

LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera del piallaccio di legno





LEGNO ARREDO

Studio LCA della filiera del piallaccio di
legno

Autori:

Flavio Scrucca, Flavia Frisone, Caterina Rinaldi

Revisione critica:

Valentina Fantin

ENEA - Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali

Data di redazione: Ottobre 2023

Sommario

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Sintesi..... | 6 |
| 2. | Scopo del documento..... | 7 |
| 3. | Descrizione della filiera..... | 7 |
| 3.1. | Prodotti rappresentativi della filiera nazionale | 12 |
| 3.2. | Lavorazione del piallaccio e dei fogli di piallaccio..... | 15 |
| 3.3. | Utilizzi del piallaccio | 19 |
| 3.4. | Impatto socio-economico della filiera..... | 21 |
| 3.5. | Norme Tecniche | 26 |
| 3.6. | Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità..... | 29 |
| 3.7. | Carbonio stoccato | 31 |
| 3.8. | Certificazioni ambientali legate alla filiera..... | 33 |
| 3.10. | Etichette ambientali legate al prodotto..... | 38 |
| 4. | Gruppo di lavoro..... | 42 |
| 5. | Ambito di applicazione dello studio | 43 |
| 5.1. | Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento..... | 43 |
| 5.2. | Confini del sistema | 44 |
| 5.3. | Assunzioni e giudizi di valore | 45 |
| 5.4. | Gestione della multifunzionalità | 46 |
| 5.5. | Revisione critica..... | 46 |
| 5.6. | Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti..... | 47 |
| 5.7. | Informazioni ambientali aggiuntive | 47 |
| 6. | Modellazione dei dataset della filiera | 48 |
| 7. | Analisi di inventario | 48 |
| 7.1. | Assunzioni utilizzate nello studio | 49 |
| 7.2. | Descrizione e documentazione processi unitari | 51 |
| 7.3. | Sviluppo dei datasets | 52 |
| 8. | Valutazione degli impatti ambientali | 52 |
| 8.1. | Caratterizzazione..... | 54 |
| 8.2. | Normalizzazione | 57 |
| 8.3. | Pesatura..... | 59 |

| | |
|--|----|
| 8.4. Analisi di sensitività | 60 |
| 9. Interpretazione dei risultati..... | 63 |
| 9.1. Categorie di impatto rilevanti | 63 |
| 9.2. Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti | 64 |
| 9.3. Flussi elementari rilevanti | 66 |
| 10. Conclusioni..... | 67 |
| Bibliografia..... | 70 |

Lista delle Figure

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagramma della filiera del piallaccio | 9 |
| Figura 2. Classificazione dei piallacci per produzione e destinazione d'uso (elaborazione ENEA da [6]) | 12 |
| Figura 3. Tecniche di taglio in caso di tranciatura e relativa immagine del piallaccio: a) tranciatura sul largo; b) tranciatura sul quarto; c) tranciatura falso quarto; d) tranciatura sul largo quarto (elaborazione ENEA da [7]) | 13 |
| Figura 4. Tecniche di asportazione in caso di sfogliatura e relativa immagine del piallaccio: a) sfogliatura circolare; b) sfogliatura stay-log o tranciatura; c) sfogliatura rift; d) sfogliatura "dal cuore" (elaborazione ENEA da [7]) | 14 |
| Figura 5. Tecniche di unione dei fogli di piallaccio (elaborazione ENEA da [8]) | 17 |
| Figura 6. Esempi di applicazioni del piallaccio: a) rivestimento della parete interna di un edificio [9]; b) rivestimento esterno di un edificio [10]; c) elementi impiallacciati dell'abitacolo di una vettura [11]; d) arredamento interno di uno yacht [12] | 21 |
| Figura 7. Produzione venduta per codici Ateco di fogli impiallacciati [13] | 23 |
| Figura 8. Import/export di piallaccio in Italia (elaborazione ENEA da [18]) | 26 |
| Figura 9. Confini del sistema per lo studio LCA..... | 45 |
| Figura 10. Individuazione delle categorie di impatto rilevanti | 64 |
| Figura 11. Contributi percentuali alle categorie di impatto per fasi del ciclo di vita (normalizzazione)..... | 66 |

Lista delle Tabelle

| | |
|---|----|
| Tabella 1. Dimensioni di gonfiore e contrazione in % di tipi selezionati di legno (elaborazione ENEA da [8]) | 17 |
| Tabella 2. Caratteristiche strutturali ed economiche "Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno" [13] | 22 |
| Tabella 3. Produzione venduta per codici Ateco di fogli da impiallacciatura [13]..... | 23 |
| Tabella 4. Produzione venduta per codici Ateco di pannelli con fogli di piallaccio [13]..... | 24 |
| Tabella 5. Classificazione esemplificativa di piallacci (elaborazione ENEA da [8]) | 28 |
| Tabella 6. Classi di resistenza dei collanti (elaborazione ENEA da [8]) | 28 |
| Tabella 7. Bilancio di kg CO ₂ /m ³ per una parete esterna di un edificio realizzata in mattoni e cemento o in legno [48] | 33 |
| Tabella 8. EPD esemplificative di prodotti realizzati con piallacci | 41 |
| Tabella 9. Gruppo di lavoro dello studio di filiera | 42 |
| Tabella 10. Definizione unità funzionale | 44 |
| Tabella 11. Dati di inventario utilizzati per lo studio del piallaccio di legno (UF: 1 m ²)..... | 51 |
| Tabella 12. Dati di inventario utilizzati per lo studio del piallaccio di legno (UF: 1 m ²)..... | 53 |
| Tabella 13. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 54 |
| Tabella 14. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 55 |
| Tabella 15. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 56 |
| Tabella 16. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 57 |
| Tabella 17. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 58 |
| Tabella 18. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 58 |
| Tabella 19. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²)..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Tabella 20. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²)..... | 59 |
| Tabella 21. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m ²) | 60 |
| Tabella 22. Risultati dell'analisi di sensitività sull'energia elettrica (Specie legnose nazionali – Caratterizzazione, UF: 1 m ²)..... | 61 |
| Tabella 22. Risultati dell'analisi di sensitività sull'acqua ossigenata (Specie legnose nazionali – Caratterizzazione, UF: 1 m ²)..... | 62 |
| Tabella 23. Rilevanza delle fasi del ciclo di vita (Normalizzazione, UF: 1 m ²)..... | 65 |

Lista degli Acronimi

| | |
|---------------|--|
| CAM | Criteri Ambientali Minimi |
| CNC | Controllo Numerico Computerizzato |
| CoC | Chain of Custody |
| EPD | Environmental Product Declarations |
| FAO | Food and Agriculture Organization |
| FSC | Forest Stewardship Council |
| GPP | Green Public Procurement |
| HPL | High Pressure Laminate |
| ISPRA | Istituto Superiore di ricerca Protezione e la Ricerca Ambientale |
| LCA | Life Cycle Assessment |
| LULUCF | Land Use, Land Use Change and Forestry |
| PAN | Piano Nazionale Ambientale |
| PCR | Product Category Rules |
| PEFC | Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes |

1. Sintesi

Il presente report riguarda la filiera nazionale del piallaccio di legno e, al suo interno, viene riportata una descrizione del processo di lavorazione del piallaccio, i prodotti rappresentativi, le destinazioni d'uso e il contesto socio-economico nel quale la filiera stessa si inserisce, analizzando inoltre i principali impatti ambientali e gli strumenti di sostenibilità (etichette/certificazioni ambientali, GPP) disponibili per le aziende del settore.

All'interno del documento sono presentati anche i risultati di uno specifico studio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) svolto sulla base di dati primari sito-specifici, ovvero raccolti direttamente presso l'azienda coinvolta nelle attività di progetto e ritenuti ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio a livello nazionale, che ha preso in considerazione tre differenti prodotti:

- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza italiana;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza europea;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea.

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio "cradle to gate", ovvero considerando tutti i processi dalla fase di approvvigionamento delle materie prime/materiali ausiliari fino alla produzione del piallaccio tinto pronto per la distribuzione, senza includere le successive fasi di uso e fine vita del prodotto.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite metodo valutazione degli impatti il metodo EF 3.0, che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale e consente di ottenere un profilo di impatto completo a livello di prodotto, indicano che le categorie di impatto *Ecotoxicity Freshwater* e *Resource use, fossils* sono in assoluto le più rilevanti per tutte e tre le tipologie di piallaccio indagate. Tuttavia, anche la categoria *Climate Change* emerge come significativa in riferimento alle diverse fasi di valutazione degli impatti e, in particolare, per la fase di pesatura.

La fase UPSTREAM risulta essere la più rilevante in termini di impatti di ciclo di vita e, al suo interno, la produzione dei materiali utilizzati per la realizzazione del piallaccio tinto (essenzialmente sostanze chimiche) rappresenta il processo più significativo. La fase CORE riveste invece un ruolo importante in termini di impatto per la categoria *Climate Change*, essenzialmente a causa del calore generato tramite combustione del metano e utilizzato nei vari step del processo produttivo.

Nell'ambito dello studio LCA è stata svolta anche una analisi di sensitività focalizzata sull'uso di energia elettrica nel processo produttivo del piallaccio tinto, in quanto input significativo in termini di contributo agli impatti di ciclo di vita, sui cui è ragionevolmente e abbastanza semplicemente possibile intervenire. Tale analisi, svolta considerando l'approvvigionamento sia da rete che da fonte solare (attraverso impianto fotovoltaico) in due scenari con percentuali diverse per l'una e l'altra fonte, ha mostrato una riduzione generalizzata dell'impatto per tutte le categorie rilevanti, ad eccezione delle categorie *Resource use, minerals and metals* e *Water use*, per cui si è invece osservato un incremento più o meno significativo degli impatti di ciclo di vita.

I risultati ottenuti, vista la natura dei dati utilizzati, possono essere considerati ragionevolmente rappresentativi degli impatti associati ad 1 m² piallaccio tinto prodotto a livello nazionale.

Si ringrazia in modo particolare TABU SpA per la partecipazione alle attività del Gruppo di Lavoro di filiera e la fornitura dei dati necessari allo svolgimento dello studio.

2. Scopo del documento

Il seguente rapporto è stato realizzato all'interno del progetto Arcadia - approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA, finanziato dal PON Governance e Capacità Istituzionali 2014-2020, come output dell'Azione 5 "Analisi e raccolta dati per la costituzione della banca dati".

Questo rapporto rientra nella sotto-azione A5.3 "raccolta dati prodotto/servizio lungo il ciclo di vita ed elaborazione dei documenti" e rappresenta lo studio della filiera del piallaccio.

3. Descrizione della filiera

Il piallaccio secondo la definizione DIN 4079 [1] è un sottile foglio di legno ottenuto scortecciando, tagliando o segando un tronco. Il foglio di legno sottile viene a sua volta incollato

tramite il processo di impiallacciatura su pannelli di legno meno pregiati. Le lamine che rivestono le superfici possono essere chiamate fogli, piallacci o radiche e derivano sempre dalla tranciatura di un tronco. A seconda della superficie (o pannello) da impiallacciare si potrà scegliere di utilizzare un unico piallaccio o più fogli tra loro accostati. L'impiallacciatura è l'operazione che permette di "rivestire" legni caratterizzati da buone performance strutturali in modo da valorizzarli anche dal punto di vista estetico. L'utilizzo del piallaccio in Italia risale ai primi anni del '900, dopo che vennero inventate in Francia e Stati Uniti le prime macchine di tranciatura del legno che permettevano di ottenere fogli di legno pregiato molto sottili. È una tecnica antica che, utilizzata durante il Rinascimento quando i mobili in massello di legno di scarto venivano ricoperti di legno nobile per renderli più preziosi, si è tramandata fino ai giorni nostri. Se all'inizio veniva realizzata solo legno su legno, con il tempo, la ricerca e l'innovazione tecnologica, hanno reso possibile generare pannelli impiallacciati con caratteristiche meccaniche eccellenti, a basso impatto ambientale e a costi ridotti, che a sua volta vengono utilizzati per la produzione di arredi di qualità e di alta flessibilità, riuscendo a garantire sempre la perfetta fusione tra performance e impatto visivo, ma soprattutto il giusto equilibrio tra versatilità ed ecosostenibilità. Considerando che con un 1m² di legno massiccio dello spessore di 3 cm si possono ricavare 50 m² di piallacci, è facile capire quanto l'invenzione e le successive evoluzioni di questa tecnica di lavorazione abbiano segnato il confine tra l'industria del legno massello e quella dei pannelli leggeri, ottimizzando l'impiego del legno non solo dal punto di vista economico ma soprattutto nel concetto di sostenibilità ambientale all'interno della pianificazione delle risorse rinnovabili.

La filiera del legno nel panorama nazionale viene suddivisa in tre macro-fasi, ognuna delle quali è composta dalle varie lavorazioni che susseguendosi trasformano il tronco in prodotti finiti.

La **prima macro-fase** è composta dalla gestione forestale, che consente di rifornire di materia prima gli impianti di prima trasformazione. In tale fase sono coinvolte le imprese boschive con le relative figure specifiche di riferimento, ovvero i Dottori Agronomi e Forestali, e le operazioni rilevanti consistono nel taglio/abbattimento, esbosco/allestimento e trasporto verso gli impianti. Gli output di questa fase sono tondame e cippato.

La **seconda macro-fase** è composta dalle aziende di prima/seconda/terza trasformazione del legno. Rientrano in questa macro-fase le segherie aventi lo scopo di approvvigionarsi di tondame e di produrre i segati per le fasi successive. Il principale output del secondo anello della filiera è rappresentato dal tavolame grezzo ed eventualmente cippato. Successivamente si avranno le seconde e terze lavorazioni, performate da carpenterie, falegnamerie, mobilifici, ecc. Nel caso

specifico della produzione del piallaccio, in questa macro-fase rientrano le operazioni di tranciatura o sfogliatura dei tronchi come prima trasformazione, a cui segue la seconda trasformazione, che consiste nell'essiccazione dei fogli con eventuale stiratura o pressatura. A questo punto della filiera si ottengono i fogli di piallaccio, che essendo dei semilavorati, continuano il loro percorso nella terza fase di trasformazione come componenti da assemblare ad altri semilavorati per realizzare le varie tipologie di pannelli (truciolari, compensato, multistrati ecc.), che opportunamente combinati andranno a realizzare i prodotti finiti.

La **terza macro-fase** riguarda la distribuzione dei prodotti finiti nel mercato.

La Figura 1 mette in evidenza la collocazione delle lavorazioni per la produzione del piallaccio all'interno della filiera del legno.

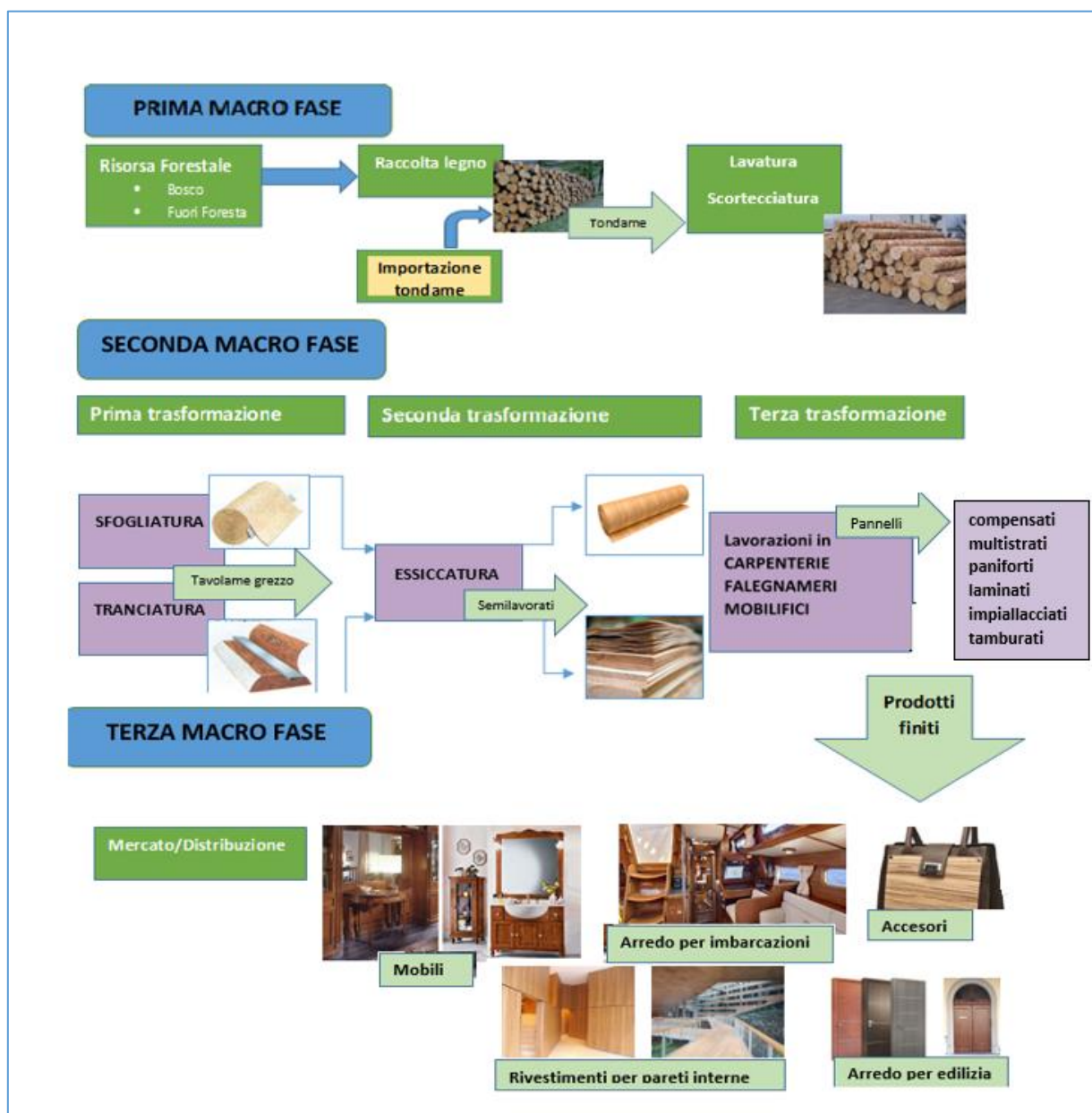


Figura 1. Diagramma della filiera del piallaccio

La produzione del piallaccio nella sua forma di rotolo o foglio, trattandosi di un semilavorato, si conclude nella seconda macro-fase della filiera del legno, ma, assemblato ad altri semilavorati del legno, continua il suo percorso nella filiera contribuendo alla realizzazione di una vasta gamma di pannelli di legno e prodotti finiti.

Secondo le stime riportate nel terzo inventario forestale nazionale [2], la superficie forestale in Italia è complessivamente pari a 10.982.013 ha, che rispetto alle stime prodotte dai tre inventari forestali nazionali realizzati in Italia del 1985, 2005 e 2015, fa emergere una sensibile crescita in tutte le regioni Italiane, seppur con intensità differente. L'aumento della copertura forestale è avvenuto prevalentemente per la crescita spontanea di boschi in terreni agricoli che non sono stati più coltivati e in zone montane e interne del Paese che, in questi decenni, hanno subito un progressivo spopolamento. Contemporaneamente si è assistito ad una diminuzione di copertura forestale nelle coste, nel fondovalle e nelle pianure, per far posto a infrastrutture o, al massimo, a nuovi impianti agricoli. La proprietà boschiva, in Italia è rappresentata sia da organi pubblici (per il 66%) che da imprese private spesso di piccole dimensioni o a conduzione familiare (per il 34%). Inoltre, secondo degli studi condotti da Assolegno nel 2014 [3], l'Italia risulta il Paese dell'UE con il più basso grado di autosufficienza nell'approvvigionamento di materia prima legno (<1/3 dei fabbisogni), infatti il livello di prelievo delle foreste italiane risulta uno dei più bassi dell'UE con una quota annua inferiore al 25% rispetto al 65% della media europea. Il rapporto "Strategia Forestale Italiana 2020" [4] conferma il trend del 2014; infatti anche da questo documento il livello di prelievo delle foreste italiane risulta comunque uno dei più bassi dell'UE, con un ammontare dei prelievi annui pari alla metà di quello di Francia, Spagna e Portogallo (4 m³/ettaro/anno) e notevolmente inferiore rispetto a Germania e Gran Bretagna (5,6 e 5,4 m³/ettaro/annui). Le cause di questa inefficienza vanno attribuite al fatto che la maggior parte delle aziende boschive sono scarsamente specializzate e organizzate: basti pensare che, per realizzare le operazioni di esbosco, molte di esse si affidano ancora all'utilizzo di motoseghe e trattori, che tra l'altro implicano un grande spreco di energia (anche se non mancano in tutto il territorio nazionale efficienti esempi di imprese ben strutturate che si affidano a valide innovazioni tecnologiche più sostenibili dal punto di vista ambientale). Nonostante ciò, la filiera produttiva italiana legata alla risorsa legno (connessa sia con le foreste di origine naturale che con le produzioni legnose fuori foresta) rappresenta un'importante realtà produttiva e occupazionale per il Paese e presenta ampie possibilità di crescita e sviluppo. Sempre lo stesso rapporto Strategia Forestale Nazionale del 2020 [4] stima che, nelle attività connesse alla filiera del legno (dalla produzione, alla trasformazione

industriale in prodotti semilavorati e finiti, fino alla commercializzazione), siano coinvolte circa 80.000 imprese, per oltre 350.000 unità lavorative. Purtroppo, il settore delle prime lavorazioni è per lo più carente di dati sulle realtà operative, soprattutto per quanto attiene il comparto delle segherie/carpenterie attive sul territorio nazionale, anche in conseguenza del fatto che, negli ultimi decenni, molte di queste hanno cessato l'attività o essa è stata riconvertita in direzione della parte più bassa della filiera. Sostanzialmente numerose segherie si sono trasformate in carpenterie, specializzate nella costruzione di edifici a struttura di legno, settore in crescita nonostante la forte contrazione dell'edilizia in atto dal 2008 [2]. La scarsa offerta di materia prima nazionale, unitamente all'importazione di semilavorati, induce a fare una riflessione riguardo alla necessità di valorizzare non solo il potenziale della foresta nazionale ma soprattutto la tendenza, intrapresa da qualche anno, di incentivare il più possibile la filiera corta con conseguenti benefici al sistema socio-economico del nostro Paese della filiera legno-edilizia.

A tale riguardo si ritiene importante sottolineare il nuovo orientamento dei mercati di molti prodotti finiti verso filiere corte di approvvigionamento del legname, basandosi sulla possibilità di utilizzare la produzione locale di legname e i corrispondenti rifiuti per produrre energia. Con un adeguato piano di gestione forestale, è infatti possibile favorire la crescita di alcune specie selezionate ampiamente utilizzate in ambito nazionalee parallelamente incentivare l'utilizzo a fini energetici di tutte le parti degli alberi che non possono assolvere a funzione strutturale come rami, corteccia o tavole troppo deboli e tutti i prodotti di rifiuto. I benefici associati allo sviluppo di una filiera corta così come descritta sono:

- ottimizzazione nello sfruttamento di prodotti e sottoprodotti;
- maggiore valore aggiunto rispetto all'utilizzo del legname come legna da ardere. Questa fonte di guadagno può essere reinvestita nella gestione delle foreste, con tutti i corrispondenti benefici come l'aumento di stoccaggio di CO₂, il miglioramento del paesaggio e la riduzione del rischio idrogeologico;
- migliore gestione forestale e di tutte le attività correlate alla produzione del legno, con possibilità di creare nuove opportunità lavorative a livello locale, in particolare nelle campagne, che spesso sono caratterizzate da condizioni economiche marginali e pertanto bisognose di misure per prevenire lo spopolamento;
- riduzione dell'impatto associato all'importazione del legname dall'estero, in particolare quello associato al trasporto.

3.1. Prodotti rappresentativi della filiera nazionale

La DIN 4079 [5] definisce i piallacci per tipologie di legno in funzione degli spessori nominali. In linea di massima, si possono distinguere tre tipi di piallacci in funzione dello spessore e della loro destinazione d'uso:

- Piallacci tradizionali, con spessore che va tra 0,5 mm e 0,6 mm;
- Micro piallacci, con spessori tra 0,1 e 0,3 mm: sono fogli di impiallacciatura molto sottili e traslucidi, soggetti a rotture, il che richiede particolare cautela nella lavorazione;
- Piallacci spessi, per cui gli spessori si collocano tra 0,9 e 2,5 mm.

La DIN 68 330 [6] classifica i piallacci in base al tipo di produzione e alla destinazione d'uso (Fig.2).

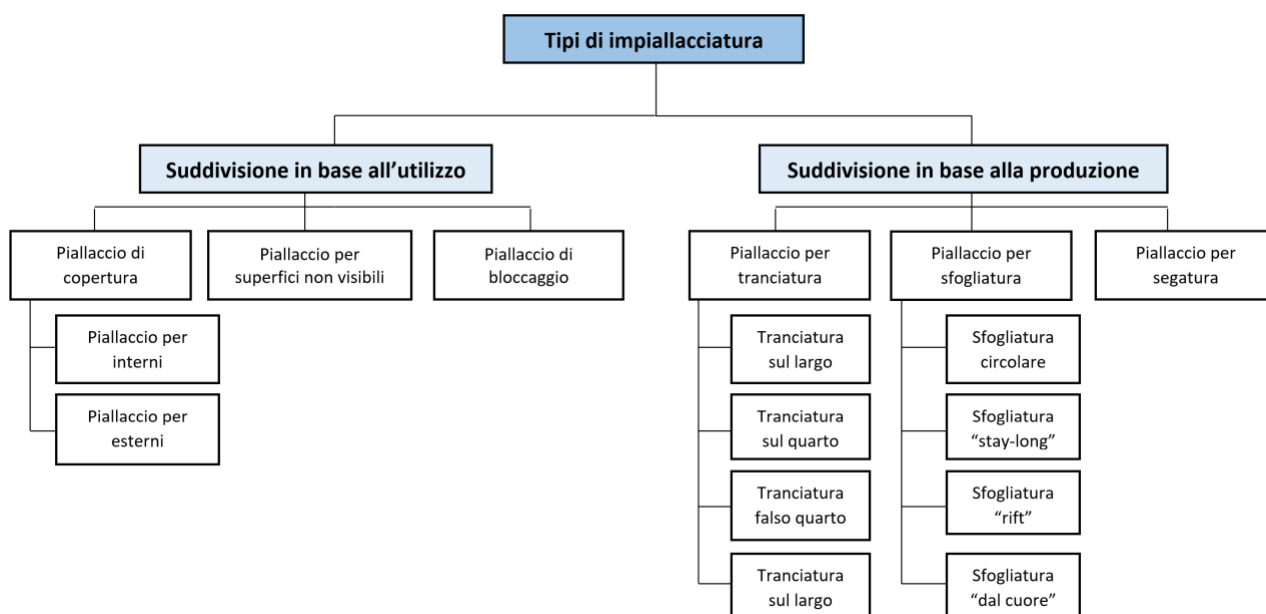


Figura 2. Classificazione dei piallacci per produzione e destinazione d'uso (elaborazione ENEA da [6])

In base all'utilizzo si distinguono i piallacci di copertura, impiegati per ricoprire la superficie visibile e non di un prodotto finito. Essi si suddividono in piallacci per esterni e per interni; i primi vengono utilizzati per ricoprire le superfici esterne di prodotti finiti, definendo l'aspetto esteriore del prodotto e sono finalizzati a migliorarne l'esteticità, quelli per interni ricoprono invece le superfici interne dei prodotti contribuendo a migliorare la stabilità della forma. La lavorazione che permette di ottenere questa tipologia di piallacci è quella per sfogliatura. In base alla produzione si distinguono invece in base alle differenti immagini del legno, ovvero al disegno che creano le venature del legno in funzione delle diverse lavorazioni a cui viene sottoposto il tronco

(tranciatura, sfogliatura, segatura). Il piallaccio che si ottiene dalla tranciatura del tronco a sua volta può essere distinto in funzione della direzione con cui avviene il taglio rispetto al tronco.

