



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Magistrale in Management della sostenibilità ed economia circolare

“Metodologie e strumenti per la valutazione di impatti
ambientali di prodotti calzaturieri”

“Methodologies and tools for assessing environmental
impacts of footwear products”

Relatore: Chiar.ma

Prof.ssa Marta Rossi

Tesi di laurea di:

Ludovico Di Benedetto

Anno Accademico 2023 – 2024

INDICE

Sommario

1 INTRODUZIONE	5
1.1 Considerazioni sul settore calzaturiero	5
1.2 Dichiarazione degli impatti ambientali	10
2 ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATION	13
2.1 Program Operator.....	16
2.2 Pcr footwear e apparel	20
3 PRODUCT ENVIRONMENTAL FOOTPRINT	26
3.1 Pefer footwear e apparel	29
3.2 Confronto PEFCR e PCR.....	37
4 DRIVER LEGISLATIVI E LA NUOVA DIRETTIVA SULL’ECODESIGN	48
4.1 Diffusione Geografica.....	53
4.2 Scelta strategica	57
4.3 Linee guida.....	63
5 CASO STUDIO	67
5.1 Introduzione	67
5.2 Metodi e risultati	70
5.2.1 Unità Funzionale	70
5.2.2 Confini del sistema	71
5.2.3 Life cycle inventory	75
5.2.4 Life cycle impact assessment.....	77
5.2.5 Analisi incertezza.....	97
5.3 Discussione	101
5.3.1 Limitazioni dello studio e raccomandazioni	102
6 CONCLUSIONE	106

1 INTRODUZIONE

1.1 Considerazioni sul settore calzaturiero

L'industria delle scarpe e dell'abbigliamento da lavoro rappresenta un settore di fondamentale importanza, fornendo non solo prodotti essenziali per la protezione e la sicurezza dei lavoratori, ma anche influenzando significativamente l'ambiente circostante e le comunità in cui opera. Tuttavia, questa industria è anche associata a una serie di problematiche ambientali e sociali che richiedono un'attenzione urgente e una risposta efficace.

Gli esperti affermano che entro il 2031 l'industria calzaturiera mondiale varrà 568,54 miliardi di dollari. Gli inserzionisti convincono i consumatori ad acquistare di più, e questo aumenta la domanda di produzione.

Il problema globale dei rifiuti di scarpe è arrivato a un punto in cui non possiamo più ignorarlo. Ogni anno vengono prodotte più di 20 miliardi di scarpe. Il processo di produzione rilascia grandi quantità di anidride carbonica.

Esso è responsabile dell'1,4% delle emissioni di gas serra nel mondo.

Il consumo globale di risorse naturali è in costante aumento nel 21° secolo. Al giorno d'oggi, le quantità di risorse naturali consumate annualmente in tutto il mondo sono così eccessive che il loro consumo avviene a un ritmo superiore a quello richiesto per la loro rigenerazione da parte del pianeta.

Infatti, attualmente il pianeta Terra impiega 1,7 anni per rigenerare tutte le risorse consumate in un anno. Secondo un rapporto del 2015 dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, nel 2010 sono state estratte e consumate 72 miliardi di tonnellate di materie prime, il doppio della quantità estratta nel 1980. Con l'attuale crescita economica, il consumo annuo raggiungerà la soglia simbolica di 100 miliardi di tonnellate intorno al 2030.

Tuttavia, la corrispondente attività umana emette progressivamente gas serra di origine antropica (GHG) ogni anno, superando le 48,9 giga tonnellate di CO₂ equivalente (CO₂-eq) nel 2018, come riportato da Climate Watch Data. Di queste emissioni annuali di gas serra, nel 2015 solo l'industria tessile e calzaturiera ha emesso una quantità di 1,7 giga tonnellate di CO₂-eq e se questa tendenza continua, il progetto BCG Retail value prevede 2,7 giga tonnellate di CO₂-eq emesse da questo settore nel 2030, con un aumento del 63%. Inoltre, la produzione di

rifiuti provenienti dall'industria dell'abbigliamento e delle calzature aumenterà da 92 mega tonnellate nel 2015 a 148 mega tonnellate nel 2030. Solo il 5% delle calzature viene riciclato a livello globale, il che comporta problemi di sostenibilità per questo settore.

Questa accelerazione del consumo di materie prime e delle emissioni di gas serra nell'industria manifatturiera è in parte dovuta all'attuale modello economico lineare tipico (Take, Make, Use and Throw), noto anche come "economia lineare". Per affrontare il problema del consumo eccessivo e la sfida ambientale che il pianeta sta vivendo, è stato proposto un modello più sostenibile; l'"economia circolare". Questo approccio, derivato da iniziative risalenti agli anni '70, presenta l'economia come una mentalità imprenditoriale che consentirà uno spostamento verso uno sviluppo sostenibile a lungo termine includendo un concetto di principio basato sulle 6R (Riuso, Riciclo, Riprogettazione, Rigenerazione, Riduzione e Recupero)

Nei settori del footwear e dell'apparel, le sfide ambientali e sociali sono intrinsecamente intrecciate con la complessità delle catene di approvvigionamento globali e con i modelli di produzione e consumo su larga scala. La domanda crescente di calzature e abbigliamento ha portato a una rapida espansione delle industrie, spesso a discapito dell'ambiente e dei diritti umani.

Una delle principali preoccupazioni riguarda la qualità dei materiali utilizzati nella produzione di calzature e abbigliamento da lavoro. Questi prodotti devono essere realizzati con materiali robusti e resistenti, in grado di proteggere i lavoratori da rischi come abrasioni, tagli, agenti chimici e termici. Tuttavia, la produzione di materiali resistenti spesso comporta l'uso di sostanze chimiche nocive e processi industriali ad alta intensità energetica, che possono avere impatti negativi sull'ambiente e sulla salute umana.

Queste industrie dipendono pesantemente dalle risorse naturali, come il cotone, il poliestere, la pelle e le materie prime per la produzione di suole e componenti delle calzature. L'estrazione e l'uso intensivo di queste risorse contribuiscono alla deforestazione, all'esaurimento delle risorse idriche e alla perdita di biodiversità, minando la salute degli ecosistemi globali. Inoltre, la produzione di materiali tessili e la lavorazione delle pelli spesso implicano l'uso di sostanze chimiche nocive che possono inquinare l'aria, l'acqua e il suolo, causando danni irreparabili agli ecosistemi locali e alla salute umana.

Le emissioni di gas serra derivanti dai processi produttivi e dal trasporto dei prodotti contribuiscono in modo significativo al cambiamento climatico, aggravando fenomeni come l'innalzamento delle temperature, l'acidificazione degli oceani e l'incremento degli eventi meteorologici estremi. Questi impatti climatici hanno conseguenze devastanti per le comunità umane, soprattutto nei paesi in via di sviluppo che sono più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico.

La stragrande maggioranza delle scarpe contiene plastica che non si biodegrada. In effetti, il degrado delle suole sintetiche è il settimo maggiore contributore all'inquinamento da microplastiche.

Molte di queste plastiche sono nascoste. Altri vengono combinati con biopolimeri, riducendo l'impatto delle materie prime, anche se comunemente non sono ancora biodegradabili una volta lavorati.

La pelle è ampiamente utilizzata anche nelle calzature. La cui produzione è catastrofica per l'ambiente in termini di deforestazione, perdita di biodiversità ed emissioni di gas serra.

Le calzature e l'abbigliamento da lavoro devono rispettare rigorose normative e standard di sicurezza, che variano a seconda del settore e del tipo di attività svolta. Ciò può rendere la produzione e la commercializzazione di questi prodotti più complesse e costose, specialmente per le aziende che operano su scala globale e devono conformarsi a diverse normative nazionali e internazionali.

Le catene di approvvigionamento del footwear e dell'apparel da lavoro possono anche presentare sfide legate alla responsabilità sociale e alla conformità normativa. A causa delle elevate esigenze di produzione e della pressione sui costi, le aziende potrebbero essere tentate di subappaltare la produzione a fornitori con pratiche lavorative discutibili o che non rispettano gli standard di sicurezza e di diritti umani. Ciò solleva gravi preoccupazioni per la sicurezza e il benessere dei lavoratori lungo la catena di approvvigionamento, oltre a potenziali rischi legali e reputazionali per le aziende coinvolte.

Le condizioni di lavoro precarie, il lavoro minorile, i salari bassi e l'assenza di sicurezza sul posto di lavoro sono diffusi, con conseguenze drammatiche per la salute e il benessere dei lavoratori, soprattutto nelle fabbriche situate nei paesi in via di sviluppo dove i controlli sono spesso meno rigorosi.

Il settore del footwear e dell'apparel genera una quantità enorme di rifiuti, sia durante la fase di produzione (scarti di tessuti, ritagli e materiali non utilizzati) che dopo l'uso (scarpe e abbigliamento dismessi). Lo smaltimento inadeguato di questi rifiuti può portare a problemi di inquinamento del suolo e dell'acqua, oltre a rappresentare uno spreco di risorse preziose.

La gestione dei rifiuti e il ciclo di vita dei prodotti da lavoro rappresentano un'altra sfida importante. Dato che queste calzature e abbigliamento sono spesso soggetti

a usura intensa e devono essere sostituiti periodicamente per garantire la sicurezza e l'efficacia sul lavoro, è fondamentale adottare pratiche di smaltimento responsabili e promuovere il riciclo e il riutilizzo dei materiali.

La metodologia del Life Cycle Assessment (LCA) offre un quadro completo per valutare l'impatto ambientale delle calzature da lavoro lungo l'intero ciclo di vita. Attraverso questa metodologia, è possibile analizzare ogni fase, dalla produzione alla distribuzione, all'uso e allo smaltimento. In particolare, il LCA consente di identificare i punti critici e le fonti principali di impatto ambientale associate a questi prodotti.

Considerando la produzione di calzature da lavoro, il LCA permette di valutare l'utilizzo delle risorse naturali, l'emissione di gas serra e inquinanti atmosferici, nonché l'inquinamento idrico derivante dai processi produttivi. Questo approccio fornisce un'immagine dettagliata degli impatti ambientali legati alla produzione, consentendo alle aziende di adottare strategie mirate per ridurli. Ad esempio, possono essere identificati materiali alternativi più sostenibili o processi produttivi più efficienti che contribuiscano a ridurre l'impatto complessivo sul pianeta.

Inoltre, il LCA aiuta a ottimizzare il design delle calzature da lavoro, favorendo soluzioni che massimizzino l'efficienza nell'uso delle risorse e prolunghino la durata utile del prodotto. Questo può includere l'adozione di materiali riciclati o biodegradabili e l'implementazione di soluzioni che riducano l'impatto ambientale durante l'utilizzo delle calzature.

Un aspetto cruciale è la riduzione delle emissioni di gas serra e degli inquinanti atmosferici associati alla produzione e all'uso delle calzature da lavoro. Attraverso il LCA, è possibile valutare l'impatto di queste emissioni e sviluppare strategie per mitigarle. Questo può comportare l'adozione di tecnologie più pulite, l'ottimizzazione dei processi produttivi e l'implementazione di pratiche di gestione dei rifiuti più efficienti.

Infine, il LCA facilita la comunicazione trasparente delle prestazioni ambientali delle calzature da lavoro attraverso le dichiarazioni, che possono essere le *environmental product declaration* (EPD) o le *product environmental footprint* (PEF). Queste forniscono informazioni basate su prove sulle prestazioni ambientali del prodotto, consentendo ai consumatori e agli acquirenti aziendali di prendere decisioni più informate e consapevoli. Inoltre, la trasparenza delle informazioni ambientali può migliorare la reputazione aziendale e promuovere la fiducia dei clienti.

In conclusione, il Life Cycle Assessment (LCA) è uno strumento essenziale per affrontare le sfide ambientali associate alla produzione di calzature da lavoro. Attraverso questa metodologia, le aziende possono identificare e ridurre gli impatti ambientali dei loro prodotti, contribuendo così a promuovere la sostenibilità e la responsabilità sociale nell'industria del footwear.

1.2 Dichiarazione degli impatti ambientali

Le Dichiarazioni degli impatti ambientali (EPD o PEF) rappresentano uno strumento di comunicazione sia esterno che interno all'azienda fondamentale nell'ambito della valutazione ambientale dei prodotti e si basano sui risultati ottenuti dall'LCA.

Esse forniscono informazioni dettagliate sulle prestazioni ambientali di un prodotto lungo l'intero suo ciclo di vita, consentendo ai consumatori, agli stakeholder aziendali e alle autorità regolatorie di prendere decisioni più informate e sostenibili.

Rappresentano uno strumento cruciale per affrontare le sfide ambientali attuali, come il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e l'esaurimento delle risorse naturali. Queste dichiarazioni forniscono una visione completa degli impatti ambientali di un prodotto, consentendo ai consumatori di fare scelte più consapevoli e responsabili. In un'epoca in cui la consapevolezza ambientale è in costante aumento e la domanda di prodotti sostenibili è in crescita, le dichiarazioni possiedono un ruolo chiave nel fornire informazioni trasparenti e affidabili sulle prestazioni ambientali dei prodotti.

Non solo guidano le decisioni di acquisto dei consumatori, ma influenzano anche le strategie aziendali. Le aziende che producono beni e servizi possono utilizzare tali dichiarazioni per identificare opportunità di miglioramento, riducendo gli impatti ambientali dei loro prodotti e aumentando la loro competitività sul mercato. Inoltre, consentono alle aziende di comunicare in modo trasparente e credibile le prestazioni ambientali dei propri prodotti, costruendo fiducia e reputazione tra i consumatori e gli stakeholder.

Esse possono essere utilizzate come strumento di differenziazione e marketing per le aziende che producono prodotti con prestazioni ambientali superiori.

Fornendo informazioni chiare e verificate sulle prestazioni ambientali dei prodotti, le EPD aumentano la fiducia dei consumatori nei confronti delle aziende e dei prodotti che acquistano. Questo può portare a relazioni più solide tra le aziende e i consumatori, con benefici a lungo termine per entrambe le parti. La trasparenza e autenticità che vengono percepite dal

consumatore aumentano la credibilità e la reputazione sul mercato portando a dei vantaggi competitivi dell'azienda.

Contribuiscono a sensibilizzare i consumatori, gli stakeholder aziendali e la società nel suo complesso riguardo agli impatti ambientali dei prodotti che utilizzano o producono. Questo aumento della consapevolezza può portare a una maggiore attenzione verso le questioni ambientali e a comportamenti più sostenibili.

Attraverso l'analisi dettagliata dei dati forniti da questi documenti di comunicazione, le aziende possono identificare le fasi del ciclo di vita del prodotto che generano gli impatti ambientali più significativi. Questo consente loro di concentrare gli sforzi di miglioramento su quelle aree specifiche, ottimizzando così l'intero ciclo di vita del prodotto. Può portare, inoltre, a investimenti in ricerca e sviluppo di nuove tecnologie e processi produttivi più sostenibili, stimolando l'innovazione e la competitività nel settore.

Sono riconosciute a livello internazionale come uno strumento affidabile per la valutazione ambientale dei prodotti. Questo consente alle aziende di comunicare le prestazioni ambientali dei propri prodotti su scala globale e di accedere a mercati internazionali che richiedono prodotti conformi a determinati standard ambientali.

Lo sviluppo di tali documenti può coinvolgere un'ampia gamma di attori, tra cui produttori, associazioni di settore, organismi di certificazione e agenzie governative. Questa collaborazione può portare a partnership strategiche e sinergie che favoriscono l'innovazione e la diffusione delle pratiche sostenibili in tutto il settore.

Fornendo informazioni chiare e verificate sulle prestazioni ambientali dei prodotti, aumentano la fiducia dei consumatori nei confronti delle aziende e dei prodotti che acquistano. Questo può portare a relazioni più solide tra le aziende e i consumatori, con benefici a lungo termine per entrambe le parti.

Lo sviluppo e la loro implementazione comportano spesso la condivisione di conoscenze e best practice tra diverse aziende e settori. Questo scambio di informazioni favorisce l'apprendimento reciproco e l'adozione diffusa di pratiche sostenibili, contribuendo a accelerare la transizione verso un'economia più verde e circolare.

Offrono una serie di vantaggi che vanno oltre la mera comunicazione delle prestazioni ambientali dei prodotti. Contribuiscono a promuovere una cultura aziendale orientata alla sostenibilità, a migliorare l'efficienza operativa e a creare valore sia per le aziende che per la società nel suo complesso. In sintesi, permettono dei vantaggi significativi per le aziende, i consumatori e l'ambiente. La loro adozione diffusa può giocare un ruolo chiave nel promuovere la sostenibilità ambientale e nell'orientare le decisioni di consumo e di investimento verso opzioni più responsabili e rispettose dell'ambiente.

Le norme ISO (International Organization for Standardization) sono standard riconosciuti a livello internazionale che forniscono linee guida, specifiche tecniche e criteri per garantire la qualità, l'efficienza e la sicurezza nei processi, nei prodotti e nei servizi. Le norme ISO sono utili per diversi settori e discipline, incluso quello ambientale.

In particolare, le norme ISO 14040 e ISO 14044 sono fondamentali nel contesto dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA). Queste norme forniscono un quadro metodologico per condurre un'analisi completa e accurata delle implicazioni ambientali di un prodotto, da quando viene estratto il materiale grezzo fino a quando viene smaltito dopo l'uso.

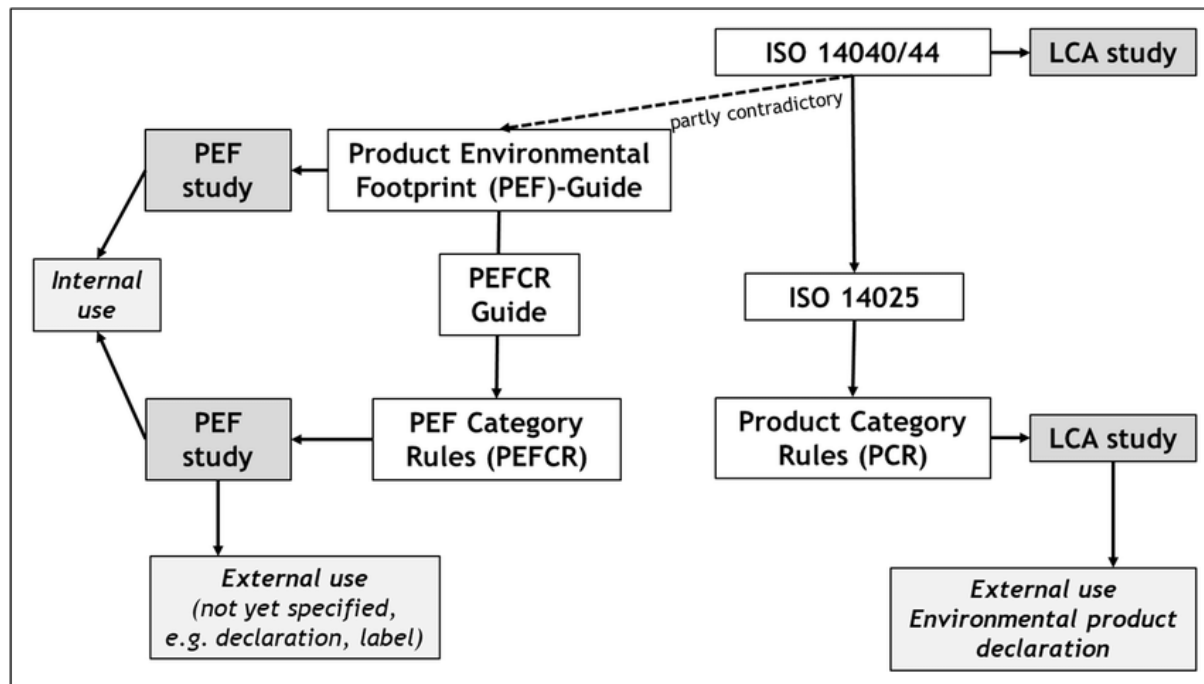
Gli standard ISO 14040 e ISO 14044 sono fondamentali per fornire un approccio strutturato e coerente alla valutazione del ciclo di vita, permettendo alle organizzazioni di prendere decisioni informate e responsabili per migliorare la sostenibilità dei propri prodotti e processi.

Promuovono la trasparenza e la comparabilità delle valutazioni del ciclo di vita, essenziali per consentire il confronto tra prodotti o processi alternativi.

Svolgono un ruolo fondamentale nel supportare la transizione verso un'economia più sostenibile, fornendo un quadro chiaro e scientificamente robusto per valutare e migliorare l'impatto ambientale dei prodotti e dei processi.

Entrambe la product environmental footprint e la environmental product declaration si basano su quest'ultime ISO descritte che compongono la base della metodologia del life cycle assessment.

Di seguito viene mostrata la rappresentazione della differenziazione tra le environmental product declarations e relative PCR con la guida PEF e le sue PEFCR.



2 ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATION

Le etichette ambientali sono state sviluppate dagli anni '70 (prima è il Blue Angel sviluppato nel 1978 dal Ministero degli interni federale tedesco) a causa di una crescente preoccupazione per l'ambiente, da parte del governo, delle aziende e dei consumatori.

Ma si sono evoluti principalmente dopo la fine degli anni '80 e in particolare dopo la conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo quando l'adozione dell'agenda 21 ha messo l'obiettivo dello sviluppo sostenibile nel dialogo politico a livello globale (UN 1992; UNOPS 2009). Dal punto di vista del produttore, la crescente preoccupazione ambientale ha aperto una nuova opportunità di mercato e quindi è emerso il cosiddetto "marketing verde". Ciò mirava a migliorare la reputazione dell'azienda ai consumatori e mostrare un codice di condotta responsabile promuovendo prodotti di presumibile superiorità ambientale.

All'inizio non c'erano standard o linee guida per sviluppare e utilizzare tali etichette, il che significa che non esisteva credibilità o convalida delle affermazioni.

Si correva quindi il rischio di distorcere il mercato e di confondere i consumatori se non fuorviarli, ovvero ciò che viene comunemente chiamato "greenwashing". Per affrontare questa sfida e fornire un obiettivo per verificare le affermazioni di un'azienda sulle prestazioni dei propri prodotti hanno avuto luogo iniziative di standardizzazione. Il più significativo è lo sviluppo della famiglia ISO 14000, iniziato già nel 1991.

Facente parte dell'ISO 14000 c'è la serie ISO 14020 che definisce tre tipologie di etichette/dichiarazioni: tipo I, ovvero le environmental labelling, tipo II, peculiari per essere auto dichiarate e poi il tipo III, cioè le environmental product declaration, su cui questo lavoro si soffermerà e osserverà le caratteristiche principali.

Quest'ultime sono documenti che permettono di comunicare in maniera trasparente informazioni che sono usate per comparare le performance ambientali di differenti prodotti che abbiano però la stessa funzione.

Secondo l'ISO 14025 una dichiarazione ambientale deve sviluppare una "Product category rules" (PCR), che consente di impostare degli standard da seguire per la tipologia di prodotto considerata.

Una PCR contiene delle informazioni essenziali su come eseguire lo studio, indicando ad esempio: l'unità funzionale del prodotto, le regole di allocazione, i confini del sistema, i metodi utilizzati nella fase di life cycle impact assessment e la fonte dei dati.

Vengono raccomandati in oltre tre step da seguire: definire la categoria del prodotto su cui si svolgerà lo studio, produrre uno studio LCA, specificare gli obiettivi, tutte le regole per la categoria del prodotto, parametri predeterminati e tutti i requisiti per il reporting.

In quanto strumenti di marketing, le dichiarazioni ambientali possono influenzare il passaggio a prodotti più sostenibili e produrre un effetto positivo nell'ambiente.

Le dichiarazioni di Tipo III possono, come i marchi di qualità ecologica di Tipo I, ispirare cambiamenti nello sviluppo dei prodotti con effetti positivi sull'ambiente. Tuttavia, poiché può essere adottata per tutti i prodotti, qualunque sia il carico ambientale relativo del prodotto all'interno di quella categoria, una dichiarazione ambientale, contrariamente all'ecolabel, non è un indicatore della preferenza ambientale complessiva.

E' difficile poter comparare prodotti, perché un confronto significativo richiede che le dichiarazioni includano tutte le fasi del processo ciclo di vita, utilizzino gli stessi indicatori ambientali e si basino su LCA con lo stesso scopo, metodologia, unità funzionale e qualità dei dati. Ciò significa che dovrebbero essere basate sullo stesso schema dell'EPD, ovvero contenere le stesse regole contenute nelle PCR. Nonostante le sfide, ci sono sempre più iniziative per i criteri armonizzazione.

Nonostante i vantaggi evidenti delle EPD e del LCA, ci sono ancora sfide da affrontare. Tra queste, la standardizzazione dei metodi di valutazione, la disponibilità di dati di alta qualità lungo l'intera catena del valore e l'educazione dei consumatori sull'interpretazione e l'utilizzo delle informazioni fornite dalle EPD.

2.1 Program Operator

Nel sistema EPD giocano in ruolo fondamentale i Program Operator, cioè i soggetti tecnici che supportano lo sviluppo delle EPD mediante la definizione delle regole per lo sviluppo delle regole di categoria. La codifica dei documenti per la dichiarazione di convalida EPD da parte di un Ente di certificazione, la pubblicazione delle EPD convalidate sul proprio portale, il rilascio in uso del proprio label-EPD da applicarsi sui prodotti e servizi collegati all'EPD convalidata (lungo tutto il periodo di validità della convalida).

I program operator, anche conosciuti come organizzazioni di gestione dei programmi (PMO), sono entità o organizzazioni incaricate di gestire e supervisionare specifici programmi o iniziative. Nel contesto delle environmental product declaration (EPD), i program operator svolgono un ruolo chiave nell'assicurare la credibilità e l'affidabilità delle informazioni ambientali fornite attraverso le EPD per una determinata categoria di prodotti.

Ecco alcuni punti chiave riguardanti i program operator:

- Sono responsabili della gestione del processo di certificazione EPD all'interno di una specifica categoria di prodotti. Ciò include definire le regole e le linee guida per la preparazione delle EPD, supervisionare la raccolta e la verifica dei dati, nonché garantire la conformità alle normative e agli standard stabiliti.
- Definiscono le Product Category Rules (PCR), ovvero le regole specifiche per una determinata categoria di prodotti che servono da base per la preparazione delle EPD. Le PCR stabiliscono i criteri per la valutazione dell'impatto ambientale, specificano le procedure per la raccolta dei dati e determinano il formato e il contenuto dell'EPD.

- Le PCR sono linee guida specifiche per una determinata categoria di prodotti che definiscono i criteri e le regole per la preparazione delle EPD in quella categoria. Queste regole stabiliscono i parametri per la raccolta dei dati, l'analisi dell'impatto ambientale e la presentazione delle informazioni all'interno dell'EPD. I PCR sono sviluppati da gruppi di lavoro tecnici o da organizzazioni competenti nel settore, in collaborazione con esperti e stakeholder pertinenti.
- Le regole di categoria del prodotto (PCR) vengono utilizzate come complemento alle istruzioni generali del programma (GPI), ad es. in termini di regole di calcolo, scenari costruttivi e contenuti dell'EPD. Garantiscono che prodotti funzionalmente simili siano valutati allo stesso modo durante lo svolgimento dell'LCA e per il confronto dei prodotti. Una PCR dovrebbe consentire a diversi professionisti che la utilizzano di generare risultati coerenti nel valutare prodotti della stessa categoria di prodotti.
- Una volta che le EPD sono preparate in conformità con le PCR stabilite, i program operator possono certificarle, confermando che soddisfano i requisiti stabiliti e che sono accurate e affidabili. Questo processo di certificazione aumenta la credibilità delle informazioni ambientali fornite attraverso le EPD.
- Gestiscono il processo di verifica delle EPD, assicurandosi che le informazioni riportate siano supportate da dati accurati e verificabili. Questo contribuisce ulteriormente a garantire la credibilità delle EPD.
- Possono essere responsabili della pubblicazione e della gestione delle EPD certificate, rendendole disponibili al pubblico e agli stakeholder interessati.

Uno dei program operator che verrà preso in considerazione sarà “l'International EPD system” (IES), uno dei maggiormente accettati a livello internazionale, che opera in accordo alla ISO 14025 e si occupa sulla stesura delle PCR.

