

STUDIO DI FILIERA DELLA SEDUTA MONOSCOCCA CURVATA



Autori:

Valentina Fantin, Flavia Frisone, Caterina Rinaldi (ENEA)

Alessandra Cecchini (Manifaktura S.r.l.)

Revisione critica interna: Flavio Scrucca (ENEA)

Data di redazione: Dicembre 2022

Progetto Arcadia - approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA per l'uso efficiente delle risorse

Linea di intervento 2: Realizzazione della Banca Dati Italiana LCA

Azione 5: Analisi e raccolta dati per la costruzione della Banca Dati

Sommario

1	Sintesi.....	4
2	Scopo del documento	4
3	Studio di filiera della seduta monoscocca curvata	5
3.1	Gruppo di lavoro.....	5
3.2	Ambito di applicazione dello studio	5
3.2.1	Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento	5
3.2.2	Descrizione del processo produttivo e confini del sistema.....	6
3.2.3	Assunzioni e giudizi di valore.....	10
3.2.4	Gestione della multifunzionalità.....	11
3.2.5	Revisione critica.....	11
3.2.6	Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti	12
3.2.7	Informazioni ambientali aggiuntive	12
3.3	Modellazione dei dataset della filiera	13
3.4	Analisi di inventario	13
3.4.1	Assunzioni utilizzate nello studio.....	13
3.4.2	Descrizione e documentazione processi unitari	15
3.4.3	Sviluppo dei dataset	24
3.5	Valutazione degli impatti ambientali.....	24
3.5.1	Caratterizzazione	25
3.5.2	Normalizzazione	26
3.5.3	Pesatura	27
3.5.4	Analisi di sensibilità	27
3.6	Interpretazione dei risultati.....	30
3.6.1	Categorie di impatto rilevanti.....	31
3.6.2	Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti	31
3.6.3	Flussi elementari rilevanti	33
3.7	Conclusioni	34
3.8	Bibliografia.....	35
3.9	Allegati allo studio di filiera della seduta monoscocca curvata	36

Lista delle Figure

Figura 1. Seduta monoscocca curvata.....	7
Figura 2. Diagramma di flusso della seduta monoscocca curvata per arredo scolastico.....	8
Figura 3. Confini del sistema del processo di produzione della seduta monoscocca curvata rappresentativa destinata all'utilizzo nelle scuole superiori	10
Figura 4. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 seduta monoscocca curvata, per le categorie di impatto più rilevanti.....	33

Lista delle Tabelle

Tabella 1. Gruppo di lavoro per lo studio LCA di filiera della seduta monoscocca curvata	5
Tabella 2. Unità funzionale della seduta monoscocca curvata.....	6
Tabella 3. Percentuale delle diverse tipologie di trattamento per ogni frazione dei rifiuti urbani (ISPRA, 2020b).....	14
Tabella 4. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata del peso di 4,632 kg.....	20
Tabella 5. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta	25
Tabella 6. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta	26
Tabella 7. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta.....	27
Tabella 8. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo B.	28
Tabella 9. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo D.....	30
Tabella 10. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 seduta monoscocca curvata per le categorie di impatto più rilevanti.....	32
Tabella 11. Limite di emissione per pavimentazione in legno secondo CAM	39

Lista degli Acronimi

CAM	Criteri Ambientali Minimi
CLP	Classification, Labelling and Packaging
COV	Composti Organici Volatili
EPD	Environmental Product Declarations
LCA	Life Cycle Assessment
REACH	Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
SVHC	Substances of Very High Concern

1 Sintesi

Il presente report presenta i risultati di uno specifico studio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) applicato alla filiera dei mobili scolastici, ed in particolare ad una seduta monoscocca curvata del peso di 4,632 kg. La seduta monoscocca è utilizzata in ambito scolastico in particolare nelle aule, nelle sale comuni come biblioteche, sala studio, sala insegnanti, ecc. per scuole secondarie di primo e secondo grado.

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio “cradle-to-gate”, ovvero considerando tutti i processi fino al “cancello aziendale”, senza includere la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita, utilizzando dati di qualità prevalentemente buona (dati primari raccolti presso le imprese coinvolte). L'unità funzionale è 1 seduta monoscocca curvata del peso di 4,632 kg e di dimensioni 40 cm*40 cm*46 cm (altezza), con funzione di seduta per alunni e durata media pari a 15 anni.

I risultati della categoria Climate Change per il ciclo di vita della produzione della seduta monoscocca curvata sono pari ad un totale di 8,65 kg CO₂ eq./1 seduta, di cui 7,59 kg CO₂ eq. associati alla produzione e al trasporto del telaio grezzo e della monoscocca curvata e 1,06 kg CO₂ eq. associati alla produzione della seduta. In letteratura non esistono, a nostra conoscenza, studi LCA di prodotti analoghi alla seduta monoscocca curvata analizzata in questo report e non è perciò possibile effettuare un confronto tra i risultati ottenuti e quelli di letteratura. Anche le EPD pubblicate, provenienti da diversi Programme Operator, si riferiscono a sedute costituite da componenti differenti (es. telaio e seduta in legno, telaio in acciaio e seduta in plastica, ecc.) e non è stato possibile reperire EPD di prodotti simili a quello studiato. Tuttavia, si può affermare che, nonostante queste rilevanti differenze, i risultati ottenuti risultano appartenenti allo stesso ordine di grandezza di quelli presenti in tali EPD.

La fase di produzione del telaio grezzo e della monoscocca è preponderante in tutte le categorie di impatto più significative. La produzione dei tubolari in acciaio per il telaio, la produzione del pannello in compensato per la monoscocca e il consumo di energia elettrica mostrano i contributi più rilevanti in tutte le categorie di impatto più significative. Il trasporto di acciaio, telaio grezzo e monoscocca, la produzione dei gommini e delle viti, l'utilizzo della caldaia combinata e la gestione dei rifiuti contribuiscono in modo meno rilevante alle categorie di impatto più significative.

Si ringraziano le aziende Arreda La Scuola e Mobilferro srl per avere contribuito con i dati forniti al presente studio e allo sviluppo dei dataset per la banca dati di Arcadia.

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 LCA della filiera dei mobili scolastici, in particolare della seduta monoscocca curvata.

3 Studio di filiera della seduta monoscocca curvata

3.1 Gruppo di lavoro

In Tabella 1 è riportato il gruppo di lavoro che ha contribuito al presente studio.

Tabella 1. Gruppo di lavoro per lo studio LCA di filiera della seduta monoscocca curvata

Nome	Ente/impresa	Tipologia	Sito web
Caterina Rinaldi (coordinatrice progetto Arcadia)	ENEA	Centro di ricerca	https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise e-mail: caterina.rinaldi@enea.it tel: 051-6098388
Valentina Fantin (responsabile studio filiera dei mobili scolastici)	ENEA	Centro di ricerca	https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise e-mail: valentina.fantin@enea.it tel: 051-6098532
Flavia Frisone	ENEA	Centro di Ricerca	e-mail: flavia.frisone@enea.it
Alessandra Cecchini	Manifaktura srl	Consulente	e-mail: a.cecchini@manifaktura2020.com tel: 0721-585252
Francesco Balducci	Manifaktura srl	Consulente	e-mail: a.cecchini@manifaktura2020.com tel: 0721-585252
Massimiliano Di Biase	Arreda La scuola	Impresa	e-mail: max@arredalascuola.it tel: 349-8208482
Alessandro Stella	Mobilferro	Impresa	e-mail: alessandro@mobilferro.org Tel. 0425701181

Le aziende, i consulenti e gli altri componenti del gruppo di lavoro hanno deciso di partecipare al progetto ARCADIA e fornire il loro contributo allo studio di filiera per lo sviluppo dei dataset relativi ai mobili scolastici sia ai fini della valutazione/miglioramento delle prestazioni ambientali dei propri prodotti, anche in ottica di un possibile ottenimento di etichette ambientali (EPD, Made Green in Italy, ...), che per ragioni di visibilità nella banca dati e in altre iniziative di disseminazione legate alla partecipazione al progetto.

3.2 Ambito di applicazione dello studio

3.2.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

La funzione del sistema è la produzione di una seduta monoscocca curvata destinata all'utilizzo nelle istituzioni scolastiche. La seduta deve essere conforme alle norme UNI EN 1729-1 (UNI EN 2016a) e UNI EN 1729-2 (UNI EN, 2016b), che prevedono prove cicliche di durata delle sedute scolastiche espresse in numero di cicli e prove di resistenza, di stabilità e di urto.

L'unità funzionale (Tabella 2) è 1 seduta monosca curvata di dimensioni 40 cm*40 cm*46 cm (altezza), di peso 4,632 kg, con funzione di seduta per alunni e durata media pari a 15 anni. Tale unità funzionale è ritenuta più idonea anche dalle aziende e dagli esperti di settore coinvolti nello studio di filiera ed è congruente, così come la durata media di 15 anni, con i documenti di settore esistenti, es. le Product Category Rules (PCR) for Seats del sistema Environdec (EPD International AB, 2022).

Il flusso di riferimento è rappresentato da 1 seduta monosca curvata con telaio in acciaio e monosca in legno di faggio.

Lo studio LCA è stato sviluppato in conformità alle norme ISO 14040-14044 (UNI EN ISO, 2021a, 2021b), 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 (JRC, 2010).

Tabella 2. Unità funzionale della seduta monosca curvata

Funzione fornita	Che cosa?	Seduta monosca curvata per alunni scolastici
Quantità della funzione fornita	Quanto?	1 seduta monosca curvata di peso 4,632 kg con telaio in acciaio e monosca in legno di faggio, con dimensioni 40 cm*40 cm*46 cm
Il livello di qualità della funzione attesa	Quanto bene la funzione viene espletata (non sempre applicabile/definibile)	La seduta in questione risulta essere conforme alle norme di riferimento per l'utilizzo in ambiente scolastico UNI EN 1729-1 e UNI en 1729-2. Tali norme prendono in considerazione la sicurezza, la durabilità e la resistenza del prodotto. Inoltre la monosca è costituita da pannello multistrato di faggio curvato che rispetta le principali norme di riferimento per quanto riguarda l'emissione di formaldeide del pannello (vedi CAM arredi) e per quanto riguarda le norme di riferimento per le superfici (UNI 9300:2020 Finiture per il legno - Determinazione della tendenza delle superfici a ritenere lo sporco; UNI EN 15186:2012 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici al graffio; UNI EN 15185:2011 Mobili - Valutazione della resistenza delle superfici all'abrasione; UNI EN 15187:2007 Mobili - Valutazione degli effetti dell'esposizione alla luce)
La durata del prodotto	Per quanto tempo la funzione è espletata?	La durata minima può essere stimata in 15 anni

3.2.2 Descrizione del processo produttivo e confini del sistema

La seduta monosca curvata considerata per lo studio si compone di un telaio in acciaio che

sorregge la seduta costituita da una monoscocca curvata in faggio (Figura 1). Il telaio in acciaio è a sua volta realizzato da due tubolari in acciaio opportunamente tagliati, piegati e saldati al centro; la monoscocca curvata, costituita da multistrati di faggio, è assemblata al telaio attraverso quattro viti in acciaio e infine quattro gommini vengono incassati ai piedini del telaio per garantire la funzione antiscivolo. I tubolari che compongono il telaio sono realizzati con acciaio del tipo E 220 + CR2S2 conformi alla normativa europea EN 10305 (UNI EN, 2016c) (tubi saldati di acciaio al carbonio non legato per applicazioni di precisione). Il codice E220 indica che il tubo è stato realizzato con saldatura longitudinale; il codice CR2 indica che il telaio che non è adatto a trattamento termico dopo saldatura e il codice S2 indica che il telaio è stato realizzato da nastro laminato a caldo decapato.



