego del legno traslucido permette di **ridurre** la presenza dei **polimeri plastici**, attualmente il materiale più utilizzato all'interno delle automobili e di offrire **prestazioni** meccaniche, chimiche e di durabilità **superiori**.

Un'altra area dell'auto in cui il TW potrebbe essere adoperato è il **tetto**; in questo caso il materiale sarebbe il **legno trasparente**, impiegato **in sostituzione** dei tetti panoramici in **vetro**. Le proprietà sfruttate sarebbero l'ottimo grado di **trasparenza**, le migliori proprietà di **isolamento termico** (migliora anche l'efficienza energetica dei sistemi di climatizzazione del veicolo); inoltre, il TW potrebbe essere trattato con un **film fotocromico**, ossia un rivestimento in grado di **schiarire e oscurare** la superficie del tetto in base alle radiazioni UV (migliora il comfort).



[4] <https://mobile.guideautoweb.com/en/articles/41930/vehicle-interior-design-trends-wood/>

Legno trasparente e dispositivi elettronici



Ambito applicativo

Quello delle **interfacce elettroniche** è un settore molto ampio che include diversi ambiti, dai dispositivi per la domotica (per es. Mui Board) agli assistenti vocali, fino agli smartphone.

Secondo i dati raccolti dall' Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano, il **mercato italiano** della domotica è in rapida espansione (con un valore complessivo pari a 650 milioni di euro e una **crescita del 30%** nel 2021). Questo fa immaginare che nel **prossimo futuro** la **casa** sarà **sempre più smart**, non solo per la presenza sempre più diffusa di tecnologie connesse e multifunzionali, ma anche per la crescente richiesta di servizi aggiuntivi da implementare mediante la tecnologia già a disposizione. Buona parte delle **soluzioni di domotica** riguarda gli impianti di illuminazione nonché i sistemi di climatizzazione. Molto comune è anche la gestione a distanza dei grandi elettrodomestici, la sorveglianza e la sicurezza degli ambienti, la salubrità dell'aria, il monitoraggio dei consumi energetici, l'assistenza alla persona ^[5].

Il **legno trasparente/traslucido** (TW) rappresenta un materiale potenzialmente adatto a questo genere di applicazioni date le sue **proprietà ottiche** e touch sensitive; inoltre, la sua notevole **resistenza agli urti** ne aumenta la robustezza rendendolo un materiale idoneo alla realizzazione di interfacce elettroniche da collocare in **spazi pubblici** (mezzi pubblici, sportelli, alberghi, ecc.). Inoltre, l'estetica del TW consente di inserire in modo discreto questi dispositivi in **contesti** fortemente **legati al legno** e alla sua tradizione (per es. i villaggi montani).

Linee guida



Multisensorialità

Un'interfaccia in TW offre una percezione vicina a quella del legno, permettendo di integrare la tecnologia in modo meno invasivo.



Protezione

Le proprietà meccaniche del TW forniscono un'elevata resistenza agli urti o impatti accidentali, proteggendo le componenti.



Integrazione

L'estetica del TW permette l'inserimento di questo materiale in vari arredi e ambienti domestici.



Consumo di risorse

Ridurre l'uso dei polimeri plastici e limitare l'impiego di materiali di vario tipo (> la monomatericità).

Target



Utenti di età compresa tra i 20 e i 65 anni

- Sono interessati all'ambito dell'home automation.
- Ricercano soluzioni integrate e poco invasive (shy tech).
- Le interfacce elettroniche gli permettono di avere una gestione più ottimizzata e consapevole della casa.

Proprietà



Touch-sensitive

Questa proprietà permette la realizzazione di touchscreen, display e interruttori.



Trasparenza

Il materiale permette di essere usato come rivestimento per interfacce o come pannello.



Res. a agenti chimici

Il prodotto deve resistere all'azione dei detergenti per la pulizia e l'igienizzazione.



Res. all'impatto

Il materiale deve resistere agli urti senza frantumarsi e compromettere le sue funzionalità.

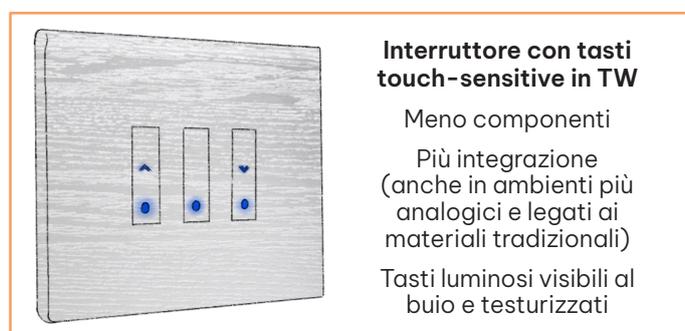
Proposta di applicazione

La prima proposta progettuale consiste nella realizzazione di un **interruttore della luce** realizzato in **legno trasparente**. Le proprietà touch sensitive e la trasparenza del TW permettono di ottenere un prodotto **sottile**, visivamente **poco impattante** e dal **ridotto numero di componenti**. Questo può anche essere realizzato in **legno traslucido** qualora si ricercasse una maggiore matericità e una **più discreta integrazione** dell'interruttore in quegli **ambienti fortemente legati ai materiali tradizionali** (per es. edifici storiche, architetture montani, ecc.).