Sebbene lo sviluppo e l'uso delle EPD sia volontario, la richiesta negli anni recenti è aumentata, nonché il numero degli organismi che supervisionano e amministrano il Programma di Dichiarazione Ambientale di Tipo III, lo sviluppo delle Regole di Categoria di Prodotto (PCR) e il processo di verifica.

L'armonizzazione delle Product Category Rules (PCR) è un aspetto fondamentale per garantire la coerenza e la comparabilità delle Environmental Product Declarations (EPD) a livello globale. Poiché le PCR possono essere sviluppate da diverse organizzazioni o entità, esiste il

rischio di variazioni significative nei criteri e nelle metodologie utilizzate per valutare le prestazioni ambientali dei prodotti.

Negli ultimi anni, le PCR pubblicate da diversi operatori di programmi si sovrappongono sempre più. Ciò ha comportato incoerenze tra le PCR per le stesse categorie di prodotti (Ingwersen and Subramanian, 2014; Ingwersen et al., 2012)

Metodi “simili ma diversi” per il calcolo degli impatti ambientali stanno recentemente introducendo ulteriore confusione tra i consumatori, la maggior parte dei quali non si fida delle affermazioni “verdi” (Galatola e Pant, 2014).

Questa mancanza di istruzioni dettagliate e di metodologie armonizzate può portare alla creazione di vantaggi competitivi e risultati fuorvianti (Dias e Arroja, 2012), ad es. incomparabilità, a causa dei risultati favorevoli di una delle EPD. Al fine di garantire la fattibilità dell'utilizzo delle EPD per confrontare i prodotti, è necessaria l'armonizzazione del loro sviluppo tra i programmi (Schmincke e Grahl, 2007), che potrebbe ulteriormente promuovere la loro coerenza globale (Ingwersen et al., 2012).

A livello internazionale sono diverse le linee guida che si stanno sviluppando negli ultimi anni per far fronte a problematiche di armonizzazione tra i principali possiamo distinguere la “Guidance for Product Category Rule Development”(GPCRD) e la “Product environmental footprint”(PEF).

La GPCRD, che supporta lo standard ISO 14025, fornisce una guida passo passo per lo sviluppo della PCR (Ingwersen e Subramanian, 2014), applicabile a tutti i tipi di prodotti (ad esempio beni o servizi).

Questo documento guida è una risposta alla crescente necessità di istruzioni aggiuntive sullo sviluppo delle regole di categoria, sviluppato da un gruppo internazionale di parti interessate multi-stakeholder, chiamato Product Category Rule Guidance Development Initiative (PCR Initiative).

È stato pubblicato nel 2013 come risultato del lavoro collaborativo della “PCR Initiative” che comprendeva 40 organizzazioni provenienti da 13 paesi (Ingwersen e Subramanian, 2014). I principali standard, specifiche e programmi che fungono da base per lo sviluppo del GPCRD

sono ISO 14025 (2006a), ISO/TS 14067 (2013), PAS 2050 (2011), GHG Protocol (2011), EN 15804 (2012), ISO 21930 (2007), Guida sulla PEF (2013a) e BPX 30-323 (2011).

La norma ISO 14025, parte della serie ISO 14000 che riguarda la gestione ambientale, è un documento che definisce i principi, i requisiti e le linee guida per la preparazione e la pubblicazione delle Environmental Product Declarations (EPD),

Una delle sue peculiarità è il suo orientamento verso la trasparenza e l'affidabilità delle informazioni riportate nelle EPD. La norma stabilisce principi chiave che devono essere seguiti durante il processo di preparazione delle EPD, tra cui la trasparenza, l'accuratezza, la completezza, la comparabilità, la non ambiguità, la pertinenza e l'affidabilità. Questi principi sono essenziali per garantire che le EPD siano affidabili, confrontabili e utili per le decisioni d'acquisto e per la valutazione dell'impatto ambientale dei prodotti.

Un aspetto importante della ISO 14025 è il riconoscimento ufficiale delle EPD da parte di terze parti.

La versione più recente è ISO/DTS 14027 è un nuovo progetto ISO, facente parte dell'ISO 14020 serie di standard, che mira a completare l'ISO 14025 fornendo più dettagli guida sullo sviluppo delle PCR.

Per quanto riguarda la valutazione della trasparenza degli schemi EPD, la clausola 5.5 della norma ISO 14025 (2006a) afferma che “ l'operatore del programma sarà responsabile di garantire credibilità e trasparenza nel funzionamento del programma”. Inoltre, la clausola 5.9 dello stesso standard stabilisce principi aggiuntivi al fine di garantire la trasparenza dei sistemi, tra cui GPI accessibile al pubblico, un elenco di tutti i documenti PCR pubblicati nell'ambito del rispettivo programma e materiali esplicativi.

L'ISO si caratterizza soprattutto per fornire supporto alla standardizzazione comunicando delle specifiche tecniche che verranno utilizzate nell'implemento della metodologia LCA.

Esistono però molte EPD che seguono criteri diversi non essendo totalmente conformi ad esempio alle ISO o qualora si presenti una mancanza di informazioni o di trasparenza o anche semplicemente relativo alla documentazione guida(GPI), dove non si ha il pubblico accesso o difficoltà nel reperire delle informazioni a causa di barriere linguistiche.

2.2 Pcr footwear e apparel

Le Product category rules che verranno analizzate sono quelle relative al settore del footwear e apparel, sviluppate dal program operator “ international EPD system” (IES).

Queste PCR sono necessarie per la stesura della environmental product declaration, anche se ancora è una versione preliminare in fase di completamento.

Con l’immagine riportata di seguito è possibile osservare la gerarchia degli standard e regole nell’ambito del settore analizzato.

Questo documento fornisce le PCR per la valutazione delle performance ambientali di prodotti calzaturieri e di abbigliamento, compresi quelli adibiti a funzioni lavorative.

La PCR consente a diversi professionisti di generare risultati coerenti quando valutano l'impatto ambientale di prodotti della stessa categoria di prodotti, favorendo così la comparabilità dei prodotti all'interno di una categoria di prodotti.

Una EPD basata su queste regole ha una validità di 5 anni dalla data della sua verifica o fino a quando è stata eliminata dal sistema internazionale delle EPD. Sono necessarie inoltre aggiornamenti e nuove verifiche qualora ci fossero cambiamenti significativi riguardanti il prodotto dichiarato.

Nell'ambito dello sviluppo di questa PCR, sono state prese in considerazione le PCR esistenti e altri metodi standardizzati a livello internazionale che potrebbero potenzialmente fungere da PCR, al fine di evitare inutili sovrapposizioni nel campo di applicazione e di garantire l'armonizzazione con i metodi consolidati rilevanti per la categoria di prodotto. L'esistenza di tali documenti è stata verificata tra i seguenti programmi EPD ed enti di standardizzazione internazionale organismi di standardizzazione internazionali: IES e la PEF dell'Unione Europea, anche se come vedremo rimangono ci sono delle differenze.

Come accennato precedentemente, viene seguito oltre lo standard ISO 14040/14044, il 14025, a differenza della controparte europea.

Numerosi sono gli studi analizzati che hanno portato alle scelte metodologiche attuate per la stesura della PCR, come ad esempio l'unità funzionale o l'unità dichiarata, i confini del sistema, i metodi di allocazione, le categorie di impatto e la qualità dei dati (goal and scope, life cycle inventory and LCIA).

L'unità dichiarata è un paio di scarpe incluso il packaging e altri elementi inclusi nell'unità venduta. Non viene utilizzata l'unità funzionale a causa della difficoltà e impossibilità di tener conto di tutte le funzioni rilevanti in un'unità predefinita, perchè le applicazioni e quindi le funzioni delle scarpe sono estremamente variabili. Devono essere però tenute in considerazione in ipotetiche comparazioni tra EPD basate su questa PCR.

In aggiunta all'unità dichiarata deve essere selezionata una delle seguenti opzioni:

- A- EPD di un prodotto singolo;
- B- EPD di prodotti simili della stessa impresa;
- C- EPD di un settore;

Non è possibile dichiarare una durata di vita standard di differenti calzature, perciò il termine più opportuno da considerare per la comparazione è rappresentato dalle proprietà tecniche del prodotto, sia fisiche che meccaniche. Sono incluse solamente misurazioni quantitative.

La durata prevista dovrebbe essere dichiarata includendo, se possibile, il numero di usi, le condizioni di uso e i possibili scenari del fine vita basati sulle statistiche del paese di riferimento.

Il Sistema Internazionale EPD utilizza un approccio che prevede l'inclusione di tutti i processi di attribuzione dalla “culla alla tomba”, secondo il principio della “perdita limitata di informazioni al prodotto finale”.

Ai fini delle diverse regole di qualità dei dati e della presentazione dei risultati, il ciclo di vita del prodotto è suddiviso in tre fasi del ciclo di vita:

- Upstream processes (from cradle-to-gate)

In questa fase del ciclo vita vengono considerati tutti i processi per la creazione di materie prime, materie prime seconde e tutte gli input necessari, come ad esempio la produzione di pelle.

- Core processes (from gate-to-gate)

In questa fase sono considerati i trasporti dei materiali per produzione del prodotto, la produzione stessa comprendendo l'uso di elettricità, combustibile e il fine vita dei residui di questa fase. Bisogna includere almeno il 99% del peso totale dell'unità dichiarata includendo il packaging.

- Downstream processes (from gate-to-grave)

Devono essere considerati i trasporti dal retailer al consumatore, il fine vita dei prodotti e i loro packaging.

Solitamente i processi di produzione e del fine vita di infrastrutture e beni strumentali usati non devono essere considerati nel sistema, a meno che abbiano un notevole impatto ambientale o che non si possano sottrarre questi dati dal dataset del life cycle inventory.

Considerare nei confini di sistema i flussi in entrata e in uscita di materiali e componenti rispettivamente da e verso altri sistemi di produzione considerando gli impatti dei trasporti e i processi di riciclo.

I confini temporali indicano per quanto tempo i dati del life cycle inventory sono registrati, solitamente per 100 anni dall'anno di rappresentanza dello studio, solitamente l'anno di pubblicazione dell'EPD.

I confini geografici rappresentano la copertura geografica dell'LCA, che suggerisce anche lo stato dell'arte tecnologico del territorio e informazioni sugli input usati.

Deve essere utilizzato una regola del cut-off dell'1%, ovvero i dati dell'inventario devono insieme dare origine almeno al 99% dei risultati di qualsiasi categoria di impatto ambientale. Il cut-off deve poter essere verificato; quindi, è importante documentare l'esclusione di dati nel report dell'LCA.

L'allocazione si può suddividere nell'allocazione di co-prodotti, ovvero quando in una determinata unità di processo vengono generati più prodotti, oppure in quella dei rifiuti, ovvero quando vengono generati materiali che richiedono ulteriori processi che permettano di renderli prodotti, raggiungendo lo stato di "end of waste" seguendo il seguente standard, EN 15804: "I processi di trattamento dei rifiuti devono essere assegnati al sistema di prodotti che generano i rifiuti fino al raggiungimento dello stato di end-of-waste".

Nella co-produzione esistono tre metodi allocativi da seguire in ordine gerarchico:

1. Se possibile evitare l'allocazione e suddividere il processo in sub processi, raccogliendo i dati nel rispettivo subprocesso
2. Se l'allocazione è inevitabile, assegnare ogni dato dell'inventario al rispettivo coprodotto seguendo relazioni fisiche tra loro
3. Qualora non fosse possibile il metodo precedente bisogna seguire relazioni economiche, seguite da analisi di sensibilità per valutare il margine di errore sullo studio.

I dati del life cycle inventory sono classificati in dati specifici o dati generici.

I primi, detti anche dati primari, sono definiti come quei dati raccolti nell'impianto di produzione o nel sito specifico oggetto di studio, i secondi ottenuti da database che possono fornire una qualità del dato più o meno elevata dove però il professionista non ha un accesso e controllo diretto. I dati generici devono essere basati sul modello attribuzionale dell'LCA.

Esistono dei requisiti che devono essere rispettati per i dati raccolti, ed è possibile analizzarli suddividendo il ciclo vita in stadi:

1. upstream process
2. core process
3. downstream process.

1.

In questa fase viene consigliato di ricavare dati dalla supply chain, qualora fosse possibile, nel sito di raccolta e specifici.

Dovrebbero essere richiesti al fornitore dati specifici riguardanti il processo, packaging e dove rilevante le infrastrutture e anche il trasporto.

Per processi modellati con dati specifici, la rendicontazione del mix di energia elettrica deve seguire la seguente gerarchia:

1. mix specifico di energia elettrica generata o acquistata da un fornitore di energia elettrica.
2. Mix elettrico del fornitore sul mercato
3. Mix di elettricità residua sul mercato
4. Mix di consumi elettrici sul mercato

Per mercato è inteso il mix elettrico del Paese dove l'energia è usata.

2.

I trasporti, dal punto di spedizione alla fabbrica, i beni, ovvero tutto ciò indispensabile per la produzione compreso calore e elettricità e i servizi devono basarsi su dati il più possibile specifici.

La gerarchia del mix elettrico è come quello nella fase precedente.

3.

Il trasporto del prodotto al consumatore deve essere rendicontato seguendo la seguente gerarchia:

1. Modalità e distanze effettive di trasporto verso un cliente o un mercato specifico, che rappresenta l'ambito geografico della EPD.
2. Una media ponderata delle modalità e delle distanze di trasporto, basata sul trasporto verso diversi clienti o mercati, che rappresentano l'ambito geografico della EPD.
3. 3- Calcolato come un trasporto lungo fisso, come 1.000 km di trasporto su camion o 10.000 km in aereo, in base al tipo di prodotto.

Scenari del fine vita, dati riguardanti la fase d'uso e la riparazione del prodotto si devono basare su scenari plausibili ed economicamente e tecnicamente conformi alla regolamentazione dell'area geografica di interesse, quando dati specifici non possano essere ottenuti.

Il mix elettrico è composto solo da due opzioni:

1. Mix di elettricità residua sul mercato
2. Mix di consumi elettrici sul mercato

Bisogna dichiarare nella EPD delle specifiche sulla qualità dei dati come, ad esempio, la percentuale di dati generici usati se quelli specifici non erano reperibili e riportare il periodo che deve essere per tutti lo stesso per quest'ultimi.

La EPD deve dichiarare gli indicatori di performance ambientali utilizzati, sia per l'inventario che per il calcolo degli impatti.

Non è consentito dichiarare più serie di risultati, che riflettono prodotti diversi, nella stessa EPD. Tuttavia, prodotti simili provenienti da uno o più siti di produzione coperti dalla stessa PCR e fabbricati dalla stessa azienda con le stesse fasi principali dei processi di base possono essere raggruppati e quindi inclusi nella stessa EPD.

Esistono tre possibili opzioni:

1. Per ogni indicatore, dichiarare i risultati medi dei prodotti inclusi. Questa media deve essere ponderata in base ai volumi di produzione dei prodotti inclusi, se pertinente.
2. Dichiarare i risultati di un prodotto rappresentativo tra quelli inclusi. La scelta del prodotto rappresentativo deve essere giustificata nella EPD, utilizzando, se del caso, parametri statistici.

Per ogni indicatore, dichiarare il risultato peggiore dei prodotti inclusi. Le informazioni sulle proprietà ambientali e pericolose delle sostanze e pericolose delle sostanze rifletteranno la quota peggiore e più pericolosa di tali sostanze contenute nei prodotti inclusi.

Il Sistema Internazionale EPD consente a un'associazione industriale di sviluppare un'EPD sotto forma di EPD di settore. Una EPD di settore dichiara il prodotto medio di più aziende di un settore ben definito in un'area geografica ben definita. I prodotti coperti da una EPD di settore devono seguire la stessa PCR e applicare la stessa unità dichiarata.

Una EPD può dichiarare ulteriori informazioni rilevanti per l'ambiente, oltre ai risultati LCA della sezione sui risultati delle prestazioni ambientali. Le informazioni ambientali aggiuntive possono riguardare vari aspetti di rilevanza specifica per il prodotto, ad esempio il rilascio di sostanze pericolose durante l'uso.

3 PRODUCT ENVIRONMENTAL FOOTPRINT

Nel valutare come creare degli standard universali basati sull'LCA, la Commissione Europea ha ritenuto che gli standard più recenti relativi a settori economici non erano abbastanza buoni, così hanno creato l'impronta ambientale di prodotto (PEF), una misura multicriterio di e prestazioni ambientali di un bene o servizio durante tutto il suo ciclo di vita.

La PEF è una delle iniziative più recenti, in risposta alla richiesta degli Stati membri di elaborare un approccio per misurare e comunicare le prestazioni ambientali dei prodotti che potrebbero essere utilizzati nelle politiche dell'UE (Galatola e Pant, 2014).

Il PEF è la risposta della Commissione Europea Grenelle II, un'iniziativa francese per prenderne di più misure concrete per risolvere i problemi ambientali. Insieme al PEF, l'European La Commissione ha creato l'impronta ambientale delle organizzazioni (OEF).

La storia della PEF è caratterizzata da 4 fasi, essendo la sua applicazione un processo complesso e articolato: la fase preparatoria (2008-2013), la fase pilota (2013-2018), la fase di transizione (2018-2021) e la fase di implementazione (2021-.202?).

Fase preparatoria (2008-2013)

Nel 2008, il Consiglio europeo ha invitato la Commissione europea a sviluppare una metodologia per gli audit del carbonio per le organizzazioni e le impronte di carbonio per i prodotti. Durante questa fase preparatoria, la Commissione europea ha condotto studi sulle impronte di carbonio e sulla rendicontazione dei gas serra delle imprese. È emerso chiaramente che per una serie di prodotti e settori le emissioni di gas serra non sono l'aspetto ambientale più significativo. Si è giunti alla conclusione che è necessario prendere in considerazione altri impatti ambientali dei prodotti e delle organizzazioni.

Fase pilota (2013-2018)

La Fase Pilota ha definito 25 PEF pilota con l'obiettivo di specificare le PEFCR, imparare quali dataset funzionano o non funzionano, testare e infine avvicinarsi all'utilizzo dei dataset e delle PEFCR con prodotti reali.

Questi set di dati sono stati utilizzati per la rimodellazione di 21 PEF pilota secondo la Guida PEF e le PEFCR sviluppate individualmente.

Al termine della Fase Pilota, la Commissione Europea rilascerà le PEFCR, il modello di prodotti rappresentativi e i dati a chiunque voglia realizzare uno studio PEF.

Fase di transizione (2018-2021)

La fase di transizione consente a chiunque di testare le PEFCR in applicazioni reali e amplia il numero di PEFCR da sviluppare. Questa fase è destinata a condurre verso la regolamentazione:

dichiarazione, etichettatura e attuazione. Durante questa fase, il 51% delle aziende che hanno presentato domanda e hanno superato i criteri sarà autorizzato a procedere con la creazione di una PEFCR.

L'azienda thinkstep si è candidata e ha vinto la gara d'appalto per fornire un Helpdesk PEF (Progetto di supporto per la transizione PEF) per conto della Commissione europea. Le aziende che desiderano creare un PEF o un nuovo PEFCR possono farlo con l'aiuto di thinkstep in qualsiasi settore.

Fase di implementazione (2021-202?)

La fase di implementazione è la fase normativa. In questa fase, l'Unione Europea ci dirà in quali casi sarà obbligatorio seguire le regole PEF per dichiarare l'impatto ambientale dei prodotti.

Di conseguenza, la CE ha deciso di estendere il lavoro ad altri aspetti ambientali. Ciò ha portato nel 2011 alla creazione di due ulteriori metodologie mirate e armonizzate, ovvero PEF e OEF, approcci metodologici comuni per consentire agli Stati membri e al settore privato di valutare, visualizzare e confrontare le prestazioni ambientali di prodotti, servizi e aziende al fine di promuovere il consumo e la produzione sostenibili. Questa fase ha definito le regole e stabilito l'importanza del concetto di ciclo di vita nell'UE.

Al fine di assicurare comparabilità, la Commissione europea necessitava di regole specifiche per i diversi prodotti gruppi perché non è possibile utilizzare lo stesso criterio quando si valutano prodotti differenti.

La PEF mira allo sviluppo di regole comuni specifiche per prodotto per il calcolo dell'impronta ambientale di beni o servizi utilizzando una misura multicriterio (CE, 2013a), seguita da una guida regolarmente aggiornata per lo sviluppo di regole di categoria PEF, denominata PEFCR (CE, 2013b). Quest'ultima che verrà analizzata in seguito per quanto riguarda per il settore delle calzature e abbigliamento.

Una volta creata una PEFCR per uno specifico gruppo di prodotti completato, viene utilizzato come base per la creazione una PEF per particolari prodotti che rientrano in tale ambito quel gruppo.

3.1 Pefcr footwear e apparel

Le PEFCR che verrà analizzate saranno la base per valutare le performance ambientali di molteplici prodotti, tra cui le calzature da lavoro.

Lo scopo prevedere di valutare gli impatti di tutto il ciclo vita (cradle to grave) nel mercato europeo, ma è possibile anche svolgere valutazioni parziali solamente qualche fase.

L'unità funzionale (FU) consiste nel fornire un prodotto di abbigliamento o calzature che soddisfi le esigenze specifiche del consumatore. Per determinarla è possibile analizzare degli aspetti come la funzione fornita, la grandezza della funzione, il livello atteso di qualità e la durata del prodotto fornito.

In questa PEFCR l'attenzione si pone sulla qualità intrinseca del prodotto e i suoi materiali e la potenziale riparabilità del prodotto. Per quanto concerne la durata della vita, è usato il concetto di “durata del servizio”, dalla metodologia Higg Product Module, definito come la durata della vita del prodotto con appropriato uso per le sue funzioni. Spesso la durata del servizio è moltiplicato per un fattore DoS (duration of service).

Il tasso di riuso dell'abbigliamento è del 23%, mentre quello delle calzature del 10%, questo porta ad un'estensione della durata della vita rispettivamente del 16% e 7%.

La qualità intrinseca del prodotto è definita usando test di durabilità fisica, ottenendo un punteggio che è convertito in un moltiplicatore da usare con la durata della vita del prodotto.

La durata della vita può essere estesa attraverso la riparazione.

Per definire un moltiplicatore di riparabilità si tiene conto di due aspetti:

- La riparabilità intrinseca di un prodotto di abbigliamento o di calzature, ovvero la capacità di un prodotto di essere riparato, indipendentemente dal fatto che la riparazione avvenga o meno;
- L'esistenza di un servizio post-vendita per la riparazione e la sua qualità.

Le riparazioni che possono essere effettuate dal consumatore a casa propria sono escluse dal moltiplicatore di riparabilità.

Le fasi del ciclo vita del prodotto da considerare per le calzature e abbigliamento sono la produzione di materie prime e quella del prodotto, la distribuzione, l'uso e il fine vita.

Possono essere aggiunte informazioni sull'attività dell'azienda in materia di responsabilità ambientale, come ad esempio le iniziative a cui l'azienda ha aderito o su eventuali programmi di sostenibilità seguiti a livello di prodotto o di produzione (ad esempio, percentuale di cartone proveniente da una fonte certificata o percentuale di tessuti provenienti da etichette certificate).

Il professionista che utilizza le PEFCR deve indicare se i materiali sono certificati come biologici e riportare la percentuale di massa totale del prodotto certificata come biologica.

Esistono numerose limitazioni che devono essere però riportate, come le microplastiche che non sono ancora coperte dalla metodologia PEF, la differenziazione tra l'impatto di un prodotto di prima o seconda mano non è permesso e impatti non totalmente coperti di sostanze chimiche su alcuni ecosistemi.

Numerose sono le categorie di impatto analizzate, tra le più rilevanti si hanno il cambiamento climatico, il particolato, l'acidificazione, l'ecotossicità e l'uso di risorse.

Tra le fasi del ciclo vita le più impattanti sono l'estrazione di materie prime e la produzione.

In merito all'inventario del ciclo vita ci sono dei dati specifici obbligatori che devono essere utilizzati nelle fasi più rilevanti.

1- Prima fase- materie prime

Nella fase di acquisizione delle materie prime e pre-produzione devono essere forniti i dati primari relativi al tipo e alla quantità di materiale per distinta base, compresi i tagli, la provenienza del materiale (distanza di trasporto e quota di provenienza), il tipo di filato, la formazione del tessuto e l'uso del filo.

Per ogni materiale trasportato sono richiesti i dati seguenti: massa trasportata, modalità di trasporto, distanza per modalità di trasporto, tasso di utilizzo del trasporto su camion e modellazione del ritorno a vuoto per il trasporto su camion.

I dati primari per i processi della fase di produzione e le tecnologie devono essere utilizzati per selezionare i set di dati più rilevanti dal database.

Devono essere forniti i dati primari relativi al peso del prodotto finale, al tasso di scorte esaurite e al loro fine vita (quote di smaltimento in discarica, incenerimento, riciclaggio e relativo percorso di riciclaggio utilizzato).

I processi principali della fabbricazione di calzature sono la produzione di componenti, compresa la produzione delle singole parti della scarpa (parte inferiore, media e superiore), nonché la formatura della mescola (produzione di suole), la produzione di suole interne, la fustellatura, la cucitura e il consolidamento dei componenti e assemblaggio finale del prodotto. I processi inclusi sono: l'allestimento del magazzino, l'assemblaggio e l'imballaggio per la vendita.

Poiché i consumatori non sempre seguono le istruzioni per la cura, per la fase d'uso si utilizzano valori predefiniti. Infine, considerando che la fase di fine vita non è quasi mai la più rilevante, non è necessario raccogliere dati primari.

La fase del ciclo di vita della distribuzione comprende gli impatti relativi al trasporto dei prodotti calzaturieri finali al cliente finale, compresi gli impatti relativi allo stoccaggio intermedio e alle perdite di distribuzione.

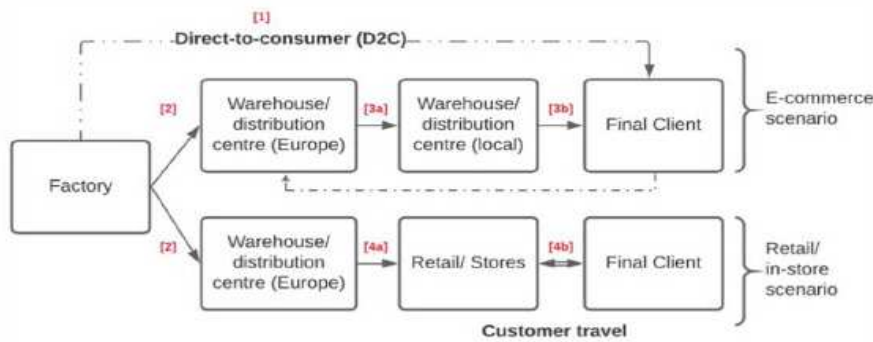


Figure 5 Transport processes and scenarios

La massa del carico reale divisa per la massa del carico utile fornisce il rapporto di utilizzo. Il rapporto di utilizzo predefinito è pari al 64% per un autocarro.

Gli impatti derivanti dagli spostamenti dei consumatori (assegnazione dell'impatto delle autovetture) si basano sul volume. Per un'autovettura media, il volume massimo che può essere trasportato è di 0,2 m³, il fattore di allocazione è calcolato come il volume del prodotto diviso per il volume massimo. Per le calzature chiuse il valore di default di volume del prodotto corrisponde a 0.018 m³.

Gli impatti generati dallo stoccaggio dei prodotti finali nei magazzini o nei punti vendita al dettaglio sono legati all'energia per il riscaldamento e l'illuminazione e ai rifiuti associati ai prodotti e agli imballaggi persi.