Figura 1. Seduta monoscocca curvata

Il processo produttivo della seduta monoscocca curvata è composto dalle seguenti fasi (Figura 2):

- **Arrivo telai grezzi e sedute monoscocca**: i telai grezzi (tubolari tagliati e uniti al centro con saldatura) e le sedute monoscocca in faggio arrivano in azienda da fornitori esterni e sono stoccati in magazzino fino alle successive fasi di lavorazione.
- **Verniciatura** dei telai: tale fase racchiude altri sottoprocessi come si evince dal diagramma di di flusso di produzione in (Figura 2):
 - ✓ **Pretrattamento**: i telai grezzi sono appesi ad una catenaria che in automatico, ad una velocità costante di 1,5 m/min circa, conduce i telai all'interno di un tunnel di prelavaggio con liquido fosfosgrassante che rimuove le impurità dal metallo (costituite da residui di polvere metalliche e olii di lavorazione in seguito al taglio e alla saldatura che il telaio ha subito precedentemente).
 - ✓ **Asciugatura in forno**: i telai, sempre appesi alla catenaria, proseguono all'interno di un forno per il tempo necessario alla completa asciugatura delle superfici trattate con il liquido fosfosgrassante
 - ✓ **Verniciatura**: i telai sono verniciati con polveri epossidiche che li ricoprono interamente, attraverso l'utilizzo di pistole elettrostatiche automatiche. La quantità di vernice in esubero è ricircolata e riutilizzata per i telai successivi.

- ✓ **Polimerizzazione:** i telai ricoperti da polveri epossidiche entrano nuovamente nel forno per la fase di polimerizzazione, che avviene ad una temperatura di circa 200°C consentendo la solidificazione della vernice precedentemente applicata. Alla fine di questa operazione, i telai una volta verniciati procedono sulla catenaria fino ad arrivare nella zona di pallettizzazione dove sono sganciati e trasportati in magazzino tramite muletti elettrici.
- **Assemblaggio:** in questa fase il telaio è assemblato alla monoscocca attraverso l'avvitamento di quattro viti che uniscono il telaio alla seduta e l'inserimento di quattro gommini antiscivolo ai piedi del telaio, il prodotto finito è pronto per essere distribuito. Non è utilizzato alcun tipo di imballaggio finale, in quanto le sedie possono essere facilmente impilate e caricate manualmente sui mezzi di trasporto.

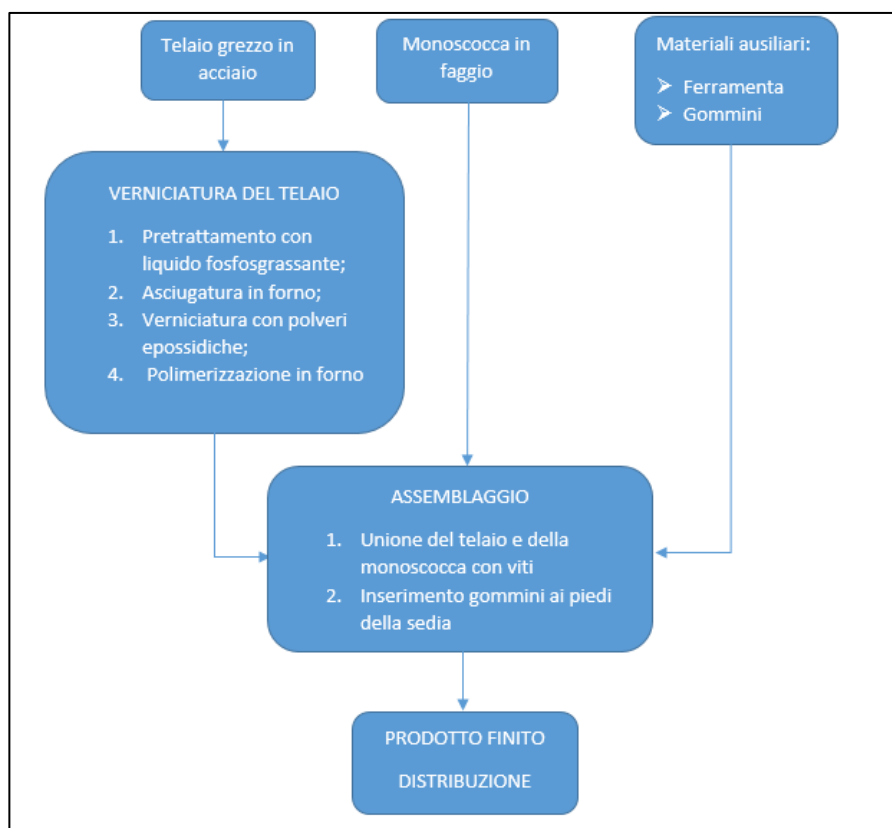


Figura 2. Diagramma di flusso della seduta monoscocca curva per arredo scolastico

Ai fini dello studio LCA di filiera si è adottato un approccio “cradle-to-gate”, ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al “cancello aziendale”, escludendo la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuali ulteriori lavorazioni/trattamenti eseguiti presso il cliente finale e il processo di riuso/riciclo/smaltimento della seduta). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase di approvvigionamento dei componenti necessari alla produzione della seduta monoscocca, fino alla fase di assemblaggio (il prodotto finale non viene imballato), pronto per essere distribuito al cliente finale, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di produzione della seduta rappresentativa della filiera dell’arredo scolastico.

In dettaglio, i confini del sistema includono le seguenti fasi e processi (Figura 3):

- Produzione del telaio grezzo in acciaio e della monoscocca curvata in legno (esterne all'azienda) e loro trasporto all'azienda che produce la seduta finita;
- Produzione e assemblaggio della seduta monoscocca curvata, che include i seguenti processi:
 - ✓ Pretrattamento chimico del telaio della seduta, che comprende i consumi di sostanze chimiche (liquido fosfosgrassante), di acqua e di energia elettrica per movimentare la catenaria a cui sono appesi i telai;
 - ✓ Asciugatura del telaio, che include i consumi di combustibile per il forno e di energia elettrica per movimentare la catenaria;
 - ✓ Verniciatura del telaio in acciaio con polvere epossidica e polimerizzazione della stessa attraverso un secondo passaggio in forno, che comprende il consumo di vernice dei relativi imballaggi, i consumi di energia elettrica per le pistole elettrostatiche e di combustibili (gas naturale) per il forno;
 - ✓ Assemblaggio della seduta monoscocca con il telaio in acciaio, che comprende il consumo di energia elettrica, dei materiali (viti e gommini) e i relativi imballaggi;
 - ✓ La movimentazione delle sedute finite, che comprende il consumo di energia elettrica per i muletti;
 - ✓ La produzione dei rifiuti, il loro trasporto e trattamento finale;
 - ✓ Le emissioni in aria relative alla combustione di gas naturale nel forno e quelle provenienti dai camini delle cappe delle cabine di verniciatura e del tunnel di fosfosgrassaggio (in cui si incanalano tutti i vapori in seguito al processo di pretrattamento).

È esclusa dai confini del sistema la produzione di macchinari ed infrastrutture (e relativi rifiuti di manutenzione), con l'eccezione di quelli già contenuti nei dataset di Ecoinvent utilizzati per modellare i dati di background. Tale scelta è congruente con quanto stabilito dalle PCR for Seats (EPD International AB, 2022).

La fase di produzione del telaio grezzo e della monoscocca non sono gestite direttamente dall'azienda coinvolta nel GdL: la produzione del telaio è stata perciò modellata utilizzando dati stimati provenienti da aziende dello stesso gruppo industriale dell'azienda coinvolta nel GdL, le quali producono telai per sedie scolastiche con le stesse tecnologie e gli stessi processi di lavorazione di quella in esame; la produzione della monoscocca è stata modellata utilizzando il dataset del pannello in compensato contenuto in Ecoinvent, in quanto, per caratteristiche e funzionalità, esso è stato ritenuto dal GdL il più adatto a rappresentare il pannello di faggio necessario a produrre la monoscocca. Esso infatti include l'utilizzo di varie tipologie di legname simili al faggio (es. betulla) che sono più adatte, rispetto al pannello in compensato di pioppo contenuto nella Banca Dati di Arcadia, a subire il processo di curvatura necessaria a produrre la monoscocca. Le fasi di curvatura e sagomatura della monoscocca sono state stimate sulla base di dati provenienti degli esperti di settore coinvolti nel GdL, in quanto la produzione della stessa

avviene in un'azienda esterna localizzata in un altro paese europeo (Bulgaria) e non è stato possibile ottenere dati primari riguardo a queste lavorazioni.

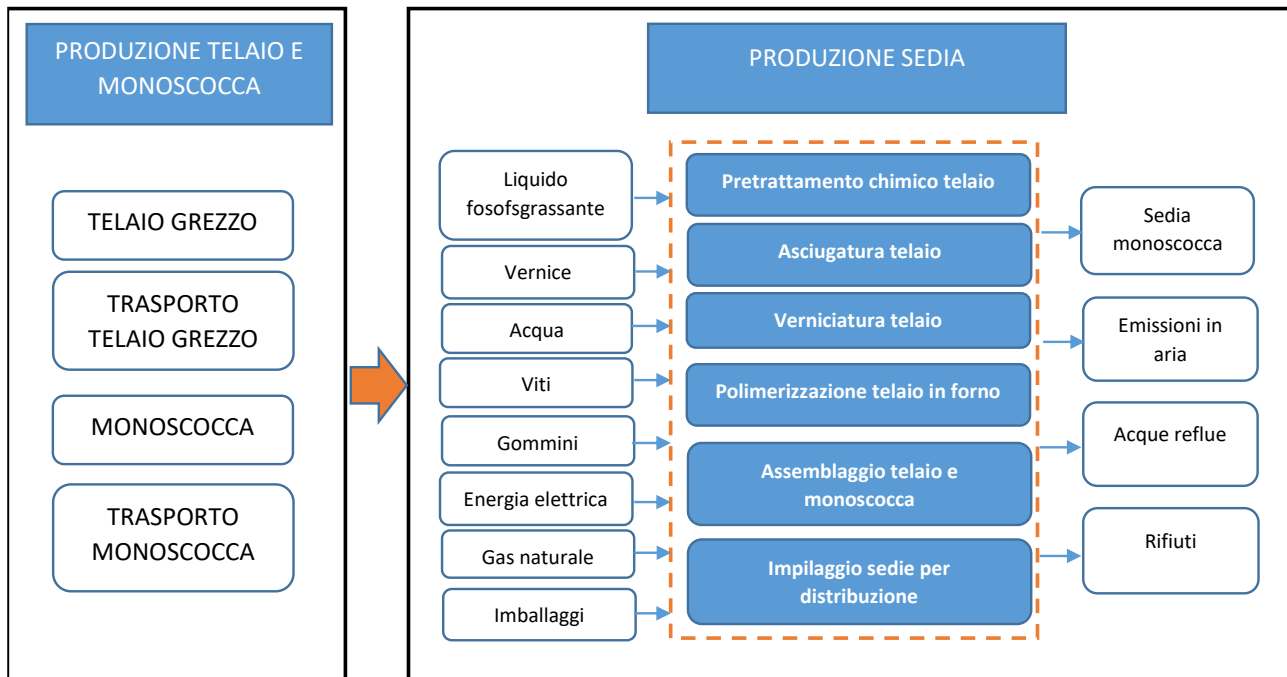


Figura 3. Confini del sistema del processo di produzione della seduta monoscaocca curva rappresentativa destinata all'utilizzo nelle scuole superiori

3.2.3 Assunzioni e giudizi di valore

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso a dati primari disponibili a livello di filiera, raccolti presso l'impresa coinvolta nel GdL, e riferiti alla produzione della seduta monoscaocca dell'anno 2021, rappresentativi della filiera italiana di questa tipologia di seduta e delle tecnologie (tipologie di macchinari, attrezzature, ecc.) in essa impiegate. All'interno del GdL si sono selezionate aziende il cui processo produttivo e le cui tecnologie sono state considerate rappresentative di una situazione media italiana relativa alla produzione della seduta monoscaocca curva per utilizzo scolastico.