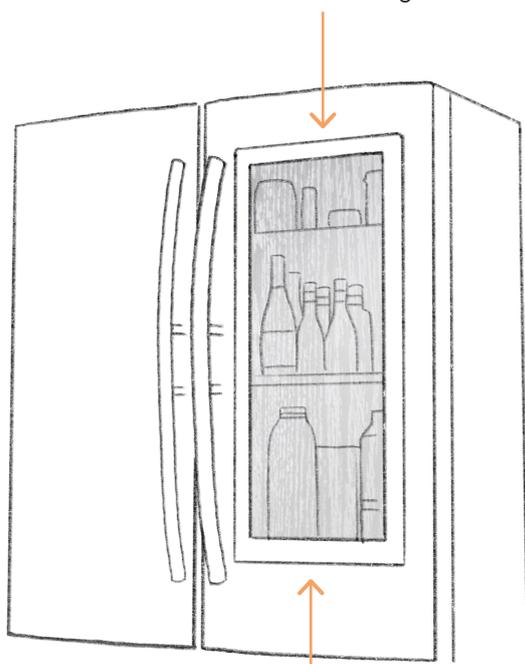
La seconda proposta di applicazione riguarda gli elettrodomestici, in particolar modo il **frigorifero**. La proposta progettuale consiste nella realizzazione di un **pannello digitale** (navigabile grazie al suo touchscreen) che restituisce **informazioni sugli alimenti** e **sullo stato dell'elettrodomestico**. Inoltre, è possibile **gestire** alcuni parametri come la **luminosità interna** e la **temperatura**.

Un altro impiego del legno trasparente nel frigorifero potrebbe essere la fabbricazione di un **pannello analogico** per il **monitoraggio visivo degli alimenti** in sostituzione del vetro. Il TW, infatti, garantirebbe un'**elevata trasparenza**, un ottimo grado di **isolamento termico** e un'ottima **resistenza agli urti** e ai **detergenti per la pulizia**. Questa proposta potrebbe essere **potenzialmente applicata anche** nella realizzazione degli sportelli dei banchi frigo nei **supermercati**.

L'ambito delle **interfacce e dei dispositivi elettronici** risulta essere uno dei **più promettenti per il TW**. Quelle che sono state proposte sono solo alcune delle possibili proposte di applicazione (per es dispositivi domotici per la casa, pareti divisorie per uffici, interfacce elettroniche per alberghi, navi da crociera, aeroporti, stazioni, ecc.).



Pannello analogico in legno trasparente per permettere di controllare visivamente gli alimenti



Isolante termico

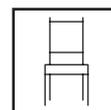
Pannello digitale per il monitoraggio del frigorifero e degli alimenti



Legno trasparente

[5] <https://www.vemsolutions.it/news/mercato-della-domotica-e-della-casa-smart-la-crescita-e-inarrestabile/>

Legno trasparente e arredo urbano



Ambito applicativo

L'arredo urbano è uno specifico **ambito progettuale** e di ricerca che si occupa di **attrezzare gli spazi pubblici urbani** con manufatti fissi o mobili e, in alcuni casi, si occupa anche di andarli a **contestualizzarli all'interno della città** e della sua identità.

Le tendenze degli ultimi anni di questo settore hanno fatto emergere una **crescente attenzione al rapporto uomo/ambiente**, ossia di inserire l'uomo con equilibrio all'interno dell'ambiente che lo circonda. L'arredo urbano è composto da molteplici elementi, tra cui panchine, aree di gioco per i bambini, cestini per la raccolta dei rifiuti, pensiline per il trasporto pubblico, rastrelliere per biciclette, cartelloni pubblicitari, ecc. [6]. La progettazione dell'arredo urbano segue un particolare approccio, ossia quello del **sovradimensionamento dei componenti**; il motivo di questa scelta è quello di aumentare la robustezza dei manufatti e permettergli di sopportare e resistere ad eventuali atti vandalici. Tra i principali materiali impiegati vi sono il legno, il calcestruzzo e l'alluminio.

Il **legno** rappresenta il materiale più impiegato nell'arredo urbano delle **località montane** e da questo punto di vista il **legno traslucido** permetterebbe di **mantenere il calore** delle cromie e delle venature del legno tradizionale **incrementando la resistenza** meccanica e la durabilità, diminuendo, inoltre, l'impatto visivo sull'ambiente circostante. Infine, il legno trasparente ha anche un potenziale come materiale per supporti digitali di **cartellonistica** e **pensiline** per i servizi di trasporto.

Linee guida



Protezione

Il TW fornisce un'elevata resistenza agli impatti, garantendo la salvaguardia delle componenti elettroniche e analogiche.



Integrazione

Il materiale permette sia una maggiore integrazione con il contesto circostante, sia una riduzione del numero di materiali.



Durevolezza

Essendo collocato all'esterno, il prodotto dovrà assicurare prestazioni durevoli nel tempo.



Riduzione

Le proprietà del materiale permettono di ridurre gli spessori e limitare l'uso di materie prime.