Con la tranciatura sul largo (Fig. 3a), un tronco dimezzato viene fissato con il lato del nucleo rivolto verso il tavolo di taglio e tagliato a partire dal lato esterno. I primi fogli di impiallacciatura ottenuti presentano una struttura viva fiammata, con l'avvicinarsi del taglio al centro del tronco si forma un'immagine sempre più a righe. Per la tranciatura sul quarto (Fig. 3b), il tronco viene diviso in quattro parti. Il tronco viene fissato in modo che il taglio avvenga ad angolo retto rispetto agli anelli annuali e si ottiene un'immagine del piallaccio a righe. Per la tranciatura falso quarto (Fig. 3c), il tronco viene diviso in quattro parti in modo tale che il blocco per impiallacciatura dispone di due lati ad angolo retto uno rispetto all'altro. Il blocco viene fissato con uno di questi lati sul piano e tranciato parallelamente ad esso generando un'immagine del piallaccio semifiammato. La tranciatura sul largo quarto (Fig. 3d), corrisponde alla tranciatura sul largo con la differenza che in questo caso si taglia un quarto di tronco dando origine ad un'immagine del piallaccio con struttura chiamata a "fiamma cattedrale".

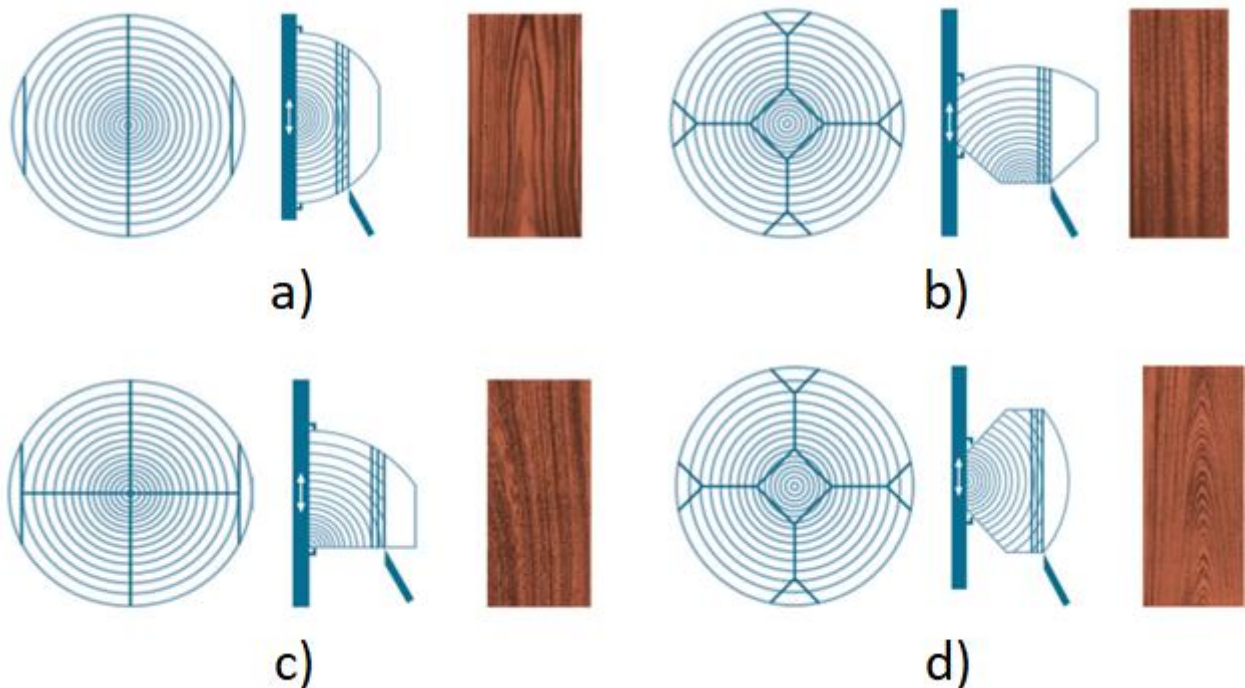


Figura 3. Tecniche di taglio in caso di tranciatura e relativa immagine del piallaccio: a) tranciatura sul largo; b) tranciatura sul quarto; c) tranciatura falso quarto; d) tranciatura sul largo quarto (elaborazione ENEA da [7])

Con la lavorazione per sfogliatura si ha che il blocco per impiallacciatura ruota e l'asportazione del relativo foglio avviene durante il movimento rotatorio. Anche in questo caso in funzione del tipo di lavorazione si ottiene un'immagine distintiva della struttura del piallaccio. In caso di sfogliatura circolare (Fig. 4a), il tronco viene fissato sull'asse centrale e sfogliato dall'esterno verso l'interno a spirale. Questa tecnica di sfogliatura viene utilizzata per la produzione di piallacci decorativi in quanto, a secondo della specie legnosa utilizzata, si generano immagini con venature irregolari oppure con nidi dalle strutture non ben definite (ad es. acero americano occhiolato). Con la sfogliatura stay-log o tranciatura eccentrica (Fig. 4b), il tronco dimezzato viene fissato con il lato del nucleo rivolto verso la barra rotante e sfogliato a partire dal lato esterno. Gli anelli annuali vengono tagliati con un angolo molto piatto così che viene prodotta un'immagine del piallaccio con una struttura rigata ai lati e fiammata in centro. Per la sfogliatura rift (Fig. 4c), il tronco viene diviso in quattro parti. Il blocco viene fissato con uno dei due lati piani sulla barra rotante e sfogliato a partire dal lato opposto dando vita ad un'immagine a righe. Per la sfogliatura "dal cuore" (Fig. 4d), il tronco viene tagliato in tre o quattro parti. Il blocco viene fissato con il lato del nucleo rivolto verso la lama sulla barra rotante e sfogliato a partire dall'interno (dal cuore) verso l'esterno. In questo modo, è possibile produrre fogli di impiallacciatura più larghi con immagine particolarmente fiammata.

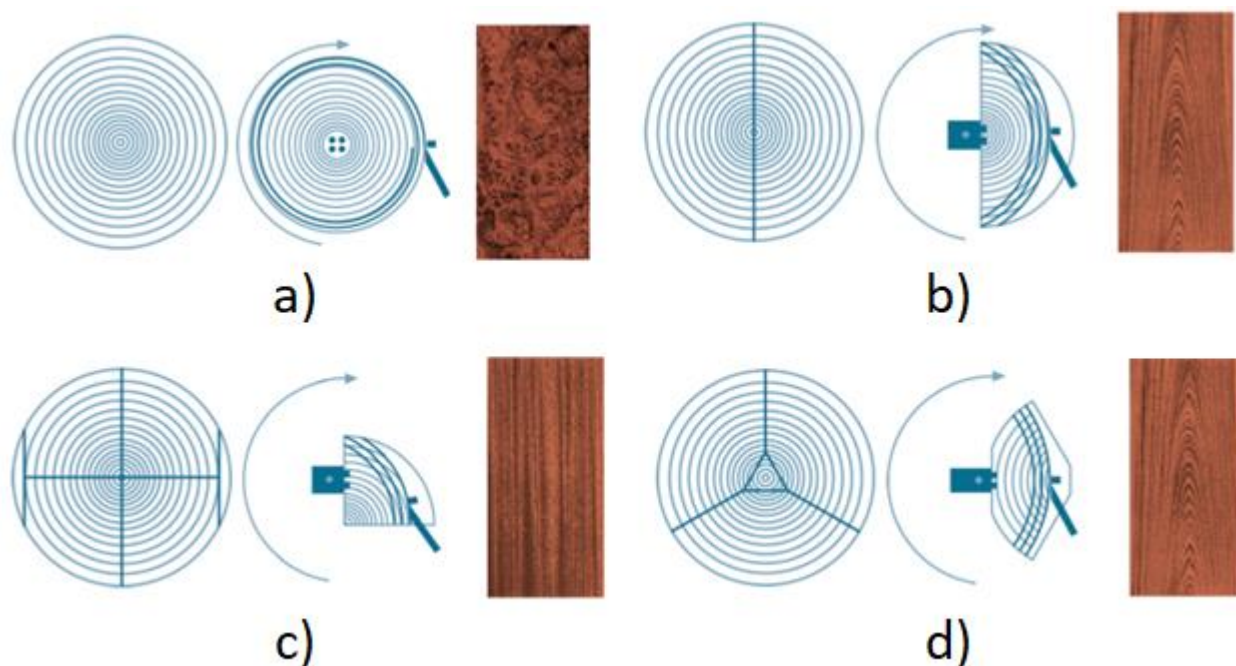


Figura 4. Tecniche di asportazione in caso di sfogliatura e relativa immagine del piallaccio: a) sfogliatura circolare; b) sfogliatura stay-log o tranciatura; c) sfogliatura rift; d) sfogliatura "dal cuore" (elaborazione ENEA da [7])

Infine, si ha la lavorazione per segatura che rappresenta la tecnica di produzione più antica del piallaccio. Prima dell'invenzione delle macchine tranciatrici e sfogliatrici, tutti i piallacci venivano prodotti tramite segatura. La segatura avviene con una sega alternativa multipla o una sega circolare per impiallacciatore. Nella produzione di piallacci per segatura, la perdita di materiale può raggiungere il 50%, tuttavia, ancora oggi, si utilizza questa tecnica perché i piallacci ottenuti presentano lo stesso colore del pezzo di legno massiccio. Inoltre, la segatura rappresenta la tecnica di produzione alternativa per i legni duri, la cui lavorazione tramite trancitura risulterebbe difficile per ottenere piallacci. Con la segatura si ottengono piallacci relativamente spessi che vanno da 1,2 mm a 2,5 mm. Essi vengono utilizzati ad esempio per lavori di restauro, ma anche per produrre mobili di qualità.

Da quanto esposto finora, è evidente come durante la produzione di piallacci sia possibile ottenere una grande varietà di immagini di piallacci diverse.

3.2. Lavorazione del piallaccio e dei fogli di piallaccio

La lavorazione per l'ottenimento del piallaccio si suddivide in cinque fasi, e secondo l'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) [13] tale semilavorato è identificato con il codice 20.20.0 "Fabbricazione di fogli da impiallacciatore; compensato, pannelli stratificati, pannelli di truciolo ed altri pannelli di legno". Di seguito si descrivono le principali fasi della lavorazione del piallaccio[8]. La prima fase di lavoro comprende la scortecciatura, taglio e rifinitura, un insieme di lavorazioni che permettono di preparare il tronco al fine di realizzare una superficie impiallacciata il più possibile omogenea dal punto di vista cromatico e strutturale. La scortecciatura del tronco consiste nella rimozione della corteccia e di materiali estranei (pietre, pezzi metallici, sabbia o terra). La fase di taglio successiva avviene tenendo conto delle caratteristiche di crescita, del colore, della struttura, della forma, della dimensione e delle indicazioni di lunghezza. Infine, per rifinitura si intende la suddivisione in senso longitudinale e taglio del tronco, ovvero la fase in cui il tronco viene tagliato in due, tre o quattro pezzi a seconda dei blocchi per impiallacciatore (denominati anche topi) che si vogliono lavorare per l'ottenimento del disegno di venature desiderato. Questi ultimi vengono fissati nella macchina tranciatrice o sfogliatrice. In questa fase si stabilisce come ottenere la migliore immagine del piallaccio sfruttando in maniera ottimale la materia prima legno. La seconda fase comprende la vaporizzazione e/o cottura del tronco. Per poter realizzare un taglio di alta qualità, occorre plastificare, ovvero "ammorbidire" i blocchi per l'impiallacciatore facendoli vaporizzare o cuocere in grandi vasche piene d'acqua. La cottura, oltre

alla plastificazione, provoca un'alterazione del colore del legno e per questo motivo diventa determinante stabilire la durata del processo in funzione della tonalità cromatica che si vuole ottenere. Per esempio, il faggio, in origine di colore bianco, in seguito alla vaporizzazione o cottura assume tonalità cromatiche che vanno dal color salmone fino al rossiccio. I legni chiari, che devono mantenere il loro colore chiaro originario, vengono lavorati senza essere sottoposti a vaporizzazione o cottura per l'impiallacciatura (ad es. aceri e i faggi bianchi per i quali la plastificazione avviene con acqua fredda). A seconda del tipo di legno e della tonalità cromatica desiderata, varia il tempo di vaporizzazione o di cottura, oscillando tra le poche ore fino a diversi giorni.

La terza fase consiste nella tranciatura, sfogliatura o segatura dei tronchi per ottenere i vari fogli di piallacci che è stata ampiamente analizzata precedentemente. Segue la quarta fase di essiccazione, rifilatura e legatura: in seguito alla vaporizzazione e cottura dei blocchi durante la seconda fase, i piallacci risultano ancora bagnati dopo il processo di taglio e quindi vengono fatti essiccare con aria calda a temperature tra 60°C e 180°C fino a raggiungere il livello di umidità finale desiderato, in genere tra 6 % e 12 %, con i tempi di transito su essiccatori (di solito a nastro) e le temperature che variano in funzione del tipo di legno. La maggior parte dei piallacci presentano densità diverse all'interno dello stesso foglio e tendono ad ondularsi per cui è necessario spianarli attraverso essiccatori da stiro (rulli supplementari che esercitano una pressione durante il passaggio del piallaccio sul nastro garantendone il livellamento). Dopo il processo di essiccazione, i piallacci sono tagliati e legati in pacchi da 24 o 32 fogli ciascuno. Durante il taglio, i fogli sono rettificati asportandone le eventuali irregolarità. L'ultima fase consiste nella stima e nella misurazione. La stima è la definizione di un prezzo per m² di un pacco di piallacci che nasce dalla valutazione della qualità attraverso una misurazione ottica dei piallacci in gruppo.

La lavorazione con il piallaccio consiste nell'unione dei fogli di impiallacciatura alle superfici, nell'applicazione di queste superfici impiallacciate a materiali di supporto e nel relativo trattamento superficiale. Durante la lavorazione occorre prestare attenzione al fatto che si stanno assemblando materiali diversi che potrebbero avere comportamenti differenti in termini di gonfiore e contrazione a seconda dell'umidità dell'ambiente circostante. La Tabella 1 mostra un esempio per le tipologie di legno più diffuse per la realizzazione di piallacci.

Tabella 1. Dimensioni di gonfiore e contrazione in % di tipi selezionati di legno (elaborazione ENEA da [8])

| Tipo di legno | Dimensione di contrazione differenziale in % in base alla % di variazione dell'umidità del legno | |
|---------------|--|-----------------------|
| | Direzione longitudinale | Direzione tangenziale |
| Acero | 0,018 | 0,220 |
| Faggio comune | 0,014 | 0,410 |

Per dimensione di contrazione differenziale si intende l'alterazione dimensionale per ogni punto percentuale di variazione dell'umidità del legno. La differenza di umidità del legno provoca la contrazione dello stesso; per compensare i movimenti di gonfiore e contrazione dei diversi materiali si utilizzano colle in linea con i requisiti. Alla luce di quanto detto è necessario che gli addetti alla lavorazione conoscano le condizioni di impiego (umidità e temperatura dell'ambiente circostante) del prodotto finale.

Per unire i fogli di impiallacciatura in un unico piallaccio di copertura con dimensioni maggiori o forme diverse, i bordi devono essere tagliati con estrema precisione e per questo sono utilizzati utensili di taglio o trancitura di estrema precisione fino a ricorrere, là dove è necessario, a tagli meccanici controllati da computer (controllo numerico computerizzato - CNC). Una volta tagliati i piallacci devono essere uniti attraverso incollaggio lungo lo spessore degli stessi seguendo l'ordine in cui sono stati tranciati, questa lavorazione prende il nome di "svolgimento". Per svolgere i piallacci, si utilizzano diverse tecniche: ribaltamento, spostamento e ribaltamento di testa (Fig. 5). Tramite il ribaltamento si ottiene un'immagine superficiale decorativa con un piallaccio disposto in modo speculare uno rispetto all'altro, con lo spostamento (anche spinta o tiro) i fogli vengono disposti uno accanto all'altro, con il ribaltamento di testa un foglio viene ribaltato di testa e l'altro no.

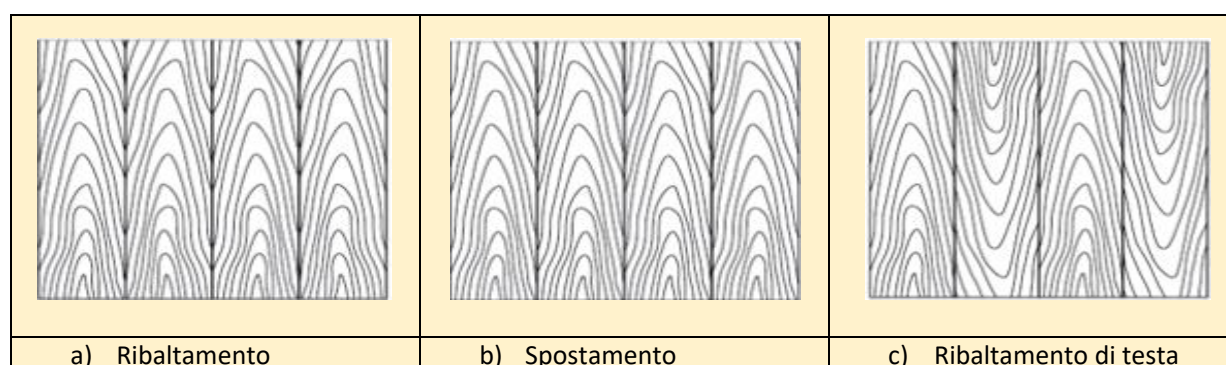


Figura 5. Tecniche di unione dei fogli di piallaccio (elaborazione ENEA da [8])

Una volta uniti i piallacci si procede alla fase di rivestimento di semilavorati. Risulta di fondamentale importanza in questa fase della lavorazione la scelta del collante, non solo per ottimizzare l'aderenza al prodotto da rivestire ma anche per migliorare la resistenza all'umidità e alla temperatura dell'insieme dei materiali assemblati, in modo da poterlo utilizzare anche in progetti con elevati requisiti in termini di protezione antincendio. Per compensare il diverso comportamento di gonfiore e contrazione del materiale di supporto del piallaccio, occorre selezionare di volta in volta colle adatte in base alle condizioni di impiego successive (umidità e temperatura ambientale). L'ultima fase della lavorazione consiste nel trattamento superficiale della superficie impiallacciata che include la molatura e verniciatura. La levigatura avviene a macchina o manualmente; la grana della carta vetrata da usare deve essere selezionata a seconda del rivestimento superficiale e dovrebbe avvenire quasi subito dopo il rivestimento superficiale (al massimo entro 24 ore) al fine di permettere una buona aderenza del substrato di impiallacciatura con il rivestimento. Infine, si procede con la verniciatura, finalizzata non solo a migliorare l'esteticità della superficie, ma soprattutto ad ottimizzare le prestazioni del prodotto. La verniciatura finale offre infatti la possibilità di variare la tonalità cromatica, intensificare la colorazione naturale e aumentare i contrasti nelle venature del legno generando una configurazione negativa o positiva delle venature, rispettivamente, se si utilizza una verniciatura ad acqua o chimica. Tuttavia, esistono vernici che sono distribuite sui prodotti impiallacciati per attribuire proprietà speciali come la protezione antincendio; altre vernici, coprenti o indurenti, migliorano i livelli di resistenza contro le sollecitazioni meccaniche, chimiche, climatiche. A questo proposito viene fatta un'attenta selezione del tipo di vernice da utilizzare in funzione della prestazione d'uso del prodotto, per esempio su superfici orizzontali come piani di lavoro e tavoli sui quali possono agire sollecitazioni da usura, graffio, urto, calore o chimiche è consigliabile l'utilizzo di vernici UV come anche oli per resistere alle macchie; in caso di luoghi di utilizzo con sporadica presenza di acqua o elevata umidità dell'aria (ad es. arredamento per ristoranti) si rendono necessari sistemi di rivestimento altamente idrorepellenti e/o poco permeabili al vapore acqueo; per gli arredamenti interni di alta qualità delle barche, soggetti a forti variazioni climatiche, sarebbe opportuno utilizzare sistemi di verniciatura ad alta resistenza ma anche molto elastici; in caso di superfici impiallacciate sottoposte ad un forte irraggiamento solare, i sistemi di verniciatura contenenti agenti foto-protettivi riducono notevolmente la velocità della variazione cromatica.

3.3. Utilizzi del piallaccio

Il piallaccio, pur essendo un semilavorato, assume un ruolo trasversale nella seconda macrofase della filiera del legno perché utilizzato sia nella linea dei legni masselli quanto nei pannelli. In entrambi i casi, oltre alla sua funzione fondamentale di rivestimento, può presentarsi anche all'interno di alcuni pannelli se non addirittura comporre pannelli con la sovrapposizione di più strati di piallacci opportunamente orientati. Di seguito si elencano gli impieghi del piallaccio in diversi semilavorati del legno:

- 1) I compensati o multistrati: materiale laminato composto da piallacci strutturali uniti tra di loro a strati, mediante prodotti collanti, per formare pannelli resistenti e stabili. I piallacci, in un numero dispari, vengono sovrapposti in modo tale che le loro fibre formano angoli retti uno rispetto all'altro, così da neutralizzare i movimenti del legno. Si ottengono pannelli resistenti alle deformazioni utilizzati per la produzione delle carcasse dei mobili e per i serramenti interni. Sono pannelli multistrato quando il numero dei piallacci sovrapposti sono più di tre, altrimenti sono pannelli di compensato.
- 2) I paniforti: è una particolare forma di multistrati in cui l'anima è costituita da listelli di legno massello di sezione quadrata, accostati bordo a bordo e non incollati; il tutto è rivestito con uno o due strati di piallacci. Sono strutture molto pesanti e sono utilizzati per fabbricazioni di tavoli, elementi portanti di mobili, mensole, ripiani e tutto ciò che sottoposto a elevati sforzi di carico.
- 3) I laminati: i piallacci anche in questo caso hanno la sola funzione di rivestimento come per i paniforti, ma in questo caso l'anima è costituita da listelli accostati dello spessore di 5 mm che rendono il pannello resistente alla flessione e sono utilizzati per la produzione di porte, carcasse di mobili, strutture e scaffalature.
- 4) I pannelli impiallacciati: sono pannelli o tavole non pregiate, rivestite dal foglio di piallaccio che è incollato a caldo con colle forti. Il loro uso è molto diffuso perché si possono avere prodotti impiallacciati con quasi tutte le essenze di legno e risultano un buon compromesso quando il legno massello della stessa specie risulta troppo pregiato e quindi costoso.
- 5) I tamburati: sono pannelli molto simili ai paniforti ma usati quando l'anima ha la sola funzione di distanziare, isolare termicamente o acusticamente due piallacci. La struttura può avere diverse conformazioni (es. a nido d'ape). Sono spesso usati per le porte interne o ante di mobili e per tutti gli impieghi in cui si necessita leggerezza.

- 6) I truciolati: pannelli realizzati utilizzando scarti di lavorazione di segheria (scaglie, trucioli, segature, frammenti), impastati, pressati e incollati a caldo con resine termoindurenti. È un prodotto pesante che però resiste poco alla flessione, economico e sostenibile dal punto di vista ambientale. È utilizzato dalle industrie del mobile che costruiscono mobili in serie come i componibili. È un prodotto deteriorabile nel tempo, soggetto a flessione e quindi ad imbarcamento [8].

Il piallaccio può trovarsi sul mercato sotto le sue due forme originali (fogli o rotoli) ed utilizzato per rivestimenti “fai da te” di superfici in legno che si vogliono restaurare o rinnovare esteticamente. Si può acquistare in rotoli di piallaccio di svariate misure, anche sotto forma di piccoli nastri per riprendere i bordi di un mobile, oppure in fogli di misura standard (250 cm × 40 cm) che nel caso di superfici più grandi dovranno essere incollati tra di loro.

Il piallaccio nella sua forma originale, opportunamente lavorato può trovare diversi impieghi anche sugli elementi strutturali di un edificio sia all’interno che all’esterno, come è possibile osservare dagli esempi riportati in Figura 6:

- rivestimento della parete interna di un edificio (Fig. 6a), realizzato con piallacci applicati su carta imbevuta in resina sintetica e trattati in superficie con un sistema di vernici di alta qualità, ottenendo un materiale in grado di essere lavorato con estrema flessibilità per cui non è stato necessario rettificare e verniciare dopo l’applicazione su parete;
- rivestimento esterno di un edificio (Fig. 6b), realizzato impiallacciando con materiale in legno i pannelli HPL (High Pressure Laminate). La superficie presenta un’elevata resistenza meccanica chimica e stabilità del colore. Questi pannelli possono anche essere usati per il rivestimento interno di piscine, grandi cucine o altri locali climatizzati sottoposti ad umidità e a getti d’acqua sporadici
- elementi impiallacciati dell’abitacolo di una vettura (Fig. 6c), realizzati con piallacci di noce. Per la realizzazione dei pezzi stampati, l’impiallacciatura è stata compressa su uno speciale supporto multistrato e incollata con uno specifico collante. La superficie ad elevata brillantezza è stata creata con un rivestimento in polietilene insaturo lucidato in modo raffinato. Elementi analoghi possono essere utilizzati anche per il rivestimento di interni di aerei, yacht, come mostrato in Fig. 6d.