I dati di inventario relativi ai diversi processi presenti all'interno dei confini del sistema sono dunque 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 medie rappresentative del trasporto fino all'azienda produttrice della seduta monoscaocca, desunte da dati caratteristici derivanti dall'impresa coinvolta nello studio di 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 stati per la maggior parte misurati; nei casi in cui essi siano stati calcolati o provengano da letteratura, sono stati tutti controllati da esperti);
- molto buona la rappresentatività temporale dei dati (nessun dato si riferisce a un periodo antecedente di 3 anni lo studio di filiera);

- molto buona la rappresentatività geografica dei dati (il processo descritto è rappresentativo del luogo geografico indicato negli studi di filiera);
- molto buona la rappresentatività tecnologica dei dati (il processo descrive in modo dettagliato la tecnologia attualmente presente sul mercato, includendo tutti i flussi di materia ed energia in input e output).

3.2.4 Gestione della multifunzionalità

Durante la produzione della seduta monoscoocca curvata sono contemporaneamente prodotti altri prodotti di arredo scolastico (banchi e armadietti), che costituiscono coprodotti della filiera produttiva. Laddove possibile si è deciso di evitare di applicare procedure di allocazione per attribuire i flussi di input ed output tra il prodotto principale (seduta monoscoocca curvata) e i coprodotti, attraverso un incremento del livello di dettaglio del modello, ovvero suddividendo un processo multifunzione in singole unità di processo monofunzionali, così da individuare quelle effettivamente di interesse. Nei casi in cui ciò non fosse possibile, si è deciso di applicare un'allocazione su base fisica considerando il numero delle sedie monoscoocca prodotte annualmente rispetto al numero totale di sedie e altri coprodotti.

In dettaglio, i consumi di materiali e i relativi imballaggi e rifiuti, laddove non fossero disponibili misure dirette, sono stati attribuiti alla produzione della sola seduta monoscoocca considerando il numero totale di telai (per sedie e banchi) verniciati annualmente, mentre i consumi energetici e di combustibili e le emissioni in atmosfera sono stati attribuiti alla seduta monoscoocca considerando le potenze nominali dei macchinari, il numero di sedute prodotte in un'ora o in un giorno e i tempi di lavorazione. Infine, per la fase di assemblaggio e di movimentazione della seduta, il consumo energetico è stato attribuito alla seduta monoscoocca considerando il numero delle sedute monoscoocca assemblate annualmente rispetto al numero totale di sedute e altri coprodotti assemblati in un anno.

Per quanto riguarda invece la produzione del telaio in acciaio, non essendo disponibili dati primari relativi all'azienda coinvolta nel GdL, si sono utilizzati dati stimati (comunque controllati dagli esperti di settore) provenienti da un'azienda dello stesso gruppo industriale dell'azienda coinvolta nel GdL, riguardanti la lavorazione dell'acciaio per ottenere i telai per sedie e banchi (si è considerato che i telai per sedie e banchi siano prodotti con le medesime tecnologie e a partire dal medesimo tipo di acciaio, sia che siano utilizzati per produrre sedie, sia che siano utilizzati per produrre banchi). In dettaglio, i consumi di materiali ausiliari, i relativi imballaggi e rifiuti, sono stati attribuiti alla sola produzione del telaio per la seduta monoscoocca considerando il numero totale di telai per sedie e banchi prodotti dall'azienda; i consumi energetici per il taglio, la piegatura e la saldatura dell'acciaio sono stati attribuiti alla sola produzione del telaio per le sedie considerando le potenze delle macchine, i tempi di lavorazione e il numero di telai per sedie prodotti mediamente in un giorno. Ulteriori dettagli sono disponibili al par. 4.4.2.

3.2.5 Revisione critica

Il presente studio di filiera ed il relativo modello LCA nel software SimaPro sono stati messi a disposizione per la revisione di parte terza, prevista all'interno del progetto Arcadia.

3.2.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

In conformità con la metodologia di Arcadia, il metodo di valutazione degli impatti utilizzato è EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019), che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale (Commissione Europea, 2017) e che comprende caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione. Per le fasi di normalizzazione e ponderazione si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di normalizzazione e ponderazione (si veda par. 3.5 per i risultati).

Per lo svolgimento dello studio è stato utilizzato il software SimaPro versione 9 (SimaPro) contenente la banca dati commerciale Ecoinvent 3.7.1 (Wernet et al., 2016), da cui sono stati selezionati tutti i dataset utilizzati nella modellazione e riguardanti i dati di background. In un'ottica di rappresentatività geografica, temporale e tecnologica dei processi di banca dati utilizzati si è fatto riferimento a tecnologie medie globali e ai più recenti dati disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1.

3.2.7 Informazioni ambientali aggiuntive

Le emissioni di polveri derivanti dal processo di verniciatura, seppur inserite nello studio, non sono incluse nella fase di valutazione degli impatti in quanto non esistono appositi fattori di caratterizzazione nelle categorie di impatto del metodo PEF 3.0. Tuttavia, secondo ISPRA (2006), la verniciatura industriale a polvere è stata riconosciuta tra le Migliori Tecniche Disponibili (MTD) tra le verniciature industriali. Essa, infatti, è in linea con una politica di ecosostenibilità determinata dalla mancata emissione di solventi nelle acque di scarico e dal recupero totale delle polveri utilizzate nelle lavorazioni, evitando la dispersione di sostanze nocive dannose sia per l'uomo sia per l'ambiente.

Per verniciatura industriale a polvere s'intende l'insieme dei sottoprocessi descritti nel diagramma di flusso al paragrafo 4.2.2, ovvero pretrattamento con liquido fosfosgrassante, asciugatura in forno, verniciatura a polvere in cabine attraverso l'utilizzo di pistole elettrostatiche automatiche e successiva polimerizzazione della stessa tramite ulteriore passaggio in forno. Tra i vantaggi ambientali dell'uso delle vernici in polvere, ISPRA (2006) afferma che in questa tecnologia di rivestimento le polveri in esubero sono continuamente riciclate dalle apposite apparecchiature per essere reimmesse nel ciclo di produzione, evitando sprechi e riducendo al minimo la dispersione di polveri nell'ambiente. Inoltre, tale tipo di verniciatura non genera reflui né emissioni di COV (Composti Organici Volatili) in quanto, essendo applicata tramite lo spruzzo assistito elettrostaticamente, non richiede una ripresa di particelle di vernice di overspray tramite l'acqua e quindi non è necessario il riprocessamento dei reflui acquosi e può essere evitato l'uso di additivi (come agenti di coagulazione), conducendo ad ulteriori vantaggi dal punto di vista ambientale e di uso delle risorse.

In ogni caso, l'azienda che ha fornito i dati per lo studio di filiera possiede di opportuni sistemi di aspirazione e filtrazione che rispettano le normative di riferimento e i relativi limiti di emissione, consentendo di captare e filtrare adeguatamente i flussi gassosi rilasciati in atmosfera, senza particolari ripercussioni a livello ambientale.

3.3 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. Il dataset sviluppato per lo studio di filiera è quello relativo alla seduta monoscocca curvata media italiana, giudicato insieme al GdL come rappresentativo della filiera produttiva nazionale e delle relative tecnologie, e contiene al proprio interno tutti i dati e i flussi di input ed output necessari alla costruzione dello stesso. Il dataset è relativo alla sola fase di produzione e non include tutti i trasporti del prodotto finito alla sua destinazione finale di uso.

Sono, invece, in linea generale, incluse le operazioni di trasporto relative alla fase di produzione. 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 della seduta monoscocca curvata.

3.4 Analisi di inventario

Ai fini della raccolta dei dati primari presso l’azienda coinvolta nel GdL, 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 l’azienda e contestualmente è stata avviata una formazione “on the job” ai tecnici/referenti dell’impresa riguardante la metodologia LCA e le modalità operative per effettuare la raccolta dei dati lungo la filiera. Ulteriori informazioni e dati primari sono stati poi raccolti attraverso riunioni telefoniche o via web dedicate e attraverso la predisposizione di questionari in formato word. Tale procedura ha permesso di effettuare una raccolta dati molto dettagliata relativa alla produzione di sedute monoscocca curvate dell’azienda coinvolta, permettendo di quantificare tutti i flussi in input e output relativi al processo produttivo.

Non si sono utilizzati dati secondari per la costruzione dello studio LCA di filiera in quanto non è stato possibile reperire dati di letteratura e/o settore relativi alla produzione di sedute monoscocca curvate, nonostante un’attenta analisi della letteratura esistente attraverso l’utilizzo delle banche dati bibliografiche (Scopus, Google Scholar, Science Direct).

I dati provenienti dall’azienda coinvolta nel GdL sono stati perciò considerati, dopo un’attenta consultazione coi membri del GdL stesso, rappresentativi a livello tecnologico della situazione italiana, e sulla base di essi si è costruito il dataset di filiera.

I dati primari direttamente raccolti si riferiscono ad una impresa coinvolta nel GdL che produce sedute monoscocca curvate, banchi, armadietti, per un quantitativo totale medio di sedute monoscocca curvate pari a 3400 nel 2021.

3.4.1 Assunzioni utilizzate nello studio

Nello studio di filiera sono state effettuate le seguenti assunzioni:

- In accordo con il GdL e con l’azienda coinvolta nello studio, si è considerato, per la produzione del telaio della seduta, un acciaio primario (carbonio non legato) realizzato in un forno con tecnologia Basic Oxygen Furnace (BOF). Tale tipologia di acciaio è conforme

alla norma europea EN 10305-3 (UNI EN, 2016c), che specifica i requisiti per i tubi saldati di acciaio al carbonio non legato per applicazioni di precisione. Maggiori dettagli sono forniti al par. 3.4.2.1. In accordo con il GdL, il peso specifico del multistrato di faggio che costituisce la monoscocca è stato considerato pari a 765 kg/m³. La produzione della monoscocca è stata modellata utilizzando il dataset del pannello in compensato contenuto in Ecoinvent, in quanto, per caratteristiche e funzionalità, esso è stato ritenuto dal GdL il più adatto per subire il processo di curvatura necessario a ottenere la seduta in esame. Non essendo disponibili dati primari o secondari/di letteratura relativi alla curvatura e alla sagomatura del pannello per ottenere la monoscocca, i consumi di energia di tale lavorazioni sono stati stimati sulla base di dati provenienti dagli esperti di settore che appartengono al GdL.

- Il potere calorifico del gas naturale è stato considerato pari a 8430 kcal/m³ = 35,3 MJ/m³ (ISPRA, 2020a).
- Gli scenari di smaltimento dei rifiuti di plastica e carta sono stati costruiti in base alle informazioni presenti in ISPRA (2020b), attribuendo a ciascun materiale una percentuale di recupero energetico, riciclo e discarica (Tabella 3).

Tabella 3. Percentuale delle diverse tipologie di trattamento per ogni frazione dei rifiuti urbani (ISPRA, 2020b).