Target



Utenti di varie età che usufruiscono degli spazi pubblici

- Adoperano frequentemente i trasporti pubblici.
- Attenti all'ecosostenibilità e all'efficienza energetica.
- Sono interessati al tema dell'integrazione di interfacce digitali smart a supporto del cittadino.

Proprietà



Proprietà ottiche

Il materiale funziona sia come filtro per la luce, sia come supporto per schermi e cartellonistica.



Durabilità

Il materiale è robusto, aspetto che sommato alla migliore durabilità ne estende la vita utile.



Resistenza agli agenti atmosferici

Il materiale, essendo all'esterno, deve resistere a intemperie e raggi UV.



Res. all'impatto

Il materiale deve resistere a eventuali atti vandalici o danni accidentali da parte degli utenti.

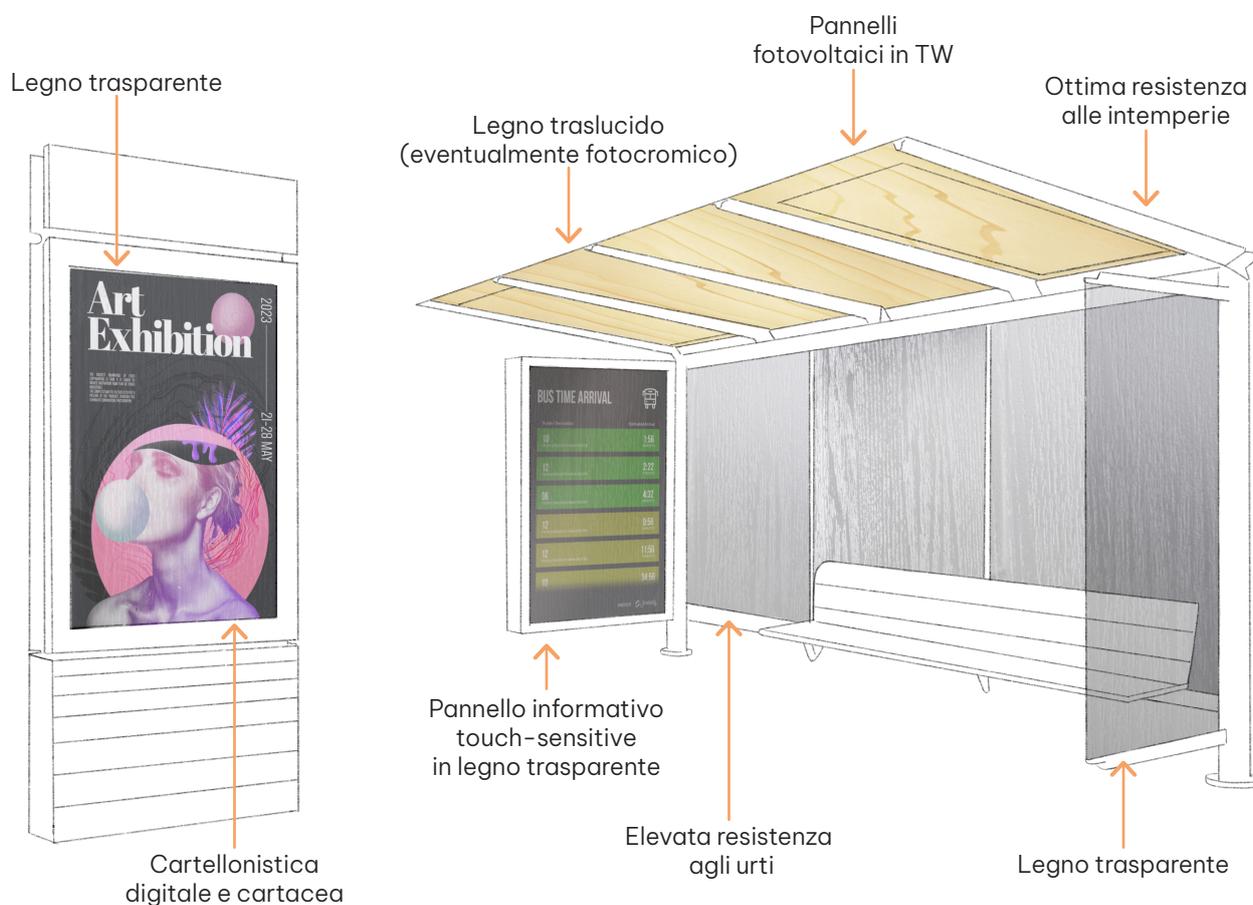
Proposta di applicazione

La proposta progettuale consiste nella realizzazione di una struttura per la **cartellonistica pubblicitaria**. In questo caso il **legno trasparente** è impiegato in sostituzione del materiale trasparente protettivo, di solito **PMMA**.

Il **PMMA** è uno dei materiali più utilizzati nell'ambito dell'arredo urbano data la sua elevata trasparenza l'ottima resistenza agli agenti atmosferici, ai graffi e ai raggi UV. Tuttavia, **non è idoneo** ad applicazioni in cui potrebbero verificarsi **urti o impatti**, aspetto che rappresenta un limite nell'ambito dell'arredo urbano (vedi per es. vandalismo o impatti accidentali). Da questo punto di vista il **legno trasparente** rappresenterebbe una **valida alternativa**, grazie all'ottimo grado di trasparenza, all'elevata durabilità e alle sue performance meccaniche, in particolar modo quelle antiurto e di protezione.