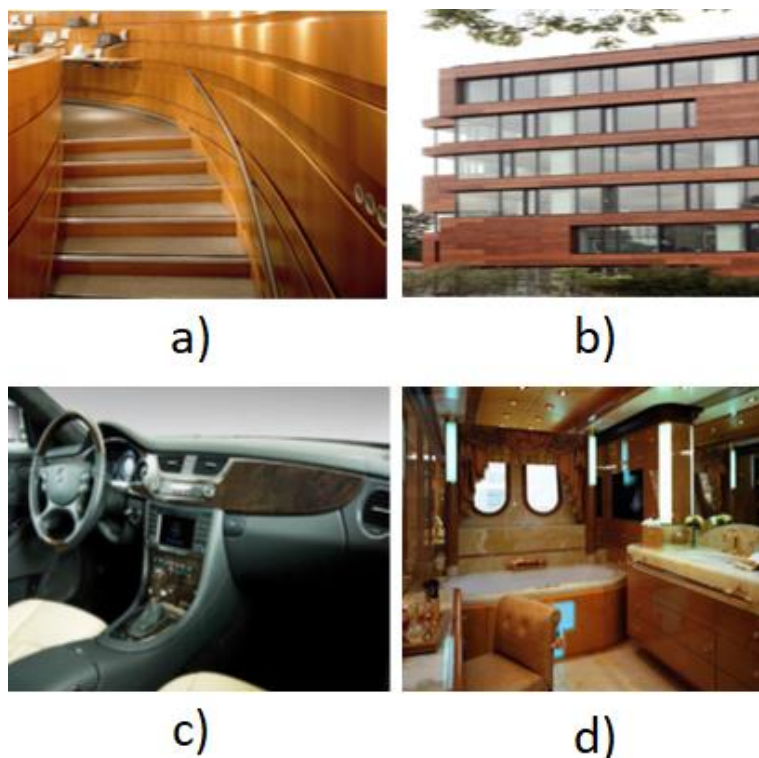


Figura 6. Esempi di applicazioni del piallaccio: a) rivestimento della parete interna di un edificio [9]; b) rivestimento esterno di un edificio [10]; c) elementi impiallacciati dell'abitacolo di una vettura [11]; d) arredamento interno di uno yacht [12]

3.4. Impatto socio-economico della filiera

La filiera del legno-arredo italiana è una filiera economica integrata, dalla materia prima al prodotto finito: l'output di un settore diventa input per un altro, creando così un flusso di prodotti ad alto valore aggiunto realizzati in gran parte sul territorio. L'input iniziale arriva dalle importazioni di legno dai Paesi tipicamente produttori di latifoglie e legni pregiati europei, americani e tropicali oltre che dalla produzione di legno delle foreste italiane, il legno viene poi lavorato dalle aziende che si occupano delle prime lavorazioni. Da qui nascono i semilavorati destinati alle costruzioni o alla realizzazione di prodotti finiti dell'arredamento, delle finiture per edilizia, degli imballaggi. Il settore arredamento comprende tutte le tipologie di prodotto che arredano la casa, il bagno, l'ufficio, le collettività, gli spazi commerciali, l'outdoor fino all'illuminazione. Nelle finiture per edilizia sono compresi i serramenti in legno, i pavimenti, le schermature solari che completano il panorama dell'arredamento [14]. Il tessuto produttivo di tutta la filiera legno-arredo è costituito prevalentemente da Piccole e Medie Imprese (PMI) e artigiani organizzati in forme di ditte individuali, società di persone comunque legate strettamente alle realtà produttive più grandi che trainano tutto l'indotto e garantiscono, con i loro marchi, la qualità italiana nel mondo e in particolare le aziende del Sistema Pannelli sono, tra i comparti della

filiera, quelle che più investono in tecnologia e innovazione per fornire prodotti di alto valore aggiunto e risultano inoltre più sensibili ai temi legati all'economia circolare in quanto utilizzano materiali riciclati, riciclabili e con minore impatto ambientale [15]. I preconsuntivi elaborati dal Centro Studi di FederlegnoArredo [16] certificano che la filiera del legno-arredo chiude il 2021 con un fatturato alla produzione di oltre 49 miliardi di euro, contro i 43 del 2019 (+14,1% rispetto al 2019). Le esportazioni confermano la crescita del settore con un valore di oltre 18 miliardi di euro (+20,6% sul 2020) rispetto ai 17 miliardi del 2019 (+7,3% sul 2019). Questi dati, dopo la flessione del 2020, certificano una forte ripresa del settore ma, il caro energia, la penuria di materie prime, i costi della logistica e dei trasporti rischiano di invertire il trend, già dai primi mesi del 2022. Il mercato italiano evidenzia una crescita dell'intera filiera del 18,5% rispetto al 2019 e del 28,9% sul 2020, grazie all'efficacia di agevolazioni fiscali (bonus mobili) e alla centralità che ha assunto la casa nella vita degli italiani in seguito alla pandemia. Secondo l'ultimo rapporto della Camera dei Deputati sul recupero e la riqualificazione energetica del nostro patrimonio edilizio, la spesa per investimenti incentivati sarebbe stimata in oltre 51,2 miliardi di euro per il 2021.

I dati ISTAT relativi al 2019 [13] per il settore "Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno" (cod. Prodcom Ateco 2007: 16.21.00) mostrano un numero di imprese poco superiore a 1.100 (non sono incluse quelle operanti nel settore dei mobili), per un totale di addetti di circa 9.600 di cui la maggior parte dipendenti (93% circa).

Tabella 2. Caratteristiche strutturali ed economiche "Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno" [13]

| Indicatore 16.21.00 (cod. Prodcom Ateco 2007) | Anno 2019 |
|--|------------------|
| Numero di imprese | 1.138 |
| Numero totale di addetti | 9.592 |
| Lavoratori dipendenti | 8.917 |
| Lavoratori indipendenti | 675 |

Nella tabella 3 si riporta il totale della produzione venduta in migliaia di euro per l'anno 2019 e 2020 del settore e in particolare all'interno del settore sono stati estrapolati i codici Ateco 2007 riferiti soltanto alla produzione dei fogli da impiallacciatura.

Tabella 3. Produzione venduta per codici Ateco di fogli da impiallacciatura [13]

| Indicatore Prodcom Ateco 2007 | Descrizione | Produzione venduta migliaia di euro (2019) | Produzione venduta migliaia di euro (2020) |
|-------------------------------|---|--|--|
| 1621 | Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno | 1.702.475 | 1.884.721 |
| 16212210 | Fogli da impiallacciatura e fogli per compensati ed altro legno segato per il lungo, tranciato o sfogliato, di spessore inferiore o uguale a 6 mm, di conifere | 9.196 | 805 |
| 16212300 | Fogli da impiallacciatura e fogli per compensati ed altro legno segato per il lungo, tranciato o sfogliato, di spessore inferiore o uguale a 6 mm, di legno tropicale | Dato oscurato | 78.366 |
| 16212400 | Fogli da impiallacciatura e fogli per compensati ed altro legno segato per il lungo, tranciato o sfogliato, di spessore inferiore o uguale a 6 mm, di legno diverso da quello di conifere o tropicale | 29.769 | 26.470 |

Si noti che per l'anno 2020 il totale dei soli fogli da impiallacciatura rappresenta il 6% della produzione totale rispetto al settore di riferimento (cod. Ateco 1621), all'interno del quale è inclusa anche la fabbricazione di pannelli a base di legno. I piallacci sono per la maggior parte realizzati con legno tropicale. Nel grafico di Figura 7 è mostrato l'andamento della produzione nel periodo 2016-2020 per le tre tipologie di fogli da impiallacciatura; per il legno tropicale non sono riportati i dati del 2018 e 2019, ma solo la linea di tendenza indicativa del trend (linea tratteggiata), in quanto risultano oscurati per motivi aziendali.

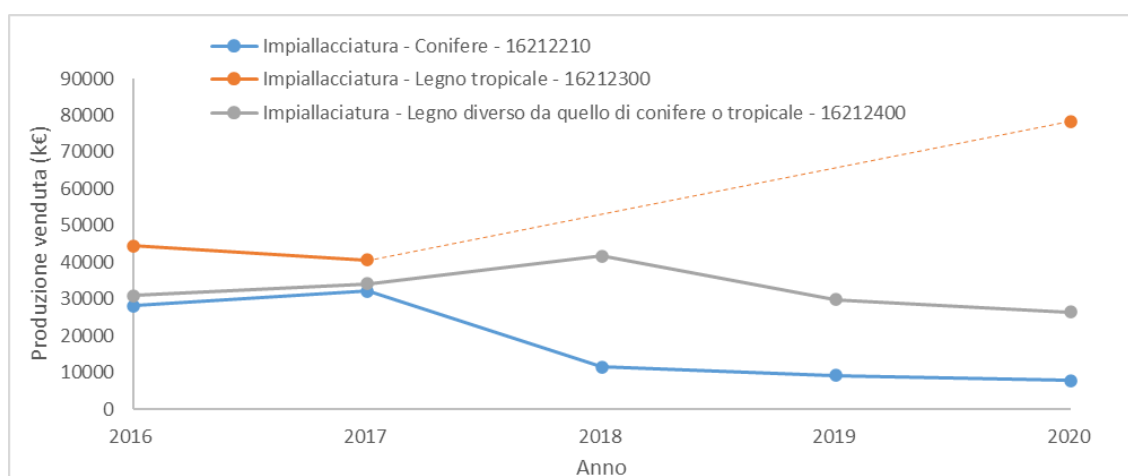


Figura 7. Produzione venduta per codici Ateco di fogli impiallacciati [13]

Ai fini di uno studio più completo dell'intera filiera si ritiene opportuno evidenziare anche la produzione dei pannelli con fogli di piallaccio (Tabella 4), che rientrano sempre nello stesso

settore “Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno” (cod. Prodcom Ateco 2007: 16.21.00) e per i quali concorrono alla realizzazione. La produzione in percentuale rispetto allo stesso settore assume un valore poco inferiore al 29% che sommati al 6% di prima, rappresentano il 35% della produzione totale nel settore di riferimento, ovvero più di 1/3 della produzione totale. Dalla Tabella 4 si riscontra che, nel caso del compensato in bambù e conifere, la produzione nel 2020 si è raddoppiata rispetto al 2019, al contrario si nota un decremento della produzione per il compensato con almeno uno strato di essenza tropicale o altra essenza. I dati mostrano inoltre che la maggior parte dei compensati sono realizzati con altre essenze di legno e ciò è chiaramente giustificato dal fatto che in questi casi il piallaccio contribuisce solo nella struttura interna del pannello e non deve valorizzarlo superficialmente.

Tabella 4. Produzione venduta per codici Ateco di pannelli con fogli di piallaccio [13]

| Indicatore Prodcom Ateco 2007 | Descrizione | Produzione venduta migliaia di euro (2019) | Produzione venduta migliaia di euro (2020) |
|-------------------------------|---|--|--|
| 1621 | Fabbricazione di fogli di impiallacciatura e di pannelli a base di legno | 1.702.475 | 1.884.721 |
| 16211100 | Compensato, legno impiallacciato e legno simile stratificato, di bambù | 77.582 | 135.848 |
| 16211600 | Altro legno compensato, legno impiallacciato e legno simile stratificato, di conifere | 47.967 | 92.898 |
| 16211711 | Compensato consistente unicamente in fogli di legno (escluso il bambù), ciascun strato non più spesso di 6 mm, con almeno uno strato esterno di essenza tropicale | 67.772 | 58.665 |
| 16211800 | Altro legno compensato, legno impiallacciato e legno simile stratificato, di altra essenza | 325.588 | 256.828 |

L’analisi di questi dati conferma il ruolo importante che i fogli di piallaccio assumono nella parte più a valle della filiera legno-arredo per la realizzazione delle diverse tipologie di pannelli (compensati, stratificati e impiallacciati in generale) e, in accordo con questo, è possibile far riferimento anche ai dati del rapporto di FederlegnoArredo “Sistema Pannelli Import/Export–Gennaio/Dicembre 2021” [17] che, nella sua classificazione di prodotti merceologici, colloca i piallacci e impiallacciati all’interno del sistema pannelli. Il rapporto afferma che le esportazioni nel 2021 per il sistema pannelli ammontano a 884,60 milioni di euro e si registra una crescita del +31,5% rispetto al 2020 con incrementi per quasi tutti i mercati rispetto all’anno scorso: Germania (+34,7%), Francia (+31,1%) e Stati Uniti (+24,1%) costituiscono i tre principali sbocchi commerciali del nostro paese. Le importazioni pari a 1.109,76 milioni di euro fanno rilevare anche per il 2021

una crescita rispetto al 2020 (+38,5%). I maggiori fornitori per l'Italia sono Austria (+16,1%), Romania (+40,8%) e Germania (+6,5%). Nel 2020 i pannelli più esportati sono i truciolari (219 mln € in crescita del +7% rispetto al 2018), i compensati (172 mln €, +5,8%) e i tranciati (131 mln €, +2,1%): questi tre comparti rappresentano complessivamente il 75% del Sistema Pannelli [10].

Entrando nel dettaglio del nostro oggetto di studio in termini di import/export, la banca dati COMTRADE [18], ha permesso di indagare sulla quantità in kg di piallaccio esportato e importato. Nei grafici di Figura 8 si riportano i trend degli ultimi cinque anni di import ed export con riferimento ai piallacci ricavati da conifere, legno tropicale e altro legno diverso da conifera e tropicale. I dati confermano che in Italia si ha un flusso di importazione elevato soprattutto per la tipologia tropicale, che ha ripreso le quote del 2019 nonostante il brusco calo del 2020, seguono le conifere, in crescita rispetto agli anni precedenti, mentre le importazioni di altro legno diminuiscono rapidamente. Si può inoltre osservare un mercato in esportazione abbastanza sostenuto, che a parte una leggera flessione del 2020, sicuramente legata agli effetti della pandemia da Covid, tende sempre a crescere tranne per il tropicale che rimane stabile.

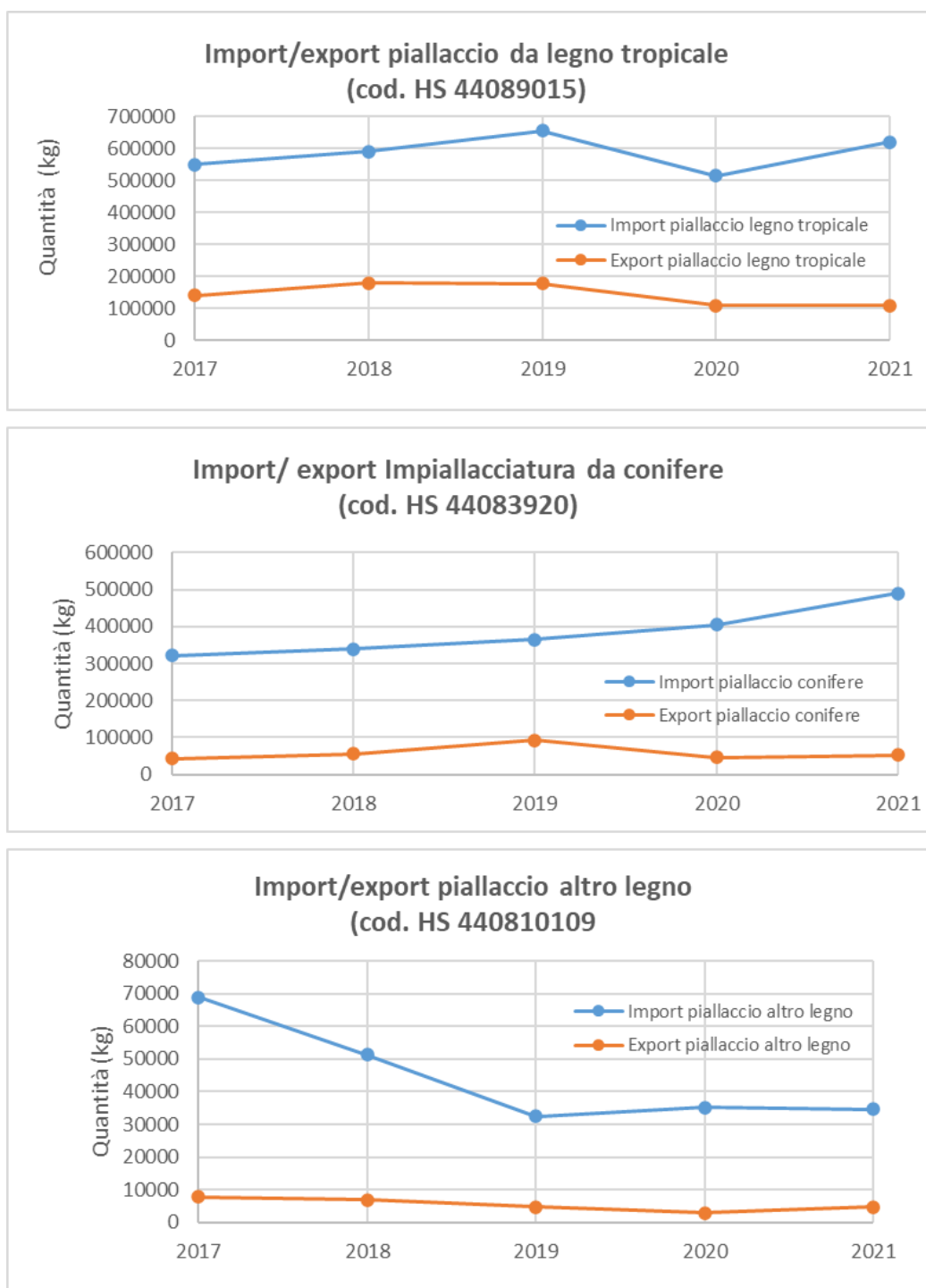


Figura 8. Import/export di piallaccio in Italia (elaborazione ENEA da [18])

3.5. Norme Tecniche

La garanzia di qualità nella produzione di piallacci inizia con la selezione del tronco, durante la quale si prende in considerazione solo il legno grezzo della classe di qualità A per il cosiddetto legname da impiallacciatura, che impone elevati requisiti in termini di forma, dimensione, colore e struttura del fusto [8]. Il concetto di classi di qualità per la scelta del legno grezzo è abbastanza

complesso, in quanto la distinzione tra una classe e l'altra è il risultato di un insieme di caratteristiche meccaniche, tecnologiche, ecologiche ed estetiche [19]. Le normative di riferimento per stabilire la qualità del legno grezzo prima della lavorazione sono:

1) UNI EN 338: Legno strutturale - Classi di resistenza [20]

La norma stabilisce un sistema di classi di resistenza di utilizzo generale per i codici di progettazione. Essa fornisce valori caratteristici delle proprietà di resistenza e di rigidezza e valori della massa volumica per ciascuna classe di riferimento della UNI EN 14081-1.

La norma si applica a tutto il legno di conifere e latifoglie per uso strutturale, che rientra nello scopo e campo di applicazione della UNI EN 14081-1.

2) UNI EN 1912: Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie visuali e delle specie [21]. La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1912 (edizione aprile 2012). La norma elenca le categorie visuali di resistenza, le specie legnose e la loro origine e specifica le classi di resistenza assegnate dalla UNI EN 338.

3) UNI EN 14081-1: Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali [22]. La norma specifica i requisiti per la classificazione a vista e a macchina secondo la resistenza del legno strutturale con sezione rettangolare, sagomato mediante sega, pialla o altri metodi e avente dimensioni minime della sezione rettangolare.

4) Norme nazionali: disciplinano le regole di classificazione a vista (tutte devono essere conformi all'allegato A della UNI EN 14081-1) e sono affrontate nel report di Assolegno [19], grazie al quale si deduce che non esiste un concetto unico di qualità in quanto tutto dipende dall'utilizzo finale.

L'attenta selezione del legno grezzo è la base per una produzione di impiallacciate il più possibile perfette e con pochi ritagli. Una volta ottenuto il piallaccio si procede al controllo della qualità attraverso test optoelettronici, utilizzando sistemi di scannerizzazione con programmi di elaborazione di immagini. I difetti riscontrati sulla superficie del piallaccio, come strappi, nodi e macchie di colore, sono contrassegnati e rimossi automaticamente. La scelta della classe di qualità del piallaccio dipende soprattutto dalla destinazione d'uso: una possibile classificazione dei piallacci che hanno come destinazione d'uso mobili, porte, pannelli e pavimenti è quella della suddivisione in classi di qualità A, B, C e D, che rimane tuttavia a discrezione del produttore. La suddivisione in queste classi dipende dalla quantità e dalla distribuzione di nodi, strappi, bolle e

concrecenze, senza tuttavia tralasciare l'importanza del colore, della struttura e la quota di alterazioni cromatiche. Un esempio pratico di classificazione è riportato nella Tabella 5 [8].

Tabella 5. Classificazione esemplificativa di piallacci (elaborazione ENEA da [8])

| Qualità Caratteristica | A | B | C | D |
|---------------------------|--|--|---|-------------------------------------|
| Colore / Struttura | Omogenea | Leggere lavorazioni ammesse | Variazioni consentite | Nessun requisito |
| Righe | Non ammesse | Strisce chiare ammesse | Ammesse | Ammesse |
| Nodi concrecenze sane | Non ammesse | 1 ogni ¼ m ² | Ammesse | Ammesse |
| Nodi puntiformi | 1 ogni ¼ m ² fino a 2 mm diametro | Da 3 ogni ¼ m ² fino a 3 mm diametro | Ammessi | Ammessi |
| Strappi chiusi / Bolle | Strappi fino a 20 mm / Bolle non consentite | Strappi fino a 50 mm / Bolle lunghe fino a 20 mm e larghe 1 mm | Strappi fino a 100 mm / Bolle lunghe fino a 40 mm e larghe 2 mm | Ammessi |
| Aperti / Bolle | Non ammessi | Lunghi fino a 10 mm e larghi 1 mm | Lunghi fino a 40 mm e larghi 2 mm | Lunghi fino a 150 mm e larghi 10 mm |

Altre norme importanti da tenere in considerazione durante la realizzazione di un foglio di piallaccio e successivo incollaggio sulle superfici da rivestire sono le norme DIN EN 204 [23] e DIN EN 12765 [24], che riportano una classificazione in base alle condizioni climatiche e ai luoghi di utilizzo rispettivamente delle colle termoplastiche o viniliche e duroplastiche o colle urea-formaldeide, riportate rispettivamente con C e D in Tabella 7.

Tabella 6. Classi di resistenza dei collanti (elaborazione ENEA da [8])

| Classe di resistenza | Esempi delle condizioni climatiche e dei luoghi di utilizzo |
|----------------------|---|
| C1 e D1 | - Interni, massima umidità del legno 15% |
| C2 e D2 | - Interni con sporadico effetto a breve termine di deflussi d'acqua o di condensa e / o occasionale elevata umidità dell'aria con un aumento del legno fino a 18% |
| C3 e D3 | - Interni con più frequente effetto a breve termine di deflussi d'acqua o di condensa e /o effetto dell'elevata umidità dell'aria - Esterni, protetti dagli agenti atmosferici |
| C4 e D4 | - Interni con frequente effetto a lungo termine di deflussi d'acqua o di condensa - Esterni, esposti agli agenti atmosferici, tuttavia con protezione superficiale adatta |

A questo proposito la norma UNI EN 13986:2015 [25] stabilisce i requisiti della classe di emissione E1 che i pannelli di fibra e truciolato presenti nel mercato devono soddisfare, ovvero una concentrazione massima di formaldeide di 0,1 ppm. È importante notare che l'uso di colle

urea-formaldeide (anche se rinforzate con melammina) provoca un aumento dei valori di emissione di formaldeide, mentre l'utilizzo di colle viniliche o poliuretaniche non comporta problemi di questo tipo.

Per determinare i requisiti superficiali, la norma DIN 68861 [26], Parti da 1 a 8, mette a disposizione un sistema relativamente completo di controllo e valutazione delle superfici oltre a quelle qui di seguito elencate.

- 1) CEN/TS16611:2016 Valutazione della resistenza delle superfici ai micro-graffi [27]
- 2) EN 13721:2004 Riflettanza (colore) della superficie [28]
- 3) EN ISO 2808:2019 Misura dello spessore del rivestimento [29]
- 4) ISO 4211-4:1988 Resistenza all'urto [30]
- 5) M.U.2111 Prova di resistenza alle creme per mani [31]
- 6) UNI 8941-3 Calcolo della differenza di colore [32]
- 7) UNI 9240:2016 Adesione delle finiture al supporto [33]
- 8) UNI 9241:1987 Resistenza alla sigaretta [34]
- 9) UNI 9300:2020 Tendenza a ritenere lo sporco [35]
- 10) UNI 9429:2015 Resistenza agli sbalzi di temperatura [36]
- 11) UNI EN 12721:2013 Resistenza delle superfici al calore umido [37]
- 12) UNI EN 12722:2013 Resistenza delle superfici al calore secco [38]
- 13) UNI EN 15185:2011 Resistenza all'abrasione [39]
- 14) UNI EN 15186:2012 Resistenza alla graffiatura [40]
- 15) UNI EN 15187:2007 Resistenza alla luce [41]

3.6. Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità

Il 2021 è stato un anno decisivo per le aziende della filiera che hanno intrapreso un percorso di sviluppo sostenibile in quanto le risorse per gli investimenti, messe in campo dall'Europa attraverso il Green Deal europeo (nuovo Piano d'azione per l'economia circolare) [42], hanno orientato le aziende verso azioni sistemiche trasversali nell'ottica dell'economia circolare, che passano dalla catena di approvvigionamento ai processi produttivi, dalla progettazione al fine vita dei prodotti, includendo commercializzazione e distribuzione. Nell'accompagnare tutti gli attori, specialmente le aziende più piccole, verso la transizione a un modello sostenibile e circolare, giocano un ruolo fondamentale le associazioni di categoria, che si muovono all'interno di una cornice di normative sempre in continua evoluzione. Uno dei punti strategici per

l'implementazione di politiche aziendali volte alla sostenibilità, è la formazione di figure professionali dedicate, in cui è fortemente impegnata FederlegnoArredo. Questa necessità s'interseca anche con l'attesa di importanti novità normative europee che derivano dall'approvazione del Circular Economy Action Plan [43], nel quale si prevede la realizzazione di un Passaporto Digitale per i prodotti, che conterrà informazioni ambientali utili ad abilitare il prodotto all'economia circolare [44].