Materiale	% rifiuto in DISCARICA	% rifiuto RICICLATO	% rifiuto a RECUPERO ENERGETICO
Acciaio	17,8%	82,2%	0,0%
Alluminio	23,9%	70,0%	6,1%
Carta	11,6%	80,8%	7,6%
Legno	34,8%	63,1%	2,1%
Plastica	10,1%	45,5%	44,4%
Vetro	22,7%	77,3%	0,0%

- Per modellare il trattamento dei rifiuti, si è utilizzato l'approccio del General Programme Instructions dell'International EPD System (EPD INTERNATIONAL AB, 2021): il produttore dei rifiuti è ritenuto responsabile degli impatti ambientali degli stessi fino al punto in cui essi hanno valore economico negativo (ovvero fino a quando essi cessano di essere qualificati come rifiuti). In pratica, per i materiali destinati a riciclo, si sono inseriti nello studio i processi di raccolta, trasporto e selezione, escludendo quindi i trattamenti successivi per produrre materiale riciclato/secondario e gli eventuali benefici derivanti dall'uso del materiale secondario prodotto. In tal caso, i processi che avvengono dopo la cessazione di qualifica di rifiuto sono attribuiti ai sistemi prodotto che utilizzano il materiale riciclato. Per l'incenerimento con recupero energetico, si sono inclusi nello studio i processi di raccolta, pretrattamento e incenerimento, escludendo quindi i benefici dell'uso dell'energia prodotta. Per il trattamento in discarica, si sono incluse le operazioni di trattamento in discarica dei rifiuti, la cattura e la combustione del metano prodotto, escludendo tuttavia i benefici derivanti dalla produzione e uso dell'energia.

Con l'eccezione del consumo energetico per il taglio e la piegatura del pannello in compensato, come descritto nei paragrafi precedenti, non vi sono segnalare importanti carenze di dati in quanto è stata effettuata una dettagliata raccolta dati presso l'azienda coinvolta nello studio di filiera. In ogni caso, laddove dati misurati non fossero disponibili presso l'azienda (es. per lo stoccaggio di olio fosfosgrassante in cisternette di plastica), si è proceduto, in collaborazione con il GdL e l'azienda stessa, a stimare i quantitativi mancanti.

3.4.2 Descrizione e documentazione processi unitari

Nella Tabella 4 è riportata una breve descrizione di tutti i processi/flussi coinvolti nel ciclo di vita del prodotto oggetto di studio e tutti i dati relativi ai processi unitari utilizzati nello studio di filiera, con una chiara identificazione della banca dati (e relativi dataset) di riferimento.

Tutti i dati di Tabella 4 sono riferiti alla produzione di una seduta monoscozza curvata e si riferiscono ad un insieme di dati primari forniti dall'azienda e dati stimati.

Nei paragrafi successivi è indicata la documentazione relativa alle procedure di calcolo effettuate e ad alcune assunzioni che si sono rese necessarie per il calcolo dei dati di input e output relativi ad una seduta monoscozza rappresentativa della filiera dei mobili scolastici (Tabella 4).

3.4.2.1 Telaio in acciaio e monoscozza in legno di faggio

In accordo con il GdL e l'azienda coinvolta, si è considerato che il telaio in acciaio della seduta giunga all'azienda già assemblato ma grezzo: esso consiste in due tubolari già tagliati, piegati e uniti da un punto di saldatura ma non ancora verniciati. In mancanza di dati primari, si è perciò deciso di modellare la produzione del telaio grezzo utilizzando dati stimati (comunque controllati dagli esperti di settore) provenienti da aziende dello stesso gruppo industriale dell'azienda coinvolta nel GdL, riguardanti la lavorazione dell'acciaio per ottenere i telai per sedie e banchi (i telai per sedie e banchi sono prodotti con le medesime tecnologie e con la stessa tipologia di acciaio in entrata, sia che siano utilizzati per produrre sedie, sia che siano utilizzati per produrre banchi). In dettaglio, a partire dai dati di lavorazione dell'acciaio per ottenere il telaio del banco, si è considerato il consumo di energia elettrica per il taglio dei tubolari e per la saldatura pari a un quarto rispetto a quella necessaria per realizzare le stesse lavorazioni per il telaio del banco. Tale scelta è stata presa in accordo con le aziende coinvolte e con gli esperti di settore, ed è giustificata dal fatto che per il telaio del banco sono realizzati quattro tagli su un tubolare di diametro 40 x 1,5 mm, mentre per la seduta si realizzano 2 tagli di un tubolare di dimensioni 18 x 1,5mm (la sezione del tubolare della seduta è pari a circa la metà di quello del banco). Inoltre, la seduta presenta un solo punto di saldatura centrale rispetto a quella del banco che ha quattro punti di saldatura. Per tali motivi, si è ipotizzato che anche il tempo di lavorazione per il taglio e la saldatura del telaio della seduta siano pari ad un quarto di quelli del banco. Infine, il consumo di energia per la piegatura dei tubolari del telaio della seduta è stato stimato essere uguale a quello per il taglio dei tubolari, in quanto le aziende non hanno potuto rendere disponibili dati stimati.

Per quanto riguarda la produzione dell'acciaio, si è deciso di utilizzare il dataset *Steel, unalloyed {RER}| steel production, converter, unalloyed | Cut-off, U* sia nel rispetto della tecnologia di produzione dell'acciaio utilizzata dall'azienda, ovvero Basic Oxygen Furnace (BOF), che per il tipo di acciaio utilizzato conforme alla norma europea EN 10305-3 E220 + CR2 S2 (UNI EN, 2016c), che

specifica i requisiti per i tubi saldati di acciaio al carbonio non legato per applicazioni di precisione (tali dati sono stati rilevati dalla scheda tecnica fornita dalle aziende). Per acciaio non legato s'intende una lega di ferro e carbonio con un quantitativo di altri elementi quali manganese, silicio, fosforo, zolfo, ecc. in percentuali minime nel rispetto della normativa UNI EN 10020: 2001 che risponde alla composizione chimica del grado di acciaio utilizzato dall'azienda (E 220) (in tale acciaio non è contenuto cromo). Il dataset scelto è stato quindi giudicato come il più rappresentativo sia della tipologia di acciaio utilizzato per il telaio della seduta sia della tecnologia con cui esso è prodotto.

La quantità di olio da taglio utilizzata per produrre il telaio della seduta, e di acqua di rete per emulsionare l'olio da taglio, è stata calcolata a partire dal consumo annuale dell'azienda produttrice dei telai (dato fornito dall'azienda) e considerando una stima del numero totale di telai per banchi e sedie prodotti annualmente. Si è perciò deciso, in accordo con il GdL, e vista la quantità trascurabile di entrambi, di considerare il dato medio di consumo e di non dividerlo per un quarto (ipotesi conservativa). Inoltre, si è considerato (dati forniti dall'azienda) che l'imballaggio dell'olio da taglio sia costituito da una tanica in plastica (polipropilene).

Il consumo del filo di saldatura per il telaio della seduta è stato stimato essere uguale ad un quarto di quello del banco; tale ipotesi è stata giustificata dal fatto che per la seduta si realizza un solo punto di saldatura rispetto ai quattro per il banco. Per la produzione del filo di saldatura, si è utilizzata la scheda tecnica fornita dall'azienda, secondo cui il filo è composto per il 97% da ferro, per l'1,6% da manganese e per l'1,4% da silicio. Si è infine considerato che il filo di saldatura sia imballato in un fusto di cartone trasportato per 89 km (dati forniti dall'azienda).

Le emissioni in aria durante la fase di saldatura sono state stimate considerando quelle in uscita dai camini delle cappe sovrastanti le operazioni di saldatura (dati forniti dall'azienda), e stimando il numero di telai per sedie prodotti in un'ora.

In accordo con il GdL, si è considerato che i telai arrivino in azienda senza alcun imballo.

La monoscocca in compensato di faggio è acquistata da un'azienda situata in Bulgaria e giunge in azienda già finita e pronta ad essere assemblata al telaio in acciaio; secondo le informazioni fornite dall'azienda coinvolta nello studio, essa non presenta verniciatura. Non essendo disponibili dati primari relativi alla sua produzione, si è deciso, in accordo col GdL, di utilizzare il dataset del pannello in compensato contenuto in Ecoinvent, in quanto, per caratteristiche e funzionalità (il faggio si presta ad essere curvato, a differenza del pioppo), è stato ritenuto il più adatto a rappresentare il pannello in compensato di faggio utilizzato nella produzione della monoscocca. In assenza di dati primari o secondari/di letteratura riguardanti la curvatura e la piegatura del pannello per ottenere la monoscocca, i consumi di energia elettrica per tali lavorazioni, sono stati stimati dagli esperti di settore del GdL, considerando le potenze delle macchine e i tempi di lavorazione necessari ad ottenere una monoscocca curvata e sagomata. Per modellare il consumo di energia elettrica per la curvatura e la sagomatura del pannello si è utilizzato il mix elettrico europeo a medio voltaggio (e non quello bulgaro): in tal modo si ipotizza che la monoscocca possa essere prodotta anche in altri paesi europei, in ottica di rappresentatività per la filiera italiana della seduta monoscocca. Infine, si è considerato che una monoscocca sia imballata con un film di LDPE; il peso del film è stato fornito dall'azienda coinvolta nello studio.

3.4.2.2 *Liquido fosfosgrassante, vernice e loro imballaggio*

La produzione del liquido fosfosgrassante è stata modellata sulla base della scheda tecnica fornita dall'azienda coinvolta nello studio: in dettaglio, si è considerato che esso sia costituito per l'8,5% da acido fosforico, per l'1,5% da sodio cumensulfonato, per l'1,5% da potassio cumensulfonato, e per il restante 88,5% da acqua di rete. Il potassio cumensulfonato è stato assimilato al sodio cumensulfonato in quanto i dataset di background presenti in Ecoinvent per la produzione di sostanze chimiche non permettono di distinguere tra queste due tipologie di sostanze. Tale assunzione è supportata dal fatto che sodio e potassio sono entrambi metalli alcalini e appartengono allo stesso gruppo della tavola periodica. Per questo motivo, essi hanno caratteristiche di reattività simile e, pertanto, si può assumere che, legando un composto sulfonato con sodio o con potassi, si ottengano comportamenti e reattività simili.

Il consumo di liquido fosfosgrassante per la produzione della seduta è stato calcolato a partire dal consumo totale aziendale e dal numero di telai verniciati annualmente (dati primari forniti dall'azienda).

Si è considerato che il liquido fosfosgrassante sia contenuto in una cisterna di plastica (materiale considerato: HDPE) della capacità di 1000 litri e del peso vuoto di 60 kg.

Il consumo di vernice epossidica è stato misurato dall'azienda considerando la differenza di peso del telaio prima e dopo e la verniciatura. Per la produzione di tale vernice si è considerato il dataset *Electrostatic paint {GLO} market for | Cut-off, U* In quanto esso contiene alcuni componenti (benzene e resina epossidica) che sono presenti anche nella vernice epossidica utilizzata dall'azienda coinvolta nello studio di filiera (tali informazioni derivano dalla scheda tecnica della vernice epossidica fornita dall'azienda stessa); inoltre la verniciatura dei telai avviene con pistole elettrostatiche così come indicato nella descrizione della tecnologia rappresentata dal dataset.

Si è infine considerato (dati primari) che la vernice sia contenuta in un sacco di polipropilene e che tale sacco sia contenuto in una scatola di cartone: i pesi di tali imballaggi sono stati forniti dall'azienda.

3.4.2.3 *Energia elettrica e combustibili*

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica, si sono considerati quelli per la movimentazione della catenaria che muove i telai per la verniciatura, quelli per la verniciatura attraverso pistole elettrostatiche, per l'assemblaggio di telaio e monoscocca e per la movimentazione delle sedie finite attraverso muletti elettrici. Il consumo è stato calcolato a partire dalla potenza nominale dei macchinari (10 kW per la catenaria, 33 kW per le pistole di verniciatura, 18 kW per l'assemblaggio, 9,3 kW per i muletti elettrici; dati primari forniti dall'azienda), il tempo di lavorazione giornaliero (8 ore al giorno per tutti i macchinari, tranne i muletti, che lavorano 4 ore al giorno), e una stima (dati forniti dall'azienda) del numero totale di sedie prodotte giornalmente o all'ora o il numero totale di sedie e altri coprodotti prodotti giornalmente o all'ora.