La seconda proposta di applicazione riguarda la realizzazione di una **pensilina per il trasporto pubblico** (per es. autobus e tram); i materiali impiegati sarebbero sia il **legno traslucido**, sia il legno trasparente. Il primo (trattato con un film idrofobico) è impiegato per i **pannelli di copertura** superiore allo scopo di **filtrare la luce** e garantire un'illuminazione diffusa. Inoltre, potrebbe essere rivestito con un **film fotocromico** per permettere al materiale di autoregolare il proprio grado di oscuramento in base all'intensità dei raggi UV. Il **legno trasparente**, invece, verrebbe adoperato nella fabbricazione dei **pannelli di tamponamento laterale** (di norma realizzati in PMMA) al fine di rendere lo spazio luminoso e poco impattante nei confronti del contesto circostante. In questo caso verrebbero sfruttate le **proprietà antiurto** del materiale, così come le sue **proprietà ottiche** e di **isolamento termico**. Inoltre il TW potrebbe funzionare anche come materiale di supporto per un'**interfaccia informativa** digitale completamente **navigabile** grazie alle proprietà **touch-sensitive** del TW (oltre alle proprietà di resistenza all'impatto e alle intemperie. Infine, quest'ultimo potrebbe essere alimentato (in parte) da una serie di **pannelli fotovoltaici**, dove il TW si è dimostrato essere un materiale particolarmente adatto.

Un requisito importante nell'arredo urbano sono il **costo** e la **manutenibilità** dei materiali. Per la **struttura** della pensilina i materiali più adatti sono l'**alluminio** (leggero, riciclabile, non ha problemi di ruggine) e il **legno** (specie se si parla di contesti fortemente legati al legno naturale come i villaggi montani). Il **TW** offrirebbe **ottime prestazioni** a resistenza e durabilità ma risulterebbe essere, soprattutto nelle fasi iniziali, un materiale **economicamente meno competitivo** rispetto al PMMA, aspetto che lo renderebbe idoneo in quelle applicazioni in cui sono richieste delle specifiche combinazioni di performance.



8.2 Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha permesso di **valutare il potenziale del legno trasparente/traslucido (TW)** e i suoi possibili impegni all'interno di prodotti finiti in sostituzione ad altri materiali. L'approfondimento sul legno trasparente/traslucido ha evidenziato come questo sia un materiale i cui grandi punti di forza sono l'**elevato rapporto tra proprietà ottiche e meccaniche** e la forte **espressività estetica** data dalla presenza delle venature del legno originario.

Il lavoro di ricerca di nuovi potenziali **ambiti d'applicazione** ha permesso di fornire degli esempi concreti in cui sfruttare questo materiale e le sue caratteristiche. Per progettare con questo semilavorato è fondamentale considerare le **specifiche di ogni ambito** e l'idoneità del materiale alle stesse. Un importante aspetto da considerare è quello del **costo** del legno trasparente/traslucido che, soprattutto nel primo periodo, sarà meno competitivo rispetto a quello di altri materiali alternativi come vetro e PMMA. Tuttavia, la combinazione di prestazioni offerte dal TW potrebbero rappresentare un fattore cruciale nella scelta del materiale in quegli ambiti in cui vi è maggiore flessibilità sugli aspetti economici o in cui sono richieste **proprietà specifiche**.

La scelta di impiegare il legno trasparente/traslucido, inoltre, deve tenere conto di alcuni aspetti. In primis, la tipologia di processo produttivo, che è fondamentale sull'**impatto** e sulla **sostenibilità ambientale** del materiale (per es. se è bio-based). Inoltre, le proprietà ottiche e di trasparenza, seppur ottime, non sono ancora paragonabili a quelle offerte da vetro e PMMA.

Sulla base di queste considerazioni è emerso che il legno trasparente/traslucido ha un potenziale sia come materiale di **supporto per interfacce elettroniche** e touchscreen sia come **semilavorato analogico** impiegato per le sue doti di robustezza, leggerezza e durabilità. Inoltre, viene mantenuta la matericità tipica del legno naturale, aspetto che gli dona identità e che ne facilita l'inserimento in determinati contesti.

Bibliografia

Articolo in e-borghi travel (2019). Vol 9. https://issuu.com/e-borghi/docs/09_e-borghi_travel_artigianato_ita/s/163303

Bernasconi A., Schickhofer G., Frühwald K., Traetta G., "Il materiale legno, Vienna, promo_legno Editore, 2005.

Berti Stefano, Nocetti Michela, Sozzi Lorena, "I Quaderni di Sherwood. I difetti del legno. Effetti positivi, negativi e tecniche gestionali", Arezzo, Compagnia delle Foreste, 2013.