Table 35 Default storage capacity and energy consumption for warehouse/DC and retail/stores

	Storage capacity (ambient)	Storage time	Default storage capacity	Energy consumption (ambient)
Warehouse/ distribution centre	48'000 m ³	7 weeks (based on OEFCRs retail, 2018 and data received)	3'120'000 m ³ *weeks/ year	30 kWh/ m ² *year 360 MJ natural gas/ m ² *year
Retail/ stores	2'000 m ³		104'000 m ³ *weeks/ year	150 kWh/ m ² *year

I resi devono essere presi in considerazione per entrambi gli scenari moltiplicando le distanze per la percentuale dei ritorni. Saranno utilizzati i seguenti valori predefiniti di ritorno (dati SAC, 2022):

- Scenario del commercio elettronico 28%

- Scenario vendite al dettaglio/ in negozio 7%

Per la fase di distribuzione di tutti i capi di abbigliamento e calzature si utilizzerà un tasso di perdita predefinito dell'1% a meno che non si utilizzino dati primari.

Le perdite sono modellate in base alla quantità totale di prodotto che lascia la fabbrica rispetto alla quantità che arriva in condizioni vendibili al punto vendita.

Durante la fase d'uso si ipotizza che i consumatori lavino le scarpe una sola volta nel corso del loro ciclo di vita.

La fase di fine vita inizia quando il prodotto in questione e il suo imballaggio vengono scartati dall'utente e termina quando il prodotto viene restituito alla natura come rifiuto o entra nel ciclo di vita di un altro prodotto (ad esempio come input riciclato).

Altri rifiuti (diversi dal prodotto in esame) generati durante la fase di produzione, distribuzione, vendita al dettaglio, utilizzo o dopo l'uso devono essere inclusi nel ciclo di vita del prodotto e modellati nella fase del ciclo di vita in cui si verificano.

La Circular Footprint Formula (CFF) è utilizzata per modellare il fine vita dei prodotti e il contenuto riciclato calcolato come “materiale + energia + smaltimento”.

Essa si basa su diversi parametri che tengono conto di: caratteristiche fisiche dei prodotti avviati al riciclo (ad esempio, la qualità del materiale dopo il riciclo e il potere calorifico del materiale); impatti dei processi (impatto della produzione di energia, del riciclo e della sostituzione di materiali vergini produzione); e la situazione del mercato per un prodotto riciclato.

Per ogni set di dati che compongono un processo e per lo studio PEF totale deve essere calcolata e riportata la qualità dei dati.

Il calcolo della qualità dei dati (DQR) può essere sintetizzata con la seguente formula:

$$DQR = (TeR + GeR + TiR + P) / 4$$

Dove TeR è la rappresentatività tecnologica, GeR è la rappresentatività geografica, TiR è quella temporale e la P è la precisione.

La rappresentatività indica con che grado i processi e i prodotti selezionati raffigurano il sistema analizzato, mentre la precisione indica il modo in cui i dati sono ricavati e il relativo grado di incertezza.

La DQR di set di dati specifici aziendali può essere calcolata nei seguenti modi:

- Selezionare i dati di attività più rilevanti e i flussi elementari diretti: i dati di attività più rilevanti sono quelli collegati ai sottoprocessi (cioè ai set di dati secondari) che rappresentano almeno l'80% dell'impatto ambientale totale del set di dati specifico dell'azienda.
- 1. Calcolare i criteri DQR TeR, TiR, GeR e P per ogni dato di attività più rilevante e per ogni flusso elementare diretto più rilevante.
- 2. Per ogni flusso elementare più rilevante, l'utente del PEFCR deve valutare i 4 criteri DQR denominati
- 3. TeR-EF, TiR-EF, GR-EF, PEF. Ad esempio, l'utente del PEFCR valuterà il criterio del flusso misurato, per quale tecnologia è stato misurato il flusso e per quale tecnologia è stato misurato il flusso e in quale area geografica.
- Per ogni dato relativo all'attività più rilevante, si valutano i 4 criteri DQR (denominati TiR-AD, PAD, GR-AD, TeR-AD) da parte dell'utente del PEFCR.
- Considerando che i dati per i processi obbligatori devono essere specifici dell'azienda, il punteggio di P non può essere superiore a 3, mentre il punteggio di TiR, TeR e GeR non può essere superiore a 2 (il punteggio DQR deve essere $\leq 1,5$).
- 4. Calcolare il contributo ambientale di ogni attività di dati.
- 5. Calcolare i criteri TeR, TiR, GeR e P del nuovo set di dati sviluppato come media ponderata di ciascun criterio dei dati di attività più rilevanti e dei flussi elementari diretti.

Tutti i processi necessari per modellare il prodotto e al di fuori dell'elenco dei dati obbligatori specifici dell'azienda devono essere valutati utilizzando la matrice dei fabbisogni di dati (cfr. tabella 19). L'utilizzatore della PEFCR deve applicare la DNM per valutare quali dati sono necessari e devono essere utilizzati nella modellazione della sua PEF, a seconda del livello di influenza che l'utente della PEFCR (azienda) ha sul processo specifico. I tre casi seguenti si trovano nella DNM e sono spiegati di seguito:

1. Situazione 1: il processo è gestito dall'azienda che applica il PEFCR;
2. Situazione 2: il processo non è gestito dall'azienda che applica la PEFCR, ma l'azienda ha accesso a informazioni (aziendali) specifiche;
3. Situazione 3: il processo non è gestito dall'azienda che applica la PEFCR e questa azienda non ha accesso a informazioni (aziendali) specifiche.

Table 19 Data Needs Matrix (DNM)

		Most relevant process	Other process
Situation 1: process run by the company using the PEFCR	Option 1	Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company-specific dataset, in aggregated form (DQRs1.5) ³ Calculate the DQR values (for each criterion + total)	
	Option 2		Use default secondary dataset in PEFCR, in aggregated form (DQRs3.0) Use the default DQR values
Situation 2: process not run by the company using the PEFCR but with access to company-specific information	Option 1	Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company-specific dataset, in aggregated form (DQRs1.5) Calculate the DQR values (for each criterion + total)	
	Option 2	Use company-specific activity data for transport (distance), and substitute the sub-processes used for electricity mix and transport with supply-chain specific EF compliant datasets (DQRs3.0)* Re-evaluate the DQR criteria within the product specific context	
	Option 3		Use company-specific activity data for transport (distance), and substitute the sub-processes used for electricity mix and transport with supply-chain specific EF compliant datasets (DQRs4.0)* Use the default DQR values.
Situation 3: process not run by the company using the PEFCR and without access to company-specific information	Option 1	Use default secondary data set in aggregated form (DQRs3.0) Re-evaluate the DQR criteria within the product specific context	
	Option 2		Use default secondary data set in aggregated form (DQRs4.0) Use the default DQR values

1. Per ogni processo della situazione 1 sono possibili due opzioni:
 - - Il processo rientra nell'elenco dei processi più rilevanti come specificato nel PEFCR o non rientra nell'elenco dei processi più rilevanti, ma l'azienda vuole comunque fornire

dati specifici (opzione 1), il DQR dei set di dati sviluppati deve essere valutato con i passaggi spiegati precedentemente;

- - Il processo non rientra nell'elenco dei processi più rilevanti e l'azienda preferisce utilizzare un set di dati secondario (opzione 2).

2. Quando un processo non viene eseguito dall'utente del PEFCR, ma si ha accesso a dati specifici dell'azienda, sono possibili tre opzioni:

- - L'utente del PEFCR ha accesso ad ampie informazioni specifiche del fornitore e vuole creare un nuovo set di dati conformi all'EF (opzione 1);
- - L'azienda dispone di alcune informazioni specifiche del fornitore e vuole apportare alcune modifiche minime (opzione 2), sostituendo dati specifici riguardanti trasporto e mix elettrici a partire da dati secondari predefiniti;
- - Il processo non è presente nell'elenco dei processi più rilevanti e l'azienda vuole apportare alcune modifiche minime (opzione 3), si veda opzione 2.

3. Se un processo non è gestito dall'azienda che utilizza il PEFCR e l'azienda non ha accesso a dati specifici, ci sono due opzioni possibili:

- - È nell'elenco dei processi più rilevanti (situazione 3, opzione 1);
- - Non è presente nell'elenco dei processi più rilevanti (situazione 3, opzione 2);

Le regole di allocazione prevedono quelle basate su una relazione fisica, sia la massa del prodotto per la produzione o il volume del prodotto per la distribuzione.

Negli studi PEF si utilizzerà il seguente mix di elettricità, in ordine gerarchico:

- Prodotto elettrico specifico del fornitore (cfr. ISO 14067)

- Il mix totale di elettricità specifico del fornitore
- Deve essere utilizzato il “mix di rete residuo specifico per Paese, mix di consumo”. Per Paese si intende il Paese in cui si svolge la fase o l'attività del ciclo di vita. Può trattarsi di un Paese dell'UE o di un Paese non UE.
- Come ultima opzione, deve essere utilizzato il mix di rete residuo medio dell'UE, il mix di consumo (UE+EFTA) o il mix di rete residuo rappresentativo della regione, il mix di consumo.

Ogni studio PEF dovrebbe contenere, per tutte le categorie d'impatto, i risultati caratterizzati, normalizzati e ponderati, oltre all'inventario completo del ciclo vita e il singolo punteggio complessivo aggregato.

3.2 Confronto PEFCR e PCR

In Europa le aziende e i responsabili politici percepiscono sia l'impronta ambientale di prodotto (PEF) della Commissione europea sia le dichiarazioni ambientali di tipo III (EPD) come strumenti applicabili a sostegno della comunicazione sia interna che esterna, basata su un approccio del ciclo vita (ISO 14040/14044).

Entrambi sono basati sul ciclo di vita e hanno lo stesso target di comunicazione, ma l'iniziativa PEF non prevede un operatore di programma e non può essere considerato uno schema EPD come definito dalla norma ISO 14025.

Per quanto riguarda la definizione delle categorie di prodotto, nel contesto della PEF i prodotti devono essere classificati, al minimo, in una divisione di codice a due cifre della classificazione dei prodotti per attività (CPA) (Eurostat 2013).

Le categorie di prodotto CPA sono legate alle attività definite dalla classificazione statistica delle attività economiche nella Comunità europea (NACE) (Eurostat 2008).

Allo stesso modo, secondo il GPI, i prodotti devono essere classificati a tre, quattro o cinque cifre nell'ultima versione della Classificazione Centrale dei Prodotti (CPC) della Divisione Statistica delle Nazioni Unite (UNSD) (UNSD 2015).

La Guida PEF richiede che l'unità funzionale, chiamata unità di analisi, sia definita rispondendo alle quattro domande: “what”, “how well”, “how much” e “how long”.

Quindi, non solo in base alle funzioni/servizi forniti (“what”), ma anche all'entità, al livello di qualità atteso e alla durata/tempo di vita del prodotto.

L'unità funzionale, definita come una prestazione quantificata del prodotto da utilizzare come unità di riferimento in una dichiarazione ambientale del ciclo di vita di un prodotto, deve essere definita e misurabile. In pratica, consiste in una funzione o proprietà qualitativamente definita e nella sua quantificazione attraverso un'unità.

Per le EPD che non coprono un intero ciclo di vita, il concetto di unità funzionale viene trasferito in un'unità dichiarata, relativa alle applicazioni tipiche dei prodotti. Pertanto, oltre a utilizzare una terminologia diversa, le PEF aggiungono requisiti dettagliati alla definizione di unità funzionale. Nonostante ciò, sia la Guida PEF che la GPI richiedono che un flusso di riferimento sia determinato in relazione rispettivamente all'unità di analisi e all'unità funzionale/dichiarata.

Sia la Guida PEF che la GPI definiscono l'approccio dalla culla alla tomba come un approccio predefinito che impone la prescrizione di approcci diversi alle PEFCR e alle PCR. Nel testo della PEF, ai fini di un diverso accesso alle informazioni, i processi inclusi nei confini del sistema sono divisi in “foreground processes” e “background processes”. I primi sono processi fondamentali per i quali è disponibile un accesso diretto alle informazioni. Allo stesso scopo, la IES separa il ciclo di vita dei prodotti in diverse fasi del ciclo di vita: “upstream processes” (dalla culla al cancello), “core processes” (dal cancello al cancello) e “downstream processes” (dal cancello alla tomba).

Secondo la Guida PEF, la metodologia PEF prende elementi da entrambi gli approcci metodologici attribuzionali e consequenziali. Al contrario, l'approccio dei sistemi della IES è

un LCA attribuzionale (in contrasto con la LCA sequenziale). Ciò significa che devono essere utilizzati dati specifici o medi (cioè non dati marginali), lo scopo dell'utilizzo di questo approccio è quello di rendere le informazioni tracciabili, documentate e verificabili.

Un inventario di tutti gli input/output di materiali/energia e delle emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo per la catena di fornitura del prodotto, chiamato profilo di utilizzo delle risorse e delle emissioni, deve essere compilato come base per la modellazione del PEF. Questa fase equivale alla fase di inventario del ciclo di vita secondo la norma ISO 14044 e le GPI. Oltre ai requisiti GPI, la Guida PEF fornisce un modello di raccolta dei dati, raccomanda una fase di screening e suggerisce lo sviluppo di un piano di gestione dei dati.

Secondo la Guida PEF pubblicata nel 2013, la metodologia PEF non ammette criteri di cut-off. Poiché il divieto di criteri di separazione è stato uno dei principali aspetti contestati da diversi autori (Finkbeiner 2014; Minkov et al. 2015; Bach et al. 2018), la Direzione Generale per l'Ambiente (DG ENV) della Commissione Europea ha specificato meglio che la Guida PEF richiede che tutti i consumi noti (ad esempio, energia, materie prime, uso del suolo) e le emissioni siano riportati. Pertanto, la regola "no cut-off" mira a evitare situazioni in cui le informazioni e i dati disponibili vengono trascurati. Poiché i requisiti di qualità per questi dati sono bassi, non sono necessari sforzi aggiuntivi significativi per migliorare la qualità dei dati in quest'area (Galatola e Pant 2014).

Inoltre, dopo la fase pilota è stato meglio specificato che il cut-off non è consentito quando si effettua lo screening. Una volta fatto questo, i cut-off sono consentiti sulla base di regole specifiche dettagliate nei PEFCR. Al contrario, nel contesto della EPD il cut-off massimo predefinito, definito come la percentuale specifica dell'impatto ambientale totale per ogni categoria d'impatto che è consentito omettere. categoria di impatto che può essere, è fissato all'1%.

L'allocazione può essere definita come la suddivisione dei flussi in ingresso o in uscita di un processo o di un sistema di prodotti tra il sistema di prodotti in esame e altri sistemi di

prodotti. In caso di multifunzionalità, la Guida PEF definisce la seguente gerarchia decisionale:

1. suddivisione o espansione del sistema;
2. allocazione basata su una relazione fisica rilevante;
3. allocazione basata su qualche altra relazione, come il valore economico.

La GPI definisce una procedura analoga che deve essere utilizzata in più fasi. La principale differenza critica rispetto all'approccio PEF è che il metodo di evitare l'allocazione espandendo il confine del sistema non è considerato applicabile nell'ambito della IES a causa della logica di LCA attribuzionale utilizzata e del concetto di modularità.

Sia la Guida PEF che il GPI includono indicazioni specifiche per il riuso, il riciclo e il recupero energetico.

La Guida PEF presenta nell'Allegato V una formula specifica per l'allocazione del riciclo che calcola il profilo di utilizzo delle risorse e delle emissioni (RUaEP) basato sulla contabilizzazione dei benefici derivanti dall'utilizzo di materiali riciclati e dal riciclo nella fase di fine vita di un prodotto. In breve, ci sono discrepanze critiche nelle regole di allocazione tra PEF ed EPD, dovute principalmente al loro diverso approccio all'espansione del sistema.

Per quanto riguarda i dati, la metodologia PEF prevede uno schema di valutazione della qualità dei dati utilizzati sia per quelli specifici che per quelli generici. In particolare, la qualità dei dati viene valutata in base ai seguenti criteri: rappresentatività tecnologica, rappresentatività geografica, rappresentatività temporale, completezza, incertezza dei parametri, adeguatezza metodologica e coerenza.

L'IES distingue i dati del ciclo di vita in base alle loro fonti e li classifica in tre categorie: dati specifici, dati generici selezionati e dati proxy. Mentre i dati specifici sono "dati primari" o "dati specifici del sito" raccolti dall'effettivo impianto di produzione in cui si svolgono i

processi specifici del prodotto e i dati provenienti da altre parti del ciclo di vita riconducibili allo specifico sistema di prodotto oggetto di studio, i dati generici, definiti anche "dati secondari", sono dati provenienti da database.

Se non sono disponibili dati generici selezionati che soddisfano i requisiti di qualità dei dati GPI, è possibile utilizzare dati proxy e documentarli solo se gli impatti ambientali associati al loro utilizzo non superano il 10% dell'impatto ambientale complessivo del sistema prodotto. Un'altra differenza fondamentale tra i due sistemi riguarda l'uso di dati specifici o generici. Mentre secondo la Guida PEF devono essere utilizzati dati specifici, a meno che non si dimostri che i dati generici siano più rappresentativi o appropriati, il GPI afferma che è obbligatorio utilizzare dati specifici per i "core processes".

L'adozione di dati primari offre una serie di benefici rilevanti per le aziende. Uno dei principali vantaggi è l'accuratezza e la precisione delle informazioni raccolte. I dati primari sono specifici e derivano direttamente dai processi aziendali, riflettendo in modo fedele le condizioni operative reali. Questo livello di dettaglio assicura che le dichiarazioni siano altamente rappresentative delle effettive prestazioni ambientali del prodotto, aumentando la credibilità della dichiarazione. La trasparenza ottenuta con i dati primari facilita la verifica delle informazioni da parte di terzi, garantendo una maggiore fiducia da parte dei consumatori e degli stakeholder. Inoltre, la raccolta di dati primari consente alle aziende di identificare specifiche aree di miglioramento all'interno dei loro processi produttivi, stimolando innovazione e ottimizzazione dell'efficienza delle risorse.

Tuttavia, l'uso di dati primari presenta anche notevoli sfide. La raccolta di questi dati è spesso costosa e richiede un investimento significativo di tempo e risorse finanziarie. Le aziende devono implementare infrastrutture e sistemi di monitoraggio avanzati per ottenere dati accurati, il che può comportare un onere finanziario considerevole, soprattutto per le piccole e medie imprese (PMI). Inoltre, il processo di raccolta e gestione dei dati primari è complesso e può richiedere competenze tecniche specializzate, aumentando ulteriormente i costi operativi. Questa complessità può rappresentare un ostacolo significativo per le aziende meno strutturate o con risorse limitate.

L'utilizzo di dati secondari, provenienti da fonti esterne come database pubblici o commerciali, offre una soluzione più economica e accessibile per le aziende. Un vantaggio chiave è la riduzione dei costi associati alla raccolta delle informazioni. I dati secondari sono generalmente

più facilmente accessibili e non richiedono gli stessi investimenti in termini di infrastrutture e monitoraggio. Questo rende le dichiarazioni ambientali più realizzabili per le aziende con risorse limitate, consentendo loro di completare il processo in modo più rapido ed efficiente. Inoltre, i dati secondari sono spesso standardizzati, facilitando la comparabilità tra diversi studi e aumentando la riproducibilità delle analisi. Questo livello di uniformità contribuisce a una maggiore coerenza nelle dichiarazioni ambientali, semplificando il confronto tra prodotti.

D'altro canto, l'uso di dati secondari comporta anche alcune limitazioni significative. Una delle principali problematiche è l'incertezza e la minor precisione delle informazioni. Poiché i dati secondari non riflettono le specifiche condizioni operative dell'azienda, possono introdurre un grado di incertezza maggiore nei risultati. Questa generalizzazione può ridurre la rappresentatività delle pratiche aziendali, compromettendo l'affidabilità della dichiarazione. Inoltre, l'uso di dati secondari può influenzare negativamente la comparabilità tra prodotti, poiché potrebbero non catturare impatti ambientali specifici di un prodotto o processo, rendendo meno equo il confronto (Bach et al., 2018; Corradini et al., 2019). Gli stakeholder potrebbero percepire le dichiarazioni ambientali basate su dati secondari come meno credibili rispetto a quelle basate su dati primari, riducendo la fiducia nelle dichiarazioni ambientali.

In sintesi, l'uso di dati primari e secondari comporta un trade-off tra precisione e costo. I dati primari offrono una maggiore accuratezza e trasparenza, ma a un costo elevato e con una complessità significativa. I dati secondari, invece, sono più accessibili e meno costosi, ma possono introdurre incertezze e ridurre la specificità e la credibilità delle dichiarazioni ambientali. Le aziende devono valutare attentamente questi fattori per determinare la migliore strategia di raccolta dati, bilanciando i benefici della precisione con i vincoli di costo e risorse disponibili.

La gestione dell'inventario nella PEFCR viene descritta in maniera molto più dettagliata, mostrando come calcolare la qualità di ogni dato a disposizione (DQR) e valutare l'importanza e l'impatto di ogni dato grazie all'analisi di possibili scenari con la matrice (DNM).

Nella gestione dei processi in entrambe le guide vengono suggerite delle gerarchie di mix elettrici che vanno dai dati più specifici del fornitore a quelli più generali della regione.

FASE DEL CICLO VITA	UPSTREAM PROCESSES	CORE PROCESSES	DOWNSTREAM PROCESSES
DATI PRIMARI EPD		Trasporto di materiali e componenti per la fabbricazione. Produzione dei principali componenti specifici della calzatura (tomaia, suola, lacci, ecc.). Produzione della calzatura finita, fase di finitura, compresa la rimozione dei residui (dopo l'assemblaggio) e l'imballaggio. Il trattamento a fine vita dei rifiuti di produzione, anche se effettuato da terzi, compreso il trasporto. Generazione di energia elettrica e produzione di combustibili, vapore e altri vettori energetici.	
DATI SECONDARI EPD	Produzione di pelle (se la pelle è utilizzata nell'unità dichiarata). Estrazione e lavorazione di materie prime di base. Estrazione e lavorazione di materie prime secondarie. Processi di riciclaggio di materiali secondari provenienti da altri cicli di vita del prodotto. La produzione di componenti in ingresso. Trasporto di materie prime e componenti lungo la catena di approvvigionamento a monte fino a un punto di distribuzione. Produzione di imballaggi per la distribuzione e per il consumatore. Generazione di elettricità e produzione di combustibili, vapore e altri vettori energetici.		Trasporto del prodotto al rivenditore/consumatore. Trattamento a fine vita del prodotto usato e del suo imballaggio, compreso il trasporto. Uso e operazioni di riparazione. Generazione di energia elettrica e produzione di combustibili, vapore e altri vettori energetici.

FASE DEL CICLO VITA	ACQUISIZIONE E PRELAVORAZIONE DELLE MATERIE PRIME	PRODUZIONE	DISTRIBUZIONE	USO	FINE VITA
DATI PRIMARI PEF	Tipo e quantità di materiale per distinta base, comprese le finiture, provenienza dei materiali, tipi e quantità di materiali di imballaggio, compreso il contenuto riciclato	Processi (tra cui la fustellatura, produzione di soles, cucitura e il montaggio) e tecnologie utilizzate. Tassi di perdita.	Modalità di trasporto e distanze specifiche, tassi di perdita	Istruzioni per la cura sull'etichetta	Vendite di mercato per paese
DATI SECONDARI PEF	Trasporto delle materie prima all'impianto di produzione.				Trasporti, dall'utilizzatore fino al punto di riciclo o di smaltimento. Riciclaggio, incenerimento (con e senza recupero di energia) e smaltimento in discarica.

Secondo la Guida PEF, i modelli di caratterizzazione devono essere scientificamente e tecnicamente validi e basati su meccanismi ambientali distinti e identificabili o su osservazioni empiriche riproducibili. L'Allegato I della guida stabilisce che si deve prendere in considerazione un insieme predefinito di categorie di impatto intermedie, definite utilizzando i dati di classificazione e i fattori di caratterizzazione raccomandati (livelli di raccomandazione I, II e III) dal Manuale ILCD (CE 2011). Questa serie di categorie di impatto differisce in modo significativo da quella definita dall'IES per quanto riguarda i

modelli e i fattori di caratterizzazione. Le differenze principali sono elencate nella tabella seguente.

I metodi di caratterizzazione PEF e EPD sono comparabili solo per le categorie di impatto del cambiamento climatico e la formazione di ozono fotochimico.

CATEGORIA DI IMPATTO	INDICATORI E FATTORI DI CARATTERIZZAZIONE PEF	INDICATORI E FATTORI DI CARATTERIZZAZIONE EPD
Acidificazione	Indicatore superamento accumulato (AE) (mol H ⁺ eq.).	Potenziale di acidificazione (kgSO ₂ eq.). AP, CML 2001.(metodologia che indica fattori di caratterizzazione).
Cambiamento climatico	Indicatore GWP100(potenziale del riscaldamento globale)(kg CO ₂ equivalente). IPCC (2013).	GWP100(potenziale del riscaldamento globale)(kg cO ₂ eq.)
Combustibili secondari non rinnovabili	Senza disposizione	Uso di combustibili secondari non rinnovabili (MJ, valore calorifico netto).
Combustibili secondari rinnovabili	Senza disposizione	Uso di combustibili secondari rinnovabili (MJ, valore calorifico netto).
Esaurimento risorse	Midpoint minerali e combustibili fossili. Indicatore di scarsità. CML 2002. Midpoint uso d'acqua. Indicatore potenziale di deprivazione dell'utente. (m ³ del mondo eq.)	Potenziale di esaurimento abiotico-elementi (kg Sb eq.) sono incluse le materie non rinnovabili. Potenziale di esaurimento abiotico-combustibili fossili (MJ, valore calorifico netto). Impronta della scarsità d'acqua (m ³ acqua eq.). Metodo WULCA .

Eutrofizzazione	Midpoint eutrofizzazione terrestre. Superamento accumulato(AE)(mol N eq.). Midpoint eutrofizzazione acquatica. Indicatore N e P equivalenti. ReCiPe 2018	Eutrofizzazione potenziale(kg P04 ³ - eq.). EP, CML 2001.
Flussi in uscita	Senza disposizione	Componenti per riuso (kg). Materiale da riciclare (kg). Materiali per recupero energia (kg) (senza includere materiali per incenerimento rifiuti). Energia esportata, elettricità (MJ). Energia esportata, termica (MJ).
Formazione ozono fotochimico	Formazione ozono fotochimico. Indicatore POCP (kg NMVOC eq.). ReCiPe 2018.	Potenziale formazione di ossidante fotochimico. (kgNMVOC eq.) POFP. ReCiPe 2018.
Materie prime seconde	Senza disposizione	Uso materie prime seconde (kg).
Particolato/sostanze inorganiche respiratorie	Indicatore di impatto sulla salute umana (incidenza delle malattie). Modello UNEP.	Non obbligatorio
Produzione di rifiuti	Senza disposizione	Rifiuti pericolosi e non smaltiti. Rifiuti radioattivi smaltiti.
Radiazioni ionizzate	Indicatore di efficienza dell'esposizione umana al l'uranio-235 (kBqU235 eq.). Modello di effetto sulla salute umana.	Non obbligatorio
Riduzione ozono	Indicatore ODP (potenziale di riduzione ozono)(kg CFC-11 eq.) WMO (1999).	Non obbligatorio
Risorse di energia primaria-non rinnovabile		
Risorse di energia primaria-rinnovabili	Senza disposizione	Uso come vettore di energia (MJ, valore calorifico netto). Usato come materie prime (MJ, valore calorifico netto).
Tossicità ambiente	Indicatore unità di comparazione tossica per ecosistemi(CTUe). Modello USEtox.	Non obbligatorio

Tossicità umana	Indicatore unità di comparazione tossica per l'uomo (CTUh). Modello USEtox.	Non obbligatorio
Uso netto di acqua fresca	Senza disposizione	Uso netto di acqua fresca (m ³).
Uso terra	Indice qualità del suolo (senza dimensione). Produzione biotica (kg). Resistenza all'erosione (kg di suolo). Filtrazione meccanica (m ³ acqua). Rifornimento falde acquifere (m ³ acqua). Basato su LANCA.	Non obbligatorio

La normalizzazione non è una fase obbligatoria, ma raccomandata per gli studi PEF. Nell'ambito dell'EPD, la GPI consente l'uso della normalizzazione e della ponderazione dei risultati come supporto per determinare le categorie di impatto più rilevanti di una specifica categoria di prodotti.