Per le fasi di asciugatura dei telai prima della verniciatura e di polimerizzazione della vernice in forno, si è considerata una caldaia alimentata a gas naturale; il consumo del combustibile è stato

ottenuto a partire dal consumo di gas naturale giornaliero (dato primario fornito dall'azienda) e dalla stima (dato fornito dall'azienda) del numero di sedie prodotte giornalmente.

3.4.2.4 Acqua per lavaggi

In accordo con il GdL e con l'azienda coinvolta, si è considerato che l'acqua utilizzata per i lavaggi a fine turno dei macchinari provenga dalla rete. Per calcolare la quantità di acqua utilizzata, si è considerato il consumo annuale dell'azienda e il numero totale di telai verniciati annualmente (dati primari forniti dall'azienda).

3.4.2.5 Viti e gommini e loro imballaggio

Per quanto riguarda i materiali di finitura (viti in acciaio e gommini) che concorrono alla produzione del prodotto nella fase dell'assemblaggio, si sono utilizzati dati primari forniti dall'azienda. In dettaglio, si sono considerate 4 viti in acciaio e 4 gommini (materiale considerato: polietilene ad alta densità); il peso di tali componenti è stato fornito dall'azienda. Per l'imballaggio delle viti si è considerato (dati primari forniti dall'azienda) che esse siano contenute in scatole di cartone contenute a loro volta in una scatola di cartone più grande. Infine, si è considerato (dati primari forniti dall'azienda) che i gommini siano contenuti in un sacchetto di polipropilene. I pesi degli imballaggi sono stati forniti dall'azienda coinvolta nello studio.

3.4.2.6 Imballaggi per seduta monoscocca

In accordo con il GdL, non si è considerato alcun tipo di imballo per la seduta monoscocca finita e pronta per la fase di distribuzione, in quanto le sedie sono solitamente impilate e trasferite direttamente al cliente finale senza alcuna forma di imballo.

3.4.2.7 Emissioni in aria

Per quanto riguarda le emissioni dirette in aria, si sono considerate, in accordo col GdL e l'azienda coinvolta nello studio, quelle rilevate ai camini delle cappe sovrastanti le operazioni di lavaggio con liquido fosfosgrassante e verniciatura (dati primari forniti dall'azienda). Poiché per il processo di verniciatura sono presenti due cabine, si è concordato, in accordo col GdL, di considerare un valore di emissione medio tra i due camini. Per calcolare queste emissioni si sono considerate le emissioni orarie e la stima del numero di sedie prodotte in un'ora (dati primari forniti dall'azienda).

Le sostanze emesse in aria dalla combustione di gas naturale nella caldaia sono state considerate essere quelle presenti nel dataset di Ecoinvent, in quanto esso contiene una lista di sostanze più esaustiva rispetto alle emissioni misurate che sono state fornite dall'impresa coinvolta.

3.4.2.8 Rifiuti

Per quanto riguarda i rifiuti di plastica e carta, si sono considerati quelli relativi ai trattamenti di fine vita degli imballaggi dei materiali utilizzati nel processo produttivo (filo di saldatura, olio da taglio, liquido fosfosgrassante, vernice epossidica, viti, gommini). Gli scenari di fine vita sono stati modellati secondo le assunzioni indicate al par. 3.4.1, escludendo i benefici dell'energia prodotta durante il processo di termovalorizzazione e i benefici ottenuti dal riciclo dei materiali (carta, plastica).

Il trattamento di fine vita degli scarti ferrosi derivanti dal taglio dei tubolari in acciaio non è stato considerato in quanto essi sono venduti dall'azienda e assumono quindi un valore economico positivo (in accordo con quanto descritto al par. 3.4.1).

Si è considerato, in accordo con il GdL e con l'azienda coinvolta, che le acque utilizzate per i lavaggi dei macchinari dopo l'applicazione del liquido fosfosgrassante e per emulsionare l'olio da taglio siano smaltite in fogna o in appositi centri di smaltimento. La quantità di acqua smaltita è stata considerata pari alla quantità utilizzata per i lavaggi e per l'emulsione dell'olio da taglio (dati primari).

3.4.2.9 Trasporti

Per il trasporto dei tubolari in acciaio e delle monoscocche si è considerato un mezzo di portata media 24 tonnellate per distanze medie di 88 km e 1400 km, rispettivamente (dati primari).

Per i trasporti dei materiali e degli imballaggi si sono utilizzate le seguenti distanze (dati primari forniti dall'azienda che produce le sedie finite e dall'azienda che produce i telai, relativi alle distanze tra di loro e i propri fornitori):

- Trasporto dei telai grezzi: si è considerata una distanza di 14 km, per un mezzo di portata media di 5 tonnellate;
- Trasporto dell'olio da taglio e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 80 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto del filo di saldatura e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 89 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto del liquido fosfosgrassante e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 220 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto della vernice e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 33 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto delle viti e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 36 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto dei gommini e del relativo imballaggio: si è considerata una distanza di 159 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto dei rifiuti (plastica e carta degli imballaggi): si è considerata una distanza di 50 km, per un mezzo di portata media 5 tonnellate;
- Trasporto dell'acqua reflua derivante dai lavaggi dei macchinari: si è considerata una distanza di 44 km per un mezzo di portata media 5 tonnellate.

Non essendo disponibili dati primari sulla tipologia di mezzi utilizzati, si è ipotizzato che essi siano tutti Euro 5.

Tabella 4. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata del peso di 4,632 kg.

Flussi/processi in input	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Tubolari di acciaio per il telaio	2,03E+00	kg	<i>Steel, unalloyed {RER} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto tubolari in acciaio e monoscocca	3,82E+03	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto telaio grezzo	2,84E+01	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Olio da taglio	1,37E-04	kg	<i>Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Imballo in plastica dell'olio da taglio	1,14E-05	kg	<i>Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto olio da taglio e filo saldatura	5,59E-01	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acqua per olio da taglio	1,71E-03	kg	<i>Tap water {RER} market group for Cut-off, U (PRE WORKING PHASE)</i>	Ecoinvent 3.7.1
Energia elettrica per il taglio dei tubolari in acciaio, per la piegatura dei tubolari e per la saldatura	1,53E-01	kWh	<i>Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Ferro per il filo di saldatura	5,82E-03	kg	<i>Iron pellet {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Manganese per il filo di saldatura	9,60E-05	kg	<i>Manganese {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Silicio per il filo di saldatura	8,40E-05	kg	<i>Silicone product {RoW} market for silicone</i>	Ecoinvent 3.7.1

			<i>product Cut-off, U</i>	
Imballo in cartone del filo di saldatura	1,44E-04	kg	<i>Corrugated board box {RER} market for corrugated board box Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acido fosforico del liquido fosfosgrassante	6,41E-04	kg	<i>Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state {GLO} market for Cut-off, U;</i>	Ecoinvent 3.7.1
Sodio cumensulfonato del liquido fosfosgrassante	1,13E-04	kg	<i>Sodium cumenesulphonate {GLO} market for sodium cumenesulphonate Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Potassio cumensulfonato del liquido fosfosgrassante	1,13E-04	kg	<i>Sodium cumenesulphonate {GLO} market for sodium cumenesulphonate Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acqua del liquido fosfosgrassante	6,68E-03	kg	<i>Tap water {RER} market group for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Imballo in plastica del liquido fosfosgrassante	3,77E-04	kg	<i>Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto del liquido fosfosgrassante, della vernice, dei gommini e delle viti e dei loro imballaggi	8,88E+00	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro4 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Energia elettrica per la pre-verniciatura, per la verniciatura, per l'assemblaggio, per la movimentazione interna	2,60E-01	kWh	<i>Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acqua per lavaggi	6,29E-02	kg	<i>Tap water {RER} market group for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Gas naturale per asciugatura dei telai dopo il lavaggio e polimerizzazione della vernice	8,83E+00	MJ	<i>Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW</i>	Ecoinvent 3.7.1
Vernice epossidica	3,40E-02	kg	<i>Electrostatic paint {GLO} </i>	Ecoinvent 3.7.1

			<i>market for Cut-off, U</i>	
Imballo in plastica della vernice e dei gommini	2,40E-04	kg	<i>Polypropylene, granulate {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Imballo in cartone della vernice e delle viti	1,41E-03	kg	<i>Corrugated board box {RER} market for corrugated board box Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Monoscocca curvata	3,40E-03	m ³	<i>Plywood {RER} plywood production Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Energia elettrica per curvatura e sagomatura della monoscocca	3,82E+00	kWh	<i>Electricity, medium voltage {RER} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Imballo in plastica della monoscocca	2,00E-03	kg	<i>Polyethylene, low density, granulate {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Viti in acciaio	1,12E-01	kg	<i>Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Gommini in plastica	1,20E-02	kg	<i>Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto rifiuti cartone e plastica- per fase produzione telai e monoscocca	7,77E-03	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto rifiuti cartone e plastica - per fase produzione seduta	2,01E-01	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto acque reflue dai lavaggi	2,77E+00	kgkm	<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Flussi/processi in output	Valore	Unità di misura	Dataset di riferimento	Banca dati
Seduta scolastica monoscocca curvata	4,63E+00	kg	-	-
Emissioni in aria di polveri	5,60E-05	kg	-	-

durante la saldatura				
Emissioni in aria di polveri durante la pre-verniciatura e verniciatura	2,06E-04	kg	-	-
Emissioni in aria di fosfati durante la pre-verniciatura	4,08E-05	kg	-	-
Acque reflue dai lavaggi	6,29E-02	kg	<i>Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Acque reflue dall'uso di olio da taglio	1,71E-03	kg	<i>Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a scarica-per fase produzione telai e monoscocca	1,15E-06	kg	<i>Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, sanitary landfill Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a scarica - per fase produzione seduta	2,64E-04	kg	<i>Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, sanitary landfill Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a riciclo-per fase produzione telai e monoscocca	5,20E-06	kg	<i>Waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a riciclo - per fase produzione seduta	1,19E-03	kg	<i>Waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene terephthalate, for recycling, sorted Cut-off, U</i>	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di plastica a recupero	5,07E-06	kg	<i>Waste plastic, mixture</i>	Ecoinvent 3.7.1

energetico - per fase produzione telai e monoscocca			{RoW} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U	
Rifiuti di plastica a recupero energetico - per fase produzione seduta	1,16E-03	kg	Waste plastic, mixture {RoW} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a discarica - per fase produzione telai e monoscocca	1,67E-05	kg	Waste paperboard {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a discarica - per fase produzione seduta	1,63E-04	kg	Waste paperboard {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a riciclo per fase produzione telai e monoscocca	1,16E-04	kg	Waste paper, sorted {Europe without Switzerland} treatment of waste paper, unsorted, sorting Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a riciclo per fase produzione seduta	1,14E-03	kg	Waste paper, sorted {Europe without Switzerland} treatment of waste paper, unsorted, sorting Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a recupero energetico per fase produzione telai e monoscocca	1,09E-05	kg	Waste paperboard {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Rifiuti di carta a recupero energetico per fase produzione seduta	1,07E-04	kg	Waste paperboard {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1

3.4.3 Sviluppo dei dataset

A seguito del presente studio è stato sviluppato il dataset “Produzione seduta scolastica monoscocca curvata”. Esso è di interesse generale per la filiera dei mobili scolastici per i possibili utenti della banca dati ed è basato su dati solidi caratterizzati da una rappresentatività molto buona, sia primari che secondari.

3.5 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 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 il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019) e i risultati delle fasi appena descritte sono riportate nei paragrafi successivi.

3.5.1 Caratterizzazione

In Tabella 5 sono indicati i risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata (del peso di 4,632 kg) suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto del telaio grezzo e della monoscocca e alla fase di produzione della seduta all'interno dello stabilimento produttivo.