Camera di commercio di Grosseto (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/OQVhwC9PUh4A8A?hl=it>

Camera di commercio di Matera (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/pAVhQHO97B0A8A?hl=it>

Camera di Commercio di Trento (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/3AVhABX06RMA8A?hl=it>

Camera di commercio di Verona (2014). Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/cgVhwB5jIBUA8A?hl=it>

Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Cremona (2014). La Liuteria Cremonese. Articolo in Google Arts and Culture. <https://artsandculture.google.com/story/PgVhwBEhBg4A-8A?hl=it>

CES EduPack 2019, Regno Unito, Granta Design, 2019.

Chu Tianyang, Gao Yuxin, Yi Liang, Fan Chuangang, Yan Long, Ding Chao, Liu Changcheng, Huang Que, Wang Zhengyang, "Highly fire-retardant optical wood enabled by transparent fireproof coatings", articolo pubblicato sulla rivista *Advanced Composites and Hybrid Materials*, Svizzera, Springer Nature, 2022.

Città Metropolitana di Torino, "Legno della provincia di Torino. Gestione Forestale sostenibile. Origine locale. Tracciabilità di filiera", Hapax Editore, Torino, 2011. Consultato su www.issuu.com.

Confartigianato Cuneo (2012). Raccontare il legno eccellenze dell'artigianato in provincia di Cuneo. Edizione Marcovaldo. <https://cuneo.confartigianato.it/wordpress-new/wp-content/upload>.

Dardi Domitilla, Pasca Vanni, "Manuale di Storia del Design", Milano, Silvana Editoriale, 2019.

Ding Linhu, Han Xiaoshuai, Chen Lian, Jiang Shaohua, "Preparation and properties of hydrophobic and transparent wood", articolo pubblicato sulla rivista *Journal of Bioresources and Bioproducts*, Cina,

Nanjing Forestry University (NFU), 2022.

Flexner Bob, "Understanding wood finishing. How to select and apply the right finish", USA, Fox Chapel Publishing, 2021.

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), "The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies", Roma, FAO, 2022.

Forrester Paul, "Enciclopedia delle tecniche di lavorazione del legno", Milano, Il Castello, 2015.

Germak Claudio, Bozzola Marco (2013). Dalla montagna per la montagna. Articolo in *ARChALP*, Vol. 5, pag 59-75.

Germak Claudio, "Uomo al centro del progetto. Design per un nuovo umanesimo", Torino, Allemandi & C., 2008.

Giachino Davide Maria, "Legno: manuale per progettare in Italia", Torino, UTET Scienze Tecniche, 2013

Gibbs Nick, "Enciclopedia del legno. Una guida completa illustrata per scegliere ed utilizzare 100 legni", Milano, Il Castello, 2006.

Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC), 2015. <https://www.sian.it/inventarioforestale>

Karl'a V., "Update on Research on Transparent Wood", Vol. 566, Regno Unito, IOP Publishing Ltd, 2019.

Lefteri Chris, "Il legno. Materiali per un design di ispirazione", Modena, Logos Edizioni, 2006.

Li Yuanyuan, Fu Qiliang, Rojas Ramiro, Yan Min, Lawoko Martin, Berglund Lars, "Lignin-Retaining Transparent Wood", articolo pubblicato sulla rivista *ChemSusChem* (di Chemistry Europe), N. 10, Stati Uniti, John Wiley & Sons Chem, 2017.

Li Yuanyuan, Fu Qiliang, Yang Xuan and Berglund Lars, "Transparent wood for functional and structural applications", articolo pubblicato sulla rivista *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, Regno Unito, The Royal Society Publishing, 2017.

Li Yuanyuan, Fu Qiliang, Yu Shun, Yan Min, and Berglund Lars, "Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance", articolo pubblicato sulla rivista *Biomacromolecules*, Stati Uniti, American Chemical Society, 2016.

Li Yuanyuan, Vasileva Elena, Sychugov Ilya, Popov Sergei, Berglund Lars, "Optically Transparent Wood: Recent Progress, opportunities, and Challenges", articolo pubblicato sulla rivista *Advanced Optical*