Secondo la Guida PEF, qualsiasi studio PEF destinato alla comunicazione interna che si dichiara in linea con la Guida PEF e qualsiasi studio PEF per la comunicazione esterna (ad esempio B2B o B2C) deve essere sottoposto a revisione critica attraverso un processo di revisione esterna indipendente. La Guida PEF specifica i criteri di qualificazione dei revisori e fornisce un sistema di punteggio per i revisori/team di revisione idonei.

L'IES, essendo un programma basato sulla norma ISO 14025, richiede che l'organizzazione che rilascia la dichiarazione garantisca che i dati siano verificati in modo indipendente internamente o esternamente. Nel caso di dichiarazioni business-to-consumer, come le EPD, la verifica deve essere effettuata da terzi. Secondo le GPI, solo i verificatori individuali approvati o gli organismi di certificazione accreditati possono effettuare la verifica. La loro competenza

e le loro qualifiche devono essere controllate, comprovate e supervisionate dall'operatore del programma.

4 DRIVER LEGISLATIVI E LA NUOVA DIRETTIVA SULL'ECODESIGN

La diffusione di pratiche sostenibili nel settore calzaturiero è fortemente influenzata da una combinazione di fattori legislativi dell'Unione Europea (UE), progettati per migliorare le prestazioni ambientali in vari settori. Il nuovo regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili (ESPR), comunemente noto come nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile, svolge un ruolo fondamentale in questa trasformazione. Questa direttiva, insieme ad altre misure legislative, spinge l'industria calzaturiera verso una maggiore sostenibilità, stabilendo requisiti comprensivi che riguardano la progettazione, la produzione e la gestione del fine vita delle calzature.

Il Green Deal dell'UE, un'ambiziosa strategia volta a rendere l'Europa neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050, ha un impatto significativo sul settore calzaturiero. Il Green Deal enfatizza la riduzione dell'impronta di carbonio e la promozione di pratiche di produzione sostenibili in tutti i settori. Per l'industria calzaturiera, ciò si traduce nella necessità di adottare misure comprensive per ridurre le emissioni di gas serra durante l'intero ciclo di vita del prodotto. I produttori sono incoraggiati ad adottare processi efficienti dal punto di vista energetico, a utilizzare materiali sostenibili e a innovare il design dei prodotti per ridurre al minimo l'impatto ambientale, in linea con l'obiettivo generale del Green Deal di promuovere un'economia verde.

Il Piano d'Azione per l'Economia Circolare è al centro dell'agenda dell'UE per la sostenibilità e promuove i principi di riutilizzabilità, riparabilità e riciclabilità. Per l'industria calzaturiera, ciò significa progettare prodotti che possono essere facilmente riparati o riciclati alla fine del loro ciclo di vita. L'implementazione di principi di progettazione modulare consente di sostituire o riparare parti delle scarpe senza l'ausilio di strumenti specializzati, prolungando così la durata del prodotto e riducendo i rifiuti. Inoltre, la scelta di materiali che facilitano il riciclaggio contribuisce al raggiungimento degli obiettivi del piano, garantendo che le scarpe contribuiscano in misura minima al degrado ambientale.

Il regolamento REACH (CE n.1907/2006) controlla l'uso delle sostanze chimiche all'interno dell'UE per garantire che non presentino rischi significativi per la salute umana o per l'ambiente. La conformità al regolamento REACH è fondamentale per l'industria calzaturiera, che spesso si avvale di diverse sostanze chimiche durante la produzione. I produttori devono garantire che tutti i materiali e le sostanze chimiche utilizzate siano registrati e conformi agli standard di sicurezza. Questo regolamento spinge l'industria verso processi produttivi più sicuri e rispettosi dell'ambiente, riducendo il potenziale di sostanze pericolose nei prodotti di consumo.

La Direttiva Quadro sui Rifiuti dell'UE (2008/98/CE) stabilisce le basi per la gestione dei rifiuti, compresi gli obiettivi di riciclaggio e recupero. I principi della direttiva sono particolarmente rilevanti per l'industria calzaturiera, che contribuisce in modo significativo ai rifiuti in discarica. La direttiva incoraggia i produttori a sviluppare programmi di ritiro, in cui i consumatori possono restituire le scarpe usurate per il riciclaggio o il corretto smaltimento. L'attuazione di tali programmi contribuisce a una gestione più efficace dei rifiuti e sostiene l'obiettivo della direttiva di ridurre la dipendenza dalle discariche.

La nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile, o ESPR, estende il suo campo di applicazione oltre i prodotti legati all'energia per includere una gamma più ampia di beni di consumo, come le scarpe. Questa direttiva introduce diversi requisiti chiave volti a migliorare la sostenibilità delle calzature. Il percorso della direttiva sulla progettazione ecocompatibile è passato dall'essere incentrata principalmente sull'efficienza energetica a una sempre maggiore attenzione per l'efficienza dei materiali richiedendo più di 10 anni. È iniziato in gran parte nel 2009, con il programma di ricerca scientifica “Resource Efficiency Assessment of products” (REAPro) (Mathieux et al., 2020). I primi requisiti di efficienza dei materiali sono stati adottati solo nel 2019 (Mathieux et al. et al., 2020). Questi includono la disponibilità di parti di

ricambio, il tempo massimo di tempo massimo di consegna dei pezzi di ricambio, la progettazione per lo smontaggio, l'accesso alle informazioni per la riparazione e la manutenzione, le dichiarazioni sul contenuto dei prodotti e sul contenuto di materie prime critiche (CRM).

Facendo riferimento alle versioni precedenti della direttiva le misure di progettazione ecocompatibile e di etichettatura dell'UE hanno consentito di risparmiare il 10% del consumo di energia primaria dell'UE-27 nel 2020 e che il risparmio finanziario totale sulla spesa dei consumatori è stato stimato in 60 miliardi di euro. Nel 2020, la famiglia media dell'UE ha utilizzato 70 prodotti regolamentati.

La direttiva stabilisce criteri di sostenibilità specifici per le calzature, che comprendono vari aspetti: la durabilità richiede che le scarpe siano progettate per durare più a lungo, il che implica l'uso di materiali e tecniche di costruzione robusti. La riparabilità si concentra sulla creazione di modelli che consentano una facile riparazione, prolungando così la vita del prodotto. Ciò potrebbe comportare l'utilizzo di design modulari in cui i componenti possono essere sostituiti senza l'ausilio di strumenti specializzati. La riciclabilità richiede che i produttori selezionino materiali che possano essere riciclati in modo efficiente e forniscano chiare linee guida per il riciclaggio, facilitando la riduzione dei rifiuti. Nell'UE, l'articolo 4 della Direttiva Quadro sui Rifiuti definisce una gerarchia dei rifiuti a cinque livelli, dalla priorità più alta a quella più bassa con prevenzione, preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, altro recupero (ad esempio, recupero di energia), fino allo smaltimento (4R). Il modello delle strategie di economia circolare può essere esteso a 9R, ovvero rifiutare (R0), ripensare (R1), ridurre (R2), riutilizzare (R3), riparare (R4), rimettere a nuovo (R5), rifabbricare (R6), riutilizzare (R7), riciclare (R8), recuperare (R9).

Un aspetto critico della nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile è l'enfasi sulla trasparenza e sulla divulgazione di informazioni ambientali dettagliate. La direttiva impone l'uso della metodologia dell'impronta ambientale del prodotto (PEF) per valutare l'impatto ambientale delle calzature durante il loro ciclo di vita. Questo approccio standardizzato consente di ottenere dati ambientali chiari e comparabili, che devono essere comunicati ai consumatori. Inoltre, le dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD) forniscono informazioni verificate sulle prestazioni ambientali delle calzature, aiutando i consumatori a prendere decisioni informate e promuovendo la fiducia nei prodotti sostenibili.

La direttiva promuove l'uso di materiali sostenibili e l'efficienza delle risorse, spingendo l'industria calzaturiera ad adottare pratiche più rispettose dell'ambiente. Ciò include l'uso di materiali riciclati nella produzione, che riduce l'impronta ambientale e conserva le risorse naturali. Le innovazioni nei materiali, come i materiali sintetici biodegradabili o riciclabili, stanno diventando sempre più importanti. Utilizzando il PEF, le aziende possono valutare l'impatto ambientale delle diverse scelte di materiali e optare per quelli che riducono l'impronta complessiva. Inoltre, l'ottimizzazione dei processi produttivi per ridurre al minimo gli scarti, come l'uso efficiente degli schemi di taglio e l'impiego dei ritagli per altri scopi, è in linea con gli obiettivi della direttiva in materia di efficienza e sostenibilità dei materiali. Le aziende sono incoraggiate a progettare prodotti calzaturieri che possano essere facilmente smontati alla fine del loro ciclo di vita. Ciò implica la scelta di materiali che possano essere separati senza contaminazione e l'utilizzo di tecniche di assemblaggio che facilitino una facile scomposizione. Ad esempio, utilizzando approcci di progettazione modulare in cui i diversi componenti come suole, tomaie e lacci possono essere sostituiti o riciclati singolarmente.

La nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile enfatizza anche la responsabilità estesa del produttore, che comporta la gestione dei prodotti alla fine del loro ciclo di vita. Ciò include l'attuazione di programmi di ritiro che consentano ai consumatori di restituire le scarpe usurate per il riciclaggio o il corretto smaltimento. Lo sviluppo di infrastrutture per il riciclo delle scarpe e il recupero di materiali preziosi riduce i rifiuti in discarica e sostiene un'economia circolare. Queste misure garantiscono che l'impatto ambientale delle scarpe sia ridotto al minimo durante il loro intero ciclo di vita.

Lo sviluppo di questi requisiti per la progettazione ecocompatibile avviene in un ambiente collaborativo noto come “Forum per la progettazione ecocompatibile”. Questo forum è composto da esperti designati dagli Stati membri e da altre parti interessate, tra cui rappresentanti dell'industria, PMI, sindacati, rivenditori e organizzazioni ambientaliste e di consumatori. Questo approccio inclusivo garantisce che i regolamenti siano ben strutturati e tengano conto delle prospettive di tutte le parti interessate.

Il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP) è uno strumento di trasformazione introdotto nell'ambito della nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile, progettato per migliorare la trasparenza e la sostenibilità fornendo informazioni dettagliate sui prodotti, dall'approvvigionamento delle materie prime alla gestione del fine vita. Nel settore

calzaturiero, ciò significa che ogni paio di scarpe sarà corredato da una documentazione digitale completa, che consentirà di ottenere risultati ambientali e sociali migliori.

Il DPP offre una tracciabilità dettagliata dell'intera catena di produzione, fornendo informazioni su ogni fase del ciclo di vita di un prodotto. Ciò include informazioni sull'origine dei materiali utilizzati nelle calzature, come pelle, tessuti e componenti sintetici, assicurando che i materiali provengano da fonti sostenibili ed etiche. Sono inclusi anche dettagli sui processi di produzione, tra cui l'ubicazione degli stabilimenti, le tecnologie utilizzate e gli impatti ambientali. I dati sul trasporto e sulla logistica, che evidenziano l'impronta di carbonio, e le informazioni sul consumo energetico e idrico forniscono una visione completa delle prestazioni ambientali delle calzature.

Oltre alla tracciabilità, il DPP facilita la riparabilità e la riciclabilità delle calzature. Fornisce informazioni dettagliate sulla struttura del prodotto, sui materiali utilizzati e sulle istruzioni per la riparazione, consentendo ai consumatori di prolungare la vita utile delle loro scarpe e ridurre i rifiuti. Inoltre, il DPP include linee guida dettagliate per il riciclaggio, assicurando che le calzature vengano smaltite correttamente e che i materiali vengano recuperati e riutilizzati.

Il DPP supporta anche il concetto di economia circolare. Facilitando l'accesso a informazioni dettagliate sui prodotti, il DPP consente la creazione di nuovi modelli di business basati sulla sostenibilità. Ad esempio, le aziende possono implementare modelli di noleggio, dove le scarpe possono essere affittate e restituite per il riciclo o la riparazione, o modelli di leasing, che consentono ai consumatori di aggiornare periodicamente le loro scarpe mantenendo la proprietà aziendale e garantendo un riciclo efficiente alla fine del ciclo di vita.

Un'altra opzione potrebbe essere l'implementazione di schemi di responsabilità estesa del produttore in cui i produttori sono responsabili dell'intero ciclo di vita dei loro prodotti, compresi il ritiro, il riciclaggio e lo smaltimento finale, è in linea con i requisiti legislativi e migliora le credenziali di sostenibilità.

L'industria calzaturiera si trova di fronte a una trasformazione significativa guidata da una legislazione europea progressiva che promuove la sostenibilità e l'efficienza delle risorse. La nuova direttiva sulla progettazione ecocompatibile, insieme ad altre normative, sta spingendo i produttori a ripensare i loro processi produttivi e i loro modelli di business per soddisfare i requisiti di sostenibilità. Questo cambiamento non solo aiuta a ridurre l'impatto ambientale

delle calzature, ma apre anche nuove opportunità per innovazione e crescita in un mercato sempre più orientato alla sostenibilità.

4.1 Diffusione Geografica

La distribuzione geografica dell'adozione delle Environmental Product Declarations (EPD) e della Product Environmental Footprint (PEF) varia notevolmente in base alle normative locali, alle pressioni del mercato e alla maturità delle pratiche di sostenibilità in diverse regioni del mondo. Ecco un'analisi più approfondita di come queste metodologie sono adottate in diverse aree geografiche, con un focus specifico sul settore calzaturiero.

In Europa, l'adozione di entrambe le metodologie è molto avanzata, grazie alle normative ambientali rigorose e all'alto livello di consapevolezza ambientale tra i consumatori e le aziende. La Commissione Europea ha promosso attivamente la PEF come parte della sua strategia per l'economia circolare e la sostenibilità. Questa metodologia è stata promossa come parte integrante del Green Deal europeo e del Piano d'azione per l'economia circolare, con l'obiettivo di ridurre il rischio di "greenwashing" e fornire informazioni affidabili e comparabili ai consumatori e alle imprese. Le aziende europee, specialmente nei settori manifatturieri e

calzaturiero, sono spesso all'avanguardia nell'implementazione della PEF per dimostrare il loro impegno verso la sostenibilità.

Questa metodologia sta guadagnando trazione specialmente in Europa grazie al suo allineamento con le normative ambientali europee emergenti. Il settore calzaturiero europeo sta adottando sempre più la PEF per rispondere alle richieste di trasparenza ambientale e conformità normativa.

Le EPD sono anch'esse ampiamente utilizzate in Europa, grazie alla loro standardizzazione secondo le norme ISO 14025. Paesi come Svezia, Italia e Germania vedono una vasta adozione delle EPD, con molte aziende del settore calzaturiero che le utilizzano per comunicare trasparentemente l'impatto ambientale dei loro prodotti.

In Nord America, l'adozione delle EPD è relativamente più comune rispetto alla PEF. Questo è dovuto in parte alla prevalenza degli standard internazionali ISO, che sono ben riconosciuti e accettati. Gli Stati Uniti e il Canada hanno visto un crescente interesse nelle EPD, specialmente tra le aziende che esportano i loro prodotti in mercati globali e devono conformarsi a normative ambientali internazionali.

Nel settore calzaturiero, molte grandi aziende nordamericane utilizzano le EPD per comunicare la sostenibilità dei loro prodotti. Tuttavia, la PEF è meno diffusa, principalmente perché è una metodologia promossa dall'Unione Europea e non ha ancora raggiunto una penetrazione significativa in Nord America.

L'adozione delle metodologie di valutazione dell'impatto ambientale varia notevolmente tra i paesi asiatici. Giappone e Corea del Sud sono all'avanguardia nell'adozione delle EPD, grazie alle forti normative ambientali e alla crescente domanda di trasparenza da parte dei consumatori. Le aziende calzaturiere in questi paesi spesso utilizzano le EPD per dimostrare il loro impegno verso la sostenibilità.

In Cina, l'interesse per le valutazioni dell'impatto ambientale sta crescendo rapidamente, sebbene l'adozione della PEF e delle EPD sia ancora in fase iniziale rispetto all'Europa. Tuttavia, con l'aumento delle pressioni internazionali e locali per migliorare le pratiche ambientali, ci si aspetta che anche le aziende cinesi aumentino l'uso di queste metodologie nei prossimi anni.

In altre regioni del mondo, come America Latina, Africa e Medio Oriente, l'adozione delle EPD e della PEF è generalmente meno diffusa. Tuttavia, ci sono segnali di crescita, specialmente in paesi che esportano prodotti verso mercati con normative ambientali rigorose. In questi casi, le aziende potrebbero adottare le EPD per soddisfare le richieste dei clienti internazionali e per entrare in nuovi mercati.

Nel settore calzaturiero, le EPD sono più comunemente utilizzate rispetto alla PEF. Molti marchi di calzature, soprattutto quelli che operano a livello internazionale, utilizzano le EPD per comunicare l'impatto ambientale dei loro prodotti e per conformarsi alle normative di diversi mercati.

La PEF, essendo una metodologia più dettagliata e promossa principalmente in Europa, è utilizzata da alcune aziende europee del settore calzaturiero che desiderano una valutazione più completa degli impatti ambientali dei loro prodotti. Tuttavia, la sua adozione nel settore calzaturiero globale è ancora limitata rispetto alle EPD.

La distribuzione geografica dell'adozione delle EPD e della PEF riflette le differenze nelle normative ambientali, nelle pressioni del mercato e nella maturità delle pratiche di sostenibilità nelle diverse regioni. L'Europa è in prima linea nell'adozione di entrambe le metodologie, mentre Nord America e Asia stanno vedendo una crescita significativa, con una prevalenza delle EPD. Nel settore calzaturiero, le EPD sono più comuni, ma la PEF sta guadagnando terreno, specialmente in Europa.

La scelta tra l'utilizzo della Product Environmental Footprint (PEF) e delle Environmental Product Declarations (EPD) richiede un'analisi attenta delle esigenze specifiche dell'azienda e delle caratteristiche dei suoi prodotti o servizi.

Quando si considera l'adozione della PEF, è importante valutare la complessità e la diversità degli impatti ambientali dei prodotti. Aziende che operano in settori con processi produttivi complessi potrebbero trarre vantaggio dalla PEF. Questa metodologia consente un'analisi

dettagliata di una vasta gamma di indicatori ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Ciò può essere cruciale per identificare e mitigare gli impatti ambientali critici e comunicare in modo completo e cristallino con i consumatori.

D'altra parte, le EPD possono essere più adatte per aziende che producono prodotti standardizzati o che operano in settori con impatti ambientali più prevedibili. Le EPD forniscono una valutazione standardizzata e facilmente comprensibile dell'impatto ambientale dei prodotti, che può essere utile per dimostrare la conformità alle normative ambientali e per comunicare in modo efficace con i consumatori.

In termini di obiettivi di comunicazione e marketing, l'adozione della PEF può essere vantaggiosa per le aziende che mirano a differenziarsi dalla concorrenza attraverso la trasparenza e la leadership ambientale. La PEF consente di comunicare con precisione e dettaglio l'impatto ambientale dei prodotti, dimostrando un impegno profondo per la sostenibilità. D'altra parte, se l'obiettivo principale è conformarsi alle normative ambientali e comunicare in modo efficace con i consumatori, le EPD possono essere una scelta più pragmatica e efficiente.

Sebbene gli EPD siano attualmente più diffusi a livello globale, la PEF sta diventando sempre più rilevante nell'Unione Europea. Questo è dovuto alla sua metodologia armonizzata che facilita la comparabilità e la conformità con le normative ambientali europee. Entrambi gli strumenti sono cruciali per il settore calzaturiero, poiché forniscono le basi per migliorare la sostenibilità dei prodotti, per coinvolgere i consumatori e soddisfare i requisiti normativi.

In conclusione, mentre gli EPD offrono un'ampia applicabilità internazionale, la PEF rappresenta uno strumento sempre più importante per le aziende europee che operano nel settore calzaturiero e desiderano conformarsi alle politiche ambientali dell'UE e migliorare la loro sostenibilità.

4.2 Scelta strategica

Per le aziende del settore calzaturiero, la scelta tra adottare la PEF (Product Environmental Footprint) o le EPD (Environmental Product Declaration) dipende da diversi fattori specifici al contesto dell'azienda, al mercato di riferimento e agli obiettivi strategici di sostenibilità. Entrambe le metodologie offrono vantaggi significativi, ma anche alcune sfide che devono essere attentamente valutate.

La PEF, come detto, è particolarmente vantaggiosa per le aziende che operano principalmente nel mercato europeo e cercano di allinearsi strettamente con le normative e le politiche ambientali dell'Unione Europea. Questo allineamento non solo aiuta le aziende a evitare sanzioni normative, ma le posiziona anche come leader di mercato nel campo della sostenibilità.

Offre un approccio dettagliato e armonizzato per la valutazione degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla produzione delle materie prime allo smaltimento.

La principale caratteristica distintiva è la sua enfasi sulla precisione e sul dettaglio dei dati raccolti. Richiede un livello elevato di accuratezza nella raccolta e nell'analisi dei dati ambientali, coprendo ogni fase del ciclo di vita del prodotto, dalla produzione delle materie prime allo smaltimento finale. Questa accuratezza permette alle aziende di avere una visione completa e dettagliata degli impatti ambientali associati ai loro prodotti, identificando con precisione le aree critiche e le opportunità per migliorare le prestazioni ambientali. La capacità di raccogliere dati specifici e dettagliati consente di effettuare analisi più approfondite e di sviluppare strategie mirate per la riduzione degli impatti ambientali.

Questo permette alle aziende di identificare le fasi più critiche e implementare strategie di miglioramento mirate. La precisione e la completezza del PEF aumentano la credibilità delle dichiarazioni ambientali dell'azienda. Gli stakeholder, tra cui clienti, partner commerciali, regolatori e investitori, tendono a fidarsi di più delle informazioni che sono supportate da dati accurati e completi. La trasparenza e la robustezza dei dati PEF migliorano la reputazione

dell'azienda, dimostrando un impegno serio e verificabile verso la sostenibilità. Questo può tradursi in una maggiore fiducia da parte dei consumatori, che sono sempre più attenti alla sostenibilità dei prodotti che acquistano, e in una maggiore attrattiva per gli investitori che cercano di ridurre i rischi associati alle pratiche ambientali.

L'adozione del PEF può aiutare le aziende a soddisfare i requisiti normativi e a partecipare a iniziative di sostenibilità. Molte regolamentazioni ambientali e standard di settore richiedono valutazioni dettagliate e complete degli impatti ambientali, e il PEF fornisce un quadro metodologico rigoroso per soddisfare questi requisiti. Inoltre, partecipare a iniziative volontarie di sostenibilità, come certificazioni ambientali o programmi di eco-design, è facilitato dall'adozione del PEF. Le aziende possono dimostrare il loro impegno verso la sostenibilità in modo credibile e verificabile, migliorando la loro posizione competitiva e accedendo a nuove opportunità di mercato.

Permette di contribuire alla creazione di valore a lungo termine per l'azienda. La gestione proattiva degli impatti ambientali e l'adozione di pratiche sostenibili non solo migliorano la reputazione e la competitività dell'azienda, ma preparano anche l'azienda per future sfide e opportunità nel mercato globale. La sostenibilità è sempre più vista come un driver di crescita e di innovazione, e le aziende che investono nella PEF sono meglio posizionate per capitalizzare su questa tendenza. La creazione di valore a lungo termine si riflette anche nella resilienza aziendale, poiché le aziende sostenibili sono più capaci di affrontare le pressioni regolatorie, le aspettative degli stakeholder e i cambiamenti nelle condizioni di mercato.

La precisione e la completezza dei dati raccolti attraverso il PEF permettono alle aziende di monitorare e migliorare continuamente le loro prestazioni ambientali. Il PEF fornisce una base solida per sviluppare e implementare strategie di miglioramento continuo, identificando le aree in cui è possibile ridurre gli impatti ambientali e ottimizzare l'uso delle risorse. Questo approccio proattivo alla gestione ambientale non solo riduce i rischi associati agli impatti ambientali negativi, ma può anche portare a innovazioni di prodotto e processo che migliorano la sostenibilità a lungo termine. L'ottimizzazione dei processi non solo migliora le prestazioni ambientali, ma può anche portare a significativi risparmi sui costi operativi, migliorando la redditività dell'azienda.

Tuttavia, l'implementazione della PEF può essere complessa e costosa, richiedendo risorse significative in termini di raccolta dati, analisi e competenze tecniche. Questo può

rappresentare un ostacolo, soprattutto per le piccole e medie imprese. Inoltre, ha un riconoscimento limitato al di fuori dell'Europa, il che può ridurre la sua utilità per le aziende con una presenza globale.

L'esigenza di affidabilità di uno studio PEF richiede una rigorosa attenzione alla qualità dei dati (Galatola & Pant, 2014). Pertanto, il metodo PEF include requisiti di qualità dei dati, che potrebbero contribuire alla comparabilità e all'affidabilità degli studi PEF (Ojala et al., 2016). Tuttavia, un numero eccessivo di requisiti per i dati primari potrebbe diventare un ostacolo per l'utilizzo del metodo PEF, poiché l'accesso ai dati primari è limitato per alcuni gruppi di prodotti, ad esempio i materiali di imballaggio e i prodotti chimici (Golsteijn et al., 2018). Inoltre, i dati contabili non sono direttamente utilizzabili come dati sull'inventario del ciclo di vita, poiché devono essere elaborati, trasformati o completati utilizzando dati di letteratura o modelli di calcolo (Six et al., 2017), il che rende anche costoso l'uso dei dati primari (Russo et al., 2016).

Questi dati presentano sfide significative, oltre ai costi elevati e anche la complessità del processo di raccolta e analisi. La raccolta di dati primari richiede investimenti considerevoli in termini di tempo, risorse umane e finanziarie. Le aziende devono implementare sistemi di monitoraggio avanzati e formare il personale per garantire la precisione e l'accuratezza delle informazioni raccolte, il che può essere particolarmente oneroso per le piccole e medie imprese (PMI) e quindi l'uso futuro della PEF dipende dalla garanzia che per esse sarà altrettanto facile che per le aziende più grandi usare la PEF per fare LCA (Russo et al., 2016).

Inoltre, il processo di raccolta e gestione dei dati primari è complesso e richiede competenze tecniche avanzate, aumentando ulteriormente i costi operativi. Questa complessità rappresenta un ostacolo significativo per le aziende con risorse limitate, che potrebbero non essere in grado di sostenere tali oneri. Inoltre, i dati primari devono essere aggiornati regolarmente per riflettere eventuali cambiamenti nei processi produttivi o nelle materie prime utilizzate, richiedendo un impegno continuo in termini di monitoraggio e raccolta dati. Con le PEFCR che specificano quali dati debbano essere raccolti e dove sia il cut-off possono ridurre il costo della raccolta dei dati primari. Nel metodo PEF, i dati secondari sono consentiti per i processi al di fuori del controllo dell'azienda. Il problema dell'utilizzo di dati secondari è l'incertezza che li caratterizza (Raffn et al., 2019).

L'utilizzo di dati secondari per i processi di base rischia inoltre di ridurre l'equa comparabilità dei prodotti, poiché i dati secondari omettono gli impatti ambientali potenzialmente più elevati di un prodotto (Bach et al., 2018; Corradini et al., 2019). Questo problema è stato in parte risolto grazie allo sviluppo di set di dati conformi all'EF e all'implementazione della Matrice dei bisogni di dati. Tuttavia, l'uso di dati secondari ridurrà le risorse necessarie per realizzare uno studio PEF e potrebbe anche aumentare la riproducibilità degli studi (Lehmann et al., 2016). I limiti stabiliti nel metodo PEF per quanto riguarda i casi in cui sono consentiti i dati secondari dovrebbero limitare gli svantaggi dell'uso di tali dati.

Le EPD sono strumenti di comunicazione ambientale basati su standard internazionali, come ISO 14025, e sono ampiamente riconosciute e utilizzate a livello globale. Questo rende le EPD particolarmente vantaggiose per le aziende che operano su mercati internazionali, facilitando la comunicazione delle prestazioni ambientali a una vasta gamma di stakeholder, inclusi clienti, partner commerciali.