Il settore del legno-arredo italiano ha già avviato da tempo la transizione dei propri sistemi produttivi investendo con una logica di circolarità in diverse fasi del ciclo produttivo a partire dal design, passando dalla valorizzazione energetica degli scarti di produzione e dalle buone pratiche di riparazione, riuso fino al riciclo del legno. L'Eco Design è il primo e decisivo passo nel cammino che porta all'economia circolare, in quanto permette di creare soluzioni progettuali capaci di favorire la durabilità e la riduzione degli sprechi, facilitare il disassemblaggio finalizzato al riciclo, ottimizzare i processi produttivi e distributivi. L'efficienza dell'uso delle risorse energetiche e delle materie prime è uno dei cardini dell'economia circolare, e uno dei collegamenti più solidi tra competitività delle imprese e le prestazioni ambientali. Con 30 tonnellate equivalenti di petrolio consumate (tep) per ogni milione di euro di output prodotto, la filiera italiana del legno-arredo risulta la migliore d'Europa, sia rispetto alla media (68,1 tep/milione di euro), che alla situazione caratteristica dei vari Paesi: la Germania consuma infatti 63 tep/milione di euro, la Spagna 101, il Regno Unito 39, la Francia 56. Anche nella produzione di rifiuti l'industria del legno-arredo italiana si posiziona meglio della media europea (15,5 tonnellate di rifiuto per milione di euro prodotto, contro una media di 16,4) e del suo principale competitor, la Germania (15,8). Riguardo le emissioni di CO₂, la filiera italiana del legno si comporta meglio sia della media europea (39,3 tonnellate equivalenti di CO₂ per milione di euro in Italia, contro una media del 57,9) che dei principali competitor Germania (50), Francia (52), Regno Unito (93), Spagna (124) [14]. Una ricerca del Politecnico di Milano pubblicata nel 2019 ha inoltre fotografato la filiera basata sul recupero e il riciclo del legno post consumo in Italia, constatando che ogni anno sono recuperati e avviati al riciclo oltre 2 milioni di tonnellate di legno derivanti dagli imballaggi e dalla raccolta differenziata urbana, diversamente da quanto accade in altri Paesi dove il legno post consumo è prevalentemente bruciato per produrre energia. Il sistema Rilegno ha consentito di rigenerare e quindi riutilizzare quasi il 30% degli imballaggi recuperati e di riciclare la parte restante, consentendo di produrre pannelli per l'arredo senza bisogno di consumare legno vergine. Un effetto ambientale importante, accompagnato dalla capacità di creare sviluppo e occupazione, in

quanto ammonta a 1,4 miliardi di euro il valore sulla produzione nazionale delle attività della filiera del recupero del legno post consumo garantendo quasi 6 mila posti di lavoro [45]. Il Sistema Pannelli, all'interno del quale si colloca il piallaccio, è un anello importante della filiera strettamente connesso a valle e che, attraverso il riciclo del legno, si connette anche con le altre fasi della produzione e con il recupero degli scarti e dei prodotti in legno a fine-vita. Secondo il rapporto di Assopannelli [14], nel 2017 oltre il 95% del legno raccolto è stato riciclato all'interno della filiera per la produzione di pannelli, che costituiscono la componente principale per l'industria dell'arredamento. I pannelli truciolari italiani, grazie agli investimenti fatti dalle aziende del settore negli ultimi 30 anni, sono infatti costituiti quasi totalmente da legno recuperato, particolarità che rende la filiera italiana unica al mondo. Questo fa capire quanto cruciale sia il ruolo del piallaccio nel garantire il riutilizzo dei pannelli riciclati allungando il ciclo di vita dei prodotti, in quanto rappresenta l'attore principale che rende possibile estendere il ciclo di vita dei pannelli che altrimenti sarebbero stati destinati allo smaltimento.

3.7. Carbonio stoccato

La gestione del carbonio è di fondamentale importanza nell'evoluzione della politica ambientale dell'Unione Europea, soprattutto da quando nel 2013 attraverso il Regolamento n. 529/2013/EU [46] si è resa obbligatoria la contabilizzazione relativa alle emissioni e agli assorbimenti di gas a effetto serra risultanti da attività di uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e silvicoltura (LULUCF - *Land Use, Land Use Change and Forestry*).

I prodotti legnosi, dopo il prelievo dalla foresta, sono considerati "contenitori" di carbonio che sarà trattenuto fino alla fine del proprio ciclo di vita e, in caso di riciclo, anche oltre; di conseguenza promuovere l'utilizzo di prodotti in legno, soprattutto nel comparto delle costruzioni edilizie, contribuirà a ridurre notevolmente le emissioni di CO₂. A tal proposito, FederlegnoArredo sta implementando un progetto che prevede la tracciatura del legname italiano dalle imprese prime utilizzatrici (segherie, pannellifici, produttori di imballaggi, ecc.) allo scopo di generare «crediti di Carbonio», collocabili presso aziende nazionali ed internazionali (di qualunque settore produttivo) per la compensazione volontaria delle proprie emissioni di CO₂. L'obiettivo del progetto è quello di attivare una **filiera foresta-legno locale**, virtuosa e sostenibile anche attraverso una valorizzazione economica, mediante la creazione di un mercato regolamentato dei crediti di carbonio derivanti dalla contabilizzazione delle quote di carbonio contenute all'interno dei prodotti legnosi o da essi derivati [47].

L'impronta di Carbonio (Carbon Footprint) è un parametro utilizzato per stimare le emissioni di gas serra provocate da determinate attività, prodotti o servizi. Generalmente è espressa in tonnellate di CO₂ equivalente (ovvero prendendo come riferimento per tutti i gas serra l'effetto associato alla CO₂). La coltivazione delle foreste e l'utilizzo del legno garantiscono una ridotta impronta di carbonio perché:

- la foresta trattiene CO₂;
- la coltivazione delle foreste rende disponibile il legno come materia prima rinnovabile;
- ogni albero utilizzato lascia posto a nuovi alberi, mentre i prodotti in legno trattengono CO₂: nel bosco la quantità di legno utilizzata ricresce e sottrae attivamente l'anidride carbonica dall'aria circostante;
- i prodotti in legno essendo riciclabili prolungano lo stoccaggio di CO₂ e allo stesso tempo possono sostituire altri materiali che emettono CO₂;
- i prodotti in legno giunti alla fine del loro ciclo di vita non richiedono un dispendio di energie per lo smaltimento ma vengono a sua volta utilizzati come fonte energetica, sostituendo così carbone, petrolio e gas o altre fonti energetiche e una volta bruciato rilasciano una quantità di carbonio pari a quella trattenuta.[48]

La letteratura fornisce la seguente formula per stimare la quantità di carbonio presente nel legno [49]:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,5 \cdot \frac{P_w \cdot V}{1 + \frac{W}{100}}$$

in cui:

P_{CO_2} = quantità di anidride carbonica stoccata nel legno (kg);

44/12 = coefficiente riferito alla massa atomica del Carbonio nella molecola di CO₂;

0,5 = frazione di Carbonio nel legno;

P_w = massa volumica del legno (kg/m³);

V = volume del legno (m³);

W = umidità del legno (%).

Applicando la formula per le specie legnose più utilizzate si ottiene che in media **1 m³ di legno contiene circa 1 tonnellata di CO₂.**

Inoltre, in uno studio sulla sostenibilità del legno come materiale da costruzione [48], l'Università di Amburgo ha evidenziato quanto positivo sia il bilancio di CO₂ nel realizzare una parete esterna tradizionale del volume di 1m³ con materiale in legno (legno massiccio + struttura in legno di supporto) piuttosto che in cemento e mattoni. Nella tabella si riportano i valori dei bilanci di CO₂ per 1 m³ di parete esterna realizzata con mattoni e cemento e con legno massello e relativa struttura di sostegno sempre in legno.

Tabella 7. Bilancio di kg CO₂/m³ per una parete esterna di un edificio realizzata in mattoni e cemento o in legno [48]

| | |
|---------------------------|---|
| Legno Massiccio | - 88Kg CO ₂ /m ³ |
| Struttura in legno | - 45 kg CO ₂ /m ³ |
| Mattoni | +57 kg CO ₂ /m ³ |
| Cemento | +82 kg CO ₂ /m ³ |

3.8. Certificazioni ambientali legate alla filiera

Le certificazioni ambientali hanno il ruolo fondamentale di fornire informazioni sulla qualità del prodotto, processo o servizio al consumatore (BtoC, Business to Consumer) o lungo la filiera di fornitura (BtoB, Business to Business). Le certificazioni forestali rappresentano uno strumento specifico per la filiera del legno-arredo che permette la certificazione della materia prima legnosa. Ad oggi esistono due standard internazionali di certificazione forestale maggiormente diffusi: l'FSC e il PEFC.

Il **Forest Stewardship Council (FSC)** [50] promuove in tutto il mondo forme di buona gestione forestale, che tengono in considerazione aspetti ambientali, economici e sociali e definisce schemi e standard di certificazione volontaria di parte terza, applicabili alla filiera foresta-legno compresi i prodotti forestali non legnosi. La certificazione FSC certifica il legno "dalla foresta al prodotto" attraverso:

- certificazione (singola o di gruppo) di parte terza della gestione forestale secondo 10 principi di gestione forestale sostenibile definiti da FSC;

- certificazione di parte terza della rintracciabilità dei prodotti forestali (legnosi e non) provenienti da foreste certificate FSC (catena di custodia, Chain of Custody – CoC);
- uso del logo FSC sui prodotti, che assicura visibilità presso i consumatori.

Per giungere alla certificazione devono essere valutate tutte le modalità con cui è gestita l'area forestale: dalle prime fasi di pianificazione degli interventi, alle fasi operative in campo, fino all'abbattimento e all'estrazione del legname e degli altri prodotti. Inoltre sono fondamentali, sia nel processo di sviluppo e definizione degli standard che durante l'iter di certificazione, la partecipazione e il consenso degli stakeholder locali e nazionali, ovvero di tutti i soggetti portatori di vari e diversi interessi (ambientali, sociali, economici) nei confronti della corretta gestione forestale.

Dal report del 2021 per le Certificazione FSC in Italia [51], risultano 75.213,99 ha attualmente certificati secondo gli standard FSC nel territorio nazionale, con un tasso di crescita rispetto al 2020 che sfiora il 10% e tra i più alti degli ultimi 3 anni. I settori con i maggiori incrementi sono quello del packaging che, con un incremento del 17% rispetto al 2020, giunge a 1.210 certificazioni totali e dell'arredamento per interni ed esterni (608 certificazioni totali, con un +14% rispetto al 2020).

Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) [52]. Il Programma di valutazione degli schemi di certificazione forestale rappresenta un sistema internazionale di mutuo riconoscimento di schemi di certificazione nazionali. In quanto organizzazione internazionale senza scopo di lucro e non governativa, PEFC è impegnata a promuovere la gestione sostenibile delle foreste attraverso una certificazione indipendente di terza parte. Per garantire la coerenza con i requisiti internazionali, tutti i sistemi nazionali di certificazione forestale sono sottoposti a rigorosa valutazione da terze parti. Attualmente ci sono 47 sistemi di certificazione forestale nazionale approvati in tutto il mondo che includono ONG, sindacati, imprese, associazioni di categoria e organizzazioni di proprietari forestali. Il PEFC Italia nasce nel 2001 per volontà di tutte le parti coinvolte nella filiera e vi partecipano i rappresentanti dei proprietari forestali e dei pioppeti, dei consumatori finali, degli utilizzatori, dei liberi professionisti, del mondo dell'industria del legno e dell'artigianato, delle organizzazioni ambientaliste, delle Pubbliche Amministrazioni, delle Cooperative, Organismi di Certificazione e del mondo della Società Civile. La missione di PEFC Italia è di migliorare l'immagine della selvicoltura e della filiera foresta-legno, fornendo uno strumento di mercato che consenta di commercializzare legno e prodotti della foresta derivanti da boschi e impianti gestiti in modo sostenibile.

Nel report PEFC Italia 2021 [53] si riscontra, anche per l'anno 2021, un incremento della superficie forestale certificata, passando dagli 889.032,60 ha del 2019 agli 892.609,63 ha del 2020. Il Trentino Alto Adige conferma il suo primato come regione con la più vasta superficie certificata PEFC in Italia. Sono in tutto 14 le Regioni e Province Autonome a possedere aree certificate PEFC, tra queste compaiono per la prima volta la Liguria e la Calabria.

La **Certificazione di catena di Custodia (CoC)** si può ottenere secondo gli standard FSC che PEFC. In particolare, si tratta di tracciare tutto il "percorso" dei materiali e/o prodotti attraverso tutte le fasi (approvvigionamento, lavorazione, commercio e distribuzione) tenendo in considerazione che il passaggio nelle varie fasi della filiera implica il cambiamento della proprietà legale del materiale e /o prodotto. È sufficiente che salti un solo anello della catena per rendere impossibile la vendita dello stesso come certificato, ed il tutto è controllato e verificato da un organismo di Certificazione di parte terza indipendente. Un'azienda che ottiene la CoC fornisce al consumatore finale la garanzia che i materiali contenuti nei prodotti provengano da foreste gestite in modo sostenibile e responsabile.

Secondo il report PEFC Italia 2021 [53], ammontano a 134 le aziende italiane certificate per la Catena di Custodia nel 2021, aggiungendosi alle 1179 del 2020 e determinando un incremento del 8.4%. I settori che hanno maggiormente contribuito all'incremento sono quelli della prima parte della filiera, ovvero le ditte boschive e le imprese per la produzione di legna da ardere e altri combustibili (pellet, cippato ecc.) e quelli dell'edilizia (pannelli, pavimenti in legno, infissi ecc.).

Al 31 dicembre 2021 sono 3.178 i certificati di Catena di Custodia (CoC) secondo FSC attivi sul territorio nazionale, per un totale di oltre 4.000 siti produttivi coinvolti e una crescita del 12.2%, che si aggiunge a quella di poco inferiore dei due anni precedenti (10%). Numeri davvero positivi, che confermano il grande affidamento che le aziende e i consumatori fanno sulle certificazioni indipendenti e di parte terza [51].

3.9. Il Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione (PAN GPP)

Il Piano d'Azione Nazionale sul Green Public Procurement (PAN GPP) [54] per la sostenibilità ambientale definisce gli obiettivi nazionali, identifica le categorie di beni, servizi e lavori di intervento prioritari per la riduzione degli impatti e ne definisce i 'Criteri Ambientali Minimi' (CAM) [55], in pratica è lo strumento che consente di sostituire prodotti o servizi esistenti con altri a

minor impatto ambientale, rendendo gli acquisti per le Pubbliche Amministrazioni più sostenibili dal punto di vista ambientale.

A livello europeo, per aiutare le amministrazioni aggiudicatrici a individuare e acquistare prodotti, servizi e opere verdi, sono stati sviluppati criteri di acquisto ambientali in materia di GPP per 21 gruppi di prodotti e servizi. Tali criteri in materia di GPP vengono regolarmente aggiornati tenendo conto degli ultimi dati scientifici relativi ai prodotti, degli sviluppi di mercato e delle modifiche legislative; tra questi prodotti sono presenti quelli relativi al nostro oggetto di studio ovvero “Rivestimenti per parete” e “Arredamento” [56].

In particolare, la Commissione Europea ha istituito un servizio di assistenza tecnica (helpdesk) per divulgare le informazioni sui GPP e dare risposte alle richieste avanzate dai soggetti interessati [57]. Infine, nello stesso sito viene dedicata una sezione ai GPP dalla quale è possibile attingere informazioni locali, nazionali e internazionali sugli aspetti pratici e politici dell’attuazione degli appalti pubblici verdi. [58].

Il piallaccio come semilavorato trova impiego nell’arredo in generale e nelle forniture d’arredo per l’edilizia, e i bandi verdi in questi settori richiedono in generale i seguenti requisiti fondamentali:

1) Sostenibilità e legalità del legno: tutti gli articoli in legno e nel caso specifico i pannelli, i conglomerati lignei e le tavolette devono essere realizzati in legno o in materiale a base di legno o truciolare derivato da legno riciclato al 100%, devono possedere il marchio di certificazione internazionale FSC o PEFC, che garantiscono la provenienza del legno e la gestione delle foreste in maniera sostenibile/responsabile.

2) Le componenti non legnose (ad es. parti metalliche) non devono essere cromate;

3) Le vernici e le colle (ad es. per la realizzazione di pannelli) devono soddisfare precisi limiti di concentrazione di metalli pesanti o altre sostanze dannose per la salute umana e per l’ambiente (ad es. assenza di solventi organici nei prodotti che ricoprono i pannelli, appartenenza alla classe E1 per le emissioni di formaldeide);

4) Durante il processo produttivo non possono essere utilizzati CFC (CloroFluoroCarburi);

5) Gli imballaggi del prodotto devono essere costituiti da materiale facilmente riciclabile e/o proveniente da risorse rinnovabili;

6) Il prodotto deve essere progettato in modo tale da permetterne il disassemblaggio al termine della vita utile, affinché le sue parti e componenti, possano essere riutilizzati, riciclati o recuperati.

Inoltre, è auspicabile che il prodotto abbia un marchio ambientale o una dichiarazione ambientale di prodotto, in quanto garantisce maggiori certezze sul rispetto dei criteri ambientali minimi (CAM) e, benché non possa essere un criterio di valutazione discriminante, può dare informazioni utili per effettuare valutazioni e confronti tra prodotti.

Anche se l'Unione Europea riconosce gli Acquisti Verdi e i criteri UE di Green Public Procurement (GPP) come uno strumento volontario, l'Italia ha deciso di rendere l'applicazione dei Criteri Ambientali Minimi di GPP obbligatoria negli approvvigionamenti pubblici di lavori, servizi e forniture con l'entrata in vigore, nel maggio 2017, del Nuovo Codice degli Appalti Pubblici (Decreto Legislativo 56/2017 [59]). Questa scelta posiziona l'Italia come il primo Paese in Europa a rendere obbligatorio per legge il Green Public Procurement orientandola verso lo sviluppo di un'economia sempre più circolare e sostenibile.

La spesa delle amministrazioni pubbliche per opere, beni e servizi rappresenta circa il 14% del PIL dell'UE, che corrisponde a circa 1.800 miliardi di EUR all'anno [56], quindi le PA, sfruttando il loro potere di acquisto per scegliere beni, servizi e opere a ridotto impatto ambientale, possono promuovere il passaggio a un'economia più circolare livello locale, regionale, nazionale e internazionale. Gli appalti verdi possono essere un motore importante per l'innovazione, dando all'industria incentivi reali per sviluppare prodotti e servizi verdi, in particolare in settori in cui le amministrazioni pubbliche sono tra i maggiori acquirenti sul mercato.

Ultimamente il Ministero per la Transizione Ecologica ha pubblicato un nuovo decreto (DM 23 giugno 2022) [60] sui Criteri Ambientali Minimi - CAM riguardanti l'acquisto di arredi per interni (mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale archiviazione e sale lettura) che presentano iniziative più stringenti rispetto al precedente decreto DM 3/07/2019. In particolare, si promuove l'eco-progettazione degli arredi tramite l'utilizzo di materiali rinnovabili o riciclati; la modularità ed il disassemblaggio non distruttivo per permettere il recupero di parti da utilizzare come ricambi o il riciclo di materiali in impianti autorizzati; l'approvvigionamento di legno da fonti legali, favorendo pratiche di gestione forestale sostenibile a tutela della biodiversità e del capitale naturale; la riduzione dei materiali di imballaggio considerando che, secondo studi LCA presi a confronto per lo studio preliminare dei criteri GPP europei, essi rappresentano il 6 % sul totale degli impatti ambientali del settore.

Infine, sempre per stimolare la diffusione di appalti pubblici innovativi e circolari, è stato inserito un nuovo capitolo di CAM relativo all'affidamento del servizio di estensione della vita utile dell'arredo, che evidenzia sia l'importanza della riparazione o della donazione degli arredi usati.

3.10. Etichette ambientali legate al prodotto

Le etichette ambientali di prodotto (o servizio), forniscono informazioni sulla sua performance ambientale complessiva, o su uno o più aspetti ambientali specifici dello stesso. Il marchio di qualità ecologica costituisce un'importante leva di marketing per le aziende in quanto, attraverso esso, è possibile indirizzare gli acquisti dei consumatori finali verso beni più rispettosi dell'ambiente rendendoli più competitivi sul mercato e promuovendo al contempo un consumo responsabile.

I sistemi di etichettatura ambientale possono essere suddivisi in obbligatori o volontari. Le etichettature obbligatorie, nell'Unione Europea, vincolano produttori, utilizzatori, distributori e le altre parti in causa ad attenersi alle prescrizioni legislative. Il piallaccio di legno rientra nella categoria di prodotti in cui sono più diffuse le etichettature volontarie.

Le etichette ambientali che considerano il ciclo di vita del prodotto (o suoi aspetti), possono essere distinte in tre tipologie, sulla base alle definizioni date dalle norme internazionali della serie ISO 14020:1999:

- Tipo I (ISO 14024): Etichette ecologiche sottoposte a certificazione esterna, i cui criteri sono definiti sulla base dell'impatto ambientale del ciclo di vita e per cui esistono dei valori soglia da rispettare (es. ECOLABEL europeo, Made Green Italy).
- Tipo II (ISO 14021): Etichette ecologiche basate su autodichiarazioni del produttore su caratteristiche ambientali specifiche del prodotto (es. contenuto di riciclato). Non è previsto un sistema di certificazione da parte terza.
- Tipo III (ISO 14025): Dichiarazioni ambientali basate su uno studio LCA secondo delle regole definite per ciascuna categoria di prodotto (PCR) per consentire il confronto degli aspetti ambientali di prodotti simili. Sottoposta a verifica di parte terza (es. EPD Environdec, EPDIItaly).

L'**Ecolabel UE** è il marchio europeo di certificazione ambientale ad adesione volontaria di tipo I, nato nel 1992 con l'adozione del Regolamento CEE 880/92 e successivamente aggiornato con il nuovo Regolamento n. 1980 del 17 luglio 2000 [60]. È uno strumento di politica ambientale ed industriale volto ad incentivare la presenza sul mercato di prodotti "verdi", in quanto attesta che il prodotto ha un ridotto impatto ambientale nell'intero ciclo di vita. Questo marchio è importante sia perché premia l'eccellenza ambientale a livello europeo e sia perché è utilizzato spesso come mezzo di prova per la conformità di numerosi criteri contenuti nei CAM per i bandi

verdi di fornitura della Pubblica Amministrazione (GPP), la cui applicazione in Italia come già anticipato è obbligatoria dal 18 aprile 2016 con D. Lgs. n 50 [59].

Il servizio Certificazione Ambientale ISPRA (Istituto Superiore di ricerca Protezione e la Ricerca Ambientale) è coinvolto nell'iter di certificazione del marchio Ecolabel perché effettua l'istruttoria ed esprime il proprio parere verso chi ne fa richiesta.

Secondo i dati ISPRA [61], al 31 dicembre 2021 le licenze Ecolabel UE attualmente in vigore in Italia sono 337 per un totale di 13710 prodotti/servizi, distribuiti in 18 gruppi di prodotti; il gruppo di prodotti con il maggior numero di licenze Ecolabel UE in Italia è "Servizi di pulizia di ambienti interni" (74 licenze), seguito da "Strutture ricettive" (57 licenze) "Tessuto carta e prodotti in tessuto carta" (40 licenze). Dal punto di vista della ripartizione geografica a livello nazionale emerge che il 65,9% delle licenze sono state rilasciate al Nord, il 19% nel Centro Italia e infine il 13,6% al Sud e isole. Cinque licenze risultano rilasciate ad aziende con sede legale all'estero che in percentuale sul totale si traducono nell'1,5%. Le regioni italiane con il maggior numero di licenze Ecolabel UE totali (prodotti e servizi) sono: Lombardia (59 licenze), Emilia-Romagna (42 licenze) e Piemonte (40 licenze). Per quanto riguarda il piallaccio, si può fare riferimento a tutti i prodotti derivati, che spaziano in tutto l'ambito del settore di materiali per l'edilizia (pareti e rivestimenti di superfici interne ed esterne ad edifici) ed attualmente non si riscontrano prodotti certificati con il marchio Ecolabel. Altra categoria sono invece tutti i mobili per l'arredo, che potrebbero potenzialmente utilizzare anche componenti impiallacciate, per i quali si trova un ampio campo di applicazione e per i quali esistono i criteri ecologici per l'assegnazione del marchio [62] e il relativo manuale tecnico [63].

L'EPD (Environmental Product Declaration), conosciuta in Italia anche come DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), rappresenta un'etichettatura di prodotto/servizio volontaria che si basa su uno studio di Life Cycle Assessment (LCA) e permette di quantificare gli impatti ambientali (consumi energetici e di materie prime, produzione di rifiuti, emissioni in atmosfera e scarichi nei corpi idrici) del ciclo di vita di un prodotto/servizio, considerando le fasi che vanno "dalla culla alla tomba", ovvero dall'estrazione delle materie prime necessarie alla creazione del prodotto fino alla dismissione, recupero ed allo smaltimento a fine vita. L'EPD è sviluppata conformemente alla norma ISO 14025 e la UNI EN 15804:2019 e può essere applicata a tutte le tipologie di prodotti finiti ed intermedi presenti sul mercato; essa prevede una verifica di parte terza, seguita da un'eventuale certificazione da parte di figure accreditate. I sistemi

maggiormente diffusi in Italia sono EPDIItaly [64] e International EPD System – Environdec [65] che è il primo e più grande programma EPD operativo al mondo.

I criteri di valutazione dei prodotti a marchio EPD sono condivisi da un Regolamento Internazionale sviluppati conformemente alla ISO 14025 e la UNI EN 15804:2019. Questo tipo di etichettatura, a differenza dell'Ecolabel, non si basa su dei valori soglia da rispettare, ma rappresenta una dichiarazione dei potenziali impatti del ciclo di vita del prodotto in oggetto. Affinché un'azienda possa certificare i propri prodotti/servizi con il marchio EPD, è necessario che siano già presenti le Product Category Rules (PCR)- Regole di Categoria di Prodotto che definiscono i principi e i requisiti per lo svolgimento dello studio LCA e la stesura dell'EPD di una specifica categoria di prodotti/servizi.

Alla luce di quanto fino qui esposto, si elencano i vantaggi che le aziende traggono grazie ad una certificazione EPD:

- può fornire un utile supporto nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse nei processi produttivi (ed una conseguente riduzione dei costi), monitorando il miglioramento nel tempo delle prestazioni ambientali dei prodotti o servizi;
- valorizza il brand aziendale adottando una politica di trasparenza nei confronti degli stakeholders;
- contrasta il fenomeno del greenwashing grazie alla certificazione di organismi indipendenti di parte terza che convalidano le informazioni comunicate;
- traccia in modo chiaro, trasparente ed oggettivo, le prestazioni ambientali lungo la filiera produttiva;
- agevola lo scambio di informazioni a supporto degli "acquisti verdi" sia pubblici che privati;
- contribuisce all'ottenimento di crediti per i protocolli di sostenibilità;
- è richiamata come mezzo di prova all'interno dei CAM per edilizia;
- garantisce trasparenza nella comunicazione ambientale lungo la filiera di produzione.