- Materials, N.18, Germania, John Wiley & Sons Chem, 2018.
- Lowden Laura Anne e Hull Terence Richard, "Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction", Berlino, Fire Science Reviews, 2013.
- L'Erario Joe, "Wood Finishing Simplified", USA, Popular Woodworking Books, 2008.
- Marchi Norberto, "Il mobile in legno", Brescia, Editrice La Scuola, 1989.
- Marchi Norberto, "Tecnologia del legno", Venezia, Marsilio Editori, 1966.
- Mariani Alberto, Malucelli Giulio, "Transparent Wood-Based Materials: Current State-of-the-Art and Future Perspectives", articolo pubblicato sulla rivista Materials, Svizzera, MDPI Editore, 2023.
- McDonald Bob, " Scientists develop transparent wood that is stronger and lighter than glass", articolo pubblicato su CBC Radio, Canada, CBC, 2021.
- Meloni Emanuele, "Shou Sugi Ban o Yakisugi: l'antica tecnica giapponese di bruciare il legno per proteggerlo", 2021.
- Mi Ruiyu, Chen Chaoji, Keplinger Tobias, Pei Yong, He Shuaiming, Liu Dapeng, Li Jianguo, Dai Jiaqi, Hitz Emily, Yang Bao, Burgert Ingo, Hu Liangbing, "Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings", articolo pubblicato sulla rivista Nature Communications, N. 11, Germana-Regno Unito, Springer Nature, 2020.
- Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe - FOREST EUROPE, "State of Europe's Forests 2020", Zvolen, 2020. <https://foresteurope.org>
- Montanari Céline, Ogawa Yu, Olsén Peter, Berglund Lars A., "High Performance, Fully Bio-Based, and Optically Transparent Wood Biocomposites", articolo pubblicato sulla rivista Advanced Science, Vol. 8, N. 12, Germania, WileyVCH, 2021.
- Montanari Céline, Ogawa Yu, Olsén Peter, Berglund Lars A., "High Performance, Fully Bio-Based, and Optically Transparent Wood Biocomposites", articolo pubblicato sulla rivista Advanced Science, Vol. 8, N. 12, Germania, WileyVCH, 2021.
- Owens John N., Gyde Lund H., "Forests and forest plants", Vol. 2, capitolo "History, Nature, and Products of wood" a cura di Robert L. Youngs, Oxford, EOLSS Publishers, 2009.
- Parlamento Europeo, "L'Unione Europea e le foreste", Strasburgo, 2022. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/105/1/-unione-europea-e-le-foreste>
- Pauli Gunter, "Prodotti ignifughi naturali", 2018.
- Picchi Francesca, "Enzo Mari. Gli artigiani Salvati dagli alberi di Sugi", articolo contenuto nella rivista *Domus*, Vol. 881, maggio 2005.
- Qiu Zhe, Wang Shuo, Wang Yonggui, Li Jian, Xiao Zefang, Wang Haigang, Liang Daxin, Xie Yanjun, "Transparent wood with thermo-reversible optical properties based on phase-change material", articolo pubblicato sulla rivista Composites Science and Technology, Paesi Bassi, Elsevier, 2020.
- Rai Rohit, Ranjan Rahul, Dhar Prodyut, " Life cycle assessment of transparent wood production using emerging technologies and strategic scale-up framework", articolo pubblicato sulla rivista Science of the Total Environment, Paesi Bassi, Elsevier, 2022.
- Renzi Giovanni (2018). Articolo in Legno Curvato. <https://legnocurvatodesign.it/sicilia-terra-legno-curvato-a-vapore/>
- Samanta Archana, Chen Hui, Samanta Pratick, Popov Sergei, Sychugov Ilya, Berglund Lars A., "Reversible Dual-Stimuli Responsive Chromic Transparent Wood Biocomposites for Smart Window Applications", articolo pubblicato sulla rivista ACS Applied Materials & Interfaces, Stati Uniti, American Chemical Society, 2021.
- Scott Ernest, "Lavorare il legno. Attrezzi, metodi, materiali, ebanisteria classica", Bologna, Zanichelli, 1983.
- U.S. Department of Agriculture, "Wood Handbook. Wood as an Engineering Material", Madison, Forest Products Laboratory, 2010.
- Wang Kaili, Liu Xiaorong, Dong Youming, Ling Zhe, Cai Yahui, Tian Dan, Fang Zhen, Li Jianzhang, "Editable shapememory transparent wood based on epoxy-based dynamic covalent polymer with excellent optical and thermal management for smart building materials", articolo pubblicato sulla rivista Cellulose, N. 29, Paesi Bassi, Springer Nature, 2022.
- Wu Yan, Zhou Jichun, Huang Qiongtao, Yang Feng, Wang Yajing, Wang Jing, "Study on the Properties of Partially Transparent Wood under Different Delignification Processes", articolo pubblicato sulla rivista Polymers, Svizzera, MDPI Editore, 2020.
- Zanuttini Roberto, "Il legno massiccio. Materiali per un'edilizia sostenibile", Milano, Assolegno-FederlegnoArredo, 2014.
- Zou Miao, Chen Yongping, Chang Liang, Cheng Xianbao, Gao Li, Guo Wenjing, Ren Yiping, Shupin Luo, Tang Qiheng, "Toward 90 μm Superthin Transparent Wood Film Impregnated with Quantum Dots for Color-Converting Materials", articolo pubblicato sulla rivista ACS Sustainable Chemistry & Engineering, Stati Uniti, American Chemical Society, 2022.

Sitografia

<http://compwood.com/processen/>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://www.sbandiu.com/category/designer/>
(Ultima consultazione 26/04/23)

<https://www.treccani.it/vocabolario/albero/>
(Ultima consultazione 27/04/23)

<https://imballaggigalli.com/sezioni-di-un-tronco-etipologie-di-taglio/>
(Ultima consultazione 27/04/23)

<https://ilwoodblogger.com/2018/03/09/la-strutturadellalbero/>
(Ultima consultazione 27/04/23)

<https://ec.europa.eu/eurostat>
(Ultima consultazione 04/05/23)