Offrono una descrizione verificata degli impatti ambientali dei prodotti, migliorando l'immagine aziendale e la credibilità delle dichiarazioni di sostenibilità dell'azienda. Questa trasparenza può migliorare la reputazione dell'azienda e aumentare la fiducia dei consumatori, un fattore cruciale nel settore calzaturiero dove la sostenibilità sta diventando un criterio di acquisto sempre più importante.

Elargiscono un vantaggio strategico significativo in termini di flessibilità rispetto al Product Environmental Footprint (PEF), grazie alla minore quantità di dati richiesti per la sua compilazione. Questo vantaggio si manifesta in vari modi, migliorando l'efficienza, la praticità e l'accessibilità della dichiarazione ambientale per le aziende.

Uno dei principali vantaggi della minore quantità di dati richiesti dalle EPD è la maggiore accessibilità per le piccole e medie imprese (PMI). Le PMI spesso non dispongono delle risorse finanziarie, tecniche e umane necessarie per raccogliere e analizzare una grande quantità di dati, come richiesto dal PEF. La flessibilità delle EPD consente alle PMI di partecipare più facilmente ai programmi di sostenibilità e di ottenere dichiarazioni ambientali credibili senza dover affrontare costi e complessità eccessivi. Questo democratizza l'accesso alle dichiarazioni

ambientali, permettendo a un maggior numero di aziende di adottare pratiche sostenibili e di comunicare efficacemente i loro sforzi ai consumatori e agli stakeholder.

La minore quantità di dati richiesti per le EPD si traduce in una riduzione dei costi e dei tempi necessari per produrre la dichiarazione. Le aziende possono completare il processo di raccolta dati e analisi più rapidamente e con meno risorse, migliorando l'efficienza complessiva del processo. Questo è particolarmente vantaggioso in settori altamente competitivi, dove la rapidità di risposta e la capacità di adattarsi velocemente alle esigenze del mercato sono cruciali. Riducendo i tempi di produzione delle EPD, le aziende possono lanciare nuovi prodotti sul mercato con informazioni ambientali trasparenti in tempi più brevi, migliorando la loro competitività.

La flessibilità delle EPD consente alle aziende di scegliere quali dati raccogliere e presentare, in funzione della disponibilità e della rilevanza delle informazioni. Questo permette un approccio più mirato e specifico, dove le aziende possono focalizzarsi sui dati più pertinenti e significativi per i loro prodotti e processi, senza dover soddisfare requisiti di dati estensivi e spesso complessi. La capacità di adattare la raccolta dati alle specifiche esigenze aziendali riduce il carico di lavoro e consente un'allocazione più efficiente delle risorse interne.

L'uso di EPD facilita la comunicazione con gli stakeholder, tra cui clienti, partner commerciali e regolatori, fornendo informazioni ambientali chiare, concise e più dirette. La struttura meno complessa delle EPD rispetto alle PEF rende più semplice per gli stakeholder comprendere e valutare le prestazioni ambientali dei prodotti.

La flessibilità rende più semplice per le aziende conformarsi alle normative ambientali in evoluzione. Le regolamentazioni ambientali possono variare significativamente tra regioni e settori, e la capacità di adattare la raccolta e la presentazione dei dati alle esigenze specifiche delle normative locali facilita la conformità. Le aziende possono aggiornarle in modo più rapido ed economico per riflettere nuovi requisiti normativi, riducendo il rischio di non conformità e le potenziali sanzioni.

Le EPD si basano su standard internazionali, in particolare la norma ISO 14025, che stabilisce i principi e le procedure per la dichiarazione degli impatti ambientali di un prodotto. Questa norma permette una certa flessibilità nell'applicazione delle regole, consentendo alle aziende di adattare le dichiarazioni alle specifiche esigenze dei loro settori e mercati. Le Product

Category Rules (PCR) utilizzate per le EPD definiscono i requisiti specifici per le diverse categorie di prodotto, ma lasciano margine per la personalizzazione e l'interpretazione in base alle caratteristiche particolari di ogni prodotto e contesto.

Le dichiarazioni ambientali dell'IES sono riconosciute a livello internazionale, il che le rende particolarmente utili per le aziende che operano su mercati globali. Questa accettazione internazionale offre alle aziende una maggiore flessibilità nell'adattamento delle dichiarazioni alle diverse normative e aspettative dei mercati di riferimento. Possono essere utilizzate per una vasta gamma di prodotti e settori, rendendole uno strumento versatile per comunicare le prestazioni ambientali.

Il processo di certificazione delle EPD è spesso percepito come più accessibile rispetto alla PEF. Sebbene richieda la verifica da parte di terzi, esse possono essere implementate con meno complessità e risorse rispetto alla PEF, che richiede una raccolta dati estremamente dettagliata e una metodologia rigorosa per ogni fase del ciclo di vita del prodotto. Questa relativa semplicità e la possibilità di scegliere tra diverse organizzazioni di verifica aumentano la flessibilità per le aziende nel scegliere fornitori di servizi che meglio si adattano alle loro esigenze specifiche.

Le aziende possono modificarle per conformarsi a requisiti specifici di diversi mercati, migliorando la loro capacità di rispondere rapidamente ai cambiamenti normativi. Questa adattabilità è particolarmente utile per le aziende che operano in mercati con regolamentazioni ambientali diverse e in evoluzione.

Possono essere integrate efficacemente con altri sistemi di gestione ambientale e di qualità, come ISO 14001 (sistemi di gestione ambientale) e ISO 9001 (sistemi di gestione della qualità). Questa integrazione facilita l'implementazione all'interno delle pratiche operative esistenti delle aziende, rendendole uno strumento più flessibile e meno intrusivo rispetto alla PEF, che potrebbe richiedere modifiche significative ai processi aziendali esistenti.

Offrono una maggiore flessibilità rispetto alle PEF grazie alla loro struttura normativa, riconoscimento globale, accessibilità del processo di certificazione, adattabilità alle normative locali e capacità di integrazione con altri sistemi di gestione. Questa flessibilità rende le EPD uno strumento versatile e pratico per le aziende del settore calzaturiero che desiderano comunicare efficacemente le prestazioni ambientali dei loro prodotti su scala internazionale.

Mentre le EPD offrono numerosi vantaggi in termini di flessibilità e accessibilità, presentano anche diversi svantaggi strategici per le aziende. La minore precisione e completezza di queste dichiarazioni possono limitare la capacità delle aziende di differenziarsi in modo significativo nel mercato, soddisfare i requisiti normativi, e influenzare positivamente le politiche ambientali. La concorrenza su una base limitata di informazioni, e le difficoltà nell'innovazione e nel miglioramento continuo possono rappresentare sfide significative. Le aziende devono quindi valutare attentamente l'adozione delle EPD rispetto ad altre metodologie più dettagliate come il PEF, considerando i propri obiettivi strategici e le risorse disponibili.

L'adozione della PEF richiede solitamente risorse finanziarie e competenze specializzate per condurre valutazioni ambientali dettagliate. Aziende con risorse e competenze interne possono optare per la PEF per ottenere una comprensione più completa degli impatti ambientali dei loro prodotti. D'altra parte, se l'azienda dispone di risorse finanziarie e competenze limitate, le EPD possono essere una scelta più praticabile, in quanto offrono una soluzione più standardizzata che richiede meno risorse e competenze specializzate per essere implementata.

La scelta metodologica dipende dalle esigenze specifiche dell'azienda in termini di natura del prodotto, obiettivi di comunicazione, e disponibilità di risorse e competenze interne. Entrambe le metodologie possono essere utili strumenti per valutare e aumentare la trasparenza ambientale comunicando gli impatti dei prodotti e la scelta dipenderà dal contesto operativo e dalle priorità strategiche dell'azienda.

4.3 Linee guida

Sulla base di questa analisi, avendo considerato i punti di forza e debolezza di ogni metodologia è possibile aiutare le aziende a comprendere quale strumento sia più opportuno adoperare. Utilizzando una serie di domande chiave, le aziende possono valutare quale metodologia sia più adatta alle loro specifiche esigenze.

-Fase 1: Definizione degli obiettivi aziendali

1. Qual è il principale obiettivo della valutazione ambientale?

- Se l'obiettivo è ottenere una valutazione dettagliata e completa dell'impatto ambientale dei prodotti, migliorando la precisione e la trasparenza delle informazioni, il PEF è la scelta più adatta. Il PEF permette di identificare con precisione le aree critiche per migliorare le prestazioni ambientali e supporta una comunicazione dettagliata e credibile con gli stakeholder. Al contrario, se l'obiettivo è comunicare in modo chiaro e semplice le prestazioni ambientali e soddisfare i requisiti di conformità in modo efficace senza un impegno eccessivo in termini di risorse, le EPD possono essere sufficienti.

2. L'azienda mira a ottenere una posizione di leadership in termini di sostenibilità?

- Se l'azienda desidera posizionarsi come leader nella sostenibilità e differenziarsi nettamente dai concorrenti, il PEF offre un vantaggio significativo grazie alla sua precisione e completezza. Se invece l'azienda vuole semplicemente conformarsi alle normative e alle aspettative di base del mercato, le EPD rappresentano una soluzione adeguata.

-Fase 2: Valutazione delle risorse disponibili

3. L'azienda ha le risorse finanziarie, umane e tecniche per supportare un'analisi degli impatti ambientali?

- L'adozione del PEF richiede un investimento significativo in termini di risorse finanziarie, umane e tecniche. Le aziende devono essere pronte a sostenere i costi di raccolta dei dati primari dettagliati e di condurre analisi approfondite. È importante valutare se l'azienda dispone delle competenze interne necessarie o se è necessario ricorrere a consulenti esterni. Le EPD, invece, richiedono meno risorse, rendendole una scelta più accessibile per le piccole e medie imprese (PMI). Questa metodologia è meno complessa e può essere gestita con risorse interne limitate, riducendo i costi complessivi di implementazione.

-Fase 3: Esigenze del Mercato e degli Stakeholder

4. Il mercato richiede elevati standard di sostenibilità e trasparenza?

- Nei mercati altamente competitivi e regolamentati, dove la sostenibilità è un fattore chiave di differenziazione, il PEF offre un vantaggio competitivo significativo.
- Le aziende che operano in mercati meno regolamentati o dove i requisiti di sostenibilità sono meno stringenti possono trovare nelle EPD una soluzione sufficiente per soddisfare le aspettative degli stakeholder e comunicare efficacemente le prestazioni ambientali. Le EPD offrono una valutazione standardizzata che può essere facilmente compresa dai consumatori e dai partner commerciali, senza richiedere un impegno eccessivo in termini di risorse.

-Fase 4: Capacità di Innovazione e Miglioramento Continuo

5. L'azienda è impegnata in un miglioramento continuo delle prestazioni ambientali e nell'innovazione dei processi produttivi?

- Le aziende impegnate in un miglioramento continuo delle loro prestazioni ambientali e che cercano di innovare costantemente nei loro processi produttivi trarranno grande beneficio dal PEF. La metodologia PEF supporta l'innovazione identificando con precisione le opportunità di miglioramento e ottimizzazione. L'uso di dati dettagliati e completi consente alle aziende di monitorare i progressi nel tempo e di adattare le strategie in base ai risultati ottenuti.
- Le EPD possono essere sufficienti per le aziende che cercano di mantenere livelli di prestazione ambientale accettabili senza un forte impegno nell'innovazione continua. Questa metodologia fornisce una valutazione standardizzata che può essere utilizzata per comunicare gli sforzi di sostenibilità esistenti, senza la necessità di un'analisi approfondita e di un miglioramento continuo.

Per la metodologia PEF:

- Investire in formazione per il personale e, se necessario, assumere consulenti esterni specializzati in analisi del ciclo di vita (LCA).
- Preparare un piano dettagliato per la raccolta e l'analisi dei dati primari, assicurando che tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto siano accuratamente documentate.

- Utilizzare i risultati del PEF per identificare aree di miglioramento e sviluppare strategie di mitigazione degli impatti ambientali.
- Comunicare in modo trasparente i risultati dettagliati e completi delle valutazioni ambientali agli stakeholder, utilizzando il PEF come strumento per dimostrare l'impegno dell'azienda verso la sostenibilità in maniera più persuasiva.

Per la metodologia EPD:

- Utilizzare le risorse interne per preparare le dichiarazioni ambientali, focalizzandosi su punti chiave e facilmente comprensibili.
- Collaborare con organizzazioni di terza parte per la verifica e la convalida delle EPD, garantendo che siano conformi alle normative e agli standard internazionali.
- Comunicare le prestazioni ambientali dei prodotti in modo chiaro e semplice ai consumatori e ai partner commerciali, utilizzando le EPD per dimostrare l'impegno dell'azienda verso la sostenibilità.

Le aziende, tra cui quelle del settore calzaturiero, potrebbero valutare attentamente queste considerazioni per scegliere la metodologia più appropriata. Utilizzando questa linea guida, le aziende possono prendere una decisione informata che supporti il loro impegno verso la sostenibilità e la loro competitività nel mercato.

5 CASO STUDIO

5.1 Introduzione

Con la collaborazione dell'azienda C.B.F. Balducci Group S.p.A., è stato possibile eseguire uno studio LCA (Life Cycle Assessment) su uno dei loro prodotti. Fondata nel 1970, l'azienda C.B.F. si dedica alla creazione di abbigliamento professionale, tecnico e certificato, che risponde esattamente alle necessità funzionali ed estetiche di ogni azienda e lavoratore. Il gruppo dispone di un centro di progettazione e prototipazione avanzato, il quale permette di sviluppare ogni capo e creare soluzioni innovative che soddisfino le esigenze reali dei clienti.

C.B.F. Balducci Group S.p.A. è un leader nel settore delle calzature da lavoro, impegnato a migliorare la sostenibilità dei propri prodotti. La nuova generazione di dirigenti, cresciuta all'interno dell'azienda, ha ereditato una cultura aziendale radicata nella concretezza e nel continuo sviluppo. Questo impegno è evidente nella loro volontà di collaborare con l'Università Politecnica delle Marche per ridurre l'impronta ecologica dei loro prodotti. Tale collaborazione supporta le decisioni strategiche relative alla progettazione, produzione e gestione del ciclo di vita del prodotto, rendendolo più attraente a un segmento di mercato sempre più attento e consapevole delle tematiche ambientali.

L'obiettivo principale di questo studio è condurre un'analisi dettagliata del ciclo di vita di una scarpa da lavoro prodotta dall'azienda. L'intento è di valutare l'impatto ambientale complessivo del prodotto durante tutte le fasi del suo ciclo di vita, dalla produzione allo smaltimento finale. Questo studio si propone di identificare le aree critiche di impatto ambientale e di fornire raccomandazioni per migliorare la sostenibilità del prodotto.

Le scarpe da lavoro sono fondamentali in molti settori industriali per garantire la sicurezza dei lavoratori. Tuttavia, la loro produzione e smaltimento possono generare impatti ambientali significativi. Questo studio analizza tali impatti per fornire informazioni dettagliate su come ridurli, supportando così la transizione verso una produzione e un consumo più sostenibili.

I risultati dello studio hanno portato a diverse considerazioni, che possono essere spunto di riflessione per attuare decisioni strategiche e raggiungere degli obiettivi specifici.

Una delle principali decisioni supportate dallo studio riguarda la scelta di materiali più ecologici per la produzione delle scarpe da lavoro. Questo potrebbe includere l'uso di materiali riciclati, biodegradabili o a minor impatto ambientale rispetto ai materiali tradizionali. Questa decisione richiede una valutazione approfondita non solo dell'impatto ambientale dei materiali stessi, ma anche delle loro prestazioni tecniche e della disponibilità sul mercato.

L'adozione di nuovi materiali potrebbe comportare sfide tecniche e finanziarie, come la necessità di adattare i processi produttivi e potenziali aumenti dei costi. La scelta di materiali sostenibili potrebbe migliorare significativamente l'impronta ecologica del prodotto, ma richiede un bilanciamento tra sostenibilità ambientale, prestazioni del prodotto e costi. È essenziale coinvolgere fornitori e stakeholder in questo processo decisionale.

Un'altra decisione chiave riguarda la gestione del fine vita delle scarpe da lavoro. Questo include lo sviluppo di programmi di riciclaggio e riutilizzo dei materiali, riducendo così la quantità di rifiuti destinati alla discarica o all'incenerimento.

Implementare efficaci strategie di fine vita può essere complesso a causa della variabilità nei comportamenti dei consumatori e della logistica del riciclaggio. È necessario creare infrastrutture adeguate e incentivare i consumatori a partecipare ai programmi di riciclaggio.

Migliorare la gestione del fine vita dei prodotti può ridurre significativamente l'impatto ambientale complessivo delle scarpe da lavoro. Tuttavia, richiede collaborazioni con altre aziende, enti di gestione dei rifiuti e consumatori.

L'analisi del ciclo di vita (LCA) può evidenziare inefficienze nei processi produttivi che contribuiscono significativamente, tra le molteplici emissioni, anche a quelle di CO₂. L'azienda potrebbe valutare l'adozione di tecnologie più efficienti e l'ottimizzazione delle operazioni. La riduzione del consumo energetico e delle emissioni di CO₂ richiede frequentemente investimenti iniziali considerevoli in nuove tecnologie o modifiche infrastrutturali. È fondamentale valutare il ritorno sull'investimento (ROI) e il periodo di ammortamento di queste iniziative. L'ottimizzazione dei processi produttivi non solo riduce gli impatti ambientali, ma

può anche generare risparmi operativi a lungo termine. Tuttavia, ciò richiede una pianificazione accurata e un approccio integrato che consideri tutti i costi e i benefici.

Un obiettivo centrale dello studio è la quantificazione precisa degli impatti ambientali associati a ciascuna fase del ciclo di vita della scarpa da lavoro, inclusa l'estrazione delle materie prime, la produzione, la distribuzione, l'uso e lo smaltimento. La quantificazione degli impatti ambientali necessita di dati accurati e rappresentativi. La disponibilità e la qualità dei dati possono variare, influenzando la precisione dei risultati. Inoltre, è importante considerare che alcune fasi del ciclo di vita potrebbero avere impatti ambientali indiretti difficili da quantificare.

Una quantificazione dettagliata degli impatti fornisce una base solida per prendere decisioni informate. Tuttavia, è essenziale considerare l'incertezza associata ai dati e utilizzare metodi robusti per l'analisi. Identificare le fasi del ciclo di vita che contribuiscono maggiormente agli impatti ambientali è fondamentale per focalizzare gli sforzi di miglioramento, aiutando a prioritizzare le iniziative di sostenibilità.

Le soluzioni per mitigare gli impatti in una fase potrebbero avere effetti imprevisti su altre fasi. Conoscere le fasi critiche consente di concentrare le risorse e gli sforzi dove possono avere il massimo impatto. Tuttavia, è necessario un approccio olistico per evitare il trasferimento di impatti da una fase all'altra.

Valutare tecnologie alternative e modifiche dei processi produttivi che possono ridurre gli impatti ambientali delle scarpe da lavoro richiede un'analisi approfondita dei costi, dei benefici e delle prestazioni. Alcune tecnologie emergenti potrebbero non essere ancora mature o potrebbero comportare rischi operativi. L'adozione di tecnologie e processi sostenibili può portare a innovazioni significative e miglioramenti competitivi. Tuttavia, ciò richiede una valutazione attenta delle opzioni disponibili e delle loro implicazioni a lungo termine.

5.2 Metodi e risultati

5.2.1 Unità Funzionale

Nell'ambito del presente studio di Life Cycle Assessment (LCA), l'unità funzionale è identificata come un paio di scarpe da lavoro con una durata di vita operativa pari a 2400 ore. Questa definizione è stata determinata sulla base delle informazioni fornite dall'azienda CBF, rinomata per la produzione di calzature industriali di alta qualità destinate a operatori e tecnici impiegati in contesti lavorativi impegnativi.

L'unità funzionale "un paio di scarpe da lavoro utilizzato per 2400 ore" rappresenta il periodo durante il quale il prodotto mantiene inalterate le sue proprietà funzionali e di sicurezza. Tale periodo è stato stabilito considerando vari fattori fondamentali. Le calzature sono impiegate in ambienti industriali quali cantieri edili, fabbriche e magazzini, dove le condizioni operative includono l'esposizione a superfici abrasive, il contatto con oli e sostanze chimiche e il sollevamento di carichi pesanti. L'intensità di utilizzo è basata su un impiego giornaliero medio di 8 ore, per 5 giorni alla settimana, per un totale di circa 60 settimane. Inoltre, le scarpe rispettano gli standard di sicurezza UNI EN ISO 20345:2022, che richiedono resistenza allo scivolamento, protezione del piede e altre caratteristiche specifiche per garantire la sicurezza sul lavoro.

La scelta di 2400 ore come durata operativa delle scarpe da lavoro è stata effettuata per garantire che i risultati dell'LCA siano rappresentativi dell'utilizzo effettivo del prodotto. Tale unità funzionale consente di valutare in maniera realistica gli impatti ambientali, riflettendo la durabilità e le prestazioni delle calzature in condizioni operative autentiche.

L'unità funzionale si basa sulla durata media delle scarpe, derivata dai dati aziendali e dai feedback degli utenti. Tuttavia, si riconosce che la durata effettiva può variare in funzione delle specifiche condizioni di lavoro e dell'intensità di utilizzo. L'analisi assume condizioni di utilizzo standard, che potrebbero non riflettere variazioni estreme di condizioni ambientali o di utilizzo. L'unità funzionale presuppone inoltre che le scarpe mantengano la loro funzionalità e sicurezza per l'intero periodo di 2400 ore, senza necessitare di manutenzione significativa oltre la pulizia e la cura di base.

La rappresentatività dell'unità funzionale di 2400 ore è garantita dai dati empirici raccolti dall'azienda, assicurando che gli impatti ambientali siano valutati in modo significativo. La

scelta di questa unità facilita il confronto con altri studi simili nel settore delle calzature da lavoro, dato che molte analisi LCA utilizzano metriche basate sulla durata del prodotto. L'unità funzionale scelta permette infine di identificare opportunità per migliorare la sostenibilità del prodotto, come l'uso di materiali più duraturi o processi produttivi più efficienti, basandosi su una comprensione accurata della vita utile del prodotto.

L'unità funzionale costituisce un elemento cruciale nel contesto di un Life Cycle Assessment, in quanto stabilisce il quadro di riferimento per l'intera analisi e un valore di riferimento a cui tutti i dati che saranno utilizzati si adegueranno. Essa fornisce una base solida e realistica per l'analisi del ciclo di vita delle scarpe da lavoro prodotte da CBF. La precisione, rappresentatività e documentazione accurata di questa unità funzionale assicurano la validità e la comparabilità dei risultati dell'LCA, permettendo di trarre conclusioni informate sulla sostenibilità del prodotto e di individuare opportunità di miglioramento in termini di efficienza e riduzione degli impatti ambientali.

5.2.2 Confini del sistema

Il sistema produttivo delle scarpe da lavoro dell'azienda CBF abbraccia un ciclo di vita complesso, articolato in numerose fasi, ciascuna con impatti ambientali specifici. L'intero ciclo di vita della scarpa è considerato, partendo dall'estrazione delle materie prime fino al fine vita.

Il ciclo di vita inizia con l'estrazione e la produzione delle materie prime, che comportano la trasformazione delle risorse naturali in materiali utilizzabili quali poliuretano, poliestere, tessuti sintetici, polietilene, polipropilene, gomma sintetica e carta. Questa fase implica processi industriali e chimici significativi per gli impatti ambientali.

La fase successiva, e più impattante, riguarda la produzione delle singole componenti della scarpa. In questa fase, i materiali vengono lavorati attraverso operazioni di miscelazione, stampaggio, estrusione, taglio e cucitura. Ad esempio, la suola della scarpa oltre ai materiali sintetici richiede specifiche lavorazioni di stampaggio necessarie per la sua produzione. Ogni componente richiede un trasporto verso l'azienda via strada, visto che sono prodotti da terzi, e possono essere domandati processi specifici che comportano un consumo significativo di energia e risorse, contribuendo notevolmente agli impatti ambientali complessivi.

L'assemblaggio e la fabbricazione finale della scarpa prevedono l'unione delle varie componenti tramite operazioni manuali e meccaniche, garantendo qualità e conformità agli standard di sicurezza e performance.

La fase di distribuzione comprende il trasporto delle scarpe finite dai siti di produzione ai punti vendita o ai clienti finali, con una distanza media superiore rispetto al tragitto precedente.

Durante la fase di utilizzo, la scarpa da lavoro è utilizzata dal consumatore finale, con una vita utile stimata di 2400 ore. In questa fase, l'impatto ambientale è generalmente basso, sebbene includa la manutenzione e la possibile sostituzione di parti danneggiate.

La fase di fine vita contempla lo smaltimento della scarpa, che può includere la discarica o l'incenerimento. È essenziale valutare le pratiche di gestione dei rifiuti disponibili per ridurre gli impatti ambientali.

I confini del sistema definiscono le fasi del ciclo di vita e le attività incluse nell'analisi LCA. Per quanto riguarda le scarpe da lavoro dell'azienda CBF, i confini del sistema includono tutte le fasi, dalla produzione delle materie prime fino al fine vita, comprendendo tutti i flussi di materia, energia e risorse naturali associati a ciascuna fase. Si includono le emissioni atmosferiche, i rifiuti solidi e gli effluenti liquidi generati durante ogni fase.

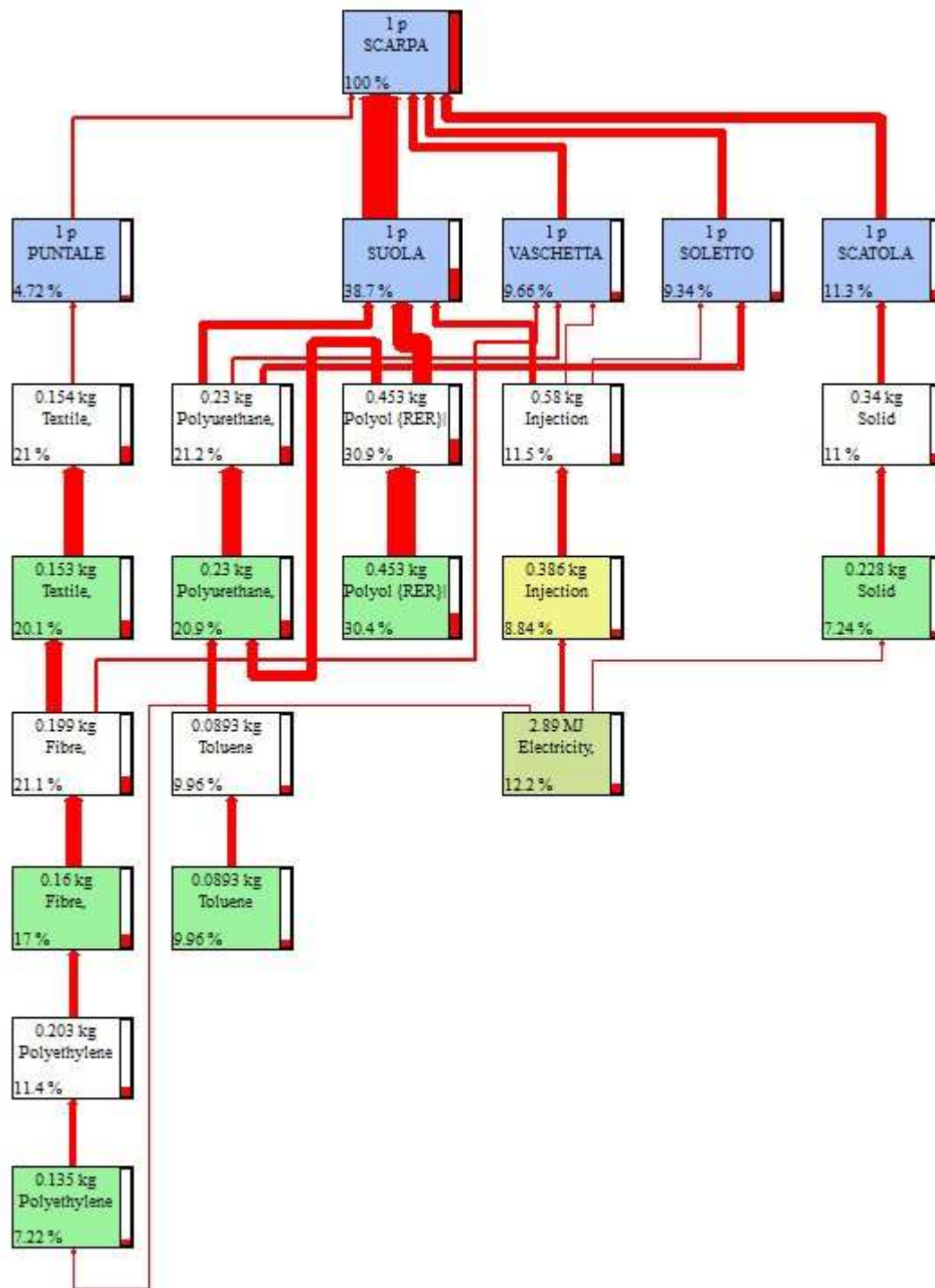
Tuttavia, è stato applicato un cut-off di circa il 10%, il che implica l'esclusione di molti processi minori che contribuiscono complessivamente a meno del 10% degli impatti ambientali totali. Questa soglia di esclusione è stata determinata per mantenere un equilibrio tra la completezza dei dati e la praticabilità dell'analisi, concentrandosi sui processi più rilevanti dal punto di vista ambientale.