Tabella 5. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione telaio e monoscocca	Produzione seduta
Climate change	kg CO2 eq	8,65E+00	7,59E+00	1,06E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	7,61E-07	6,25E-07	1,36E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,58E+00	1,54E+00	4,40E-02
Photochemical formation ozone	kg NMVOC eq	4,07E-02	3,86E-02	2,11E-03
Particulate matter	disease inc.	6,14E-07	5,87E-07	2,67E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,37E-07	1,26E-07	1,05E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	4,01E-08	3,71E-08	3,02E-09
Acidification	mol H+ eq	4,22E-02	3,93E-02	2,88E-03
Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,43E-03	4,27E-03	1,65E-04
Eutrophication, marine	kg N eq	1,12E-02	1,06E-02	5,92E-04
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,17E-01	1,11E-01	5,75E-03
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,87E+02	1,75E+02	1,16E+01
Land use	Pt	4,65E+02	4,63E+02	1,96E+00
Water use	m3 depriv.	4,12E+00	3,91E+00	2,13E-01
Resource use, fossils	MJ	1,33E+02	1,16E+02	1,70E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,11E-05	2,77E-05	3,37E-06

Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,62E+00	7,56E+00	1,06E+00
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,25E-02	2,01E-02	2,41E-03
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	1,26E-02	1,23E-02	2,85E-04
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,85E-09	2,60E-09	2,46E-10
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	7,83E-08	7,35E-08	4,74E-09
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	6,47E-08	5,91E-08	5,58E-09
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	3,03E-08	2,99E-08	4,40E-10
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,84E-09	7,26E-09	2,58E-09
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	2,17E+00	1,91E+00	2,62E-01
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	1,29E+01	1,08E+01	2,11E+00
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,72E+02	1,62E+02	9,27E+00

3.5.2 Normalizzazione

In Tabella 6 sono indicati i risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata (del peso di 4,632 kg) suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto del telaio grezzo e della monoscocca e alla fase di produzione della seduta all'interno dello stabilimento produttivo. Come indicato al par. 3.2.6, si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di normalizzazione nel metodo di valutazione degli impatti EF 3.0.

Tabella 6. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione telaio e monoscocca	Produzione seduta
Climate change	-	1,07E-03	9,37E-04	1,32E-04
Ozone depletion	-	1,42E-05	1,17E-05	2,54E-06
Ionising radiation	-	3,74E-04	3,64E-04	1,04E-05
Photochemical ozone formation	-	1,00E-03	9,50E-04	5,20E-05
Particulate matter	-	1,03E-03	9,86E-04	4,48E-05
Human toxicity, non-cancer	-	5,95E-04	5,49E-04	4,56E-05
Human toxicity, cancer	-	2,38E-03	2,20E-03	1,78E-04
Acidification	-	7,59E-04	7,07E-04	5,18E-05
Eutrophication, freshwater	-	2,76E-03	2,66E-03	1,03E-04
Eutrophication, marine	-	5,74E-04	5,43E-04	3,04E-05

Eutrophication, terrestrial	-	6,61E-04	6,29E-04	3,25E-05
Ecotoxicity, freshwater	-	4,38E-03	4,10E-03	2,74E-04
Land use	-	5,68E-04	5,65E-04	2,39E-06
Water use	-	3,59E-04	3,41E-04	1,84E-05
Resource use, fossils	-	2,04E-03	1,78E-03	2,61E-04
Resource use, minerals and metals	-	4,89E-04	4,36E-04	5,30E-05

3.5.3 Pesatura

In Tabella 7 sono indicati i risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata (del peso di 4,632 kg) suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase di produzione e trasporto del telaio grezzo e della monoscocca e alla fase di produzione della seduta all'interno dello stabilimento produttivo. Come indicato al par. 3.2.6, si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di pesatura nel metodo di valutazione degli impatti EF 3.0.

Tabella 7. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 seduta monoscocca curvata: impatto totale, produzione telaio e monoscocca e produzione seduta

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Produzione telaio e monoscocca	Produzione seduta
Totale	Pt	9,78E-04	8,98E-04	8,05E-05
Climate change	Pt	2,25E-04	1,56E-04	6,87E-05
Ozone depletion	Pt	8,96E-07	6,43E-07	2,53E-07
Ionising radiation	Pt	1,88E-05	7,87E-06	1,09E-05
Photochemical ozone formation	Pt	4,79E-05	4,13E-05	6,58E-06
Particulate matter	Pt	9,24E-05	8,50E-05	7,41E-06
Human toxicity, non-cancer	Pt	1,09E-05	9,03E-06	1,91E-06
Human toxicity, cancer	Pt	5,06E-05	4,62E-05	4,36E-06
Acidification	Pt	4,71E-05	3,45E-05	1,26E-05
Eutrophication, freshwater	Pt	7,72E-05	4,74E-05	2,98E-05
Eutrophication, marine	Pt	1,70E-05	1,39E-05	3,11E-06
Eutrophication, terrestrial	Pt	2,45E-05	2,06E-05	3,88E-06
Ecotoxicity, freshwater	Pt	8,40E-05	7,11E-05	1,30E-05
Land use	Pt	4,51E-05	4,44E-05	6,30E-07
Water use	Pt	3,06E-05	2,66E-05	3,95E-06
Resource use, fossils	Pt	1,70E-04	1,06E-04	6,35E-05
Resource use, minerals and metals	Pt	3,69E-05	2,86E-05	8,28E-06

3.5.4 Analisi di sensibilità

3.5.4.1 Trasporti

Poiché nello studio si è assunto, in mancanza di dati primari, che i mezzi di trasporto utilizzati per i trasporti dei vari materiali fossero tutti Euro 5, si è condotta una analisi di sensitività con l'obiettivo di valutare quanto tale assunzione influenzi i risultati finali. Si sono quindi utilizzati dataset differenti (Euro 3 invece che Euro 5) per la modellazione dei mezzi di trasporto utilizzati

nello studio di filiera (trasporto di tubolari in acciaio, telai grezzi, monoscocche, materiali ausiliari, vernice, imballaggi, rifiuti), adottando in particolare i seguenti dataset:

- *Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}| market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*, invece del dataset *Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RER}| market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*
- *Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro3 {RER}| market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 | Cut-off, U* invece del dataset *Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER}| market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*

I risultati della fase di caratterizzazione relativi al confronto tra la produzione di 1 seduta monoscocca curvata utilizzando i mezzi di trasporto Euro 5 (Scenario base A) e i mezzi di trasporto Euro 3 (Scenario alternativo B) sono mostrati in Tabella 8. La tabella mostra inoltre la variazione percentuale tra gli impatti totali dello Scenario base e quelli dello Scenario alternativo. Come si evince dai risultati, nelle categorie di impatto più rilevanti, solamente in Photochemical Ozone formation e Particulate Matter, gli impatti totali dello scenario alternativo sono maggiori di una percentuale pari al 6,30% e al 3,43%, rispettivamente, rispetto allo scenario base. In tutte le altre categorie di impatto significative la variazione percentuale è inferiore all'1%: in tali categorie di impatto quindi la scelta dei mezzi euro 3 o euro 5 non conduce a variazioni.

Variazioni più importanti si registrano nelle categorie di impatto (non rilevanti) Eutrophication, terrestrial (+8,83 %), Eutrophication, marine (+8,40%), Acidification (+4,27%) e Human toxicity, non cancer-organics (+64,31%).

Tabella 8. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo B.

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base-Euro 5) (A)	Impatto totale con trasporti Euro3 (Scenario Alternativo -Euro 3) (B)	Variazione percentuale (B-A/A)
Climate change	kg CO2 eq	8,65E+00	8,65E+00	-0,01%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	7,61E-07	7,63E-07	0,17%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,58E+00	1,58E+00	0,02%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,07E-02	4,32E-02	6,30%
Particulate matter	disease inc.	6,14E-07	6,35E-07	3,43%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,37E-07	1,38E-07	1,36%
Human toxicity, cancer	CTUh	4,01E-08	4,03E-08	0,39%
Acidification	mol H+ eq	4,22E-02	4,40E-02	4,27%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,43E-03	4,43E-03	0,00%
Eutrophication, marine	kg N eq	1,12E-02	1,22E-02	8,40%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,17E-01	1,27E-01	8,83%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,87E+02	1,87E+02	0,03%
Land use	Pt	4,65E+02	4,65E+02	0,00%

Water use	m3 depriv.	4,12E+00	4,12E+00	0,00%
Resource use, fossils	MJ	1,33E+02	1,33E+02	0,06%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,11E-05	3,11E-05	0,00%
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,62E+00	8,61E+00	-0,01%
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,25E-02	2,25E-02	0,00%
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	1,26E-02	1,26E-02	0,00%
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,85E-09	4,68E-09	64,31%
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	7,83E-08	7,83E-08	0,03%
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	6,47E-08	6,47E-08	0,01%
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	3,03E-08	3,05E-08	0,52%
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00%
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,84E-09	9,84E-09	0,00%
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	2,17E+00	2,19E+00	0,52%
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	1,29E+01	1,29E+01	0,10%
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,72E+02	1,72E+02	0,01%

3.5.4.2 Trasporto dei rifiuti

Una ulteriore analisi di sensitività è stata condotta sulla scelta del dataset per modellare il trasporto dei rifiuti, in quanto nello studio si è utilizzato un dataset relativo a un camion generico di portata media 5,5 ton (*Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER}*) *market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 | Cut-off, U*). Si è quindi deciso di valutare in che modo gli impatti ambientali varino se si utilizza il seguente dataset, relativo ad un camion di portata 21 ton utilizzato per il servizio di raccolta dei rifiuti municipali:

- *market for municipal waste collection service by 21 metric ton lorry - GLO*

I risultati della fase di caratterizzazione relativi al confronto tra la produzione di 1 seduta monoscocca curvata utilizzando per il trasporto dei rifiuti un camion generico di portata 5,5 ton (Scenario base A) e il camion specifico per il servizio di raccolta dei rifiuti municipali (Scenario alternativo D) sono mostrati in Tabella 9Tabella 8. La tabella mostra inoltre la variazione percentuale tra gli impatti totali dello Scenario base e quelli dello Scenario alternativo. Come si evince dai risultati, in tutte le categorie di impatto significative la variazione percentuale è inferiore all'1%: in tali categorie di impatto quindi la scelta del mezzo per il trasporto dei rifiuti non conduce a variazioni significative. Lo stesso accade per le categorie di impatto non rilevanti. Alla luce di questi risultati, si è scelto quindi di utilizzare il camion generico di portata 5,5 ton per modellare il trasporto dei rifiuti, come già specificato al capitolo 4.4, si veda Tabella 4.

Tabella 9. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario Alternativo D.

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base-Camion di portata 5,5 ton per il trasporto dei rifiuti) (A)	Impatto totale con trasporto dei rifiuti modificato (Scenario Alternativo - Camion di portata 21 ton utilizzato per il servizio di raccolta dei rifiuti municipali) (D)	Variazione percentuale (D-A/A)
Climate change	kg CO2 eq	8,65E+00	8,65E+00	0,03%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	7,61E-07	7,62E-07	0,07%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,58E+00	1,58E+00	0,01%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,07E-02	4,07E-02	0,08%
Particulate matter	disease inc.	6,14E-07	6,14E-07	0,07%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,37E-07	1,37E-07	0,00%
Human toxicity, cancer	CTUh	4,01E-08	4,01E-08	0,00%
Acidification	mol H+ eq	4,22E-02	4,22E-02	0,04%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,43E-03	4,43E-03	0,00%
Eutrophication, marine	kg N eq	1,12E-02	1,12E-02	0,07%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,17E-01	1,17E-01	0,08%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,87E+02	1,87E+02	0,01%
Land use	Pt	4,65E+02	4,65E+02	0,00%
Water use	m3 depriv.	4,12E+00	4,12E+00	0,00%
Resource use, fossils	MJ	1,33E+02	1,33E+02	0,02%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,11E-05	3,11E-05	-0,02%
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,62E+00	8,62E+00	0,03%
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,25E-02	2,25E-02	0,00%
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	1,26E-02	1,26E-02	0,00%
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	2,85E-09	2,85E-09	0,03%
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	7,83E-08	7,83E-08	0,01%
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	6,47E-08	6,47E-08	-0,01%
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	3,03E-08	3,03E-08	0,00%
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00%
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	9,84E-09	9,83E-09	0,00%
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	2,17E+00	2,18E+00	0,10%
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	1,29E+01	1,29E+01	0,02%
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,72E+02	1,72E+02	0,00%

3.6 Interpretazione dei risultati

L'interpretazione di uno studio di ciclo di vita, svolta sulla base di una analisi critica dei risultati delle fasi precedenti, è finalizzata a comprendere la ragionevolezza del risultato finale di tutto l'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.