<http://www.courmayeur-mont-blanc.com/legno.htm>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/liguria-4-cose-da-sapere-sulle-sedie-di-chiavari-id-17318/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

https://www.nauticareport.it/dettnews/report/il_gozzo_ligure-6-4583/
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/4-cose-dasapere-sulle-pipe-della-provincia-di-varese-id-12420/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://magazine.confindustriacomo.it/2021/03/17/riva-1920-centanni-damore-per-il-legno/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.legnotrentino.it/it/cultura-del-legno/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.suedtirolerland.it/it/cultura-e-territorio/tradizione-e-cultura/intaglio-del-legno/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/veneto-4-cose-da-sapere-sui-pregiati-mobili-in-legno-id-18760/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.vangelistamobili.it/mobile-bassano-passatopresente-uno-stile-centenario/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/carniaartigiani-del-legnooda-sauris-a-sutrio-id-7219/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.guidaconsumatore.com/prodotti-artigianali/friuli-venezia-giulia.html>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://emiliaromagnaturismo.it/it/arte-cultura/artigianato/legno>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/divemiliaromagna-4-cose-da-sapere-sulla-tarsia-di-rolodiv-id-10883/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.aromabalsamico.com/botti-aceto-balsamicodove-invecchia/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://toscana.artour.it/legno-casentino/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.valledelbuttero.it/Artigianato-in-Maremmalegno-d-ulivo-tra-i-vicoli-di-Pitigliano-la-Citta-del-Tufo/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<http://www.originalitaly.it/it/editoriali/a-artigianato-del-legno-ascolano>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.tipicamenteumbria.it/legno-e/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.exploring-umbria.com/larte-della-lavorazione-del-legno-del-vetro-e-dei-metalli/larte-del-legno-in-umbria/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/le-madie-diarischia-id-6320/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/le-madie-diarischia-id-6320/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://bussoladiario.com/2020/08/artigianato-tradizionale-del-lazio.html>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<http://www.molise.beniculturali.it/index.php/patrimonioculturale/antichi-mestieri#:~:text=La%20zampogna%20molisana%20%20C3%A8%20realizzata,zampognari%20si%20muovevano%20in%20coppia.>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<http://www.unplimolise.it/turismo/artigianato/artigianato.htm>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.aboutsorrento.com/cosa-fare/intarsiosorrentino-storia-dellarte-della->

[lavorazione-del-legno/](#)
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/cosa-c-dasapere-sulla-tarsia-linea-di-sorrento-id-17256/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/basilicata-4-cose-da-sapere-sui-souvenir-in-legno-id-12938/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://basilicata.italiaguida.it/cmsx.asp?IDPg=571>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://basilicata.italiaguida.it/cmsx.asp?IDPg=571>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.salentoviaggi.it/artigianato-salento/artigianato-salentino-del-legno.htm>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.turismo.it/tradizioni/articolo/art/calabriapipe-artiginali-famose-nel-mondo-id-21835/>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.guidaconsumatore.com/prodotti-artigianali/sicilia.html>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.regione.sardegna.it/isola/legni/legno.htm#:~:text=Originariamente%20il%20legno%20era%20lasciato,e%20restituirle%20un%20aspetto%20decente>
(Ultima consultazione 17/04/23)

<https://www.timberpolis.com/wood-species>
(Ultima consultazione 12/05/23)

<https://tinyurl.com/online-scuola-zanichelli>
(Ultima consultazione 09/05/23)

<https://tinyurl.com/unife-it-architettura>
(Ultima consultazione 09/05/23)

<https://www.ideal-legno.com/lavorazioni/>
(Ultima consultazione 24/05/2023)

<https://wood-source.com>
(Ultima consultazione 24/05/2023)

<https://www.adi-design.org/ambiti-tematici.html>
(Ultima consultazione 12/06/23)

<https://tinyurl.com/MT-refractive-index>
(Ultima consultazione 21/06/23)

<https://physicsopenlab.org/2021/06/19/spettroscopia-ditrasmissione/>
(Ultima consultazione 21/06/23)

<https://tinyurl.com/omnexus-special-chem>
(Ultima consultazione 21/06/23)

https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-540-72816-0_2942
(Ultima consultazione 21/06/23)

<https://tinyurl.com/vimark-trasmittanza>
(Ultima consultazione 21/06/23)

<https://woodoo.com/>
(Ultima consultazione 23/06/23)

<https://www.nytimes.com/2022/10/31/realestate/fast-furniture-clogged-landfills.html>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://www.giwa.it/arredo-urbano-guida-pratica/>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://mobile.guideautoweb.com/en/articles/41930/vehicle-interior-design-trends-wood/>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://www.slim.it/blog/illuminotecnica-settore-evoluzione>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://www.salonemilano.it/it/articoli/design/illuminazione-nel-2021-ricavi-da-record>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://www.polidesign.net/it/formazione/interior-design-and-architecture/master--exhibition-design/>
(Ultima consultazione 28/06/23)

<https://tinyurl.com/adcgroupp-exhibit-design>
(Ultima consultazione 28/06/23)

Schedature materiali capitolo 5

foresso.co.uk/

aesop-technologies.com/

forust.com/

arcaebenisterie.com/fr/

finsa.com/it

lignotube.de/

dresdnerspitzen.de/

lamellux.com/
acoustictrend.com/

dukta.com/

nordcompensati.com/

wood-skin.com/

studiojeroenwand.nl/

upm.com/

woodoo.com/

Schedature casi studio capitolo 5

<http://woodywood.altervista.org/greenlantern/>

<https://designstreet.it/mi-illumino-di-un-corno/>

<https://hagenhinderdael.com/products/cocoon/>

<https://www.forust.com/technology>

<https://lichtliebe.de/products/pendelleuchte-stix>

<https://lignotube.de/referenzen/>

<https://www.frenchcenterofdesign.com/wp-content/uploads/2021/06/ARCA-Book-EN.pdf>