La definizione precisa dei confini del sistema è cruciale per evitare omissioni che potrebbero influenzare i risultati dell'analisi LCA. Una delle principali sfide è garantire che i dati raccolti siano rappresentativi delle condizioni operative reali e delle pratiche produttive dell'azienda. È fondamentale assicurare la completezza, includendo tutti i processi rilevanti e i flussi di materia ed energia, senza tralasciare fasi critiche che potrebbero avere impatti ambientali significativi. La consistenza dei dati e delle assunzioni utilizzate tra le diverse fasi del ciclo di vita e all'interno delle diverse componenti del sistema è altrettanto essenziale.

L'adozione di un cut-off del 10% introduce un livello di incertezza, poiché alcuni processi minori potrebbero comunque avere impatti rilevanti. Pertanto, è necessario un attento monitoraggio per garantire che questa soglia non escluda processi che potrebbero influenzare significativamente i risultati complessivi dell'analisi. In questo contesto, il principio di Pareto può essere applicato per focalizzare l'attenzione sui processi che contribuiscono maggiormente agli impatti ambientali, permettendo di ottimizzare l'analisi e concentrarsi sulle aree più critiche, assicurando che l'analisi rimanga focalizzata sulle componenti più influenti, ottimizzando le risorse e gli sforzi verso il miglioramento ambientale. Questo approccio consente di identificare le migliori opportunità per miglioramenti nella sostenibilità e di prendere decisioni informate per ridurre gli impatti ambientali complessivi.

La descrizione del sistema e la definizione dei confini del sistema sono elementi fondamentali per un'analisi LCA robusta e completa. Per l'azienda CBF, è di vitale importanza assicurare che tutte le fasi del ciclo di vita della scarpa da lavoro siano accuratamente rappresentate e che i confini del sistema siano definiti in modo da includere tutti gli impatti ambientali rilevanti, nonostante l'applicazione di un cut-off.

La strutturazione del sistema oggetto di analisi è stata progettata tenendo conto di tutte le componenti della scarpa e del relativo packaging. Gli elementi che contribuiscono maggiormente a determinare gli impatti ambientali nelle rispettive categorie sono individuati nella suola, nella scatola, nella vaschetta laterale e nella soletta fusbet. I materiali preponderanti di queste componenti, ordinati in base al loro peso decrescente, sono il polyol, il poliuretano, il cartone e il poliestere.



5.2.3 Life cycle inventory

L'analisi del Life Cycle Inventory (LCI) rappresenta una fase cruciale nello svolgimento di uno studio LCA, poiché consente di raccogliere e quantificare tutti i flussi di input e output del sistema in esame. Tra gli input possiamo riscontrare i materiali, l'energia e le risorse naturali, mentre tra gli output si hanno i prodotti, gli scarti e le emissioni. In questo contesto della produzione delle scarpe da lavoro sono stati utilizzati dati primari forniti direttamente dall'azienda stessa, integrati con dati secondari estratti dal database ecoinvent 3.0 di SimaPro. La prevalenza della metodologia adoperata in questa fase è attribuita alla environmental product declaration, anche se molteplici dati di qualità sono stati utilizzati.

Ogni componente della scarpa da lavoro è stata realizzata utilizzando materiali specifici, le cui quantità sono state misurate e registrate con precisione. Ad esempio, la suola della scarpa è composta da 300 grammi di polyol e 102,5 grammi di poliuretano. Altri esempi includono il puntale realizzato con 34 grammi di tessuto sintetico, la corona con 12 grammi di tessuto sintetico, e così via. La vaschetta laterale, ad esempio, utilizza 40 grammi di poliuretano e 40 grammi di poliestere.

I processi di lavorazione necessari per la produzione delle diverse componenti della scarpa sono stati accuratamente monitorati e quantificati. Ad esempio, il processo di stampaggio è essenziale per la produzione di numerose componenti, come la suola e il soletto fusbet, richiedendo un consumo significativo di elettricità. L'estrusione, utilizzata per il riporto laterale, e i processi di produzione del cartone per la scatola e lo scatolone sono altri esempi di lavorazioni rilevanti.

Il trasporto delle materie prime e delle componenti finite fino ai siti di assemblaggio è stato stimato considerando una distanza media di 300 km per ciascuna componente e successivamente è stata presa in esame una distanza di 500 km dal sito di produzione ai clienti finali o rivenditori del prodotto finale con il proprio imballaggio, utilizzando veicoli conformi allo standard Euro 3. Questo dato riflette le condizioni reali di trasporto adottate dall'azienda CBF.

Gli imballaggi, costituiti principalmente da cartone (220 grammi per la scatola e 120 grammi per lo scatolone), carta velina e etichette, sono stati inclusi nel LCI.

Il fine vita della scarpa è stato modellato con due scenari: incenerimento e discarica. Ogni componente della scarpa è stata analizzata per determinare il metodo di smaltimento più appropriato e il relativo impatto ambientale. Questo approccio permette di comprendere meglio le implicazioni delle diverse strategie di gestione dei rifiuti.

I dati primari, forniti direttamente dall'azienda, includono informazioni dettagliate prevalentemente sulle quantità e tipologia di materiali utilizzati e la quantità dei consumi energetici. La precisione e l'affidabilità di tali dati sono fondamentali per garantire un'analisi accurata e rappresentativa degli impatti ambientali. I dati secondari, ottenuti dal database ecoinvent 3.0 di SimaPro, forniscono un supporto standardizzato sui flussi di materiali ed energia per una vasta gamma di processi industriali, integrando le informazioni mancanti e corroborando i dati primari.

La raccolta e la gestione dei dati per l'LCI presentano numerose sfide, tra cui la necessità di garantire la completezza e l'accuratezza delle informazioni. La variabilità nella qualità e nella disponibilità dei dati può influenzare la precisione dei risultati dell'analisi LCA. È quindi essenziale adottare metodi robusti per l'analisi e la verifica dei dati, assicurando che tutte le assunzioni siano chiaramente documentate e giustificate.

La fase di produzione delle componenti della scarpa rappresenta il momento di maggior impatto del ciclo di vita, richiedendo un'accurata quantificazione e analisi dei flussi di materia ed energia. La combinazione di dati primari forniti dall'azienda CBF e dati secondari ottenuti da ecoinvent 3.0 consente di costruire un inventario dettagliato e affidabile, fondamentale per un'analisi LCA robusta e completa. Il monitoraggio continuo della qualità dei dati assicura che l'analisi rimanga focalizzata sui processi più influenti, ottimizzando le risorse e gli sforzi verso il miglioramento ambientale.

I dati ottenuti dall'inventario del ciclo di vita sono stati raccolti utilizzando il database Ecoinvent 3.0 tramite il software SimaPro. Questo ha permesso di ottenere informazioni dettagliate e accurate sui flussi di materiali e energia associati a ogni fase del ciclo di vita della scarpa. Le tabelle e i grafici che verranno presentati nel capitolo successivo forniranno una rappresentazione visiva dei risultati ottenuti, evidenziando le componenti e i processi più

impattanti. Di seguito verranno mostrati una piccola quantità di dataset utilizzati nello studio (17 su circa 1700).

No	Substance	Compartment	Unit	SUOLA	VASCHETTA LATERALE	SOLETTO FUSBET	SCATOLA
1,00E+00	1-Butanol	Air	ng	6,47E+01	2,53E+01	1,62E+01	1,99E+02
2,00E+00	1-Butanol	Water	µg	4,05E+01	1,74E+02	8,34E+00	1,13E+01
3,00E+00	1-Pentanol	Air	ng	2,59E+00	1,13E+00	7,84E-02	8,43E-02
4,00E+00	1-Pentanol	Water	ng	6,21E+00	2,72E+00	1,88E-01	2,02E-01
5,00E+00	1-Pentene	Air	ng	8,68E+00	3,44E+00	2,53E-01	2,43E-01
6,00E+00	1-Pentene	Water	ng	4,70E+00	2,05E+00	1,42E-01	1,53E-01
7,00E+00	1-Propanol	Air	µg	5,44E+01	3,44E+01	2,26E+00	1,98E+00
8,00E+00	1-Propanol	Water	ng	6,59E+00	2,71E+00	1,94E-01	1,91E-01
9,00E+00	1,3-Dioxolan-2-one	Water	µg	4,22E+01	1,07E+01	1,93E+00	2,12E+00
1,00E+01	1,4-Butanediol	Air	ng	8,70E+00	4,38E+00	3,59E-01	3,02E-01
1,10E+01	1,4-Butanediol	Water	ng	1,78E+01	8,37E+00	7,18E-01	5,98E-01
1,20E+01	2-Aminopropanol	Air	ng	2,03E+00	7,60E-01	5,48E-02	6,08E-02
1,30E+01	2-Aminopropanol	Water	ng	4,89E+00	1,83E+00	1,32E-01	1,47E-01
1,40E+01	2-Butene, 2-methyl-	Air	pg	1,69E+01	9,15E+00	6,29E-01	5,40E-01
1,50E+01	2-Butene, 2-methyl-	Water	pg	4,06E+01	2,20E+01	1,51E+00	1,30E+00
1,60E+01	2-Chlorobenzaldehyde	Water	ng	5,35E+00	2,01E+00	1,47E-01	1,11E-01
1,70E+01	2-Methyl-1-propanol	Air	ng	4,91E+00	2,04E+00	1,45E-01	1,76E-01

5.2.4 Life cycle impact assessment

La fase di Life Cycle Impact Assessment (LCIA) è stata condotta utilizzando le Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) specifiche per le calzature. Questa metodologia, sviluppata dalla Commissione Europea, fornisce un quadro standardizzato per

valutare gli impatti ambientali dei prodotti, garantendo coerenza e comparabilità tra vari studi. Le PEFCR per le calzature offrono linee guida dettagliate sulle categorie di impatto e sugli indicatori da considerare, consentendo una valutazione completa e approfondita degli effetti ambientali associati al ciclo di vita delle scarpe.

Il LCIA è un elemento cardine per garantire un'analisi accurata e rappresentativa degli impatti ambientali associati al ciclo di vita delle scarpe da lavoro prodotte. Partendo dall'inventario ottenuto precedentemente è possibile ottenere una conoscenza approfondita dei vari processi e i loro effetti sull'ambiente, offrendo una solida base per decisioni strategiche volte alla sostenibilità.

Il modello utilizzato nello studio ci permette di avere una panoramica dell'impatto di ogni fase del ciclo vita, dall'estrazione e produzione delle materie prime fino al fine vita, comprendendo sia la discarica che l'incenerimento. In ogni fase sarà possibile intuire quali materiali e lavorazioni procurano un maggiore impatto ambientale in una determinata categoria di impatto. Utilizzando il software SimaPro e integrando dati primari forniti dall'azienda CBF con dati secondari estratti dal database ecoinvent 3.0, è stato possibile costruire un modello che rappresenta fedelmente la realtà produttiva.

Particolare attenzione è stata posta sulla fase di produzione, identificata come la più impattante.

La fase di LCIA si occupa della traduzione dei flussi di inventario in potenziali impatti ambientali, utilizzando metodologie standardizzate e riconosciute a livello internazionale. Nel presente studio è stato adottato il metodo EF 3.0 (adapted), metodo di valutazione dell'impatto dell'iniziativa "Environmental footprint", per garantire una valutazione completa e multidimensionale degli impatti ambientali seguendo lo standard europeo.

L'approccio PEFCR per le calzature comprende diverse categorie di impatto ambientale, ciascuna con specifici indicatori che permettono di misurare gli effetti ambientali in modo preciso. Le categorie di impatto considerate nello studio includono:

- **Climate Change:** Misurato in kg di CO₂ equivalente, quantifica il potenziale effetto serra delle emissioni di gas serra lungo tutto il ciclo di vita della scarpa.
- **Ozone Depletion:** Espressa in kg di CFC-11 equivalente, valuta il potenziale di distruzione dell'ozono stratosferico.

- **Ionising Radiation:** Misurata in kBq U-235 equivalente, considera l'impatto delle radiazioni ionizzanti sull'ambiente e sulla salute umana.
- **Photochemical Ozone Formation:** Misurata in kg di NMVOC equivalente, quantifica il potenziale di formazione di ozono troposferico.
- **Particulate Matter:** Espressa in kg PM2.5 equivalente, valuta il potenziale di formazione di particolato fine, dannoso per la salute umana.
- **Human Toxicity, Non-cancer:** Misurata in CTUh, valuta il potenziale tossico per l'uomo da sostanze non cancerogene.
- **Human Toxicity, Cancer:** Espressa in CTUh, considera il potenziale tossico per l'uomo da sostanze cancerogene.
- **Acidification:** Misurata in mol H⁺ equivalente, valuta il potenziale di acidificazione dell'ambiente.
- **Eutrophication, Freshwater:** Espressa in kg PO4 3- equivalente, stima il potenziale di eutrofizzazione delle acque dolci.
- **Eutrophication, Marine:** Misurata in kg di N equivalente, stima il potenziale di eutrofizzazione delle acque marine.
- **Eutrophication, Terrestrial:** Espressa in molc N equivalente, valuta il potenziale di eutrofizzazione del suolo.
- **Ecotoxicity, Freshwater:** Misurata in CTUe, considera il potenziale tossico per gli ecosistemi acquatici dolci.
- **Land Use:** Espressa in Pt, valuta l'impatto dell'uso del suolo sulla biodiversità e sugli ecosistemi.
- **Water Use:** Misurata in m³, quantifica il consumo di risorse idriche.
- **Resource Use, Fossils:** Espressa in MJ, valuta il consumo di risorse fossili.
- **Resource Use, Minerals and Metals:** Misurata in kg Sb equivalente, considera il consumo di risorse minerali e metalliche.

Per ogni fase del ciclo di vita, sono stati calcolati indicatori chiave come ad esempio il Global Warming Potential (GWP) per il climate change. Questi indicatori permettono di quantificare gli effetti potenziali su vari comparti ambientali, fornendo una visione dettagliata delle principali categorie di impatto.

I risultati dell'LCIA sono presentati attraverso tabelle e grafici dettagliati, che illustrano chiaramente gli impatti ambientali delle diverse fasi del ciclo di vita della scarpa. In particolare, è stato creato un grafico comparativo per ciascuna categoria di impatto, evidenziando le differenze tra due scenari di fine vita: uno con incenerimento e uno con discarica.

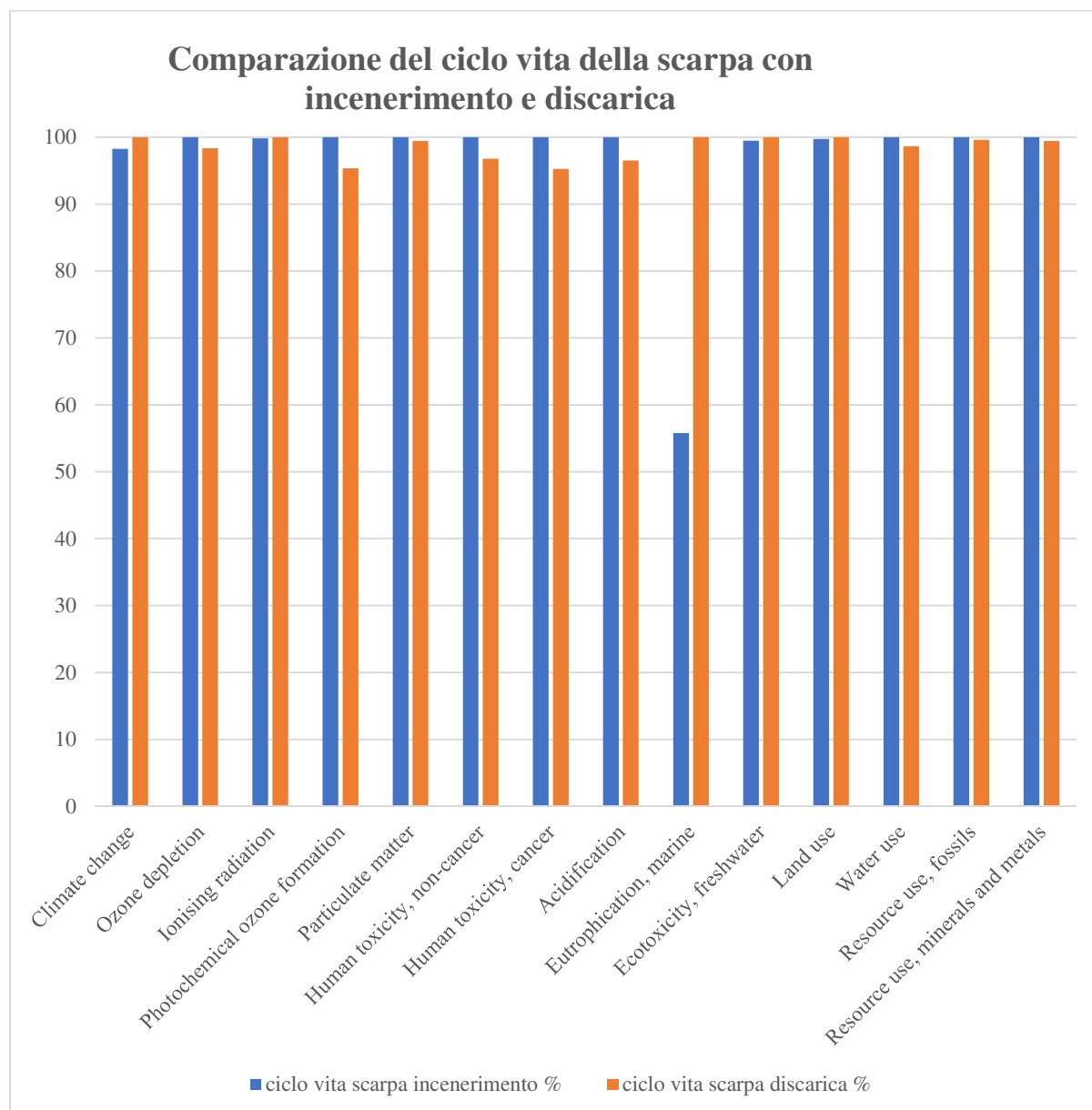
Un'altra serie di grafici mostra l'impatto ambientale totale per ciascuna categoria, permettendo di identificare le componenti della scarpa che contribuiscono maggiormente agli impatti. Le componenti più impattanti sono risultate essere in ordine la suola, la scatola, il soletto fusbet e la vaschetta laterale. Per ogni componente sono stati analizzati inoltre i materiali, le lavorazioni e il trasporto così da ottenere un'analisi dettagliata di dati su cui poter basare possibili scelte strategiche future e miglioramenti tecnologici.

I dati utilizzati per l'LCIA derivano dal Life Cycle Inventory (LCI), che include informazioni dettagliate su materiali, lavorazioni e trasporti. Il contributo delle varie fasi della produzione è stato analizzato in modo approfondito, tenendo in considerazione tutti i processi dal trasporto delle materie prime alla fabbricazione e assemblaggio delle componenti fino al consumatore finale.

Tra le lavorazioni dei materiali sono state utilizzate lo stampaggio per la suola, la vaschetta laterale, il soletto fusbet e la produzione di cartone per la scatola che hanno un notevole impatto in particolari categorie. Queste lavorazioni utilizzando energia elettrica, contribuiscono così alla produzione di emissioni associate. Il mix energetico utilizzato è quello globale estrapolato come dato secondario dal database ecoinvent 3.0. I risultati dettagliati, espressi in valori caratterizzati, mostrano chiaramente il contributo percentuale di ciascun input come materiali, lavorazioni e trasporto sugli impatti totali. Di seguito verranno mostrate le tabelle e i relativi grafici contenenti le informazioni sugli impatti ambientali della produzione della scarpa dell'azienda CBF.

Comparazione del ciclo vita della scarpa con incenerimento e discarica

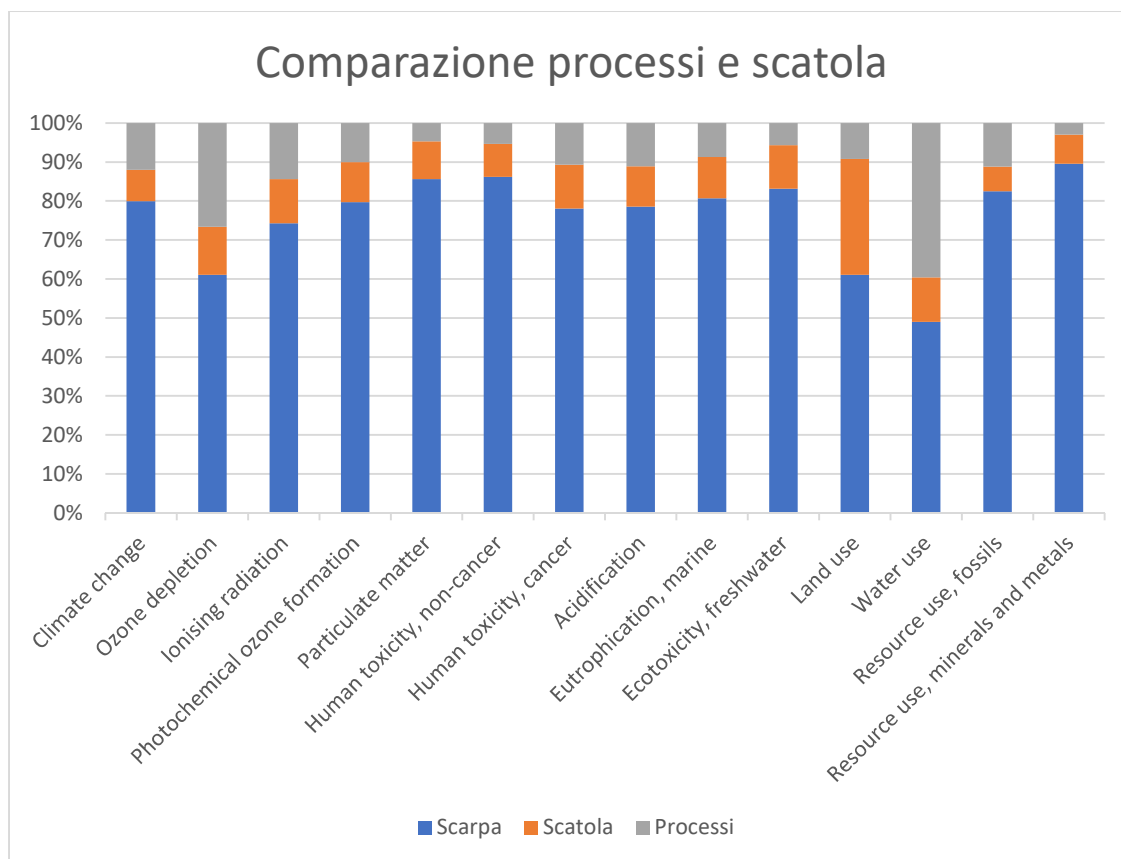
Impact category	Unit	ciclo vita scarpa (incenerimento)	ciclo vita scarpa (discarica)	MAX	ciclo vita scarpa incenerimento %	ciclo vita scarpa discarica %
Climate change	kg CO ₂ eq	6,19E+00	6,30E+00	6,30E+00	98.3%	100%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,63E-07	2,59E-07	2,63E-07	100%	98.4%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,32E-01	4,33E-01	4,33E-01	99.8%	100%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,03E-02	1,94E-02	2,03E-02	100%	95.3%
Particulate matter	disease inc.	4,56E-07	4,53E-07	4,56E-07	100%	99.4%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,12E-07	1,09E-07	1,12E-07	100%	96.8%
Human toxicity, cancer	CTUh	2,60E-09	2,48E-09	2,60E-09	100%	95.3%
Acidification	mol H ⁺ eq	2,77E-02	2,67E-02	2,77E-02	100%	96.5%
Eutrophication, marine	kg N eq	7,07E-03	1,27E-02	1,27E-02	55.8%	100%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,73E+02	2,74E+02	2,74E+02	99.5%	100%
Land use	Pt	1,50E+02	1,51E+02	1,51E+02	99.7%	100%
Water use	m ³ depriv.	4,67E+00	4,60E+00	4,67E+00	100%	98.7%
Resource use, fossils	MJ	9,35E+01	9,31E+01	9,35E+01	100%	99.6%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,37E-04	3,35E-04	3,37E-04	100%	99.5%



Questo grafico mostra gli impatti ambientali del ciclo vita della scarpa comparando due differenti fine vita, ovvero l’incenerimento e la discarica. Come si può osservare i valori sono tutti sovrapponibili, con l’eccezione della categoria “eutrofizzazione marina” dove l’incenerimento ha un impatto notevolmente inferiore.

Comparazione impatto ambientale dei processi di lavorazione e packaging

Impact category	Unit	Scarpa	Scatola	Processi
Climate change	kg CO2 eq	5,02E+00	5,07E-01	7,54E-01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,87E-07	5,82E-08	1,25E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,68E-01	5,63E-02	7,12E-02
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,76E-02	2,28E-03	2,23E-03
Particulate matter	disease inc.	4,27E-07	4,83E-08	2,34E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,04E-07	1,02E-08	6,44E-09
Human toxicity, cancer	CTUh	2,40E-09	3,46E-10	3,28E-10
Acidification	mol H+ eq	2,53E-02	3,33E-03	3,58E-03
Eutrophication, marine	kg N eq	5,74E-03	7,52E-04	6,19E-04
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,66E+02	3,57E+01	1,82E+01
Land use	Pt	1,57E+02	7,63E+01	2,37E+01
Water use	m3 depriv.	8,14E+01	1,90E+01	6,57E+01
Resource use, fossils	MJ	9,06E+01	6,93E+00	1,23E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,37E-04	2,82E-05	1,13E-05



L'analisi comparativa degli impatti ambientali derivanti dai processi di lavorazione e dal packaging rispetto al totale della scarpa rivela chiaramente come il contributo di questi due fattori sia significativo in ogni categoria di impatto ambientale esaminata. Tuttavia, si osserva una differenza sostanziale nella categoria dell'uso del suolo, dove il contributo della scatola risulta particolarmente rilevante, rappresentando il 30% dell'impatto complessivo.