3.6.1 Categorie di impatto rilevanti

L'analisi dei risultati derivanti dalla normalizzazione (Tabella 6) mostra come le categorie di impatto più rilevanti per la produzione della seduta monoscocca curvata siano Ecotoxicity Freshwater (23% sul totale dei risultati di normalizzazione), Eutrophication, freshwater (14%), Human toxicity, cancer (12%), Resource use, fossils (11%), Climate Change (6%), Photochemical Ozone formation (5%) e Particulate matter (5%). Al paragrafo 5.5.2 sono analizzati i processi del ciclo di vita più rilevanti in relazione alle categorie di impatto più significative di cui sopra.

Analizzando i risultati derivanti dalla fase di pesatura, si può notare come le categorie di impatto più rilevanti siano Climate Change (23%), Resource use, fossils (17%), Ecotoxicity Freshwater (9%), Particulate Matter (9%), Eutrophication freshwater (8%), Human toxicity, Cancer (5%).

3.6.2 Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

A livello di fasi del ciclo di vita, si può notare, analizzando i risultati ottenuti dalla normalizzazione (Tabella 6) come la fase di produzione del telaio grezzo e della monoscocca sia preponderante in tutte le categorie di impatto più significative: il contributo di tale fase ammonta al 94% per la categoria Ecotoxicity Freshwater, al 92% in Human toxicity, cancer, al 87% in Resource use, fossils, al 96% in Eutrophication, freshwater, all' 88% in Climate Change, al 95% in Photochemical Ozone formation e al 96%% in Particulate matter.

Analizzando le categorie di impatto più significative e i processi principali che costituiscono il ciclo di vita della produzione della seduta monoscocca (Tabella 10 e Figura 4), si evidenzia come la produzione dei tubolari in acciaio per il telaio e la produzione del pannello in compensato per la monoscocca mostrino i contributi più rilevanti in tutte le categorie di impatto più significative (con l'eccezione della categoria Eutrophication, freshwater, in cui il consumo di energia elettrica contribuisce per il 35,8%). Il contributo dell'acciaio varia dal 26,6% in Resource use, fossils al 53,7% in Human toxicity, cancer. Il contributo del pannello in compensato varia dal 20,2% in Climate Change al 47,9% in Particulate matter. Il trasporto di acciaio, telaio grezzo e monoscocca fornisce un contributo significativo (7,3%-7,5%) nelle categorie Particulate matter, Climate Change, e Resource use, fossils. La produzione dei gommini e delle viti fornisce un contributo pari al 6,8% in Human toxicity, cancer. Il contributo della caldaia ammonta al 7,1-7,4%% in Climate Change e in Resource use, fossils. Il consumo di energia elettrica contribuisce per il 26,7% alla categoria Resource Use, fossil e per il 20,4% alla categoria Climate Change. La produzione della vernice contribuisce per una percentuale inferiore al 3% in tutte le categorie di impatto più significative. Gli altri processi forniscono un contributo nullo o non significativo.

Tabella 10. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 seduta monoscocca curvata per le categorie di impatto più rilevanti

Categoria d'impatto	TOTALE	Emissioni dirette in aria	Produzione e acciaio per telaio	Produzione pannello per monoscocca	Olio da taglio, filo saldatura e liquido fosfograssante	Imballaggi	Trasporto acciaio, telaio e monoscocca	Altri trasporti	Vernice	Acqua per lavaggi	Viti e gommini	Energia elettrica	Energia termica	Gestione rifiuti
Climate change	100%	0,0%	40,9%	20,2%	0,0%	0,1%	7,5%	0,1%	1,7%	0,0%	2,0%	20,4%	7,1%	0,0%
Photochemical ozone formation	100%	0,0%	40,4%	38,9%	0,0%	0,1%	6,5%	0,1%	1,5%	0,0%	1,7%	9,5%	1,2%	0,0%
Particulate matter	100%	0,0%	36,6%	47,9%	0,1%	0,1%	7,3%	0,1%	1,5%	0,0%	2,2%	4,1%	0,2%	0,0%
Human toxicity, cancer	100%	0,0%	53,7%	36,9%	0,1%	0,0%	0,7%	0,0%	0,5%	0,0%	6,8%	1,2%	0,1%	0,0%
Eutrophication, freshwater	100%	0,0%	39,2%	20,8%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,9%	35,8%	0,2%	0,0%
Ecotoxicity, freshwater	100%	0,0%	43,9%	36,2%	0,2%	0,1%	4,0%	0,0%	2,6%	0,0%	2,6%	10,1%	0,3%	0,0%
Resource use, fossils	100%	0,0%	26,6%	27,7%	0,0%	0,2%	7,4%	0,1%	2,0%	0,0%	1,9%	26,7%	7,4%	0,0%

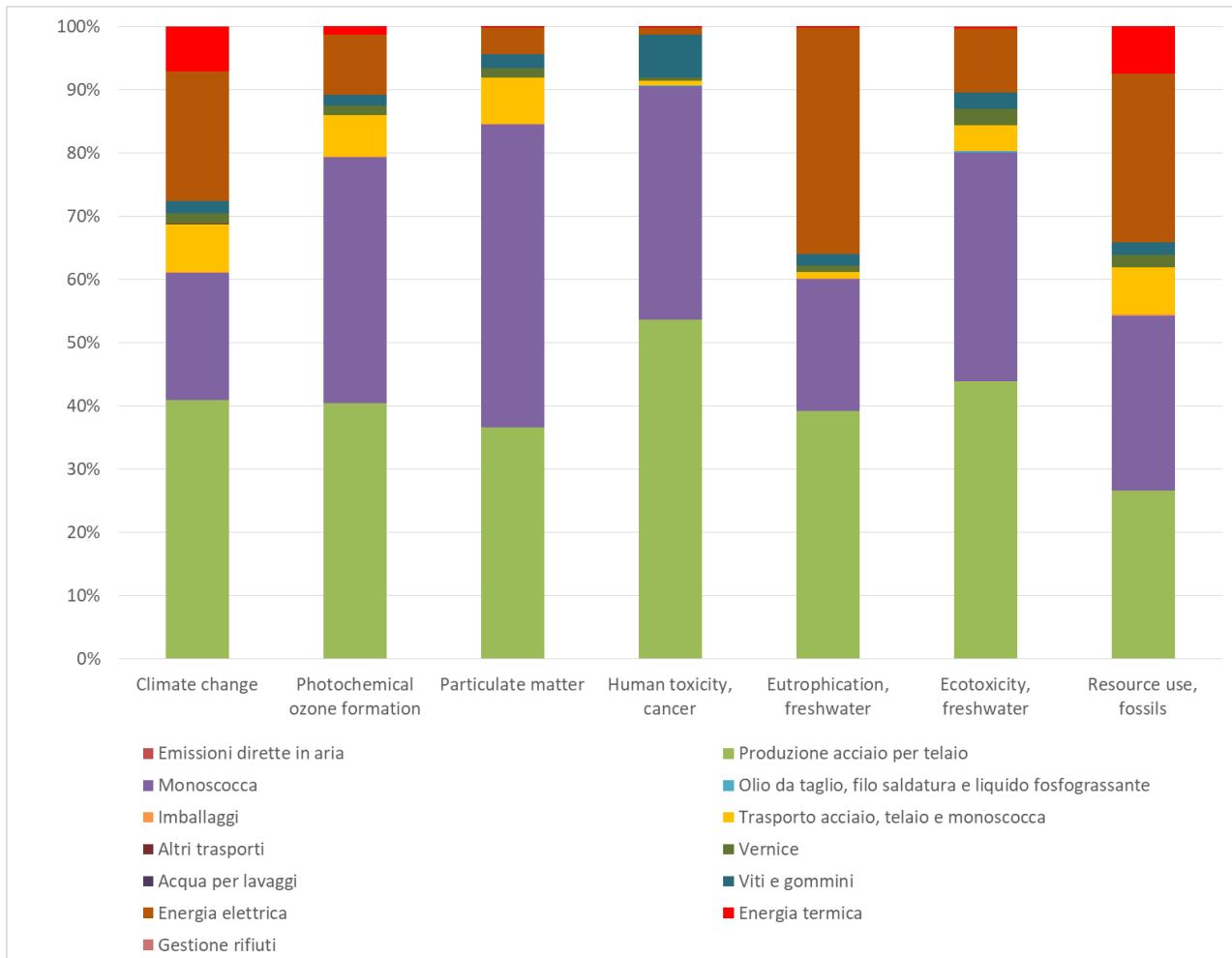


Figura 4. Contributi percentuali dei processi che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 seduta monoscocca curvata, per le categorie di impatto più rilevanti

3.6.3 Flussi elementari rilevanti

Nella categoria Ecotoxicity Freshwater, i flussi elementari più rilevanti nel ciclo di vita della seduta monoscocca sono quelli relativi alle emissioni di alluminio in aria, terreno e acqua (42,6%, 40,5% e 5,1% rispettivamente, rispetto al totale di questa categoria); esse sono correlate alla produzione dell'acciaio del telaio e del pannello in compensato. Nella categoria Human toxicity, cancer le emissioni in aria di benzopyrene e formaldeide (40,4% e 34,3% rispettivamente, rispetto al totale degli impatti in tale categoria) e le emissioni in acqua di cromo VI (21,6% rispetto al totale degli impatti) risultano i flussi elementari più significativi. Essi sono dovuti alla produzione di acciaio per i tubolari del telaio e alla produzione del pannello in compensato. I flussi elementari relativi ai consumi delle seguenti materie prime: gas naturale; petrolio greggio; uranio, antracite, utilizzati per la produzione dell'acciaio del telaio, per la produzione del pannello in compensato e per la produzione della monoscocca, contribuiscono per il 29,4%, 28%, 19,4% e 16,6% rispettivamente, al totale della categoria Resource Use, fossils; le emissioni di fosfati in acqua durante la produzione dei tubolari in acciaio, del pannello in compensato e della monoscocca contribuiscono per il 98% alla categoria Eutrophication freshwater; le emissioni in aria di CO₂ fossile durante la produzione dell'acciaio, del pannello e della monoscocca contribuiscono per l'88% al totale degli impatti della categoria Climate Change. Nella categoria Photochemical Ozone formation i flussi più rilevanti

sono le emissioni in aria di NOx (63% sul totale di questa categoria), NMVOC (22,8%) e CO fossile (6,7%) derivanti dalla produzione dei tubolari in acciaio e del pannello; infine l'emissione di particolato < 2,5 µm durante la produzione dell'acciaio e del pannello in compensato contribuisce per il 86,1% alla categoria Particulate matter. Per quanto riguarda le emissioni dirette derivanti dalle operazioni di saldatura, pre-verniciatura con liquido fosfosgrassante e verniciatura, esse forniscono un contributo praticamente nullo in tutte le categorie di impatto.