L'EPD sta assumendo un ruolo sempre più importante nel settore dell'edilizia e sempre di più, nel rispetto dei principi di ecosostenibilità ambientale, ci si orienta verso costruzioni di edificio in legno o costruzioni in cui i prodotti in legno e in particolare i pannelli stanno sostituendo i tradizionali manufatti in cemento (ad es. realizzazione di soffitti, controsoffitti, tramezzi leggeri, rivestimenti di pareti interne ed esterne oltre che porte interne, mobili ed elementi di arredo). I dati forniti da Eco Platform [66], l'associazione che riunisce i principali Program Operator europei (tra cui EPD Italy), confermano il trend; infatti, i numeri delle certificazioni in questo settore sono

raddoppiati nel giro di solo due anni. All’inizio del 2021, a livello mondiale si sono superate le 10.000 EPD pubblicate nel settore delle costruzioni rispetto alle 5000 del 2018. Per quanto riguarda l’Italia, EPDIItaly, il Program Operator italiano, ha registrato in soli tre anni una crescita del 139%, passando da 46 EPD pubblicate nel 2018 alle 110 del 2020. La differenza tra il 2019 e il 2020 è decisamente notevole: in un solo anno le pubblicazioni sono cresciute del 47%.

Di seguito sono riportate alcune EPD esemplificative, relative a strutture edilizie realizzate con pannelli ottenuti da impiallacciatura. Dalla ricerca sui sistemi maggiormente diffusi EPDIItaly [64] a livello nazionale ed International EPD System – Environdec [65] a livello internazionale, si riscontra la presenza del piallaccio nelle EPD relative alla produzione di pannelli per uso edilizio come pareti per rivestimenti interni, controsoffitti, muri, tetti e solai e una sola EPD relativamente alla realizzazione di porte in legno impiallacciato di un’azienda Italiana (Lualdi S.p.A.).

Tabella 8. EPD esemplificative di prodotti realizzati con piallacci

| Prodotto | Azienda | Sistema EPD | |
|---|--|-------------------------------|---|
| Compensato di betulla grezzo (Riga Ply) con colla a base di lignina RIGA ECOlogical | Latvijas Finieris Latvia www.finieris.com | International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd2273 |
| Compensato di legno tenero e duro e incollate con resina | Wood Solutions Australia www.woodsolutions.com.au | The International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd564 |
| Pannelli per uso edilizio come coperture, pavimenti e rivestimenti per pareti. | UPM Plywood Oy Finlandia www.wisaplywood.com | International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd5046 |
| Anta tamburata in 4 tipologie di finiture possibili (opaca, lucida, impiallacciata o grezza) nelle dimensioni 800x2100 mm e 900x2400 mm. | Lualdi S.p.A. Italy www.lualdiporte.com | EPDIItaly | https://www.epditaly.it/epd/anta-tamburata-per-porte-da-interno/ |
| Pannelli in legname laminato impiallacciato di abete con fogli di spessore di 3 mm | Stora Enso Finlandia www.storaenso.com | International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd1730 |
| Pannelli in legno di conifere lamellare incrociato. | Red Stag Wood Solution New Zealand redstagtimber.co.nz | International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd3711 |
| Pannelli con finitura legno naturale | CBI EUROPE S.p.A. Italy www.cbi-europe.it | International EPD® System | https://www.environdec.com/library/epd2547 |

4. Gruppo di lavoro

In Tabella 8 è riportato il Gruppo di Lavoro (GdL) che ha contribuito al presente studio.

Tabella 9. Gruppo di lavoro dello studio di filiera

| Nome | Ente/ impresa | Tipologia | Sito web | Contatti |
|---|------------------|----------------------|-------------|---|
| Caterina Rinaldi (coordinatrice progetto Arcadia) | ENEA | Centro di ricerca | www.enea.it | https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise caterina.rinaldi@enea.it tel: 051-6098388 |
| Flavio Scrucca (responsabile studio di filiera del piallaccio) | ENEA | Centro di ricerca | www.enea.it | https://sostenibilita.enea.it/structure/sec flavio.scrucca@enea.it tel: +39 0831 201 592 cell: +39 349 3530876 |
| Flavia Frisone | ENEA | Centro di ricerca | www.enea.it | https://sostenibilita.enea.it/structure/sec flavia.sfrisone@enea.it |
| Paolo Mauro Romito | TABU | Impresa | www.tabu.it | p.romito@tabu.it +39 031 714493 |
| Andrea Credaro | TABU | Impresa | www.tabu.it | a.credaro@tabu.it +39 031 714493 |

TABU produce piallacci naturali tinti e multilaminari e rappresenta un'eccellenza italiana nella tecnologia di tintoria del legno presente in oltre 60 Paesi nel mondo e garantisce l'uniformità del colore e la ripetibilità della struttura secondo standard qualitativi non imitabili. L'azienda ha da tempo intrapreso un percorso verso la sostenibilità, strutturato in step progressivi, con gli obiettivi di miglioramento continuo e programmazione di target sempre più ambiziosi. Già dal 2003 TABU ha aderito alla certificazione FSC, creando anche un sistema interno di tracciabilità della materia prima con tale certificazione. Dal 2012, poi, essa provvede a soddisfare parte del proprio fabbisogno energetico sfruttando le fonti rinnovabili e, in particolare, un impianto fotovoltaico. L'interesse e l'orientamento della mission di TABU verso i principi della sostenibilità è testimoniata anche dalle linee BIO2® (prodotti realizzati con specie legnose certificate FSC e un processo di tintoria privo di coloranti sintetici) e ECOZERO® (prodotti realizzati con legni certificati FSC e con l'utilizzo di colle prive di emissioni di formaldeide). Nel 2021 TABU ha inoltre completamente compensato le 9.828 tonnellate di CO₂ dei propri processi produttivi attraverso investimenti in progetti per lo sviluppo di energia rinnovabile.

La partecipazione al progetto ARCADIA e il contributo allo studio di filiera da parte dell'azienda rappresentano un ulteriore passo concreto verso la sostenibilità e sono essenzialmente legati alla volontà di valutazione/miglioramento delle prestazioni ambientali dei propri prodotti, anche in ottica di un possibile ottenimento di etichette ambientali di prodotto. Le aziende del settore, infatti, anche in virtù di un framework regolatorio sempre più sfidante, sono ormai consapevoli di doversi adeguare al processo di transizione ecologica, ottimizzando i processi produttivi e riducendo i costi all'interno dei propri stabilimenti, monitorando le prestazioni ambientali dei propri prodotti o servizi per rivolgersi ad un cliente finale sempre più attento ai vantaggi di scegliere materiali e prodotti ecosostenibili. Anche la visibilità all'interno della banca dati e in altre iniziative di disseminazione legate alle attività progettuali, in ottica di comunicazione del proprio impegno per la sostenibilità, hanno rappresentato un elemento di interesse ai fini della partecipazione dell'azienda al progetto.

5. Ambito di applicazione dello studio

Il presente studio riguarda il piallaccio di legno naturale tinto in tutto lo spessore, realizzato a partire da legni di varie specie e provenienze (legni europei, africani, asiatici e americani), in accordo alle indicazioni delle Norme UNI 10578 [67] e UNI 10651 [68]. Tale piallaccio, prodotto in fogli di lunghezza e larghezza variabili, è utilizzabile sia per l'impiallacciatura mediante incollaggio su apposito supporto stabile (MDF, pannello tamburato, truciolare, multistrato, ecc.), che per la realizzazione di altri prodotti quali compensati, curvati, tavole, masselli, ecc.

Lo studio LCA è stato sviluppato in conformità alle norme ISO 14040-14044 ([69], [70]), modellando il ciclo di vita dei prodotti in modo "attribuzionale", ovvero riproducendo la catena di fornitura esistente e utilizzando processi di background rappresentativi del mix di consumo del mercato medio [71].

5.1. Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

L'unità funzionale (UF) adottata ai fini dello studio è **1 m² di piallaccio con spessore 0,6 mm**. Tale UF è normalmente impiegata nelle valutazioni LCA di prodotti le cui applicazioni hanno specifiche caratteristiche dimensionali quali, ad esempio, una prevalente estensione superficiale a fronte di uno spessore dichiarato, ed è anche in linea con le indicazioni di alcuni documenti metodologici relativi a prodotti analoghi [72] e a prodotti in legno e a base di legno per l'impiego nelle costruzioni ([73], [74]).

I dettagli relativi alla UF scelta sono sintetizzati in Tabella 10.

Tabella 10. Definizione unità funzionale

| Aspetti chiave | Dettagli da chiarire | Definizione UF dello studio |
|--|--|--|
| <i>Funzione fornita</i> | <i>Che cosa?</i> | Fogli di legno piallaccio per impiallacciatura o realizzazione di prodotti composti (compensati, curvati, tavole, ...) |
| <i>La quantità della funzione fornita</i> | <i>Quanto?</i> | 1 m ² di piallaccio (spessore 0,6 mm) |
| <i>Il livello di qualità della funzione atteso</i> | <i>Quanto bene la funzione viene espletata? (Non sempre applicabile/definibile)</i> | Caratteristiche tecniche conformi alla UNI 10651 |
| <i>La durata del prodotto</i> | <i>Per quanto tempo la funzione è espletata? (Non sempre applicabile/definibile)</i> | Non applicabile |

5.2. Confini del sistema

I confini del sistema per lo studio LCA sono stati definiti adottando un approccio “cradle to gate”, ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al “cancello aziendale” e non le successive fasi di uso e fine vita. Sono quindi escluse eventuali ulteriori lavorazioni/trattamenti eseguiti sul prodotto finito per l’impiallacciatura di supporti o l’utilizzo del medesimo per la realizzazione di altri prodotti. Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase di approvvigionamento delle materie prime/materiali ausiliari fino alla produzione del piallaccio tinto, pronto per essere distribuito ai clienti per i suoi utilizzi finali, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di produzione del piallaccio e a tutti gli effetti rappresentativa della sua filiera.

Come criterio generale, si è deciso di escludere dai confini del sistema la produzione di macchinari ed infrastrutture, con l’eccezione di quelli già contenuti nei dataset di Ecoinvent utilizzati per modellare i dati di background.

Inoltre, come si può notare in Figura 8, è stata esclusa dallo studio la fase di produzione del piallaccio di legno “vergine”, dal momento che i dati raccolti erano relativi all’approvvigionamento di materie prime già nella forma di tranciati pronti per la tintura. Non sono quindi state considerate tutte le operazioni necessarie all’ottenimento del piallaccio e preliminari alla tintoria (scortecciatura, squadratura, evaporazione, tranciatura, sfogliatura e essiccazione). Tale scelta, per quanto semplificativa, può comunque essere ritenuta funzionale ai fini della banca dati e del suo

utilizzo, in quanto la modellazione della specie legnosa è così libera per ogni specifico studio e può essere effettuata attraverso il dataset ritenuto di volta in volta più opportuno.

CONFINI DEL SISTEMA – PIALLACCIO DI LEGNO

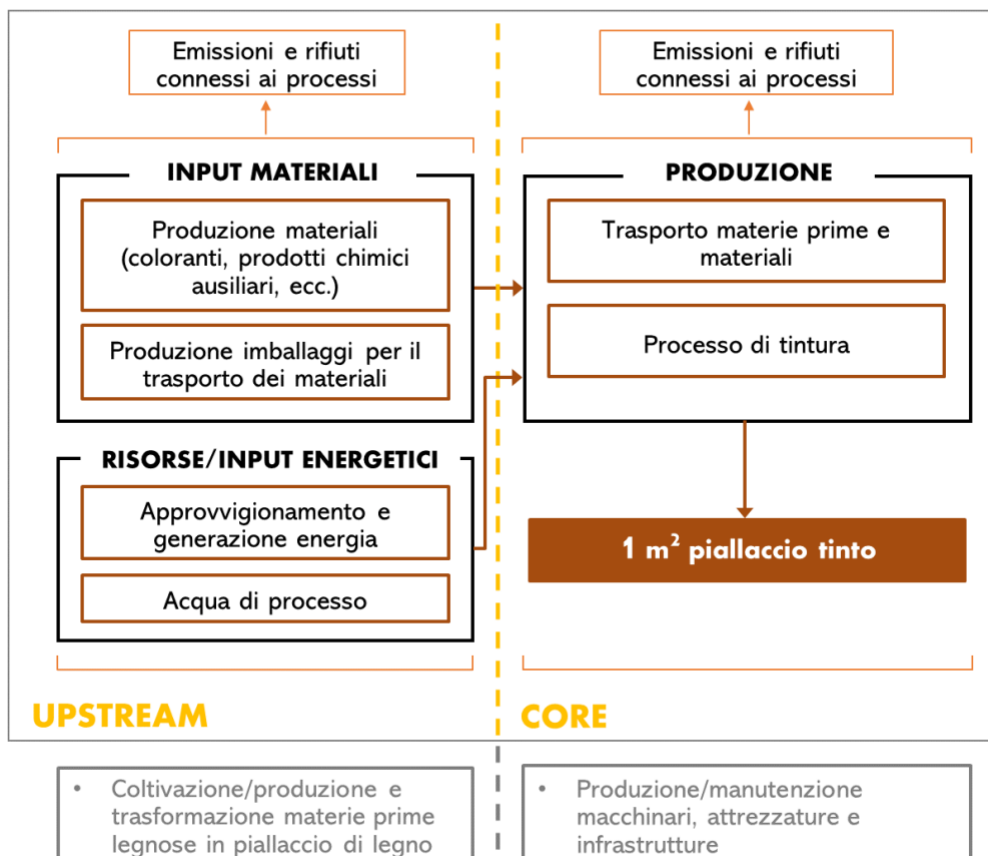


Figura 9. Confini del sistema per lo studio LCA

5.3. Assunzioni e giudizi di valore

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso esclusivamente a dati primari sito-specifici, raccolti direttamente da TABU nell'ambito della collaborazione alle attività di progetto.

I dati di inventario relativi alle quantità fisiche di materiali impiegati nei diversi processi sono stati forniti conformemente ai requisiti di qualità e completezza richiesti ai fini dello studio LCA e sono da ritenersi ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio.

La modellazione dei processi di trasporto è stata eseguita sulla base delle quantità fisiche (peso trasportato) e delle distanze percorse, ritenute anch'esse rappresentative delle diverse operazioni della filiera.

Nel complesso, con riferimento alle indicazioni contenute nel report interno di progetto “Metodologia per gli studi di filiera della Banca Dati italiana LCA” (versione di Novembre 2021), la qualità dei dati utilizzati nello studio è ritenuta buona e, in particolare, si ritiene:

- buona l’affidabilità dei dati (i dati sono in parte calcolati o provenienti da letteratura, ma tutti controllati da esperti);
- buona la rappresentatività temporale dei dati (i dati si riferiscono a un periodo antecedente di 3 anni lo studio di filiera);
- buona la rappresentatività geografica dei dati (i dati riferiti a luoghi diversi da quello indicato nello studio di filiera, su base di giudizio esperto, sono del tutto rappresentativi del luogo geografico);
- molto buona la rappresentatività tecnologica dei dati (i dati descrivono in modo dettagliato la tecnologia attualmente presente sul mercato per la filiera di riferimento).

5.4. Gestione della multifunzionalità

Non sono individuabili specifici problemi di multifunzionalità per il prodotto oggetto di analisi nel presente studio di filiera. I dati alla base dello studio, a seguito di un incremento del livello di dettaglio nella modellazione del sistema oggetto di studio, attraverso opportuna scomposizione dei processi in sottoprocessi, sono stati raccolti dall’azienda e forniti direttamente al livello del singolo prodotto analizzato.

5.5. Revisione critica

Il presente studio di filiera ed il relativo modello LCA nel software SimaPro sono stati sottoposti a revisione di parte terza, prevista all’interno del progetto Arcadia, al fine di verificare e validare la completezza e conformità alle norme ISO dell’analisi, nonché la consistenza, l’affidabilità e la tracciabilità di informazioni e dati utilizzati.

Il revisore (personale interno ENEA, esperto di LCA e non coinvolto nello studio) ha verificato e validato lo studio LCA (inclusi i dati raccolti, calcolati e stimati e il modello LCA), il rapporto tecnico e i dataset sviluppati, arrivando a formulare un giudizio critico sulla qualità del lavoro. La verifica ha assicurato la conformità dello studio LCA alle norme ISO 14040-44, mentre la validazione è servita a garantire la consistenza, l’affidabilità e la tracciabilità delle informazioni e dei dati contenuti nello studio, nonché la correttezza dei calcoli eseguiti.

5.6. Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

È stato scelto di utilizzare come metodo valutazione degli impatti il metodo EF 3.0 [75], che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale [76] e che comprende caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione.

Per lo svolgimento dello studio si è utilizzato il software SimaPro versione 9 [77] contenente la banca dati commerciale Ecoinvent 3.7 [78], da cui sono stati selezionati tutti i datasets utilizzati nella modellazione.

5.7. Informazioni ambientali aggiuntive

Gli impatti ambientali non direttamente valutabili tramite metodologia LCA, caratteristici della filiera produttiva del piallaccio, sono individuabili negli stessi impatti che contraddistinguono in generale l'industria della produzione e lavorazione del legno.

Per quanto riguarda la fase "upstream" della filiera, ovvero la fase di produzione della materia prima legno, in particolare, se la gestione del bosco da cui lo stesso proviene non è eseguita in maniera corretta, è possibile che l'attività di taglio provochi sfruttamento eccessivo dell'area e un disboscamento non controllato. Dati FAO piuttosto recenti [79] indicano che circa il 30% delle foreste mondiali (ovvero, circa 1,15 miliardi di ha) sia gestito principalmente per la produzione di prodotti forestali legnosi e non legnosi. Pertanto, per quanto a livello globale siano l'agricoltura e l'allevamento intensivi ad essere riconosciuti come la principale causa della deforestazione, anche il settore forestale ne può essere responsabile, attraverso la creazione di piantagioni e lo sfruttamento eccessivo del legname.

Gli impatti ambientali direttamente associati ad uno sfruttamento eccessivo della risorsa forestale e sono, oltre alla riduzione dell'assorbimento di CO₂, la perdita di biodiversità e fertilità degli ecosistemi forestali. La fase "upstream" può generare anche altri impatti ambientali non valutabili tramite l'LCA, quali ad esempio l'emissione di polveri e l'inquinamento diretto del suolo (ad es. per perdite di carburanti ed oli), o altri impatti di tipo estetico-paesaggistico, ma anche tali impatti, come i precedenti, possono essere considerati non rilevanti per la filiera se le operazioni associate alla produzione del legname sono svolte in modo adeguato.

I principali impatti non valutabili tramite LCA associati alla fase "core" della filiera (fase industriale vera e propria), oltre al rumore che in genere costituisce una problematica principalmente di sicurezza e salute dei lavoratori, sono invece riconducibili all'emissione in atmosfera di polveri e composti volatili. Le polveri di legno rappresentano la parte più fine (<20-30

µm) delle particelle che si generano dalle lavorazioni meccaniche delle fasi di “segheria” e “falegnameria”, mentre i composti volatili (formaldeide, composti alogenati, solventi) derivano sostanzialmente dall’uso di prodotti chimici nei vari trattamenti previsti dal processo produttivo del piallaccio tinto. In tal caso, l’impiego di opportuni sistemi di aspirazione e filtrazione, che rispettino le Normative di riferimento e i relativi limiti di emissione, consente di captare e filtrare adeguatamente i flussi gassosi rilasciati in atmosfera, senza particolari ripercussioni a livello ambientale.

6. Modellazione dei dataset della filiera

Il modello scelto per la creazione dei dataset per la banca dati di Arcadia è di tipo “attribuzionale”, ovvero un modello che riproduce la catena di fornitura del prodotto oggetto di analisi utilizzando dati ed eventuali processi di background rappresentativi di una situazione media del mercato di riferimento. I dataset che saranno creati a partire dal presente studio di filiera sono relativi alla sola produzione, ovvero si riferiscono al prodotto in forma disponibile sul mercato (c.d. “market for”) e non includono dunque tutti i trasporti del prodotto finito alla sua destinazione finale di uso. Questa scelta è legata alle finalità di utilizzo della banca dati di Arcadia da parte di possibili utenti, che potranno associare ai dataset trasporti e/o utilizzi specifici del piallaccio.

Sono, invece, in linea generale incluse le operazioni di trasporto relative alla fase di produzione, per cui l’attenzione è stata focalizzata sul trasporto della materia prima legno in ingresso al processo produttivo, costruendo scenari rappresentativi di differenti “condizioni geografiche” di approvvigionamento. Anche tale scelta è stata considerata funzionale all’utilizzo della banca dati di Arcadia, in quanto consente di modellare il trasporto della materia prima considerando uno scenario medio che include diverse provenienze geografiche, cosa ritenuta di più difficile realizzazione da parte del singolo utente vista la natura dei dati necessari.

7. Analisi di inventario

Ai fini della raccolta dei dati primari presso le aziende, a seguito di una attenta analisi della filiera e di confronti interni al GdL, sono state messe a punto delle specifiche schede in grado di semplificare e sistematizzare la raccolta stessa. Tali schede di raccolta dati, predisposte su fogli di calcolo Microsoft Excel, sono dunque state condivise con le aziende al fine di definire modalità operative più opportune per effettuare la raccolta dei dati lungo la filiera.

Dal momento che la fornitura dei dati primari utilizzati per lo studio è avvenuta nell'ambito di uno specifico accordo di riservatezza e, pertanto, tutti i relativi dettagli sono da considerarsi riservati e confidenziali, l'inventario (Tabella 10) è riportato in forma quanto più aggregata possibile, compatibilmente con le necessità di trasparenza e replicabilità dello studio LCA.

7.1. Assunzioni utilizzate nello studio

La quantità di materie prime legnose in input è stata calcolata considerando la densità media delle diverse specie legnose per ciascuna provenienza geografica e la superficie di riferimento necessaria a produrre 1 m² di piallaccio; pertanto, per le diverse "condizioni geografiche" di approvvigionamento si hanno valori leggermente differenti del quantitativo di materie prime utilizzato.

Relativamente alle sostanze chimiche in input al processo produttivo, nei casi in cui dalle schede tecniche non è stato possibile comprendere nel dettaglio la composizione chimica specifica del prodotto utilizzato, si è deciso di modellare le stesse attraverso l'adozione un processo rappresentativo di un prodotto chimico generico presente nella banca dati Ecoinvent. Si è inoltre deciso di considerare il dato di inventario raccolto come totalmente riferito alla specifica sostanza/principio attivo, senza tenere conto di eventuali diluizioni. È evidente che, essendo tali scelte approssimative e cautelative (modellazione più dettagliata sarebbe auspicabile (anche da parte degli stessi utilizzatori della banca dati, sulla base di schede o altre informazioni tecniche che possono essere disponibili).

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica, si è adottato un approccio di tipo "conservativo", ovvero un approccio tale da rappresentare la situazione caratterizzata dall'impatto ambientale maggiore. In particolare, è stato considerato l'approvvigionamento di energia elettrica esclusivamente dalla rete nazionale, trascurando l'autoproduzione in sito da fonti rinnovabili (ad es. impianti fotovoltaici in copertura presso gli stabilimenti produttivi), nonostante questa possa rappresentare una situazione anche abbastanza diffusa tra le aziende della filiera e un contributo apprezzabile alla copertura dei fabbisogni. Ai fini della modellazione, si è fatto riferimento al mix elettrico italiano, considerando una fornitura in media tensione.

Gran parte delle fasi del processo produttivo sono realizzate in macchinari che, oltre all'energia elettrica, utilizzano anche calore e aria compressa. La produzione di energia termica è stata considerata come realizzata attraverso una caldaia alimentata a metano. Per quanto riguarda invece l'aria compressa, avendo a disposizione dati primari, non si è proceduto ad una

modellazione del fluido di lavoro attraverso eventuali appositi dataset disponibili, ma è stata stimata l'energia elettrica necessaria alla sua produzione attraverso compressori.

Le emissioni dirette associate al processo produttivo sono state valutate sulla base degli autocontrolli periodici forniti da TABU.

Per la modellazione delle operazioni di trattamento dei rifiuti è stato utilizzato l'approccio generale stabilito ai fini delle dichiarazioni ambientali di prodotto dell'International EPD System [80], secondo cui il produttore dei rifiuti è ritenuto responsabile degli impatti ambientali associati fino al punto in cui essi hanno valore economico negativo (ovvero, fino a quando essi cessano di essere qualificati come rifiuti). Secondo tale approccio, ai materiali destinati a riciclo sono stati attribuiti i processi di raccolta, trasporto e selezione, escludendo i successivi trattamenti per la produzione di materiale riciclato/secondario e i benefici ambientali derivanti dal suo utilizzo (i processi successivi alla cessazione di qualifica come rifiuto sono attribuiti ai sistemi prodotto che utilizzano il materiale riciclato). Le distanze di trasporto dei rifiuti verso i vari luoghi di trattamento sono state calcolate tramite apposito tool (Google Maps), in base alle destinazioni finali indicate per ciascuna tipologia di rifiuto all'interno dei documenti forniti dall'azienda.

Al fine di agevolare le operazioni di raccolta dati, la stessa è stata finalizzata ad ottenere dati medi di produzione associati ad un processo produttivo che può considerarsi come "standard" in termini di consequenzialità delle fasi (caricamento, pre-lavaggio, candeggio, tintura, ...) e numerosità di trattamenti per fase (ad es. n. 1 passaggio in pre-lavaggio, n. 3 passaggi in candeggio, ...). Tale tipologia di dati è stata infatti ritenuta dal GdL del tutto idonea alle finalità di progetto. Nel dettaglio, quindi, i dati raccolti in forma aggregata sono stati associati al flusso di riferimento costituito dal batch di produzione (ad es. 2.500 m² di piallaccio) e successivamente riferiti all'unità funzionale dello studio.

Ai fini della modellazione del sistema e, in particolare di materiali ausiliari e imballaggi, è stato adottato un criterio di cut-off sulla base della massa che ha previsto l'esclusione di tutti quei flussi costituenti meno dello 0,1% del peso complessivo degli stessi materiali (ovvero meno dello 0,0002% del peso totale di tutti gli input al sistema). Si evidenzia inoltre che, secondo tale criterio, sono stati esclusi dalla modellazione solamente materiali di imballaggio destinati, in funzione delle loro caratteristiche, ad un riuso multiplo e/o a riciclo a fine vita (ad es. pallet per il trasporto dei piallacci, cisternette per il trasporto di sostanze chimiche liquide, film/sacchi in polietilene e imballaggi in cartone).