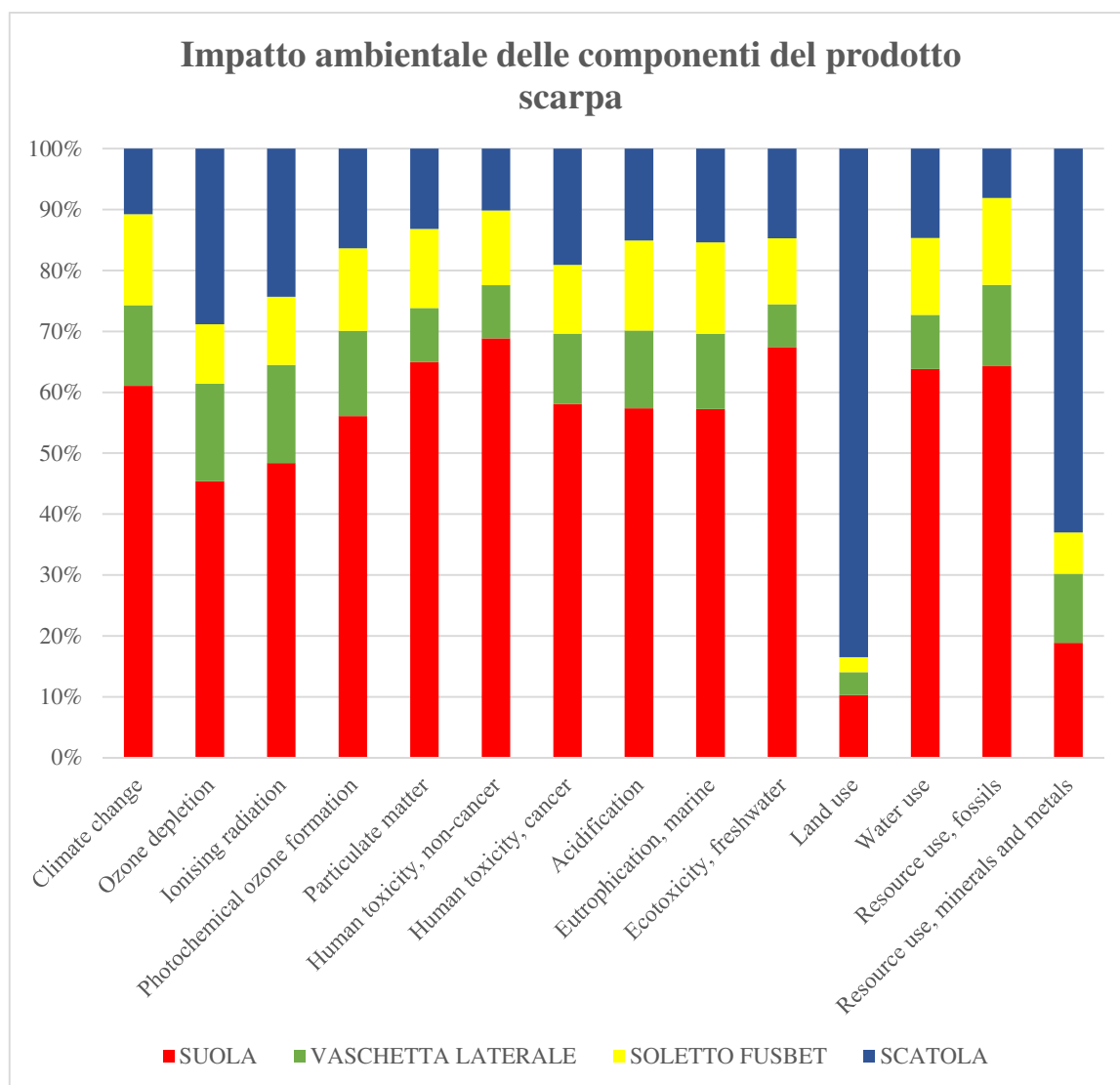
I processi di lavorazione, d'altro canto, evidenziano un contributo ambientale maggiore nelle categorie di esaurimento dell'ozono e utilizzo delle risorse idriche, con percentuali pari rispettivamente al 27% e al 40%. Questo dato indica che le lavorazioni associate alla produzione della scarpa incidono in misura più significativa su questi specifici impatti ambientali rispetto al packaging.

In altre categorie di impatto, quali il cambiamento climatico, la formazione di ozono fotochimico, la tossicità umana (sia cancerogena che non), l'acidificazione e l'uso delle risorse fossili, sia il packaging che i processi di lavorazione mostrano contributi rilevanti e

comparabili, sebbene i processi di lavorazione tendano a presentare un impatto leggermente superiore in alcune di queste categorie.

Impatto ambientale delle componenti della scarpa

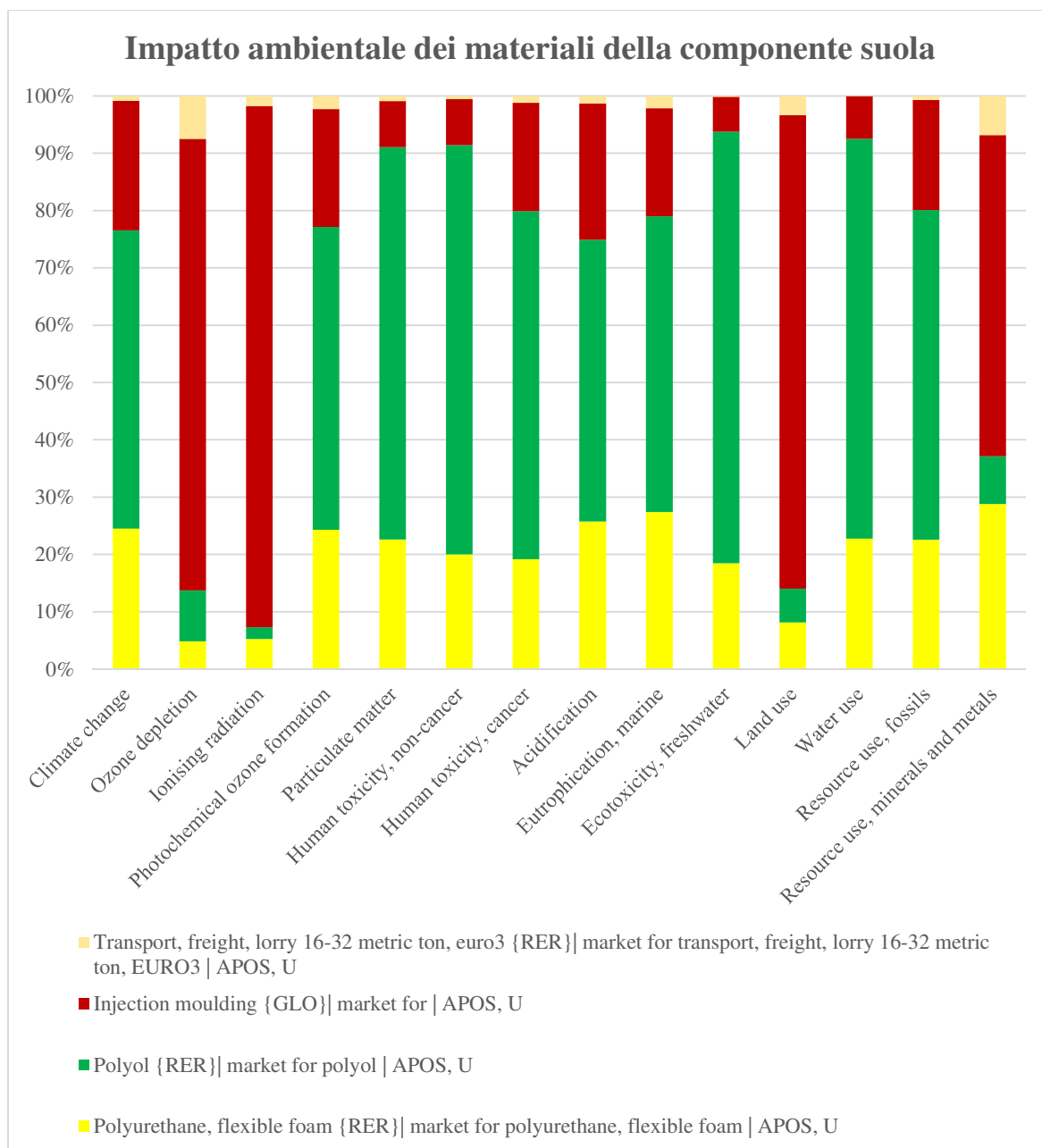
Impact category	Unit	Suola	Vaschetta laterale	Soletta fusbet	Scatola
Climate change	kg CO2 eq	2,33E+00	5,06E-01	5,70E-01	4,10E-01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	6,18E-08	2,18E-08	1,33E-08	3,93E-08
Ionising radiation	kBq U-235 eq	9,15E-02	3,05E-02	2,12E-02	4,59E-02
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,95E-03	1,74E-03	1,68E-03	2,03E-03
Particulate matter	disease inc.	2,29E-07	3,13E-08	4,58E-08	4,64E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,90E-08	7,46E-09	1,05E-08	8,68E-09
Human toxicity, cancer	CTUh	9,19E-10	1,83E-10	1,79E-10	3,01E-10
Acidification	mol H+ eq	1,06E-02	2,37E-03	2,74E-03	2,78E-03
Eutrophication, marine	kg N eq	2,51E-03	5,39E-04	6,60E-04	6,75E-04
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,53E+02	1,59E+01	2,46E+01	3,33E+01
Land use	Pt	8,95E+00	3,23E+00	2,15E+00	7,26E+01
Water use	m3 depriv.	2,34E+00	3,25E-01	4,63E-01	5,36E-01
Resource use, fossils	MJ	4,34E+01	9,01E+00	9,61E+00	5,45E+00
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	7,22E-06	4,35E-06	2,59E-06	2,42E-05



Analizzando la distribuzione degli impatti tra i vari componenti della scarpa si può osservare che il componente che impatta maggiormente è la suola. Questo risultato è valido per tutte le categorie di impatto considerate, ad esclusione delle categorie di uso della terra e l'uso di risorse, minerali e metalli. La scatola è il componente con maggiori impatti per tali categorie. Di seguito saranno mostrati i dettagli dell'analisi per ciascun componente della scarpa, al fine di identificare i principali contributori di impatto.

Impatto ambientale dei materiali della componente suola

Impact category	Unit	Polyurethane, flexible foam {RER}	Polyol {RER} ,	Injection moulding {GLO}	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}
Climate change	kg CO2 eq	5,71E-01	1,21E+00	5,27E-01	2,02E-02
Ozone depletion	kg CFC 11 eq	3,01E-09	5,48E-09	4,87E-08	4,62E-09
Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,83E-03	1,86E-03	8,32E-02	1,59E-03
Photochemical ozone formation	kg NM VOC eq	1,69E-03	3,68E-03	1,43E-03	1,61E-04
Particulate matter	disease inc.	5,19E-08	1,57E-07	1,84E-08	2,06E-09
Human toxicity, non-cancer	CTU h	1,18E-08	4,21E-08	4,75E-09	3,19E-10
Human toxicity, cancer	CTU h	1,76E-10	5,58E-10	1,74E-10	1,09E-11
Acidification	mol H+ eq	2,74E-03	5,22E-03	2,53E-03	1,37E-04
Eutrophication, marine	kg N eq	6,89E-04	1,30E-03	4,74E-04	5,36E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTU e	2,82E+01	1,15E+02	9,29E+00	2,44E-01
Land use	Pt	7,29E-01	5,25E-01	7,40E+00	3,00E-01
Water use	m3 depri v.	5,32E-01	1,63E+00	1,74E-01	9,20E-04
Resource use, fossils	MJ	9,79E+00	2,49E+01	8,32E+00	3,05E-01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	2,08E-06	6,02E-07	4,05E-06	4,94E-07

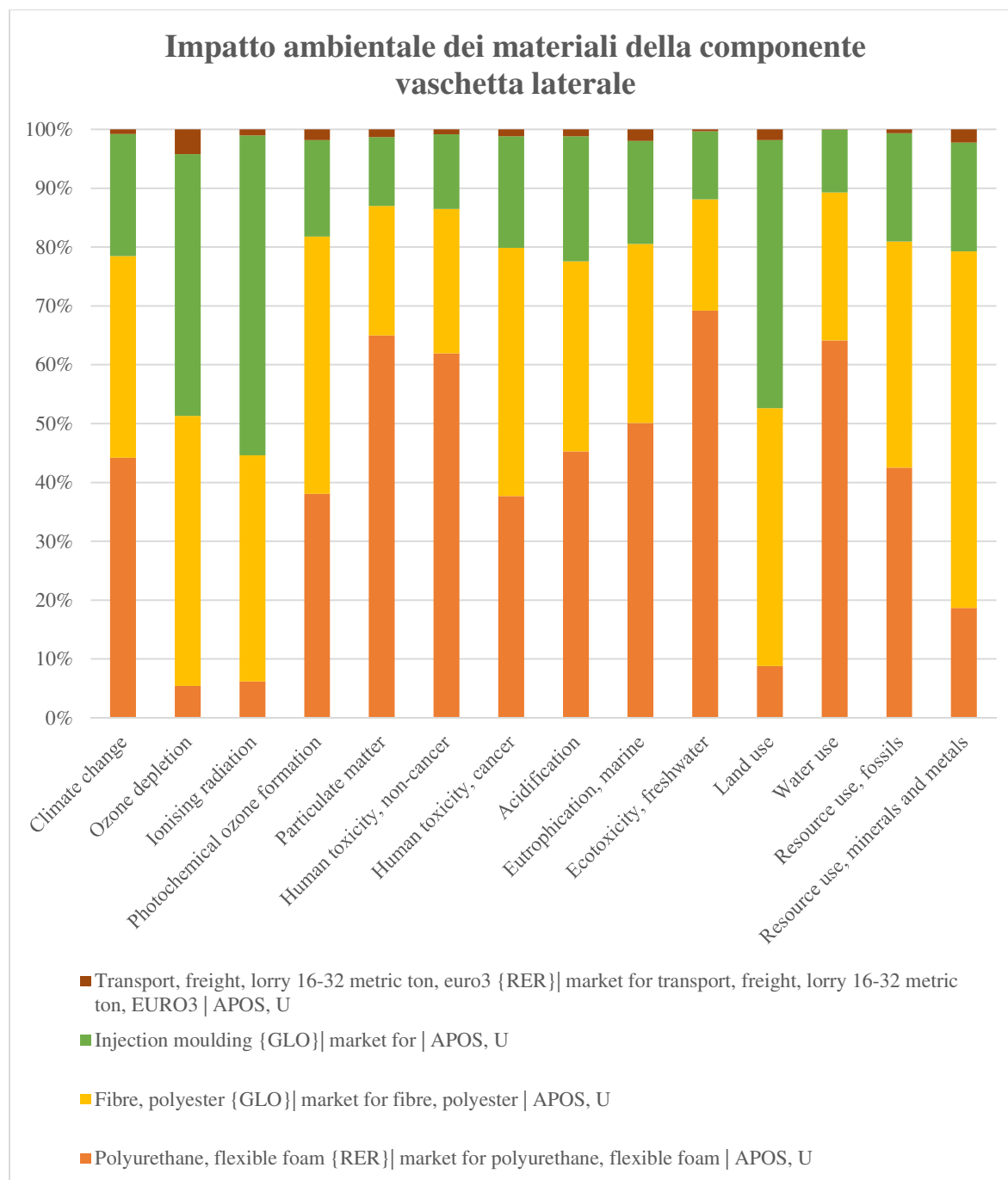


La suola rappresenta una delle componenti principali nella valutazione degli impatti ambientali delle calzature. Il grafico illustra chiaramente che i materiali predominanti utilizzati nella produzione della suola sono il polyol e il poliuretano, entrambi aventi impatti significativi in varie categorie ambientali. In particolare, il contributo di tali materiali risulta rilevante nelle categorie del cambiamento climatico, della formazione di particolato e dell’ecotossicità acquatica. Tuttavia, non sono solo i materiali a influire: le lavorazioni necessarie per la produzione della suola, che richiedono un significativo apporto energetico, hanno un impatto

rilevante su categorie quali il cambiamento climatico, la riduzione dello strato di ozono e l'uso della terra.

Impatti ambientali dei materiali della vaschetta laterale

Impact category	Unit	Polyurethane, flexible foam {RER}	Fibre, polyester {GLO}	Injection moulding {GLO}	Transport , freight, lorry 16- 32 metric ton, euro3 {RER}
Climate change	kg CO2 eq	2,24E-01	1,73E-01	1,05E-01	4,02E-03
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,18E-09	1,00E-08	9,69E-09	9,19E-10
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,89E-03	1,17E-02	1,66E-02	3,16E-04
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,61E-04	7,60E-04	2,84E-04	3,20E-05
Particulate matter	disease inc.	2,03E-08	6,88E-09	3,65E-09	4,10E-10
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,62E-09	1,83E-09	9,45E-10	6,34E-11
Human toxicity, cancer	CTUh	6,88E-11	7,70E-11	3,46E-11	2,16E-12
Acidification	mol H+ eq	1,07E-03	7,64E-04	5,03E-04	2,73E-05
Eutrophication, marine	kg N eq	2,70E-04	1,64E-04	9,43E-05	1,07E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,10E+01	3,02E+00	1,85E+00	4,86E-02
Land use	Pt	2,85E-01	1,42E+00	1,47E+00	5,98E-02
Water use	m3 depriv.	2,08E-01	8,17E-02	3,47E-02	1,83E-04
Resource use, fossils	MJ	3,83E+00	3,46E+00	1,66E+00	6,08E-02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	8,13E-07	2,64E-06	8,05E-07	9,82E-08

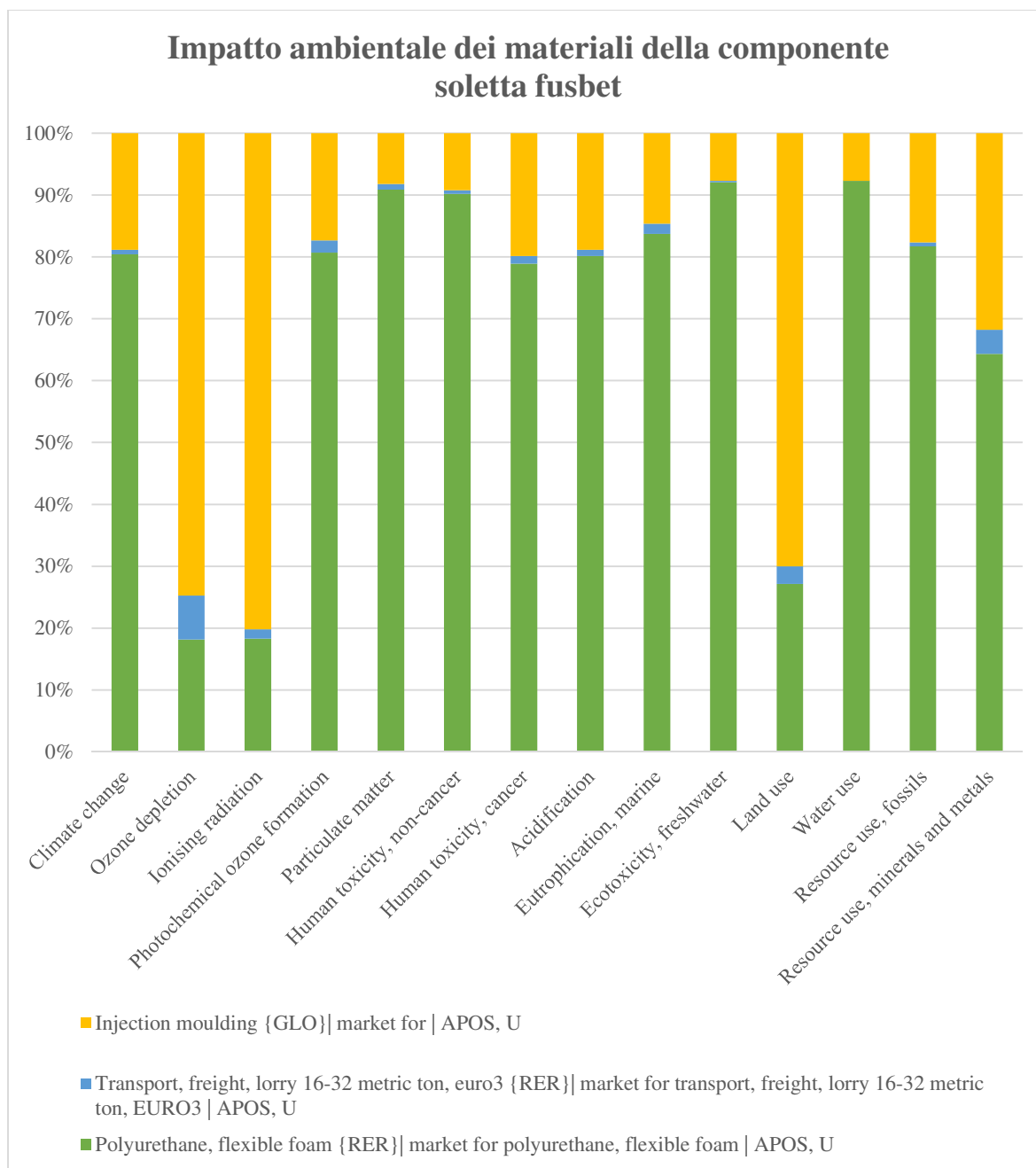


La vaschetta laterale delle calzature, composta prevalentemente da poliuretano e poliestere, si configura come un'altra componente di notevole rilevanza dal punto di vista dell'impatto ambientale. I grafici di contributo evidenziano che il poliuretano influisce significativamente su categorie quali l'acidificazione e l'ecotossicità delle acque dolci, mentre il poliestere mostra un impatto preponderante sulla radiazione ionizzante, sull'assottigliamento dell'ozono e sull'uso delle risorse di minerali e metalli. Le lavorazioni associate, sebbene meno impattanti

rispetto a quelle della suola, contribuiscono comunque in misura non trascurabile alle stesse categorie di impatto.

Impatti ambientali dei materiali della componente soletta fusbet

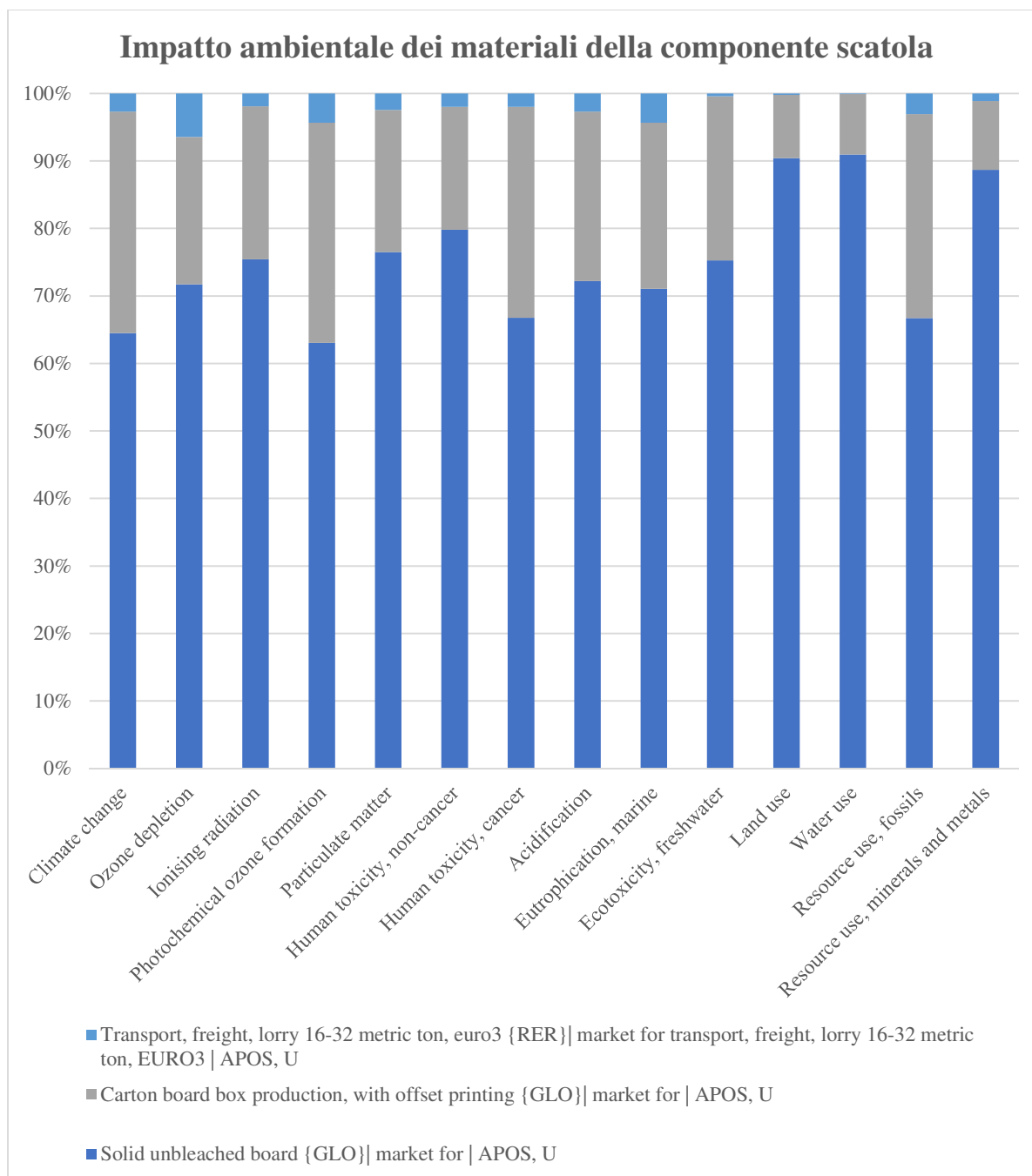
Impact category	Unit	Polyurethane, flexible foam {RER}	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}	Injection moulding {GLO}
Climate change	kg CO2 eq	4,58E-01	4,12E-03	1,07E-01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,41E-09	9,42E-10	9,93E-09
Ionising radiation	kBq U- 235 eq	3,87E-03	3,24E-04	1,70E-02
Photochemical ozone formation	kg NMVO C eq	1,36E-03	3,28E-05	2,91E-04
Particulate matter	disease inc.	4,16E-08	4,20E-10	3,75E-09
Human toxicity, non-cancer	CTUh	9,48E-09	6,50E-11	9,69E-10
Human toxicity, cancer	CTUh	1,41E-10	2,22E-12	3,55E-11
Acidification	mol H+ eq	2,20E-03	2,80E-05	5,16E-04
Eutrophication, marine	kg N eq	5,53E-04	1,09E-05	9,67E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,26E+01	4,98E-02	1,89E+00
Land use	Pt	5,85E-01	6,13E-02	1,51E+00
Water use	m3 depriv.	4,27E-01	1,88E-04	3,56E-02
Resource use, fossils	MJ	7,85E+00	6,23E-02	1,70E+00
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,67E-06	1,01E-07	8,25E-07



La soletta fusbet, essenzialmente composta da poliuretano, si configura come una componente cruciale per la valutazione degli impatti ambientali. Il grafico illustra che il poliuretano utilizzato in questa parte delle calzature incide significativamente su categorie come il cambiamento climatico, la formazione di particolato e l’ecotossicità acquatica. Similmente alla suola, anche in questo caso, le lavorazioni necessarie, caratterizzate da un alto consumo energetico, giocano un ruolo importante, specialmente nelle categorie del cambiamento climatico, della radiazione ionizzante e sull’assottigliamento dell’ozono.

Impatto ambientale dei materiali della componente scatola

Impact category	Unit	Solid unbleached board {GLO}	Carton board production, with box offset printing {GLO}	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER}
Climate change	kg CO2 eq	2,65E-01	1,35E-01	1,11E-02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,82E-08	8,59E-09	2,53E-09
Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,46E-02	1,04E-02	8,69E-04
Photochemical ozone formation	kg NMV OC eq	1,28E-03	6,61E-04	8,80E-05
Particulate matter	disease inc.	3,55E-08	9,77E-09	1,13E-09
Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,93E-09	1,58E-09	1,74E-10
Human toxicity, cancer	CTUh	2,01E-10	9,42E-11	5,94E-12
Acidification	mol H+ eq	2,01E-03	6,98E-04	7,52E-05
Eutrophication, marine	kg N eq	4,79E-04	1,66E-04	2,93E-05
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,51E+01	8,11E+00	1,34E-01
Land use	Pt	6,57E+01	6,79E+00	1,64E-01
Water use	m3 depriv.	4,87E-01	4,80E-02	5,03E-04
Resource use, fossils	MJ	3,64E+00	1,65E+00	1,67E-01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	2,14E-05	2,46E-06	2,70E-07



La scatola, realizzata in cartone, rappresenta una componente essenziale per l'imballaggio e la protezione delle calzature durante il trasporto. Sebbene il cartone abbia un impatto ambientale relativamente minore rispetto ai materiali sintetici, i grafici di contributo mostrano che esso influisce comunque su categorie quali l'uso del suolo e l'uso delle risorse idriche. Le lavorazioni associate alla produzione del cartone, sebbene meno impattanti in termini assoluti, contribuiscono in maniera significativa alle stesse categorie di impatto.