3.7 Conclusioni

Nel presente report sono presentati i risultati di uno specifico studio LCA applicati alla filiera dei mobili scolastici, ed in particolare al prodotto seduta monoscocca curvata. Lo studio è stato svolto sulla base di dati relativi alla filiera italiana dei mobili scolastici, ricorrendo a dati primari disponibili a livello di filiera, raccolti presso le imprese coinvolte nel GdL. All'interno del GdL si sono selezionate aziende il cui processo produttivo e le cui tecnologie sono state considerate rappresentative di una situazione media italiana relativa alla produzione della seduta monoscocca curvata. All'interno della filiera, in particolare, è stata presa in considerazione una seduta monoscocca curvata in legno di faggio con telaio in acciaio, delle dimensioni di 40 cm* 40 cm* 46 cm e del peso di 4,632 kg. La seduta oggetto dello studio soddisfa le norme di tipo meccanico-prestazionale così come indicato secondo gli standard normativi di riferimento per questo tipo di prodotti come la UNI 1729-1 e UNI 1729-2 (UNI EN, 2016a, 2016b). Essa è destinata all'uso in ambito scolastico in particolare nelle aule, sale comuni come biblioteche, sala studio, sala insegnanti, ecc. per scuole secondarie di primo e secondo grado.

Lo studio LCA di filiera è stato svolto adottando un approccio "cradle-to-gate", ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al "cancello aziendale", escludendo la distribuzione del prodotto al cliente finale, e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. manutenzione della seduta e il processo di riuso/riciclo/smaltimento della seduta e dei suoi componenti). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase di produzione del telaio grezzo e del pannello in compensato per ottenere la monoscocca fino alla fase di assemblaggio della seduta finita pronta per essere distribuita al cliente finale, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di produzione delle sedute monoscocca curvate.

Non vi sono da segnalare importanti carenze di dati in quanto è stata effettuata una dettagliata raccolta dati presso l'azienda coinvolta nello studio di filiera. In ogni caso, laddove dati misurati non fossero disponibili presso l'azienda, si è proceduto, in collaborazione con il GdL e l'azienda stessa, a stimare i quantitativi mancanti.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite il metodo di valutazione degli impatti 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 prodotto, indicano che:

- Le categorie di impatto più rilevanti per la produzione della seduta monoscocca curvata sono Ecotoxicity Freshwater, Human toxicity, cancer, Resource use, fossils, Eutrophication, freshwater, Climate Change, Photochemical Ozone formation e Particulate matter.
- La fase di produzione del telaio grezzo e della monoscocca è preponderante in tutte le categorie di impatto più significative.

- La produzione dei tubolari in acciaio per il telaio, la produzione del pannello in compensato per la monoscocca e il consumo di energia elettrica mostrano i contributi più rilevanti in tutte le categorie di impatto più significative. Il trasporto di acciaio, telaio grezzo e monoscocca, la produzione dei gommini e delle viti, l'utilizzo della caldaia combinata e la gestione dei rifiuti contribuiscono in modo meno rilevante alle categorie di impatto più significative.
- Nel ciclo di vita della seduta monoscocca i flussi elementari più rilevanti sono i seguenti: emissioni di alluminio in aria, e terreno e acqua correlati relative alla produzione dell'acciaio del telaio e del pannello in compensato; emissioni in aria di benzopyrene e formaldeide e le emissioni in acqua di cromo VI dovuti alla produzione di acciaio per i tubolari del telaio e alla produzione del pannello in compensato; consumo delle materie prime gas naturale, petrolio greggio, uranio e antracite per la produzione dell'acciaio del telaio, per la produzione del pannello in compensato e per la produzione della monoscocca; le emissioni di fosfati in acqua durante la produzione dei tubolari in acciaio, del pannello in compensato e della monoscocca; le emissioni in aria di CO₂ fossile, NO_x, NMVOC e CO fossile durante la produzione dell'acciaio e del pannello; l'emissione di particolato <2,5 µm durante la produzione dell'acciaio e del pannello in compensato.

I risultati della categoria Climate Change sono pari ad un totale di 8,65 kg CO₂ eq./1 seduta, di cui 7,59 kg CO₂ eq. associati alla produzione e al trasporto del telaio grezzo e della monoscocca curvata e 1,06 kg CO₂ eq. associati alla produzione della seduta. In letteratura non esistono, a nostra conoscenza, studi LCA di prodotti analoghi alla seduta monoscocca curvata analizzata in questo report e non è perciò possibile effettuare un confronto tra i risultati ottenuti e quelli di letteratura. Anche le EPD pubblicate, provenienti da diversi Programme Operator, si riferiscono a sedute costituite da componenti differenti (es. telaio e seduta in legno, telaio in acciaio e seduta in plastica, ecc.) e non è stato possibile reperire EPD di prodotti simili a quello studiato. Tuttavia, si può affermare che, nonostante queste rilevanti differenze, i risultati ottenuti risultano appartenenti allo stesso ordine di grandezza di quelli presenti in tali EPD.

I risultati sull'analisi di sensitività condotta sui trasporti (utilizzo di dataset relativi a mezzi Euro 3 invece che mezzi Euro 5) hanno evidenziato come la scelta del dataset per rappresentare il trasporto dei componenti, materiali e rifiuti inclusi nel ciclo di vita della produzione della seduta monoscocca abbia una incidenza non significativa sui risultati di impatto totali.

4 Bibliografia

Commissione Europea, 2017. PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December 2017.

EPD INTERNATIONAL AB, 2021. General Programme Instructions for the International EPD® System, Version 4.0. 2021-03-29.

EPD International AB, 2022. Product Category Rules (PCR) for Seats. 2009:02. VERSION 3.0.2 DATE 2022-04-13. VALID UNTIL: 2024-04-17.

ISPRA, 2006. Elementi per l'emanazione delle linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili. Disponibile su: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00008100/8193-lg-mtd-solventi27dicembre2006.pdf>

ISPRA, 2020a. Italian Greenhouse gas inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020. Rapporti 318/2020. ISBN 978-88-448-0993-5. (pag. 35)

ISPRA, 2020b. Rapporto Rifiuti Urbani edizione 2020. Rapporti 331/2020. ISBN 978-88-448-1030-6. (pag. 35)

JRC, 2010, ILCD Handbook. General Guide for Life Cycle Assessment-Detailed Guidance.

UNI EN, 2016a. UNI EN 1729-1- Mobili - Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 1: Dimensioni funzionali.

UNI EN, 2016b. UNI EN 1729-2: - Mobili - Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 2: Requisiti di sicurezza e metodi di prova.

UNI EN, 2016c. UNI EN 10305-3.-Tubi di acciaio per impieghi di precisione - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 3: Tubi saldati calibrati a freddo

UNI EN ISO, 2021a. UNI EN ISO 14040- Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.

UNI EN ISO, 2021b. UNI EN ISO 14044 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

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>

Zampori, L., 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.

5 Allegati allo studio di filiera della seduta monoscocca curvata

Allegato 1: Documentazione a supporto – seduta monoscocca curvata

STUDIO DI FILIERA DEI MOBILI SCOLASTICI: SEDUTA MONOSCOCCA CURVATA E BANCO MONOPOSTO



Allegato 1: Documentazione a supporto – seduta monoscocca curvata

Progetto Arcadia - approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA per l'uso efficiente delle risorse

Linea di intervento 2: Realizzazione della Banca Dati Italiana LCA

Azione 5: Analisi e raccolta dati per la costruzione della Banca Dati

Criteri Ambientali Minimi concernente i criteri ambientali minimi per la fornitura e il servizio di noleggio di arredi per interni CAM secondo decreto correttivo (DM 3 luglio 2019, in G.U. n. 167 del 18 luglio 2019)

• **3.2.1 Sostanze pericolose**

Nei componenti, parti o materiali usati per la produzione degli arredi oggetto della fornitura non devono essere presenti:

- additivi a base di cadmio, piombo, cromo VI, mercurio, arsenico e selenio in concentrazione superiore allo 0.010% in peso.
- ftalati addizionati volontariamente, che rispondano ai criteri dell'articolo 57 lettera f) del Regolamento (CE) n.1907/2006 (REACH).
- sostanze identificate come estremamente preoccupanti (SVHCs) con una concentrazione maggiore dello 0,10% peso/peso.
- sostanze e miscele classificate ai sensi del Regolamento (CE) n.1272/2008 (CLP):
 - come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 (H340, H350, H350i, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H341, H351, H361f, H361d, H361fd, H362);
 - per la tossicità acuta per via orale, dermica, per inalazione, in categoria 1, 2 o 3 (H300, H310, H317, H330, H334);
 - come pericolose per l'ambiente acquatico di categoria 1,2, 3 e 4 (H400, H410, H411, H412, H413);
 - come aventi tossicità specifica per organi bersaglio di categoria 1 e 2 (H370, H372).

Le parti metalliche che possono venire a contatto diretto e prolungato con la pelle devono avere un tasso di rilascio di nickel inferiore a $0.5\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{settimana}$ secondo la norma EN 1811:2011 + A1:2015 e non devono essere placcate con cadmio, nickel e cromo esavalente.

• **3.2.2 Emissioni di formaldeide da pannelli**

Se sono utilizzati pannelli a base di legno che contengono resine a base di formaldeide, le emissioni di formaldeide dai pannelli usati nel prodotto finito deve essere inferiore a $0,080\text{ mg}/\text{m}^3$, ossia inferiore al 65% del valore previsto per essere classificati come E1 secondo la norma UNI EN 13986:2015 allegato B.

• **3.2.3 Contaminanti nei pannelli di legno riciclato**

I pannelli a base di legno riciclato, costituenti il prodotto finito, non devono contenere le sostanze di seguito elencate in quantità maggiore a quella specificata.

Tabella 11. Limite di emissione per pavimentazione in legno secondo CAM

Elemento/composto	mg/kg di pannello di legno riciclato
Arsenico	25
Cadmio	50
Cromo	25
Rame	40
Piombo	90
Mercurio	25
Cloro	1000
Fluoro	100
Pentaclorofenolo	5
Creosoto	0,5

- **3.2.4 Contenuto di composti organici volatili**

Il contenuto dei COV (Composti Organici Volatili) nei prodotti vernicianti utilizzati non deve superare il 5 % peso/peso.

- **3.2.6 Sostenibilità e legalità del legno**

Per gli articoli costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il legname deve provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato.

- **3.2.7 Plastica riciclata**

Se il contenuto totale di materiale plastico (escluse le plastiche termoindurenti) supera il 20 % del peso totale del prodotto, il contenuto medio riciclato delle parti di plastica (imballaggio escluso) deve essere almeno pari al 50 % peso/peso.

- **3.2.10 Requisiti del prodotto finale**

I prodotti devono essere conformi alle versioni più recenti delle pertinenti norme UNI relative alla durabilità, dimensione, sicurezza e robustezza secondo le norme già elencate precedentemente UNI EN 1729-1:2017, UNI EN 1729-2:2017, EN 16121:2013+A1:2017, EN 16122:2012.

- **3.2.11 Disassemblabilità**

Il prodotto deve essere progettato in modo tale da permetterne il disassemblaggio al termine della vita utile, affinché le sue parti e componenti, come alluminio, acciaio, vetro, legno e plastica e ad esclusione dei rivestimenti in film o laminati, possano essere riutilizzati, riciclati o recuperati.

- **3.2.12 Imballaggio**

L'imballaggio (primario, secondario e terziario) deve essere costituito da materiali facilmente separabili a mano in parti costituite da un solo materiale (es. cartone, carta, plastica ecc) riciclabile e/o costituito da materia recuperata o riciclata. Gli imballaggi in plastica devono essere identificati conformemente alla norma CR 14311. L'imballaggio deve essere costituito per almeno l'80% in peso da materiale riciclato se in carta o cartone, per almeno il 60% in peso se in plastica.