7.2. Descrizione e documentazione processi unitari

Nella seguente Tabella 11 è riportata una breve descrizione di tutti i flussi/processi coinvolti nel ciclo di vita del prodotto oggetto di studio, considerando i 3 dataset sviluppati (si veda par. 7.3), nonché tutti i dati relativi ai processi unitari utilizzati nello studio di filiera e l'identificazione della banca dati e dei relativi dataset di riferimento. Come si può notare, nei 3 dataset, a meno del diverso valore relativo alla quantità di legno in ingresso per ciascuna provenienza geografica (dovuto, come detto, alla differente densità media delle varie specie legnose), tutti i dati caratteristici del processo restano invariati. Si sottolinea che le emissioni di CO₂ riportate in tabella non sono il risultato di misurazioni dirette, come tutti gli altri valori delle sostanze emesse in aria, ma derivano da calcoli tramite metodologia IPCC [81] sulla base dei dati primari raccolti sui consumi di combustibili e dei parametri standard pubblicati dal Ministero dell'Ambiente [82].

Tabella 11. Dati di inventario utilizzati per lo studio del piallaccio di legno (UF: 1 m²)

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--|----------|-----------------|--|---------------|
| Materie prime legnose di provenienza italiana | 4,56E+02 | kg | - | - |
| Materie prime legnose di provenienza europea | 4,39E+02 | kg | - | - |
| Materie prime legnose di provenienza extra-europea | 4,45E+02 | kg | - | - |
| Sostanze chimiche | 6,14E-02 | kg | Chemical, inorganic {GLO} market for chemicals, inorganic Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 6,33E-01 | kg | Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {RER} market for hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 4,58E-02 | kg | Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 1,47E-02 | kg | Acetic acid, without water, in 98% solution state {GLO} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 5,10E-04 | kg | Sodium sulfate, anhydrite {RER} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 1,19E-03 | kg | Solvent, organic {GLO} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 1,58E-02 | kg | ammonia, anhydrous, liquid {RER} market for ammonia, anhydrous, liquid Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Imballaggi | 1,70E-04 | kg | Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Risorse/energia | 5,62E-02 | t | Tap water {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 5,13E-01 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |

| | 3,10E-01 | m3 | Natural gas, low pressure {RoW} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
|---|-----------|-----------------|--|---------------------------------|
| Trasporto materiali e rifiuti | 3,26E+01 | kg*km | Transport, freight, lorry, unspecified {RER} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Trasporto specie legnose di provenienza italiana | 4,00E-02 | t*km | Transport, freight, lorry, unspecified {RER} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Trasporto specie legnose di provenienza europea | 5,30E-01 | t*km | Transport, freight, lorry, unspecified {RER} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Trasporto specie legnose di provenienza extra-europea | 2,06 E-01 | t*km | Transport, freight, lorry, unspecified {RER} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| Flussi/processi in output | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati / sottocompartimento |
| Piallaccio tinto | 1 | m ² | - | - |
| Emissioni in aria | 1,66E-05 | g | Carbon monoxide | Undefined |
| | 1,10E-01 | g | VOC, Volatile Organic Compounds, unspecified origin | Undefined |
| | 2,16E-04 | g | Nitrogen oxides, IT | Undefined |
| | 6,15E-01 | kg | Carbon dioxide, fossil | Undefined |
| Rifiuti | 5,58E-02 | m3 | Wastewater from plywood production {GLO} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 7,72E-03 | kg | Waste wood, untreated {IT} market for waste wood, untreated Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 6,98E-02 | m3 | Sewage sludge, dried {RoW} market for sewage sludge, dried Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |
| | 1,70E-04 | kg | Waste polyethylene {IT} market for waste polyethylene Cut-off, U | Ecoinvent 3.7 |

7.3. Sviluppo dei datasets

I dataset sviluppati a seguito del presente studio in quanto di interesse generale per la filiera del legno e per i possibili utenti della banca dati, basati su dati solidi di tipo primario caratterizzati da una rappresentatività molto buona, fanno riferimento ai seguenti processi:

- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza italiana;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza europea;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea.

8. Valutazione degli impatti ambientali

Secondo le indicazioni della Norma ISO 14040, la fase di valutazione degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dal sistema di prodotto in esame. Tale fase,

consiste quindi nell'imputare i consumi e le emissioni a specifiche categorie di impatto, riferibili ad effetti ambientali conosciuti, e nel quantificare l'entità del contributo che il processo arreca agli effetti considerati.

La valutazione degli impatti in accordo alla ISO 14040 si articola nelle seguenti fasi obbligatorie:

- Classificazione: assegnazione dei dati raccolti nell'inventario ad una o più categorie d'impatto ambientale selezionate;
- Caratterizzazione: calcolo dei risultati di ogni indicatore di categoria, è determinato il contributo relativo di ogni sostanza emessa o risorsa usata;
- Valutazione vera e propria dell'impatto.

Come fasi opzionali della valutazione degli impatti di ciclo di vita, sono invece indicate dalla ISO 14040 le operazioni di normalizzazione, raggruppamento e ponderazione (pesatura).

Ai fini del presente studio LCA di filiera è stato utilizzato utilizzare il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0 [75] e i risultati delle fasi appena descritte in riferimento al prodotto oggetto di studio sono riportati nei paragrafi successivi.

Si evidenzia che i risultati ottenuti dalla fase di normalizzazione, che riflettono gli oneri imputabili al prodotto oggetto di studio rispetto all'unità di riferimento, sono adimensionali e, nell'ambito dello specifico metodo di calcolo degli impatti, i fattori di normalizzazione sono espressi pro capite sulla base di un valore globale.

Al fine di rendere più leggibili le tabelle e le figure relative ai risultati delle varie fasi di valutazione dell'impatto, all'interno delle stesse le diverse categorie di impatto sono riportate attraverso un identificativo numerico, secondo la legenda riportata in Tabella 12.

Tabella 12. Dati di inventario utilizzati per lo studio del piallaccio di legno (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 | Cimate change |
| 2 | Ozone depletion |
| 3 | Ionising radiation |
| 4 | Photochemical ozone formation |
| 5 | Particulate matter |
| 6 | Human toxicity, non-cancer |
| 7 | Human toxicity, cancer |

| | |
|----|---|
| 8 | Acidification |
| 9 | Eutrophication, freshwater |
| 10 | Eutrophication, marine |
| 11 | Eutrophication, terrestrial |
| 12 | Ecotoxicity, freshwater |
| 13 | Land use |
| 14 | Water use |
| 15 | Resource use, fossils |
| 16 | Resource use, minerals and metals |
| 17 | Climate change - Fossil |
| 18 | Climate change - Biogenic |
| 19 | Climate change - Land use and LU change |
| 20 | Human toxicity, non-cancer - organics |
| 21 | Human toxicity, non-cancer - inorganics |
| 22 | Human toxicity, non-cancer - metals |
| 23 | Human toxicity, cancer - organics |
| 24 | Human toxicity, cancer - inorganics |
| 25 | Human toxicity, cancer - metals |
| 26 | Ecotoxicity, freshwater - organics |
| 27 | Ecotoxicity, freshwater - inorganics |
| 28 | Ecotoxicity, freshwater - metals |

8.1. Caratterizzazione

Nelle Tabelle 13, 14 e 15 sono riportati i risultati della fase di caratterizzazione per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE), per le tre diverse tipologie di piallaccio analizzate, (specie legnose di provenienza italiana, europea ed extra-europea).

Tabella 13. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 kg CO2 eq | 4,26E-01 | 9,91E-01 | 1,42E+00 | 7,25E-01 | 9,28E-03 | 7,34E-01 | 2,15E+00 |
| 2 kg CFC11 eq | 1,19E-07 | 1,45E-07 | 2,64E-07 | 3,70E-09 | 2,14E-09 | 5,84E-09 | 2,70E-07 |
| 3 kBq U-235 eq | 2,99E-02 | 1,40E-01 | 1,70E-01 | 1,07E-02 | 7,48E-04 | 1,14E-02 | 1,82E-01 |
| 4 kg NMVOC eq | 1,10E-03 | 2,55E-03 | 3,65E-03 | 3,04E-04 | 5,08E-05 | 3,55E-04 | 4,01E-03 |
| 5 disease inc. | 6,39E-09 | 3,01E-08 | 3,65E-08 | 4,94E-09 | 7,31E-10 | 5,67E-09 | 4,22E-08 |
| 6 CTUh | 2,39E-09 | 1,11E-08 | 1,35E-08 | 2,64E-09 | 1,14E-10 | 2,76E-09 | 1,63E-08 |
| 7 CTUh | 1,24E-10 | 2,09E-09 | 2,22E-09 | 1,86E-10 | 3,87E-12 | 1,90E-10 | 2,41E-09 |
| 8 mol H+ eq | 1,70E-03 | 4,18E-03 | 5,89E-03 | 3,92E-04 | 4,63E-05 | 4,38E-04 | 6,32E-03 |

| | | | | | | | | |
|----|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 9 | kg P eq | 5,75E-05 | 3,45E-04 | 4,03E-04 | 5,56E-05 | 6,52E-07 | 5,63E-05 | 4,59E-04 |
| 10 | kg N eq | 2,50E-04 | 7,79E-04 | 1,03E-03 | 8,88E-05 | 1,60E-05 | 1,05E-04 | 1,13E-03 |
| 11 | mol N eq | 2,72E-03 | 7,52E-03 | 1,02E-02 | 8,90E-04 | 1,75E-04 | 1,06E-03 | 1,13E-02 |
| 12 | CTUe | 6,24E+00 | 1,94E+01 | 2,57E+01 | 3,29E+00 | 1,11E-01 | 3,40E+00 | 2,91E+01 |
| 13 | Pt | 9,60E-01 | 2,90E+00 | 3,86E+00 | 3,84E-01 | 1,24E-01 | 5,08E-01 | 4,37E+00 |
| 14 | m3 depriv. | 1,21E-01 | 2,18E+00 | 2,30E+00 | 2,92E-01 | 4,49E-04 | 2,92E-01 | 2,60E+00 |
| 15 | MJ | 1,57E+01 | 1,64E+01 | 3,21E+01 | 8,68E-01 | 1,43E-01 | 1,01E+00 | 3,31E+01 |
| 16 | kg Sb eq | 7,48E-07 | 1,35E-05 | 1,42E-05 | 4,56E-07 | 3,17E-08 | 4,88E-07 | 1,47E-05 |
| 17 | kg CO2 eq | 4,23E-01 | 9,65E-01 | 1,39E+00 | 6,83E-01 | 9,28E-03 | 6,93E-01 | 2,08E+00 |
| 18 | kg CO2 eq | 2,99E-03 | 2,56E-02 | 2,85E-02 | 4,10E-02 | 3,27E-06 | 4,10E-02 | 6,95E-02 |
| 19 | kg CO2 eq | 5,61E-05 | 7,19E-04 | 7,75E-04 | 8,10E-05 | 3,14E-06 | 8,41E-05 | 8,59E-04 |
| 20 | CTUh | 2,38E-10 | 6,00E-10 | 8,38E-10 | 9,11E-11 | 4,55E-12 | 9,57E-11 | 9,34E-10 |
| 21 | CTUh | 6,87E-10 | 2,39E-09 | 3,07E-09 | 6,37E-10 | 2,49E-11 | 6,62E-10 | 3,73E-09 |
| 22 | CTUh | 1,66E-09 | 8,26E-09 | 9,91E-09 | 1,92E-09 | 8,52E-11 | 2,01E-09 | 1,19E-08 |
| 23 | CTUh | 5,36E-11 | 1,67E-10 | 2,21E-10 | 7,25E-11 | 1,53E-12 | 7,40E-11 | 2,95E-10 |
| 24 | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| 25 | CTUh | 7,01E-11 | 1,93E-09 | 2,00E-09 | 1,14E-10 | 2,34E-12 | 1,16E-10 | 2,11E-09 |
| 26 | CTUe | 3,65E-02 | 1,98E-01 | 2,35E-01 | 1,34E-02 | 8,37E-03 | 2,18E-02 | 2,56E-01 |
| 27 | CTUe | 2,00E+00 | 2,47E+00 | 4,47E+00 | 1,83E-01 | 2,96E-02 | 2,12E-01 | 4,68E+00 |
| 28 | CTUe | 4,20E+00 | 1,68E+01 | 2,10E+01 | 3,09E+00 | 7,30E-02 | 3,17E+00 | 2,41E+01 |

Tabella 14. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT | |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | | |
| 1 | kg CO2 eq | 4,26E-01 | 9,91E-01 | 1,42E+00 | 7,25E-01 | 7,19E-02 | 7,96E-01 | 2,21E+00 |
| 2 | kg CFC11 eq | 1,19E-07 | 1,45E-07 | 2,64E-07 | 3,70E-09 | 1,66E-08 | 2,03E-08 | 2,84E-07 |
| 3 | kBq U-235 eq | 2,99E-02 | 1,40E-01 | 1,70E-01 | 1,07E-02 | 5,80E-03 | 1,65E-02 | 1,87E-01 |
| 4 | kg NMVOC eq | 1,10E-03 | 2,55E-03 | 3,65E-03 | 3,04E-04 | 3,94E-04 | 6,98E-04 | 4,35E-03 |
| 5 | disease inc. | 6,39E-09 | 3,01E-08 | 3,65E-08 | 4,94E-09 | 5,67E-09 | 1,06E-08 | 4,71E-08 |
| 6 | CTUh | 2,39E-09 | 1,11E-08 | 1,35E-08 | 2,64E-09 | 8,86E-10 | 3,53E-09 | 1,70E-08 |
| 7 | CTUh | 1,24E-10 | 2,09E-09 | 2,22E-09 | 1,86E-10 | 3,00E-11 | 2,16E-10 | 2,43E-09 |
| 8 | mol H+ eq | 1,70E-03 | 4,18E-03 | 5,89E-03 | 3,92E-04 | 3,59E-04 | 7,51E-04 | 6,64E-03 |
| 9 | kg P eq | 5,75E-05 | 3,45E-04 | 4,03E-04 | 5,56E-05 | 5,05E-06 | 6,07E-05 | 4,64E-04 |
| 10 | kg N eq | 2,50E-04 | 7,79E-04 | 1,03E-03 | 8,88E-05 | 1,24E-04 | 2,13E-04 | 1,24E-03 |
| 11 | mol N eq | 2,72E-03 | 7,52E-03 | 1,02E-02 | 8,90E-04 | 1,35E-03 | 2,24E-03 | 1,25E-02 |
| 12 | CTUe | 6,24E+00 | 1,94E+01 | 2,57E+01 | 3,29E+00 | 8,60E-01 | 4,15E+00 | 2,98E+01 |

| | | | | | | | | |
|----|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 13 | Pt | 9,60E-01 | 2,90E+00 | 3,86E+00 | 3,84E-01 | 9,64E-01 | 1,35E+00 | 5,21E+00 |
| 14 | m3 depriv. | 1,21E-01 | 2,18E+00 | 2,30E+00 | 2,92E-01 | 3,48E-03 | 2,96E-01 | 2,60E+00 |
| 15 | MJ | 1,57E+01 | 1,64E+01 | 3,21E+01 | 8,68E-01 | 1,11E+00 | 1,98E+00 | 3,41E+01 |
| 16 | kg Sb eq | 7,48E-07 | 1,35E-05 | 1,42E-05 | 4,56E-07 | 2,46E-07 | 7,02E-07 | 1,49E-05 |
| 17 | kg CO2 eq | 4,23E-01 | 9,65E-01 | 1,39E+00 | 6,83E-01 | 7,19E-02 | 7,55E-01 | 2,14E+00 |
| 18 | kg CO2 eq | 2,99E-03 | 2,56E-02 | 2,85E-02 | 4,10E-02 | 2,54E-05 | 4,10E-02 | 6,95E-02 |
| 19 | kg CO2 eq | 5,61E-05 | 7,19E-04 | 7,75E-04 | 8,10E-05 | 2,43E-05 | 1,05E-04 | 8,80E-04 |
| 20 | CTUh | 2,38E-10 | 6,00E-10 | 8,38E-10 | 9,11E-11 | 3,52E-11 | 1,26E-10 | 9,65E-10 |
| 21 | CTUh | 6,87E-10 | 2,39E-09 | 3,07E-09 | 6,37E-10 | 1,93E-10 | 8,30E-10 | 3,90E-09 |
| 22 | CTUh | 1,66E-09 | 8,26E-09 | 9,91E-09 | 1,92E-09 | 6,60E-10 | 2,58E-09 | 1,25E-08 |
| 23 | CTUh | 5,36E-11 | 1,67E-10 | 2,21E-10 | 7,25E-11 | 1,19E-11 | 8,44E-11 | 3,05E-10 |
| 24 | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| 25 | CTUh | 7,01E-11 | 1,93E-09 | 2,00E-09 | 1,14E-10 | 1,81E-11 | 1,32E-10 | 2,13E-09 |
| 26 | CTUe | 3,65E-02 | 1,98E-01 | 2,35E-01 | 1,34E-02 | 6,49E-02 | 7,83E-02 | 3,13E-01 |
| 27 | CTUe | 2,00E+00 | 2,47E+00 | 4,47E+00 | 1,83E-01 | 2,29E-01 | 4,12E-01 | 4,88E+00 |
| 28 | CTUe | 4,20E+00 | 1,68E+01 | 2,10E+01 | 3,09E+00 | 5,66E-01 | 3,66E+00 | 2,46E+01 |

Tabella 15. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Caratterizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT | |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | | |
| 1 | kg CO2 eq | 4,26E-01 | 9,91E-01 | 1,42E+00 | 7,51E-01 | 3,05E-02 | 7,81E-01 | 2,20E+00 |
| 2 | kg CFC11 eq | 1,19E-07 | 1,45E-07 | 2,64E-07 | 8,98E-09 | 7,03E-09 | 1,60E-08 | 2,80E-07 |
| 3 | kBq U-235 eq | 2,99E-02 | 1,40E-01 | 1,70E-01 | 1,22E-02 | 2,46E-03 | 1,47E-02 | 1,85E-01 |
| 4 | kg NMVOC eq | 1,10E-03 | 2,55E-03 | 3,65E-03 | 9,09E-04 | 1,67E-04 | 1,08E-03 | 4,73E-03 |
| 5 | disease inc. | 6,39E-09 | 3,01E-08 | 3,65E-08 | 5,72E-09 | 2,40E-09 | 8,13E-09 | 4,47E-08 |
| 6 | CTUh | 2,39E-09 | 1,11E-08 | 1,35E-08 | 2,76E-09 | 3,76E-10 | 3,14E-09 | 1,66E-08 |
| 7 | CTUh | 1,24E-10 | 2,09E-09 | 2,22E-09 | 2,04E-10 | 1,27E-11 | 2,16E-10 | 2,43E-09 |
| 8 | mol H+ eq | 1,70E-03 | 4,18E-03 | 5,89E-03 | 1,25E-03 | 1,52E-04 | 1,40E-03 | 7,28E-03 |
| 9 | kg P eq | 5,75E-05 | 3,45E-04 | 4,03E-04 | 5,65E-05 | 2,14E-06 | 5,86E-05 | 4,61E-04 |
| 10 | kg N eq | 2,50E-04 | 7,79E-04 | 1,03E-03 | 2,99E-04 | 5,25E-05 | 3,52E-04 | 1,38E-03 |
| 11 | mol N eq | 2,72E-03 | 7,52E-03 | 1,02E-02 | 3,23E-03 | 5,74E-04 | 3,80E-03 | 1,40E-02 |
| 12 | CTUe | 6,24E+00 | 1,94E+01 | 2,57E+01 | 3,49E+00 | 3,65E-01 | 3,86E+00 | 2,95E+01 |
| 13 | Pt | 9,60E-01 | 2,90E+00 | 3,86E+00 | 4,30E-01 | 4,09E-01 | 8,39E-01 | 4,70E+00 |
| 14 | m3 depriv. | 1,21E-01 | 2,18E+00 | 2,30E+00 | 2,93E-01 | 1,48E-03 | 2,94E-01 | 2,60E+00 |
| 15 | MJ | 1,57E+01 | 1,64E+01 | 3,21E+01 | 1,20E+00 | 4,70E-01 | 1,67E+00 | 3,38E+01 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 16 | kg Sb eq | 7,48E-07 | 1,35E-05 | 1,42E-05 | 4,91E-07 | 1,04E-07 | 5,95E-07 | 1,48E-05 |
| 17 | kg CO2 eq | 4,23E-01 | 9,65E-01 | 1,39E+00 | 7,09E-01 | 3,05E-02 | 7,40E-01 | 2,13E+00 |
| 18 | kg CO2 eq | 2,99E-03 | 2,56E-02 | 2,85E-02 | 4,10E-02 | 1,08E-05 | 4,10E-02 | 6,95E-02 |
| 19 | kg CO2 eq | 5,61E-05 | 7,19E-04 | 7,75E-04 | 9,92E-05 | 1,03E-05 | 1,09E-04 | 8,84E-04 |
| 20 | CTUh | 2,38E-10 | 6,00E-10 | 8,38E-10 | 9,40E-11 | 1,49E-11 | 1,09E-10 | 9,47E-10 |
| 21 | CTUh | 6,87E-10 | 2,39E-09 | 3,07E-09 | 6,82E-10 | 8,17E-11 | 7,63E-10 | 3,84E-09 |
| 22 | CTUh | 1,66E-09 | 8,26E-09 | 9,91E-09 | 2,00E-09 | 2,80E-10 | 2,28E-09 | 1,22E-08 |
| 23 | CTUh | 5,36E-11 | 1,67E-10 | 2,21E-10 | 7,57E-11 | 5,03E-12 | 8,07E-11 | 3,01E-10 |
| 24 | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| 25 | CTUh | 7,01E-11 | 1,93E-09 | 2,00E-09 | 1,28E-10 | 7,70E-12 | 1,36E-10 | 2,13E-09 |
| 26 | CTUe | 3,65E-02 | 1,98E-01 | 2,35E-01 | 3,47E-02 | 2,75E-02 | 6,22E-02 | 2,97E-01 |
| 27 | CTUe | 2,00E+00 | 2,47E+00 | 4,47E+00 | 2,40E-01 | 9,72E-02 | 3,37E-01 | 4,81E+00 |
| 28 | CTUe | 4,20E+00 | 1,68E+01 | 2,10E+01 | 3,22E+00 | 2,40E-01 | 3,46E+00 | 2,44E+01 |

8.2. Normalizzazione

Nelle Tabelle 16, 17 e 18 sono riportati i risultati della fase di normalizzazione per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE), per le tre diverse tipologie di piallaccio analizzate, (specie legnose di provenienza italiana, europea ed extra-europea). Si evidenzia che sono state escluse dalle tabelle e dalla figura le categorie di impatto caratterizzate dall'assenza di fattori di normalizzazione all'interno del metodo LCIA adottato.

Tabella 16. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT | |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | | |
| 1 | - | 5,26E-05 | 1,22E-04 | 1,75E-04 | 8,95E-05 | 1,15E-06 | 9,06E-05 | 2,66E-04 |
| 2 | - | 2,22E-06 | 2,70E-06 | 4,92E-06 | 6,89E-08 | 3,99E-08 | 1,09E-07 | 5,03E-06 |
| 3 | - | 7,08E-06 | 3,33E-05 | 4,04E-05 | 2,53E-06 | 1,77E-07 | 2,71E-06 | 4,31E-05 |
| 4 | - | 2,71E-05 | 6,29E-05 | 9,00E-05 | 7,48E-06 | 1,25E-06 | 8,74E-06 | 9,87E-05 |
| 5 | - | 1,07E-05 | 5,06E-05 | 6,14E-05 | 8,30E-06 | 1,23E-06 | 9,52E-06 | 7,09E-05 |
| 6 | - | 1,04E-05 | 4,84E-05 | 5,88E-05 | 1,15E-05 | 4,98E-07 | 1,20E-05 | 7,08E-05 |
| 7 | - | 7,31E-06 | 1,24E-04 | 1,31E-04 | 1,10E-05 | 2,29E-07 | 1,12E-05 | 1,43E-04 |
| 8 | - | 3,07E-05 | 7,53E-05 | 1,06E-04 | 7,05E-06 | 8,33E-07 | 7,89E-06 | 1,14E-04 |
| 9 | - | 3,58E-05 | 2,15E-04 | 2,51E-04 | 3,46E-05 | 4,06E-07 | 3,50E-05 | 2,86E-04 |
| 10 | - | 1,28E-05 | 3,99E-05 | 5,27E-05 | 4,54E-06 | 8,17E-07 | 5,36E-06 | 5,80E-05 |
| 11 | - | 1,54E-05 | 4,25E-05 | 5,79E-05 | 5,03E-06 | 9,88E-07 | 6,02E-06 | 6,40E-05 |
| 12 | - | 1,46E-04 | 4,55E-04 | 6,01E-04 | 7,71E-05 | 2,60E-06 | 7,97E-05 | 6,81E-04 |
| 13 | - | 1,17E-06 | 3,54E-06 | 4,71E-06 | 4,68E-07 | 1,52E-07 | 6,20E-07 | 5,33E-06 |
| 14 | - | 1,06E-05 | 1,90E-04 | 2,01E-04 | 2,55E-05 | 3,92E-08 | 2,55E-05 | 2,26E-04 |
| 15 | - | 2,42E-04 | 2,52E-04 | 4,93E-04 | 1,33E-05 | 2,20E-06 | 1,55E-05 | 5,09E-04 |
| 16 | - | 1,18E-05 | 2,12E-04 | 2,24E-04 | 7,16E-06 | 4,98E-07 | 7,66E-06 | 2,31E-04 |