<https://arcaebenisterie.com/en/our-innovations/>

<https://dukta.com/en/products/furniture-lights/>

<https://materialdistrict.com/material/dukta-flexible-wood/>

<https://fulcrodesign.com/folio/>

<https://4sigma.it/portfolio/folio>

<https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/chester-2/>

<https://materialdistrict.com/material/stitched-wood/>

<https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/68/>

http://www.magisdesign.com/wp-content/uploads/2015/02/zartan_raw_eco.pdf

<https://www.designboom.com/design/liquid-wood-philippe-starck-with-eugeni-quitlet-created-zartan-for-magis/>

<https://www.lammhults.se/products/chairs-armchairs/penne>

<https://www.archiexpo.com/prod/lammhults-mobel-ab/product-57480-2270268.html>

<https://stevenleprize.com/project/marsupio/>

<https://stevenleprize.com/project/squama/>

<https://stevenleprize.com/project/wonsole/>

<https://studiojeroenwand.nl/portfolio/re-veneertables-round/>

<https://materialdistrict.com/material/re-veneer/>

https://muilab.com/en/products_and_services/muiboard/

<https://flexiblewood.shop/produkt/ipsum-organisationpanel/?lang=en>

<https://selfassemblylab.mit.edu/programmable-table>

<https://materialdistrict.com/material/wood-skin/>

<https://stevenleprize.com/project/wood-eagle/>

<https://stevenleprize.com/project/dundee/>

<https://www.red-dot.org/project/nemus-cajalun-31920>

<https://www.velobiz.de/news/nemus-cycles-erreicht-mit-dem-urban-bike-cajalun-serienreife-veloQXJ0aWNsZS8xMDC5Mgbiz>

<https://stevenleprize.com/project/culbuto/>

<https://fuseproject.com/work/forust-vine-3d-wood-collection/>

<https://www.moekodesign.com/post/forust-3d-print-wood>

<https://www.tesler-mendelovitch.com/clutchpurse>

<https://www.notjustalabel.com/tesler-mendelovitch>

<https://www.anastasiyakoshcheeva.com/work/tuesa/>

Schedature materiali capitolo 6

sohmafurutatedesign.com/

targetceramics.com/

hempwood.com/

fibandco.com/

newspaperwood.com/

lingrove.com/

moso-bamboo.com/

karuun.com/en/

sould.dk

naturloop.com

cmfgreentech.com

novofibre.com

gmund.com

lamitex.it/it/

Schedature casi studio capitolo 6

<https://tedzukuriatelier.com/en-int/products/suspension-origami-en-ecowood-et-papier-taille-m>

<https://fibandco.com/>

<https://www.keeplife.it/chi-siamo/>

<https://www.keeplife.it/portfolio-item/isola/>

<https://www.nendo.jp/en/works/alcantara-wood-2/>

<https://www.dezeen.com/2015/05/27/nendo-alcantara-artificial-suede-material-timber-patterned-furniture/>

<https://www.nendo.jp/en/works/transparent-table-2/>

<https://design-milk.com/nendo-textured-transparencies/>

<https://vij5.nl/en/webshop/meubels/kasten/framed-kast/>

<https://materialdistrict.com/material/newspaperwood/>

<https://www.woodworkingnetwork.com/technology/flax-based-laminate-substitutes-nicely-plywood-saarinen-design-tulip-chair>

<https://archive.curbed.com/2018/4/19/17255266/>

lingrove-ekoa-sustainable-material-wood-alternative

<https://www.sohmafurutatedesign.com/plaw-material>

<https://materialdistrict.com/material/plaw/>

<https://naturloop.com/coffee-table/>

<https://materialdistrict.com/material/cocoboard/>

<https://www.giacopini.design/it/prodotto/jean-stool>

<https://materialdistrict.com/material/loam-hemp-panels/>

https://www.domusweb.it/it/notizie/2014/04/02/rocking_horse.html

<https://materialdistrict.com/material/loam-hemp-panels/>

<https://www.sould.dk/project/studio-david-thulstrup>

<https://materialdistrict.com/material/eelgrass-acoustic-mats/>

<https://www.sould.dk/project/studio-tom-dixon-bird-chaise-chair>

<https://www.blackbirdguitar.com/products/el-capitan#ptab-features>

<https://www.blackbirdguitar.com/blogs/pres-s/93451270-bio-prepreg-guitar-the-look-feel-and-acoustic-quality-of-wood>

<https://www.keeplife.it/portfolio-item/veneris/>

<https://newspaperwood.com/portfolio/peugeot-onyx/>

<https://newspaperwood.com/portfolio/peugeot-exalt/>

<https://www.nio.com/et7?noredirect=>

<https://www.karuun.com/en/>

<https://fibandco.com/products/acoustic/#1616277374823-e22ad01a-474f>

<https://www.starck.com/about>