Tabella 17. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|---|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 | - | 5,26E-05 | 1,22E-04 | 1,75E-04 | 8,95E-05 | 8,89E-06 | 9,84E-05 | 2,73E-04 |
| 2 | - | 2,22E-06 | 2,70E-06 | 4,92E-06 | 6,89E-08 | 3,09E-07 | 3,78E-07 | 5,30E-06 |
| 3 | - | 7,08E-06 | 3,33E-05 | 4,04E-05 | 2,53E-06 | 1,37E-06 | 3,91E-06 | 4,43E-05 |
| 4 | - | 2,71E-05 | 6,29E-05 | 9,00E-05 | 7,48E-06 | 9,70E-06 | 1,72E-05 | 1,07E-04 |
| 5 | - | 1,07E-05 | 5,06E-05 | 6,14E-05 | 8,30E-06 | 9,52E-06 | 1,78E-05 | 7,92E-05 |
| 6 | - | 1,04E-05 | 4,84E-05 | 5,88E-05 | 1,15E-05 | 3,86E-06 | 1,54E-05 | 7,42E-05 |
| 7 | - | 7,31E-06 | 1,24E-04 | 1,31E-04 | 1,10E-05 | 1,78E-06 | 1,28E-05 | 1,44E-04 |
| 8 | - | 3,07E-05 | 7,53E-05 | 1,06E-04 | 7,05E-06 | 6,46E-06 | 1,35E-05 | 1,19E-04 |
| 9 | - | 3,58E-05 | 2,15E-04 | 2,51E-04 | 3,46E-05 | 3,15E-06 | 3,78E-05 | 2,88E-04 |
| 10 | - | 1,28E-05 | 3,99E-05 | 5,27E-05 | 4,54E-06 | 6,33E-06 | 1,09E-05 | 6,35E-05 |
| 11 | - | 1,54E-05 | 4,25E-05 | 5,79E-05 | 5,03E-06 | 7,65E-06 | 1,27E-05 | 7,06E-05 |
| 12 | - | 1,46E-04 | 4,55E-04 | 6,01E-04 | 7,71E-05 | 2,02E-05 | 9,73E-05 | 6,99E-04 |
| 13 | - | 1,17E-06 | 3,54E-06 | 4,71E-06 | 4,68E-07 | 1,18E-06 | 1,64E-06 | 6,35E-06 |
| 14 | - | 1,06E-05 | 1,90E-04 | 2,01E-04 | 2,55E-05 | 3,04E-07 | 2,58E-05 | 2,27E-04 |
| 15 | - | 2,42E-04 | 2,52E-04 | 4,93E-04 | 1,33E-05 | 1,70E-05 | 3,04E-05 | 5,24E-04 |
| 16 | - | 1,18E-05 | 2,12E-04 | 2,24E-04 | 7,16E-06 | 3,86E-06 | 1,10E-05 | 2,35E-04 |

Tabella 18. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Normalizzazione: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|---|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 | - | 5,26E-05 | 1,22E-04 | 1,75E-04 | 9,27E-05 | 3,77E-06 | 9,65E-05 | 2,72E-04 |
| 2 | - | 2,22E-06 | 2,70E-06 | 4,92E-06 | 1,67E-07 | 1,31E-07 | 2,99E-07 | 5,22E-06 |
| 3 | - | 7,08E-06 | 3,33E-05 | 4,04E-05 | 2,90E-06 | 5,83E-07 | 3,48E-06 | 4,38E-05 |
| 4 | - | 2,71E-05 | 6,29E-05 | 9,00E-05 | 2,24E-05 | 4,11E-06 | 2,65E-05 | 1,16E-04 |
| 5 | - | 1,07E-05 | 5,06E-05 | 6,14E-05 | 9,62E-06 | 4,04E-06 | 1,37E-05 | 7,50E-05 |
| 6 | - | 1,04E-05 | 4,84E-05 | 5,88E-05 | 1,20E-05 | 1,64E-06 | 1,37E-05 | 7,25E-05 |
| 7 | - | 7,31E-06 | 1,24E-04 | 1,31E-04 | 1,20E-05 | 7,53E-07 | 1,28E-05 | 1,44E-04 |
| 8 | - | 3,07E-05 | 7,53E-05 | 1,06E-04 | 2,25E-05 | 2,74E-06 | 2,52E-05 | 1,31E-04 |
| 9 | - | 3,58E-05 | 2,15E-04 | 2,51E-04 | 3,52E-05 | 1,33E-06 | 3,65E-05 | 2,87E-04 |
| 10 | - | 1,28E-05 | 3,99E-05 | 5,27E-05 | 1,53E-05 | 2,69E-06 | 1,80E-05 | 7,07E-05 |
| 11 | - | 1,54E-05 | 4,25E-05 | 5,79E-05 | 1,83E-05 | 3,25E-06 | 2,15E-05 | 7,95E-05 |
| 12 | - | 1,46E-04 | 4,55E-04 | 6,01E-04 | 8,18E-05 | 8,55E-06 | 9,04E-05 | 6,92E-04 |
| 13 | - | 1,17E-06 | 3,54E-06 | 4,71E-06 | 5,25E-07 | 4,99E-07 | 1,02E-06 | 5,73E-06 |
| 14 | - | 1,06E-05 | 1,90E-04 | 2,01E-04 | 2,55E-05 | 1,29E-07 | 2,56E-05 | 2,26E-04 |
| 15 | - | 2,42E-04 | 2,52E-04 | 4,93E-04 | 1,85E-05 | 7,23E-06 | 2,57E-05 | 5,19E-04 |
| 16 | - | 1,18E-05 | 2,12E-04 | 2,24E-04 | 7,71E-06 | 1,64E-06 | 9,34E-06 | 2,33E-04 |

8.3. Pesatura

Nelle Tabelle 19, 20 e 21 sono riportati i risultati della fase di pesatura per ciascuna categoria di impatto, sia complessivi che per fasi del ciclo di vita (UPSTREAM, CORE), per le tre diverse tipologie di piallaccio analizzate, (specie legnose di provenienza italiana, europea ed extra-europea). Si evidenzia che sono state escluse dalle tabelle e dalla figura le categorie di impatto caratterizzate dall'assenza di fattori di pesatura all'interno del metodo LCIA adottato.

Tabella 19. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza italiana - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|----|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 | Pt | 1,11E-05 | 2,58E-05 | 3,69E-05 | 1,88E-05 | 2,41E-07 | 1,91E-05 | 5,60E-05 |
| 2 | Pt | 1,40E-07 | 1,70E-07 | 3,10E-07 | 4,35E-09 | 2,52E-09 | 6,86E-09 | 3,17E-07 |
| 3 | Pt | 3,55E-07 | 1,67E-06 | 2,02E-06 | 1,27E-07 | 8,89E-09 | 1,36E-07 | 2,16E-06 |
| 4 | Pt | 1,29E-06 | 3,01E-06 | 4,30E-06 | 3,58E-07 | 5,98E-08 | 4,18E-07 | 4,72E-06 |
| 5 | Pt | 9,62E-07 | 4,54E-06 | 5,50E-06 | 7,43E-07 | 1,10E-07 | 8,53E-07 | 6,35E-06 |
| 6 | Pt | 1,91E-07 | 8,91E-07 | 1,08E-06 | 2,12E-07 | 9,16E-09 | 2,21E-07 | 1,30E-06 |
| 7 | Pt | 1,56E-07 | 2,64E-06 | 2,80E-06 | 2,35E-07 | 4,88E-09 | 2,39E-07 | 3,04E-06 |
| 8 | Pt | 1,90E-06 | 4,67E-06 | 6,57E-06 | 4,37E-07 | 5,16E-08 | 4,89E-07 | 7,06E-06 |
| 9 | Pt | 1,00E-06 | 6,02E-06 | 7,02E-06 | 9,70E-07 | 1,14E-08 | 9,81E-07 | 8,00E-06 |
| 10 | Pt | 3,79E-07 | 1,18E-06 | 1,56E-06 | 1,34E-07 | 2,42E-08 | 1,59E-07 | 1,72E-06 |
| 11 | Pt | 5,71E-07 | 1,58E-06 | 2,15E-06 | 1,87E-07 | 3,66E-08 | 2,23E-07 | 2,37E-06 |
| 12 | Pt | 2,81E-06 | 8,74E-06 | 1,15E-05 | 1,48E-06 | 4,99E-08 | 1,53E-06 | 1,31E-05 |
| 13 | Pt | 9,30E-08 | 2,81E-07 | 3,74E-07 | 3,71E-08 | 1,21E-08 | 4,92E-08 | 4,23E-07 |
| 14 | Pt | 9,00E-07 | 1,62E-05 | 1,71E-05 | 2,17E-06 | 3,33E-09 | 2,17E-06 | 1,93E-05 |
| 15 | Pt | 2,01E-05 | 2,09E-05 | 4,11E-05 | 1,11E-06 | 1,83E-07 | 1,29E-06 | 4,24E-05 |
| 16 | Pt | 8,87E-07 | 1,60E-05 | 1,69E-05 | 5,41E-07 | 3,76E-08 | 5,78E-07 | 1,75E-05 |

Tabella 20. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza europea - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|----|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 | Pt | 1,11E-05 | 2,58E-05 | 3,69E-05 | 1,88E-05 | 1,87E-06 | 2,07E-05 | 5,76E-05 |
| 2 | Pt | 1,40E-07 | 1,70E-07 | 3,10E-07 | 4,35E-09 | 1,95E-08 | 2,39E-08 | 3,34E-07 |
| 3 | Pt | 3,55E-07 | 1,67E-06 | 2,02E-06 | 1,27E-07 | 6,89E-08 | 1,96E-07 | 2,22E-06 |
| 4 | Pt | 1,29E-06 | 3,01E-06 | 4,30E-06 | 3,58E-07 | 4,64E-07 | 8,21E-07 | 5,12E-06 |
| 5 | Pt | 9,62E-07 | 4,54E-06 | 5,50E-06 | 7,43E-07 | 8,53E-07 | 1,60E-06 | 7,10E-06 |
| 6 | Pt | 1,91E-07 | 8,91E-07 | 1,08E-06 | 2,12E-07 | 7,09E-08 | 2,83E-07 | 1,36E-06 |
| 7 | Pt | 1,56E-07 | 2,64E-06 | 2,80E-06 | 2,35E-07 | 3,78E-08 | 2,72E-07 | 3,07E-06 |
| 8 | Pt | 1,90E-06 | 4,67E-06 | 6,57E-06 | 4,37E-07 | 4,00E-07 | 8,38E-07 | 7,41E-06 |

| | | | | | | | | |
|----|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 9 | Pt | 1,00E-06 | 6,02E-06 | 7,02E-06 | 9,70E-07 | 8,81E-08 | 1,06E-06 | 8,08E-06 |
| 10 | Pt | 3,79E-07 | 1,18E-06 | 1,56E-06 | 1,34E-07 | 1,88E-07 | 3,22E-07 | 1,88E-06 |
| 11 | Pt | 5,71E-07 | 1,58E-06 | 2,15E-06 | 1,87E-07 | 2,84E-07 | 4,71E-07 | 2,62E-06 |
| 12 | Pt | 2,81E-06 | 8,74E-06 | 1,15E-05 | 1,48E-06 | 3,87E-07 | 1,87E-06 | 1,34E-05 |
| 13 | Pt | 9,30E-08 | 2,81E-07 | 3,74E-07 | 3,71E-08 | 9,34E-08 | 1,31E-07 | 5,04E-07 |
| 14 | Pt | 9,00E-07 | 1,62E-05 | 1,71E-05 | 2,17E-06 | 2,58E-08 | 2,19E-06 | 1,93E-05 |
| 15 | Pt | 2,01E-05 | 2,09E-05 | 4,11E-05 | 1,11E-06 | 1,42E-06 | 2,53E-06 | 4,36E-05 |
| 16 | Pt | 8,87E-07 | 1,60E-05 | 1,69E-05 | 5,41E-07 | 2,91E-07 | 8,32E-07 | 1,77E-05 |

Tabella 21. Piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea - Pesatura: impatto per fasi del ciclo di vita (UF: 1 m²)

| Categoria di impatto e unità di misura | | UPSTREAM | | | CORE | | | TOT |
|--|----|--------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | Approvvigionamento fonti energetiche | Produzione materiali | TOT UPSTREAM | Produzione | Trasporti | TOT CORE | |
| 1 | Pt | 1,11E-05 | 2,58E-05 | 3,69E-05 | 1,95E-05 | 7,94E-07 | 2,03E-05 | 5,72E-05 |
| 2 | Pt | 1,40E-07 | 1,70E-07 | 3,10E-07 | 1,06E-08 | 8,27E-09 | 1,88E-08 | 3,29E-07 |
| 3 | Pt | 3,55E-07 | 1,67E-06 | 2,02E-06 | 1,45E-07 | 2,92E-08 | 1,74E-07 | 2,20E-06 |
| 4 | Pt | 1,29E-06 | 3,01E-06 | 4,30E-06 | 1,07E-06 | 1,97E-07 | 1,27E-06 | 5,57E-06 |
| 5 | Pt | 9,62E-07 | 4,54E-06 | 5,50E-06 | 8,62E-07 | 3,62E-07 | 1,22E-06 | 6,72E-06 |
| 6 | Pt | 1,91E-07 | 8,91E-07 | 1,08E-06 | 2,21E-07 | 3,01E-08 | 2,52E-07 | 1,33E-06 |
| 7 | Pt | 1,56E-07 | 2,64E-06 | 2,80E-06 | 2,57E-07 | 1,60E-08 | 2,73E-07 | 3,07E-06 |
| 8 | Pt | 1,90E-06 | 4,67E-06 | 6,57E-06 | 1,39E-06 | 1,70E-07 | 1,56E-06 | 8,13E-06 |
| 9 | Pt | 1,00E-06 | 6,02E-06 | 7,02E-06 | 9,84E-07 | 3,74E-08 | 1,02E-06 | 8,04E-06 |
| 10 | Pt | 3,79E-07 | 1,18E-06 | 1,56E-06 | 4,53E-07 | 7,95E-08 | 5,33E-07 | 2,09E-06 |
| 11 | Pt | 5,71E-07 | 1,58E-06 | 2,15E-06 | 6,78E-07 | 1,20E-07 | 7,98E-07 | 2,95E-06 |
| 12 | Pt | 2,81E-06 | 8,74E-06 | 1,15E-05 | 1,57E-06 | 1,64E-07 | 1,74E-06 | 1,33E-05 |
| 13 | Pt | 9,30E-08 | 2,81E-07 | 3,74E-07 | 4,17E-08 | 3,96E-08 | 8,13E-08 | 4,55E-07 |
| 14 | Pt | 9,00E-07 | 1,62E-05 | 1,71E-05 | 2,17E-06 | 1,10E-08 | 2,18E-06 | 1,93E-05 |
| 15 | Pt | 2,01E-05 | 2,09E-05 | 4,11E-05 | 1,54E-06 | 6,01E-07 | 2,14E-06 | 4,32E-05 |
| 16 | Pt | 8,87E-07 | 1,60E-05 | 1,69E-05 | 5,82E-07 | 1,24E-07 | 7,05E-07 | 1,76E-05 |

8.4. Analisi di sensitività

Scopo dell'analisi di sensitività è quello di valutare gli effetti prodotti da variazioni nelle "variabili in ingresso", ovvero da variazioni dei flussi in input al modello LCA, sulla/e "variabile/i risposta", ovvero sui risultati dello studio LCA stesso. Oltre che per stimare quanto la variazione di uno o più parametri incide sullo studio e sul singolo prodotto/processo, in particolare quando vi sia incertezza su quello/i specifico/i parametro/i, tale analisi è anche svolta al fine di determinare quantitativamente la variazione di impatto associata a possibili scenari alternativi alla situazione di riferimento. In questo caso, ovvero nell'eventualità di una "analisi per scenari", l'attenzione è preferibilmente posta su input significativi del sistema oggetto di studio su cui sia

ragionevolmente possibile intervenire, così da ottenere delle indicazioni sugli effetti di alternative realmente implementabili.

Nell'ambito del presente studio, l'analisi di sensitività è stata focalizzata sull'approvvigionamento energetico e, in particolare, dell'energia elettrica utilizzata nel processo produttivo del piallaccio tinto, in quanto rappresenta un input significativo (contributo non trascurabile agli impatti di ciclo di vita, al contrario di altri input, come ad esempio i trasporti), ragionevolmente e abbastanza semplicemente "modificabile" (rispetto ad altri input anche più rilevanti, come ad esempio le sostanze chimiche utilizzate nel processo produttivo).

Nel dettaglio, si è considerato l'utilizzo di energia elettrica proveniente sia da rete che da fonte solare, ipotizzando due scenari specifici:

- Scenario S1 – 80% energia elettrica da rete, 20% da fotovoltaico;
- Scenario S2 – 50% energia elettrica da rete, 50% da fotovoltaico.

L'energia elettrica da fotovoltaico è stata approssimata attraverso dati di background del database Ecoinvent ed, in particolare, tramite il dataset "*Electricity, low voltage {IT} electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted | Cut-off, U*".

I risultati dell'analisi di sensitività, focalizzata a titolo esemplificativo sul piallaccio realizzato con specie legnose di provenienza nazionale, in quanto di maggiore interesse ai fini dello studio di filiera, sono riportati in Tabella 22 (le variazioni percentuali per i piallacci realizzati con specie legnose di provenienza europea e extra-europea, anche se leggermente inferiori visto il maggiore contributo dei trasporti in questi casi, possono comunque essere considerate del medesimo ordine di grandezza).

Tabella 22. Risultati dell'analisi di sensitività sull'energia elettrica (Specie legnose nazionali – Caratterizzazione, UF: 1 m²)

| Categoria di impatto | Unità di misura | Studio di filiera | S1 | S2 | Var. S1 | Var. S2 |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|----------|----------|---------|---------|
| Climate change | kg CO2 eq | 2,15E+00 | 2,10E+00 | 2,05E+00 | -2,2% | -4,8% |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 2,70E-07 | 2,65E-07 | 2,57E-07 | -1,6% | -4,7% |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 1,82E-01 | 1,78E-01 | 1,71E-01 | -2,2% | -6,1% |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 4,01E-03 | 3,95E-03 | 3,85E-03 | -1,5% | -3,9% |
| Particulate matter | disease inc. | 4,22E-08 | 4,39E-08 | 4,36E-08 | +4,0% | +3,3% |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 1,63E-08 | 1,65E-08 | 1,66E-08 | +1,2% | +2,1% |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 2,41E-09 | 2,41E-09 | 2,41E-09 | +0,1% | +0,1% |
| Acidification | mol H+ eq | 6,32E-03 | 6,22E-03 | 6,00E-03 | -1,6% | -5,2% |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 4,59E-04 | 4,55E-04 | 4,48E-04 | -0,9% | -2,4% |

| | | | | | | |
|---|------------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,13E-03 | 1,11E-03 | 1,08E-03 | -1,7% | -4,6% |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,13E-02 | 1,11E-02 | 1,07E-02 | -2,0% | -5,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 2,91E+01 | 2,90E+01 | 2,90E+01 | -0,1% | -0,3% |
| Land use | Pt | 4,37E+00 | 4,29E+00 | 4,17E+00 | -1,8% | -4,6% |
| Water use | m3 depriv. | 2,60E+00 | 3,49E+00 | 3,47E+00 | +34,5% | +33,5% |
| Resource use, fossils | MJ | 3,31E+01 | 3,25E+01 | 3,16E+01 | -1,9% | -4,6% |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,47E-05 | 1,53E-05 | 1,64E-05 | +3,8% | +11,2% |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 2,08E+00 | 2,03E+00 | 1,98E+00 | -2,3% | -4,9% |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 6,95E-02 | 6,90E-02 | 6,82E-02 | -0,8% | -2,0% |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 8,59E-04 | 8,62E-04 | 8,75E-04 | +0,4% | +1,8% |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 9,34E-10 | 9,39E-10 | 9,50E-10 | +0,5% | +1,7% |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 3,73E-09 | 3,71E-09 | 3,68E-09 | -0,6% | -1,6% |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,19E-08 | 1,21E-08 | 1,23E-08 | +1,7% | +3,1% |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 2,95E-10 | 2,95E-10 | 2,94E-10 | +0,2% | -0,2% |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | - | - |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 2,11E-09 | 2,12E-09 | 2,12E-09 | +0,1% | +0,2% |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 2,56E-01 | 2,74E-01 | 2,74E-01 | +7,0% | +6,9% |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 4,68E+00 | 4,68E+00 | 4,68E+00 | -0,1% | -0,05% |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 2,41E+01 | 2,41E+01 | 2,40E+01 | -0,2% | -0,4% |

Inoltre, avendo osservato per l'acqua ossigenata un contributo significativo sul totale in massa degli input al sistema (82% circa) e considerata la potenziale conseguente rilevanza in termini di impatto ambientale associata a tale sostanza chimica, si è deciso di svolgere un'analisi di sensitività anche su questo input. In particolare, si è ipotizzato di considerare il dataset utilizzato per modellare tale flusso come rappresentativo del solo perossido di idrogeno (e non del prodotto in forma diluita) e, sulla base della scheda tecnica acquisita per il prodotto in cui lo stesso è classificato come "acqua ossigenata 35%", si è considerata solo una percentuale del 35% (2,22E-01 kg) del flusso in massa ottenuto dalla raccolta dei dati di inventario.

I risultati di tale analisi sono sintetizzati in Tabella 23. Come si può vedere, i risultati diminuiscono in maniera rilevante sia nelle categorie di impatto significative (da -22% a -49%) che in quelle non significative (da -14% a -54%). Come già evidenziato al par. 7.1, si suggerisce perciò all'utilizzatore della banca dati di effettuare una modellazione più dettagliata dell'acqua ossigenata, sulla base delle schede tecniche disponibili, in modo da ottenere risultati che siano il più robusti possibile.

Tabella 23. Risultati dell'analisi di sensitività sull'acqua ossigenata (Specie legnose nazionali – Caratterizzazione, UF: 1 m²)

| Categoria di impatto | Unità di misura | Studio di filiera | 35% di H ₂ O ₂ | Var. |
|----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|--------|
| Climate change | kg CO2 eq | 2,15E+00 | 1,67E+00 | -22,4% |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 2,70E-07 | 2,16E-07 | -20,1% |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 1,82E-01 | 1,03E-01 | -43,1% |

| | | | | |
|---|--------------|----------|----------|----------|
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 4,01E-03 | 2,80E-03 | -30,2% |
| Particulate matter | disease inc. | 4,22E-08 | 2,97E-08 | -29,6% |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 1,63E-08 | 1,18E-08 | -27,4% |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 2,41E-09 | 1,18E-09 | -51,2% |
| Acidification | mol H+ eq | 6,32E-03 | 4,54E-03 | -28,2% |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 4,59E-04 | 2,89E-04 | -37,1% |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,13E-03 | 7,77E-04 | -31,5% |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,13E-02 | 8,13E-03 | -28,1% |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 2,91E+01 | 2,04E+01 | -29,7% |
| Land use | Pt | 4,37E+00 | 3,11E+00 | -28,8% |
| Water use | m3 depriv. | 2,60E+00 | 1,31E+00 | -49,3% |
| Resource use, fossils | MJ | 3,31E+01 | 2,47E+01 | -25,3% |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,47E-05 | 8,47E-06 | -42,5% |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 2,08E+00 | 1,62E+00 | -22,3% |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 6,95E-02 | 5,34E-02 | -23,1% |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 8,59E-04 | 5,42E-04 | -36,9% |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 9,34E-10 | 6,62E-10 | -29,1% |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 3,73E-09 | 3,19E-09 | -14,6% |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,19E-08 | 8,23E-09 | -31,0% |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 2,95E-10 | 2,13E-10 | -27,7% |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 2,11E-09 | 9,63E-10 | -54,5% |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 2,56E-01 | 1,62E-01 | -36,8% |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 4,68E+00 | 4,00E+00 | -14,6% |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 2,41E+01 | 1,63E+01 | -32,5% |

9. Interpretazione dei risultati

L'interpretazione di uno studio di ciclo di vita, svolta sulla base di una analisi critica dei risultati delle precedenti fasi di analisi dell'inventario e valutazione dell'impatto, è finalizzata a comprendere la ragionevolezza del risultato finale in termini di impatto ambientale, trarre le conclusioni, spiegare le limitazioni dei risultati ottenuti, nonché fornire delle raccomandazioni sulla base degli stessi risultati.

Le evidenze dell'interpretazione dei risultati del presente studio LCA di filiera, svolta in accordo alle indicazioni della ISO 14040, sono riportate nei paragrafi successivi.

9.1. Categorie di impatto rilevanti

L'analisi dei risultati derivanti dalla fase di normalizzazione mostra come le categorie di impatto in assoluto più rilevanti per tutte e tre le tipologie di piallaccio indagate siano *Ecotoxicity Freshwater* e *Resource use, fossils*, seguite dalle categorie *Eutrophication, freshwater*, *Climate*

Change, Water use e Resource use, minerals and metals, che presentano valori di impatto leggermente inferiori e tra loro confrontabili.

Come si può notare dalle Tabelle 16-18 e dal grafico riassuntivo di Figura 10, infatti, le categorie *Ecotoxicity Freshwater* e *Resource use, fossils* mostrano, per ciascuna delle tre tipologie di piallaccio, valori di impatto significativamente maggiori rispetto alla media di tutti gli impatti normalizzati, mentre le altre categorie individuate presentano impatti tra di loro comparabili che si discostano in modo meno evidente rispetto al valore medio.

L'analisi dei risultati derivanti dalla fase di pesatura (Tabelle 19-21) conferma sostanzialmente le categorie più rilevanti in termini di impatto per tutte e tre le tipologie di piallaccio indagate, anche se indica la categoria *Climate Change* come più significativa in assoluto e fa emergere anche la categoria *Ozone depletion* come caratterizzata da un impatto considerevole.

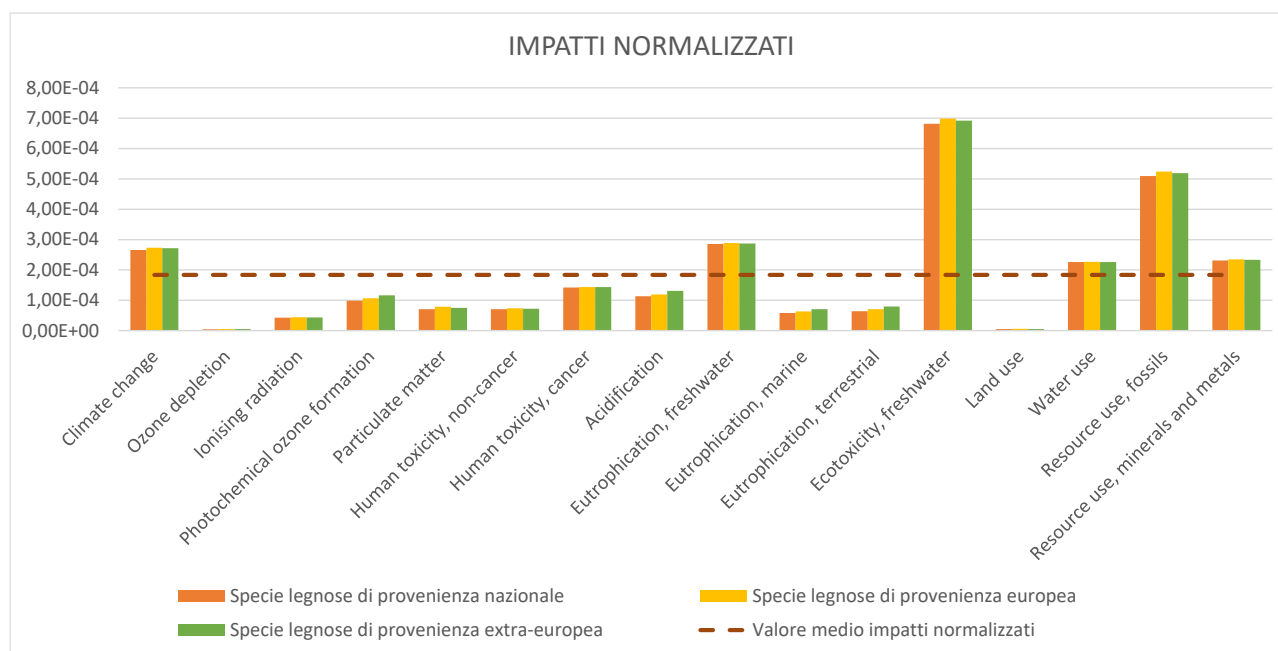


Figura 10. Individuazione delle categorie di impatto rilevanti

9.2. Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

Facendo sempre riferimento ai risultati della fase di normalizzazione (Tabelle 16-18), è possibile notare come sia la fase UPSTREAM a rivestire il ruolo più rilevante in termini di impatti di ciclo di vita. Tale fase, infatti, fornisce per tutte e tre le tipologie di piallaccio considerate un contributo variabile tra l'86% e il 97% circa dell'impatto totale di tutte le categorie individuate come più significative, ad eccezione della categoria *Climate Change*, per cui contribuisce per un 64-66% circa (Tabella 24). In riferimento a tale categoria, infatti, anche la fase CORE e, in

particolare, il processo di produzione vero e proprio del piallaccio, riveste un ruolo importante, essenzialmente a causa della combustione del metano per la generazione del calore necessario nei vari step del processo stesso e del trattamento dei rifiuti di processo.

All'interno della fase UPSTREAM è la produzione dei materiali utilizzati per la realizzazione del piallaccio tinto (essenzialmente sostanze chimiche) a rappresentare il processo più significativo, con un contributo agli impatti di tale fase variabile dal 51% circa al 95% circa a seconda della categoria considerata tra quelle individuate come più rilevanti; il contributo di tale processo agli impatti totali di ciclo di vita è, invece, variabile in funzione della categoria considerata tra un 45% circa e un 91% circa. Il processo di approvvigionamento/produzione dell'energia contribuisce evidentemente per il restante 5-49% circa agli impatti della fase UPSTREAM e fornisce contributi variabili tra il 4% e il 47% degli impatti totali per le diverse categorie considerate (Figura 11).

In termini di input materiali al sistema oggetto di studio, quello che emerge in assoluto come più rilevante in termini di impatto è l'acqua ossigenata utilizzata nel processo produttivo, che fornisce un contributo alla fase UPSTREAM per le diverse categorie rilevanti nel range 40-86% circa (ovvero, un contributo agli impatti totali del 33-76% circa), seguita dagli stabilizzatori con un contributo variabile dall'8% al 17% circa (5-16% circa termini di impatti totali).

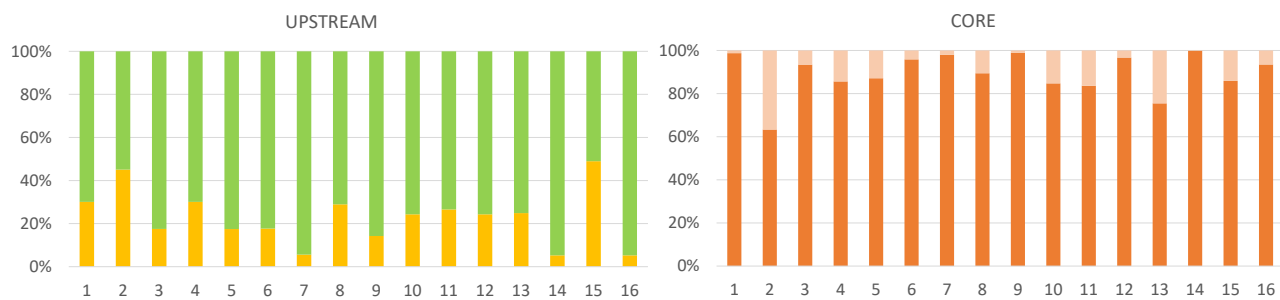
La combustione di gas metano in apposita caldaia per la generazione del calore necessario nei diversi step del processo di produzione rappresenta invece il processo più rilevante in assoluto per la categoria *Climate Change*, per cui rappresenta il 77% circa dell'impatto in riferimento alla fase CORE e un 28% circa dell'impatto totale di ciclo di vita.

Tabella 24. Rilevanza delle fasi del ciclo di vita (Normalizzazione, UF: 1 m²)

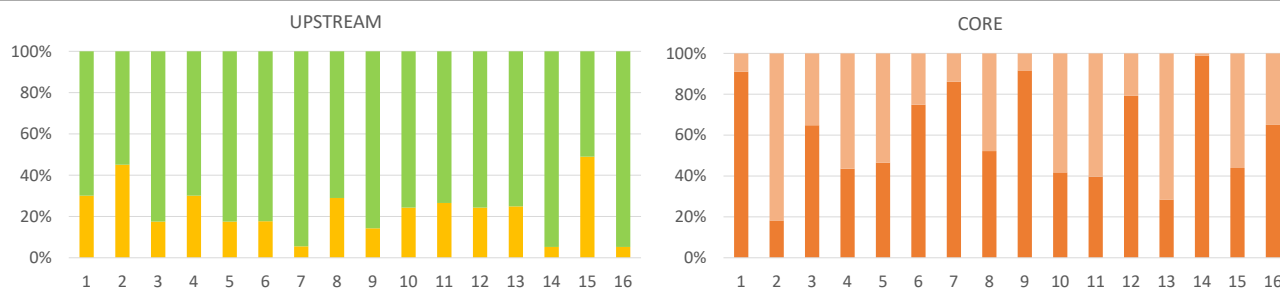
| Categoria di impatto | Specie legnose di provenienza italiana | | Specie legnose di provenienza europea | | Specie legnose di provenienza extra-europea | |
|-----------------------------------|--|-------|---------------------------------------|-------|---|-------|
| | UPSTREAM | CORE | UPSTREAM | CORE | UPSTREAM | CORE |
| Climate change | 65,9% | 34,1% | 64,0% | 36,0% | 64,5% | 35,5% |
| Eutrophication, freshwater | 87,7% | 12,3% | 86,9% | 13,1% | 87,3% | 12,7% |
| Ecotoxicity, freshwater | 88,3% | 11,7% | 86,1% | 13,9% | 86,9% | 13,1% |
| Water use | 88,7% | 11,3% | 88,6% | 11,4% | 88,7% | 11,3% |
| Resource use, fossils | 96,9% | 3,1% | 94,2% | 5,8% | 95,0% | 5,0% |
| Resource use, minerals and metals | 96,7% | 3,3% | 95,3% | 4,7% | 96,0% | 4,0% |

NORMALIZZAZIONE

Specie legnose nazionali



Specie legnose europee



Specie legnose extra-europee

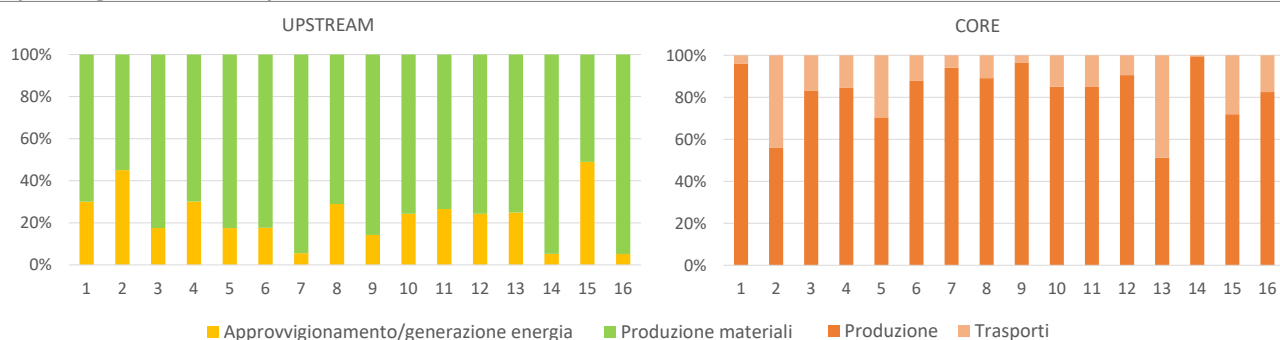


Figura 11. Contributi percentuali alle categorie di impatto per fasi del ciclo di vita (normalizzazione)

9.3. Flussi elementari rilevanti

L'analisi, svolta per le categorie di impatto in assoluto più rilevanti, mostra come per la categoria *Ecotoxicity freshwater* siano le emissioni di Alluminio in aria e nel terreno i flussi più significativi, con contributi rispettivamente del 34% circa e del 30% circa al totale dell'impatto della fase di normalizzazione, principalmente associati alla produzione dei materiali e, in particolare, dell'acqua ossigenata e delle sostanze chimiche inorganiche. Rilevanti per questa categoria risultano essere anche le emissioni in acqua di Alluminio e Cloruri, con contributi rispettivamente del 13% circa e del 11-12% circa al totale dell'impatto, dovuti sostanzialmente alla produzione dell'acqua ossigenata e delle sostanze chimiche inorganiche e all'approvvigionamento del gas metano utilizzato nel processo produttivo.

Per quanto riguarda la categoria *Resource use, fossils*, sono invece Gas, natural (64-65% circa) e Oil, crude (13-15% circa) a costituire i flussi di materie prime in assoluto più rilevanti, seguiti da Coal, hard (10% circa) e Uranium (9% circa). Ancora una volta sono la produzione dell'acqua ossigenata e l'approvvigionamento del gas metano utilizzato nel processo produttivo i principali responsabili di tali flussi rilevanti, anche se assumono importanza i consumi di energia elettrica.

Il flusso più significativo per la categoria *Eutrophication, freshwater* (99,9% circa del totale dell'impatto) è rappresentato dalle emissioni di fosfati in acqua associate principalmente alla produzione dell'acqua ossigenata, mentre per la categoria *Climate Change* sono le emissioni in aria di Anidride Carbonica e Metano di origine fossile a rappresentare i flussi più rilevanti, con un contributo rispettivamente del 84% circa e del 11% circa al totale dell'impatto.

Per quanto riguarda invece la categoria *Resource use, minerals and metals*, sono il Tellurio e l'Oro i flussi di materie prime in assoluto più rilevanti, con contributi rispettivamente del 61% circa e del 14% circa al totale dell'impatto della fase di normalizzazione, seguiti dal Rame con un contributo del 7% circa. I principali responsabili di tali flussi rilevanti son ancora una volta la produzione dell'acqua ossigenata e delle sostanze chimiche inorganiche.

10. Conclusioni

Nel presente report, a seguito di una descrizione della filiera dei piallacci in legno, delle sue caratteristiche peculiari, dei prodotti rappresentativi e delle principali tipologie di impatto (sia ambientale che socio-economico) che la contraddistinguono, sono presentati i risultati di uno specifico studio LCA applicato alla filiera stessa. Lo studio è stato svolto sulla base di dati che possono essere ritenuti ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio a livello nazionale.

All'interno della filiera, in particolare, è stata considerata la tipologia di piallaccio ritenuta più diffusa e rilevante in termini di applicazioni (impiallacciatura mediante incollaggio su supporto, realizzazione di prodotti come compensati, curvati, tavole, masselli, ecc.) e sono stati presi in considerazione tre differenti prodotti finiti ritenuti particolarmente rilevanti in termini di "rappresentatività geografica" (provenienza delle specie legnose), ovvero:

- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza italiana;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza europea;
- Piallaccio di legno tinto, realizzato con specie legnose di provenienza extra-europea.

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio “cradle to gate”, ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al “cancello aziendale”, dalla fase di approvvigionamento delle materie prime/materiali ausiliari (è esclusa la produzione del piallaccio vergine) fino alla produzione del piallaccio tinto pronto per la distribuzione, senza includere le successive fasi di uso e fine vita. I dati utilizzati ai fini dello studio sono tutti dati primari sito-specifici, raccolti direttamente presso l’azienda coinvolta nel GdL di filiera e nelle attività di progetto (TABU) e sono ritenuti di qualità buona.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite metodo valutazione degli impatti il metodo EF 3.0, che costituisce il metodo di valutazione dell’iniziativa della Commissione Europea sull’impronta ambientale e consente di ottenere un profilo di impatto completo a livello di prodotto, indicano che:

- le categorie di impatto in assoluto più rilevanti per tutte e tre le tipologie di piallaccio indagate sono *Ecotoxicity Freshwater* e *Resource use, fossils*, seguite dalle categorie *Eutrophication, freshwater*, *Climate Change*, *Water use* e *Resource use, minerals and metals*, che presentano valori di impatto leggermente inferiori e tra loro confrontabili (risultati della fase di normalizzazione);
- la categoria di impatto *Climate Change* emerge come più significativa in assoluto in riferimento ai risultati derivanti dalla fase di pesatura e anche la categoria *Ozone depletion* risulta per questa fase caratterizzata da un impatto considerevole (è comunque confermata la rilevanza delle categorie emerse come più rilevanti dalla fase di normalizzazione degli impatti);
- la fase UPSTREAM è la più rilevante in termini di impatti di ciclo di vita, con un contributo variabile tra il 78% e il 97% circa dell’impatto totale di tutte le categorie individuate come più significative per tutte e tre le tipologie di piallaccio considerate (solo per la categoria di impatto *Climate Change* il contributo è inferiore e dell’ordine del 64-66%);
- la fase CORE riveste un ruolo importante in termini di impatto per la categoria *Climate Change*, essenzialmente a causa della generazione del calore necessario nel processo (combustione metano) e del trattamento dei rifiuti di processo;
- la produzione dei materiali utilizzati per la realizzazione del piallaccio tinto (essenzialmente sostanze chimiche) rappresenta il processo più significativo, con un

contributo agli impatti della fase UPSTREAM variabile dal 51% circa al 95% circa e un contributo agli impatti totali di ciclo di vita variabile tra un 45% circa e un 91% circa a seconda della categoria considerata tra quelle più rilevanti;

- l'acqua ossigenata utilizzata nel processo produttivo è l'input materiale al sistema oggetto di studio in assoluto più rilevante in termini di impatto (contributo alla fase UPSTREAM nel range 40-86% e contributo agli impatti totali del 33-76% circa per le diverse categorie rilevanti);
- la combustione di gas metano per la generazione del calore di processo di produzione è invece il processo più rilevante in assoluto per la categoria *Climate Change* (77% circa dell'impatto in riferimento alla fase CORE e un 28% circa dell'impatto totale di ciclo di vita);
- i flussi più significativi sono rappresentati dalle emissioni di Alluminio in aria, nel terreno e in acqua e dalle emissioni in acqua di Cloruri (categoria *Ecotoxicity freshwater*), ma anche da Gas, natural e Oil, crude in termini di materie prime (Categoria *Resource use, fossils*), dalle emissioni di fosfati in acqua (categoria *Eutrophication, freshwater*) e dalle emissioni in aria di Anidride Carbonica e Metano di origine fossile (categoria *Climate Change*).

L'analisi di sensitività focalizzata sull'uso di energia elettrica nel processo produttivo del piallaccio tinto – input ritenuto significativo in virtù del contributo non trascurabile agli impatti di ciclo di vita e della ragionevole e abbastanza semplicemente possibilità di intervento sullo stesso – svolta considerando l'approvvigionamento sia da rete che da fonte solare (attraverso impianto fotovoltaico), ha mostrato una riduzione generalizzata dell'impatto per tutte le categorie più rilevanti, ad eccezione delle categorie *Resource use, minerals and metals* e *Water use*, per cui si è invece osservato un incremento più o meno significativo degli impatti di ciclo di vita.

In particolare, in un ipotetico scenario S1 caratterizzato da un 80% di energia elettrica proveniente da rete e un 20% da fotovoltaico, si osserva una riduzione degli impatti di 1-2 punti percentuale circa (a fronte di un incremento del 4% circa per la categoria *Resource use, minerals and metals* e di un +34% circa per la categoria *Water use*), mentre in un ipotetico scenario S2 in cui il contributo da fotovoltaico raggiunge il 50%, tale riduzione risulterà anche un -5% circa e (a fronte di un +11% circa per la categoria *Resource use, minerals and metals* e di un +34% circa per la categoria *Water use*).

L'analisi di sensitività focalizzata sull'acqua ossigenata, flusso in assoluto più rilevante sia in termini di massa che di impatto ambientale, ha mostrato una riduzione significativa e generalizzata dell'impatto per tutte le categorie, incluse quelle più rilevanti (principalmente tra un -20% e un -30% circa, con valori massimi del 50-55% circa).

Concludendo, è possibile quindi affermare che, nonostante un confronto esteso con la letteratura tecnica e scientifica esistente non sia possibile (a causa della carenza di studi e delle differenze anche sostanziali nelle caratteristiche delle filiere e dei prodotti analizzati), vista la natura dei dati utilizzati, i risultati dello studio possono essere considerati ragionevolmente rappresentativi degli impatti associati ad 1 m² piallaccio tinto prodotto a livello nazionale.

Ai fini della riduzione degli impatti di ciclo di vita, l'utilizzo di energia elettrica da fonti rinnovabili può essere considerata una strategia implementabile e sufficientemente efficace, anche se, in virtù della fonte specifica di approvvigionamento potrebbe risultare necessario porre particolare attenzione ad alcune categorie di impatto, ritenute più sensibili alla variazione di approvvigionamento. Sempre in ottica di ottimizzazione dal punto di vista ambientale, anche se più difficilmente implementabili per le peculiarità del processo produttivo, sarebbero da prendere in considerazione anche interventi su altri input/output, quali le sostanze chimiche che rappresentano le unità di processo in assoluto più rilevanti.

Bibliografia

- [1]. DIN 4079:2016-01 Veneers - Thicknesses. Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), 06/01/2016
- [2]. RafITALIA 2017-2018. Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale Italia. ISBN: 978-88-98850-34-1.
- [3]. FederlegnoArredo (anno 2014). Il Legno massiccio. Materiale per un'edilizia sostenibile.
- [4]. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (2020). Strategia Forestale Nazionale
- [5]. DIN 4079:2016-06 - Veneers - Thicknesses
- [6]. DIN 68330:2016-06 - Veneers - Terms and definitions
- [7]. [Foto: Danzer Group https://www.danzer.com/images/products/_folderandflyer/Danzer%20%20Cuts.pdf
- [8]. "The best of wood veneer" Furnier + Natur e.V. - Wagenführ A., Tobisch S., Emmler R., Beate Buchelt B., Schulz T.- IFN Initiative Furnier+Natur e.V. Desdra 01/2011
- [9]. Negozio della France Telecom a Parigi, fonte: www.oberflex.fr
- [10]. Facciata di un edificio commerciale in Joseph-Goggeln-Straße a Düsseldorf, foto: Redevco
- [11]. Foto Interno di una Mercedes CLS, fonte: Dräxlmaier
- [12]. Foto: Stephane Brarin, fonte: Officine tedesche (Deutsche Werkstätten) di Hellerau
- [13]. ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica <https://www.istat.it/>
- [14]. FederlegnoArredo – Assopannelli 1977-2017 – 40 anni di eccellenza sul territorio. Tradizione innovazione sostenibilità. Il ciclo continuo della materia prima legno nei pannelli.
- [15]. Rapporto della FederlegnoArredo del 2020 "La Filiera del legno-arredo Italiana
- [16]. Preconsuntivi FederlegnoArredo 2021 <https://www.federlegnoarredo.it/it/servizi/centro-studi-dati-e-ricerche/rapporti-e-numeri-di-settore/filiera-legno-arredo-preconsuntivi-2021> letti su <https://www.ambientecucinaweb.it/federlegnoarredo-vola-la-filiera-nel-2021/>
- [17]. FederlegnoArredo Sistema Pannelli Import/Export–Gennaio/Dicembre 2021

- [18]. <https://comtrade.un.org/pb/>
- [19]. Pubblicazione Assolegno - “La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi”
- [20]. UNI EN 338:2016 - Legno strutturale - Classi di resistenza
- [21]. UNI EN 1912:2012 - Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie visuali e delle specie.
- [22]. UNI EN 14081-1:2019 - Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali.
- [23]. DIN EN 204 - Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications.
- [24]. DIN EN 12765 - Classification of thermosetting wood adhesives for non-structural applications.
- [25]. UNI EN 13986:2015 - “Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura”.
- [26]. DIN 68861 - Furniture surfaces.
- [27]. CEN/TS 16611:2016 - Mobili. Valutazione della resistenza delle superfici ai micro-graffi.
- [28]. EN 13721:2004 - Mobili. Valutazione della riflettanza della superficie.
- [29]. EN ISO 2808:2019 - Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film.
- [30]. ISO 4211-4:1988 – Furniture -Tests for surfaces - Part 4: Assessment of resistance to impact.
- [31]. M.U.2111 Prova di resistenza alle creme per mani.
- [32]. UNI 8941-3 Calcolo della differenza di colore.
- [33]. UNI 9240:2016 - Mobili - Determinazione dell'adesione delle finiture al supporto mediante prova di strappo.
- [34]. UNI 9241:1987 + A275:1989 - Mobili. Prove sulle finiture delle superficie. Determinazione della resistenza delle superficie all'azione della sigaretta.
- [35]. UNI 9300:2020 - Finiture per il legno - Determinazione della tendenza delle superfici a ritenere lo sporco.
- [36]. [UNI 9429:2015 - Finiture del legno e dei mobili - Determinazione della resistenza delle superfici agli sbalzi di temperatura.
- [37]. UNI EN 12721:2013 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici al calore umido.
- [38]. UNI EN 12722:2013 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici al calore secco.
- [39]. UNI EN 15185:2011 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici all'abrasione.
- [40]. UNI EN 15186:2012 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici al graffio.
- [41]. UNI EN 15187:2007 Mobili
- [42]. Green Deal europeo - Risoluzione del Parlamento europeo del 10 febbraio 2021 sul nuovo piano d'azione per l'economia circolare (2020/2077(INI))
- [43]. https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- [44]. Green Italy 2021. Un'economia a misura d'uomo per il futuro dell'Europa. UNIONCAMERE e Symbola ISBN 9788899265670.
- [45]. Sole 24 ORE <https://www.ilsole24ore.com/art/dal-riciclo-legno-valore-14-miliardi-e-6mila-posti-lavoro-italia-ABn8YOYB>
- [46]. Regolamento (UE) N. 529/2013/UE Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2013.
- [47]. FederlegnoArredo (2016). Il made in Italy abita il futuro. Il legno-arredo verso un'economia circolare. In collaborazione con Symbola.
- [48]. Il roadshow sull'architettura in legno d'avanguardia in tour in Europa. <https://www.wooddays.eu/it/wood-and-climate/index.html>
- [49]. Tesi: Utilizzo dei Carbon sink per ridurre ed intrappolare le emissioni di GHG presenti nell'atmosfera. Costruzioni in legno. Matassoni I. - Politecnico di Torino - A.A 2019/2020- Valutazione degli effetti dell'esposizione alla luce.
- [50]. <https://it.fsc.org/it-it>
- [51]. Report del 2021 per le Certificazione FSC in Italia
- [52]. <https://www.pefc.it>
- [53]. Report PEFC Italia - Attività 2021. Disponibile online: <https://cdn.pefc.org/pefc.it/media/2022-02/7709d76d-3374-4e71-a7c1-89845c1d69d2/fc9b3a90-0c4f-578e-b106-0bcaafe8094d.pdf>
- [54]. <https://gpp.mite.gov.it/Home/PianoAzioneNazionaleGPP>
- [55]. <https://gpp.mite.gov.it/CAM-vigenti>
- [56]. Acquistare verde! - Manuale sugli appalti pubblici verdi -3a edizione - Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni ufficiali dell'Unione europea, 2016 – ISBN 978-92-79-56849-7.
- [57]. <http://ec.europa.eu/environment/gpp/helpdesk.htm>
- [58]. <http://ec.europa.eu/environment/gpp>.
- [59]. Decreto Legislativo 19 aprile 2017, n. 56. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/05/5/17G00078/sg>
- [60]. Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022. DM 23 giugno 2022. Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di fornitura, noleggio ed estensione della vita utile di arredi per interni.

- [61]. <https://www.isprambiente.gov.it/it>
- [62]. DECISIONE (UE) 2016/1332 DELLA COMMISSIONE del 28 luglio 2016
- [63]. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue/prodotti-e-servizi-che-possano-ottenere-il-marchio/prodotti-1>
- [64]. <https://www.epditaly.it>
- [65]. <https://www.environdec.com>
- [66]. <https://www.eco-platform.org/>
- [67]. UNI 10578:1997 Legno. Piallacci naturali e naturali trattati. Termini e definizioni.
- [68]. UNI 10651:1998 Legno - Piallacci naturali e naturali trattati - Determinazione delle caratteristiche fisiche
- [69]. UNI EN ISO 14040:2021. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- [70]. UNI EN ISO 14044:2018. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.
- [71]. Joint Research Centre, 2010. ILCD Handbook. General Guide for Life Cycle Assessment-Detailed Guidance
- [72]. ASTM International, 2017. Product Category Rules for preparing an environmental product declaration for decorative overlays for use on composite wood panels. Disponibile online: https://pcr-epd.s3.us-east-2.amazonaws.com/346.PCR_for_Decorative_Overlays.pdf
- [73]. EPDItaly, 2020. PCR Part B for wood and wood-based products for use in construction: EPDItaly004. Disponibile online: https://www.epditaly.it/en/pcr_/pcr-part-b-for-wood-and-wood-based-products-for-use-in-construction-epditaly004/
- [74]. UL Environment, 2019. Product Category Rules Guidance for building-rated products and services. Part B: Structural and Architectural Wood Products EPD Requirements. Disponibile online: https://corrim.org/wp-content/uploads/2021/03/PCRPartB2019e10010-9_1.pdf
- [75]. Zampori, L. and Pant, R., Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-00654-1, doi:10.2760/424613, JRC115959.
- [76]. European Commission, PEFCR Guidance document - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December 2017. Disponibile online: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf
- [77]. SimaPro Software. Disponibile online: <https://simapro.com/>
- [78]. Wernet B., Bauer G., Steubing C., Reinhard B., Moreno-Ruiz J., and Weidema E., 2016. "The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology," Int. J. Life Cycle Assess. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>
- [79]. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. FAO, 2020, Rome.
- [80]. General Programme Instructions for the International EPD® System, Version 4.0. 2021-03-29. Disponibile online: <https://www.environdec.com/resources/documentation#generalprogrammeinstructions>.
- [81]. IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 – Energy. Disponibile online: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- [82]. <https://www.ets.minambiente.it/News#248-pubblicazione-parametri-standard-nazionali-anno-2021>

AGROALIMENTARE

EDILIZIA COSTRUZIONI

ENERGIA

LEGNO ARREDO

ISBN 978-88-8286-507-8



enea.it