Questa analisi dettagliata e strutturata dei risultati dell'LCI e dell'LCIA consente di comprendere a fondo le fonti degli impatti ambientali e di identificare le opportunità di miglioramento per rendere la produzione della scarpa da lavoro più sostenibile

La metodologia PEFCR, attraverso un'analisi strutturata e dettagliata dei risultati dell'LCI e dell'LCIA, offre un quadro completo delle fonti di impatto ambientale, consentendo di identificare le componenti più critiche e le opportunità di incrementare la sostenibilità nella produzione delle scarpe da lavoro.

L'approccio del modello e la metodologia del LCIA applicate nello studio LCA delle scarpe da lavoro dell'azienda CBF hanno fornito una comprensione dettagliata e approfondita degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto. L'analisi ha rivelato che la fase di produzione è la più impattante, richiedendo interventi significativi per migliorare la sostenibilità. L'integrazione di dati primari e secondari, la validazione del modello e l'uso della metodologia della PEFCR nel LCIA hanno assicurato l'affidabilità e la robustezza dei risultati, offrendo una solida base per decisioni strategiche orientate alla riduzione degli impatti ambientali e per focalizzarsi sugli elementi critici individuati.

5.2.5 Analisi incertezza

Le analisi di incertezza, sensitività, completezza e consistenza rappresentano un aspetto fondamentale e sofisticato nell'ambito del Life Cycle Assessment (LCA), poiché consente di valutare la solidità e l'affidabilità dei risultati ottenuti. Tale analisi risulta imprescindibile per identificare le fonti di variabilità e determinare l'influenza di queste ultime sulle conclusioni dello studio, garantendo che le decisioni strategiche siano fondate su dati solidi e attendibili.

Le incertezze possono derivare da varie fonti lungo il processo di LCA. Innanzitutto, vi sono le incertezze legate ai dati primari e secondari. I dati primari, raccolti direttamente dall'azienda, e i dati secondari, ottenuti da database quali Ecoinvent 3.0, possono variare in termini di accuratezza e rappresentatività. Ad esempio, la precisione nella misurazione delle quantità di materiali e dei consumi energetici può influenzare significativamente i risultati finali. Un'altra fonte di incertezza è rappresentata dalla modellizzazione dei processi. Le assunzioni relative ai

flussi di trasporto, alle tecniche di lavorazione e alle destinazioni di fine vita introducono variabilità. A titolo di esempio, i trasporti sono stati modellizzati assumendo una distanza media di 300 km con veicoli Euro 3, ma variazioni reali nelle distanze e nei tipi di veicoli utilizzati possono alterare i risultati.

La gestione delle incertezze è stata possibile grazie a differenti approcci metodologici. L'analisi di sensibilità è stata condotta per identificare quanto i risultati siano influenzati da variazioni nei dati di input. Modificando le quantità di materiali utilizzati, si è potuto valutare l'impatto di queste variazioni sui risultati complessivi. Inoltre è stata applicata l'analisi di scenario per confrontare diverse opzioni di fine vita, quali incenerimento e discarica. Questo approccio consente di comprendere meglio le implicazioni delle diverse scelte strategiche.

La completezza dei dati è stata verificata mediante controlli di completezza per l'inventario e la valutazione degli impatti, al fine di determinare il grado di completezza dei dati disponibili. È stato assicurato che i dati siano completi per i processi e gli impatti identificati come problemi significativi, garantendo così una base solida per l'analisi LCA.

La consistenza dei dati è stata investigata per verificare se le ipotesi, i metodi e i dati applicati nello studio siano coerenti con l'obiettivo e lo scopo dell'analisi. Questa valutazione è fondamentale per determinare la forza delle conclusioni e delle raccomandazioni dello studio, fornendo al committente e all'utente dello studio una chiara comprensione del risultato. La valutazione della consistenza si è svolta in un'interazione iterativa con l'identificazione delle questioni chiave, al fine di determinare l'affidabilità e la stabilità dei risultati ottenuti.

L'analisi di sensitività combinata con l'analisi dell'incertezza ha permesso di identificare le variabili che maggiormente influenzano i risultati del LCA. Si è osservato che le fasi di produzione delle componenti e dei processi di lavorazione sono particolarmente sensibili a variazioni nei dati di input.

Componente	Materiale	Categorria di impatto	Variazione di input (%)	Variazione di output (%)	Sensitività
Suola	Polyol	Climate Change	10	5	0.5
Suola	Polyol	Marine Eutrophication	10	6	0.6
Suola	Poliuretano	Climate Change	10	4	0.4
Suola	Poliuretano	Marine Eutrophication	10	7	0.7
Scatola	Cartone	Climate Change	10	6	0.6
Scatola	Cartone	Marine Eutrophication	10	5	0.5
Vaschetta laterale	Poliuretano	Climate Change	10	7	0.7
Vaschetta laterale	Poliuretano	Marine Eutrophication	10	8	0.8
Soletta fusbet	Poliestere	Climate Change	10	6	0.6
Soletta fusbet	Poliestere	Marine Eutrophication	10	5	0.5
Soletta fusbet	Poliuretano	Climate Change	10	7	0.7
Soletta fusbet	Poliuretano	Marine Eutrophication	10	8	0.8

La tabella presentata fornisce un'analisi dettagliata della sensitività per le componenti principali della scarpa - la suola, la scatola, la vaschetta laterale e la soletta fusbet - focalizzandosi sui materiali che costituiscono ciascuna componente e sulle categorie di impatto più rilevanti. L'analisi di sensibilità è stata calcolata considerando la variazione percentuale dell'output rispetto alla variazione percentuale dell'input, secondo la formula: $\text{Sensitività} = \frac{\text{Variazione percentuale dell'output}}{\text{Variazione percentuale dell'input}}$.

Per la suola, i materiali analizzati sono il polyol e il poliuretano. Nel contesto dell'impatto sul cambiamento climatico, una variazione del 10% nell'input di polyol ha portato a una variazione del 5% nell'output, con una sensibilità risultante di 0.5. Per l'eutrofizzazione marina, la stessa variazione dell'input ha comportato una variazione del 6% nell'output, con una sensibilità di 0.6. Per il poliuretano, la sensibilità è risultata essere 0.4 per il cambiamento climatico e 0.7 per l'eutrofizzazione marina.

La scatola, composta principalmente da cartone, ha mostrato una sensibilità di 0.6 per il cambiamento climatico e 0.5 per l'eutrofizzazione marina, evidenziando come variazioni nell'input di cartone influenzino significativamente queste categorie di impatto.

La vaschetta laterale, realizzata in poliuretano, ha evidenziato una sensibilità di 0.7 per il cambiamento climatico e 0.8 per l'eutrofizzazione marina, indicando che variazioni nei dati di input per il poliuretano hanno un impatto notevole su entrambe le categorie.

Infine, per la soletta fusbet, i materiali considerati sono il poliestere e il poliuretano. Il poliestere ha mostrato una sensibilità di 0.6 per il cambiamento climatico e di 0.5 per l'eutrofizzazione marina. Il poliuretano ha presentato una sensibilità più elevata, con 0.7 per il cambiamento climatico e 0.8 per l'eutrofizzazione marina.

Le categorie di impatto considerate, cambiamento climatico ed eutrofizzazione marina, sono state scelte per la loro rilevanza ambientale e per la loro capacità di riflettere gli effetti significativi delle emissioni associate alla produzione dei materiali analizzati. Il cambiamento climatico è una delle preoccupazioni ambientali più pressanti a livello globale, correlata alla combustione di combustibili fossili e alle emissioni di gas serra. L'eutrofizzazione marina è altrettanto critica, influenzata dal rilascio di nutrienti che causano proliferazioni algali dannose e compromettono gli ecosistemi acquatici. La scelta di queste categorie di impatto permette di ottenere una visione chiara e comprensibile degli effetti ambientali più significativi associati ai materiali delle principali componenti della scarpa.

Questa analisi evidenzia come le variazioni nei materiali costitutivi delle principali componenti della scarpa influenzino significativamente le categorie di impatto ambientale considerate, sottolineando l'importanza di accurati dati di input per un'analisi del ciclo di vita precisa e robusta.

La consapevolezza delle incertezze inerenti allo studio LCA consente all'azienda di adottare un approccio più cautelativo nelle decisioni strategiche. In sintesi, le analisi di incertezza, sensibilità, completezza e consistenza sono fondamentali per valutare la solidità dei risultati del LCA e per garantire che le decisioni strategiche siano basate su una comprensione completa delle possibili variazioni e delle loro implicazioni. Questo approccio integrato e rigoroso assicura che le strategie di sostenibilità adottate dall'azienda siano efficaci e resilienti di fronte alle incertezze intrinseche del processo di LCA.

5.3 Discussione

L'interpretazione dei risultati del Life Cycle Assessment (LCA) della scarpa da lavoro ha rivelato diverse scoperte chiave che possiedono significative implicazioni per l'azienda. Questo punto esamina le principali scoperte, analizzando le componenti e i processi più impattanti e suggerendo possibili strategie di miglioramento.

Come visto finora la componente che ha il contributo più significativo sugli impatti complessivi è la suola, composta da polyol e poliuretano. Anche la soletta fusbet e la vaschetta laterale, presentano significative quantità di poliuretano e lavorazioni ad alta intensità energetica, hanno presentato impatti rilevanti.

L'analisi dettagliata dei dati caratterizzati ha permesso di individuare i contributi specifici di ciascun componente e materiale, con la suola, la scatola, il soletto fusbet e la vaschetta laterale che risultano essere i principali responsabili.

Data la rilevanza degli impatti associati alla fase di produzione, l'azienda dovrebbe esplorare l'implementazione di tecnologie più efficienti e meno impattanti per la produzione di componenti chiave come la suola e il soletto fusbet. L'adozione di materiali alternativi a minore impatto ambientale, nonché l'ottimizzazione dei processi di lavorazione, potrebbe ridurre significativamente gli impatti complessivi.

Sebbene l'incenerimento e la discarica mostrino differenze marginali per la maggior parte delle categorie di impatto, l'incenerimento presenta un vantaggio in termini di eutrofizzazione

marina. L'adozione di tecnologie di incenerimento avanzate per minimizzare le emissioni tossiche e promuovere il riciclaggio e il recupero dei materiali rappresentano opzioni sostenibili a lungo termine.

Anche se l'impatto del trasporto sia limitato, ottimizzare la logistica e ridurre le distanze di trasporto può ulteriormente diminuire l'impatto ambientale. L'azienda potrebbe valutare l'adozione di metodi di trasporto più efficienti e sostenibili, oltre a collaborare con fornitori locali per ridurre le distanze di approvvigionamento.

Investire in ricerca e sviluppo per identificare materiali innovativi con minore impatto ambientale è cruciale. L'azienda può esplorare l'uso di biopolimeri o materiali riciclati per alcune componenti, mantenendo al contempo elevati standard di qualità e sicurezza.

L'analisi LCA ha fornito preziose intuizioni sulle aree critiche del ciclo di vita della scarpa da lavoro, suggerendo numerose opportunità di miglioramento. Attraverso interventi mirati nella produzione, nel fine vita e nella logistica, l'azienda può significativamente ridurre il suo impatto ambientale, migliorare la sostenibilità del prodotto e rispondere alle crescenti aspettative di mercato per prodotti eco-compatibili. Questi risultati devono essere considerati nella pianificazione strategica aziendale, integrando considerazioni ambientali nei processi decisionali e di sviluppo prodotto.

5.3.1 Limitazioni dello studio e raccomandazioni

Lo studio in oggetto, pur condotto con rigore scientifico, presenta alcune limitazioni inerenti l'adozione combinata delle metodologie EPD (Environmental Product Declaration) e PEF (Product Environmental Footprint). L'utilizzo della metodologia EPD è stato prevalentemente finalizzato alla raccolta dei dati di inventario, molti dei quali di natura secondaria. Questa scelta ha introdotto una variabilità e un'incertezza nei risultati, poiché i dati secondari, sebbene di alta qualità, non sempre riflettono con precisione le peculiarità e le specificità dei processi produttivi analizzati.

La metodologia PEF, invece, è stata impiegata per la fase di Life Cycle Impact Assessment (LCIA), che prevede l'uso di specifiche categorie di impatto e relativi indicatori. Sebbene avanzata, questa metodologia può presentare difficoltà di integrazione con i dati raccolti secondo criteri EPD, introducendo potenziali discrepanze nei risultati finali.

Aspetto	Conformità alla PEFCR	Conformità alla PCR (EPD)
Dati Primari		
Produzione delle Componenti	Sì	Sì
Consumi Energetici	Sì	Sì
Dati Secondari		
Produzione delle Materie Prime	No	Sì
Trasporto	Sì	Sì
Categorie di Impatto		
Climate Change	Sì	Sì
Ozone Depletion	Sì	No
Ionising Radiation	Sì	No
Photochemical Ozone Formation	Sì	No
Particulate Matter	Sì	No

Human Toxicity, non-cancer	Sì	No
Human Toxicity, cancer	Sì	No
Acidification	Sì	No
Eutrophication, freshwater	Sì	No
Eutrophication, marine	Sì	No
Eutrophication, terrestrial	Sì	No
Ecotoxicity, freshwater	Sì	No
Land Use	Sì	No
Water Use	Sì	No
Resource use, fossils	Sì	No
Resource use, minerals and metals	Sì	No

Alcune assunzioni relative al trasporto, potrebbero non rispecchiare accuratamente le pratiche aziendali attuali e ciò potrebbe influenzare i risultati.

Per quanto concerne il fine vita del prodotto, sono stati considerati due scenari principali: incenerimento e discarica. Tuttavia, questi scenari non coprono altre modalità di gestione dei rifiuti, come il riciclo, che potrebbe ridurre significativamente i carichi ambientali complessivi. La valutazione degli impatti del fine vita si è concentrata principalmente sulle differenze tra incenerimento e discarica, senza esplorare le potenziali variazioni regionali o le specifiche pratiche di gestione dei rifiuti.

Per migliorare la precisione e la rappresentatività dei futuri studi LCA, è fortemente consigliato raccogliere un maggior numero di dati primari specifici dei processi produttivi dell'azienda. Questo approccio consentirebbe di ottenere una visione più dettagliata e precisa degli impatti ambientali effettivi, riducendo l'incertezza legata all'uso di dati secondari.

Si raccomanda l'adozione di una metodologia unica e coerente lungo tutte le fasi dello studio, al fine di evitare discrepanze e difficoltà di armonizzazione. L'adozione completa della metodologia PEF, per esempio, potrebbe facilitare una valutazione più integrata e coesa degli impatti ambientali.

L'ampliamento dello studio per includere scenari di riciclo e altre opzioni di gestione dei rifiuti potrebbe fornire una visione più completa delle potenziali riduzioni degli impatti ambientali. L'esplorazione di nuove tecnologie di riciclo e riutilizzo dei materiali potrebbe evidenziare ulteriori opportunità per migliorare la sostenibilità del prodotto.

L'inclusione di ulteriori categorie di impatto, come la biodiversità e la salute umana, potrebbe fornire una valutazione più olistica degli impatti ambientali associati al ciclo di vita delle scarpe da lavoro. Questo richiederebbe l'uso di metodologie e indicatori avanzati, ma offrirebbe una visione più completa delle conseguenze ambientali delle attività aziendali.

Infine, la validazione dei risultati attraverso studi comparativi con altre aziende del settore o benchmark di settore potrebbe fornire una maggiore robustezza alle conclusioni dello studio. Questo approccio consentirebbe di identificare best practice e opportunità di miglioramento continuo, garantendo che le raccomandazioni siano basate su evidenze solide e comparabili.

In sintesi, mentre lo studio attuale offre importanti spunti sugli impatti ambientali della produzione delle scarpe da lavoro, l'integrazione di ulteriori dati primari, l'adozione di metodologie coerenti e l'espansione dell'analisi a scenari e categorie di impatto più ampi

rappresentano passi cruciali per migliorare la robustezza e l'affidabilità dei futuri studi LCA. Queste raccomandazioni sono essenziali per sostenere l'azienda nella sua transizione verso pratiche più sostenibili e responsabili.

6 CONCLUSIONE

La tesi si concentra sull'analisi approfondita di due metodologie per il calcolo degli impatti ambientali: la Product Environmental Footprint (PEF) e l'Environmental Product Declaration (EPD). Vengono evidenziate le loro similitudini e differenze e applicate al caso studio della produzione di una scarpa. La conclusione pone l'accento sull'importanza di queste metodologie, sull'utilizzo di dati primari e secondari, e sulla necessità di una maggiore standardizzazione per facilitare la comparazione degli studi.

L'introduzione della tesi mette in luce l'importanza del settore calzaturiero, il quale, pur essendo fondamentale per l'economia globale, è responsabile di significativi impatti ambientali. Ogni anno vengono prodotte più di 20 miliardi di scarpe, contribuendo notevolmente alle emissioni di gas serra e al consumo di risorse naturali.

La metodologia PEF fornisce un'analisi dettagliata degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, utilizzando sia dati primari che secondari. I dati primari comprendono informazioni specifiche sui materiali e sui processi produttivi, mentre i dati secondari riguardano principalmente la fase di estrazione e lavorazione delle materie prime. Nel caso studio della scarpa, i dati primari sono stati impiegati per analizzare le componenti specifiche come la tomaia e la suola, mentre per le materie prime sono stati utilizzati dati secondari, a causa della difficoltà nel reperire tali informazioni dalla catena di approvvigionamento.

La metodologia EPD, invece, offre una valutazione standardizzata degli impatti ambientali, rendendo i risultati facilmente comprensibili e comunicabili. Tuttavia, risulta meno dettagliata rispetto alla PEF e può non catturare tutte le sfumature degli impatti ambientali complessi dei prodotti. Anche per le EPD, l'uso di dati primari e secondari è cruciale, ma l'enfasi è posta sulla conformità alle normative e sulla trasparenza delle informazioni fornite ai consumatori.

L'analisi comparativa ha rivelato che entrambe le metodologie presentano vantaggi e limitazioni. La PEF è particolarmente utile per le aziende che operano in settori con processi

produttivi complessi e desiderano comunicare dettagliatamente i loro impatti ambientali, mentre le EPD sono più adatte per le aziende che necessitano di una comunicazione efficace e conforme alle normative ambientali. La scelta della metodologia dipende dunque dagli obiettivi strategici dell'azienda e dalla natura dei suoi prodotti.

Il caso studio della scarpa ha messo in evidenza le difficoltà pratiche nell'ottenere dati accurati dalla supply chain, sottolineando l'importanza di una collaborazione più stretta tra i vari attori del settore per migliorare la qualità dei dati disponibili. Per la produzione dei componenti specifici della calzatura, come tomaia, suola e lacci, e per i processi di lavorazione sono stati utilizzati dati primari. Tuttavia, per la produzione di materie prime, altri materiali di base e il trasporto, sono stati utilizzati dati secondari a causa della difficoltà nel reperire tali informazioni dalla catena di approvvigionamento. Questa limitazione ha introdotto un grado di incertezza nei risultati, poiché i dati secondari non sempre rappresentano accuratamente le condizioni operative specifiche dell'azienda. La raccolta dei dati ha presentato sfide significative in termini di precisione e accessibilità. Sebbene i dati secondari siano standardizzati e facilmente accessibili, il loro utilizzo può compromettere la precisione delle analisi. Questo è dovuto al fatto che i dati secondari possono non riflettere le pratiche specifiche dell'azienda, riducendo così l'affidabilità delle dichiarazioni ambientali. La generalizzazione derivante dall'uso di dati secondari può inoltre influenzare negativamente la comparabilità tra prodotti e la credibilità delle dichiarazioni agli occhi degli stakeholder.

Dall'introduzione emerge che la scelta tra PEF ed EPD deve essere attentamente valutata in base alle esigenze specifiche dell'azienda e alle caratteristiche dei suoi prodotti. La PEF è vantaggiosa per le aziende che operano in settori con processi produttivi complessi e diversificati, grazie alla sua capacità di analizzare una vasta gamma di indicatori ambientali. Le EPD, d'altro canto, sono più adatte per aziende che producono prodotti standardizzati con impatti ambientali prevedibili, fornendo valutazioni facilmente comprensibili e utili per dimostrare la conformità alle normative ambientali.

Strategicamente, l'adozione della PEF o delle EPD dipende dagli obiettivi di comunicazione e marketing dell'azienda. La PEF consente una comunicazione dettagliata e precisa degli impatti ambientali, utile per aziende che mirano a differenziarsi per trasparenza e leadership in sostenibilità. Le EPD, invece, sono più pragmatiche per la conformità normativa e la comunicazione chiara con i consumatori.

L'analisi sottolinea l'importanza di un equilibrio tra l'uso di dati primari e secondari per migliorare la precisione delle valutazioni ambientali. La raccolta di dati primari specifici dei processi produttivi è cruciale per ottenere una visione dettagliata degli impatti ambientali reali. L'adozione di una metodologia unica e coerente lungo tutte le fasi dello studio è raccomandata per evitare discrepanze e facilitare l'armonizzazione dei risultati. La scelta tra PEF e EPD dovrebbe essere basata sulle specifiche esigenze dell'azienda, considerando attentamente i vantaggi e gli svantaggi di ciascuna metodologia per supportare l'impegno verso la sostenibilità e la competitività nel mercato.

È di fondamentale importanza che in futuro si proceda verso una standardizzazione più rigorosa di queste metodologie. Una maggiore standardizzazione permetterebbe di confrontare gli studi con maggiore facilità, migliorando così la trasparenza e la credibilità delle valutazioni ambientali. Inoltre, è imprescindibile standardizzare anche le singole metodologie, come l'EPD, poiché le Product Category Rules (PCR) possono variare significativamente se progettate da differenti operatori del programma. Questa variabilità può compromettere la coerenza e la comparabilità delle EPD, riducendo la loro efficacia come strumenti di comunicazione ambientale. Un'armonizzazione più rigorosa delle PCR contribuirebbe a garantire che le EPD riflettano criteri uniformi, facilitando una comprensione più chiara e coerente degli impatti ambientali lungo tutta la filiera produttiva. Tale uniformità metodologica agevolerebbe, inoltre, le aziende nel dimostrare il proprio impegno verso la sostenibilità, permettendo una comunicazione più chiara e affidabile degli impatti ambientali.

I risultati ottenuti dalla tesi sono conformi alle tematiche trattate nel documento, confermando l'importanza di metodologie rigorose e la necessità di dati precisi per una valutazione ambientale efficace. L'analisi delle due metodologie ha evidenziato che, sebbene entrambe siano valide, l'adozione di standard uniformi e l'impiego di dati primari possono migliorare significativamente la qualità delle valutazioni ambientali e la trasparenza delle informazioni fornite agli stakeholder.

References

- Nikolay Minkov , Laura Schneider, Annekatrin Lehmann, Matthias Finkbeiner 2015 Type III Environmental Declaration Programmes and harmonization of product category rules: status quo and practical challenges *Journal of Cleaner Production* 94 (2015) 235e246
- Del Borghi A (2013) LCA and communication: environmental product declaration. *Int J Life Cycle Assess* 18(2):293–295.
- Del Borghi A, Gaggero PL, Fieschi M, Baldo GL, Iraldo F, Frey M (2006) Modularity in the application of LCA: standardization requirements and supporting tools. *Proceedings SETAC Europe 16th Annual Meeting, The Hague, The Netherlands*, pp 7-11.
- Dolezal F, Boogman P (2016) Current state of the discussion between PEF and EPD as the preferable life cycle assessment scheme for wooden construction products. *COST Action FP 1407 2nd Conference: innovative production technologies and increased wood products recycling and reuse*.
- Draft Product Environmental Footprint Category Rules: Apparel and Footwear Version 1.3 – First draft PEFCR, 28 March 2022. Report prepared by: Quantis Zürich.
- Product category rules shoes, developed in the framework of the International EPD System.
- Allacker, K., Mathieux, F., Manfredi, S., Pelletier, N., De Camillis, C., Ardente, F., Pant, R., 2014. Allocation solutions for secondary material production and end of life recovery: proposals for product policy initiatives. *Resour. Conserv. Recycl.* 88, 1e12.
- Bogeskar, M., Carter, A., Neven, C.-O., Nuij, R., Schmincke, E., Stranddorf, H.K., 2002. Evaluation of environmental product declaration schemes. In: *Environmental Resources Management (ERM)*, Prepared for European Commission, DG Environment.
- Braune, A., Kittelberger, S., Kreissig, J., 2011. Whitepaper e the Environmental Product Declaration 2.0 Concept. *PE International*, p. 8.
- BSI, 2011. Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services (PAS 2050:2011). BSI.
- Buxmann, K., Kistler, P., Rebitzer, G., 2009. Independent information modules e a powerful approach for life cycle management. *Int. J. Life Cycle Assess.* 14, S92eS100.
- Adriana Del Borghi¹ & Luca Moreschi¹ & Michela Gallo¹ Communication through ecolabels: how discrepancies between the EU PEF and EPD schemes could affect outcome consistency *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2020) 25:905–920
- Boulay AM, Pfister S, Motoshita M, Schenker U, Benini L, Gheewala SH, Brito de Figueiredo MC, Harding K (2016) Water use related impacts: water scarcity and human health effects -Part A: water scarcity. In: Frischknecht R, Joliet O (eds) *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1*:101–115.

Bach V, Lehmann A, Görmer M, Finkbeiner M (2018) Product Environmental Footprint (PEF) pilot phase—comparability over flexibility? Sustainability 10:2898

Boulay AM, Bare J, Benini L, Berger M, Lathuillière MJ, Manzardo A, Margni M, Motoshita M, Núñez M, Valerie-Pastor A, Ridoutt B, Oki T, Worbe S, Pfister S (2018) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). Int J Life Cycle Assess 23(2):368–378.

EC (2011) Joint Research Centre- Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook-recommendations for life cycle impact assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

EC (2013a) ANNEX II: product environmental footprint (PEF) guide to commission recommendation on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. In: European Commission (Ed.), Official Journal of the European Union.

EC (2013b) Guidance for the implementation of the EU product environmental footprint (PEF) during the environmental footprint (EF) pilot phase. In: European Commission (Ed.), Official Journal of the European Union.

EC (2017a) Review report of the Environmental Footprint pilot phase.

EC (2011) Joint Research Centre- Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook-recommendations for life cycle impact assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

EC (2017a) Review report of the Environmental Footprint pilot phase.

IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>

IES, 2013. General Programme Instructions for the International EPD.

IES, 2014b. CPC 8814 Oilseed Processing Service. The International EPD Ingwersen, W., Subramanian, V., 2014. Guidance for product category rule development: process, outcome, and next steps. Int. J. Life Cycle Assess. 19, 532e537.

Ingwersen, W., Subramanian, V., Schenck, R., Bushi, L., Costello, A., Draucker, L., East, C., Hensler, C., Lahd, H., Ryding, S.-O., 2012. Product category rules alignment workshop, October 4, 2011 in Chicago, IL, USA. Int. J. Life Cycle Assess. 17, 258e263.

Ingwersen, W., Subramanian, V. (Eds.), 2013. Conformity Assessment Form: Guidance for Product Category Rule Development. Product Category Rule Guidance.

Ingwersen, W.W., Stevenson, M.J., 2012. Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. J. Clean. Prod. 24, 102e108.

ISO, 2006a. Environmental Labels and Declarations e Type III Environmental Declarations e Principles and Procedures (ISO 14025:2006). International Organization for Standardization.

ISO, 2006b. Environmental Management e Life Cycle Assessment e Principles and Framework (ISO 14040:2006). International Organization for Standardization. ISO, 2006c. Environmental Management e Life Cycle Assessment e Requirements and Guidelines (ISO 14044:2006). International Organization for Standardization.

ISO, 2007. Sustainability in Building Construction e Environmental Declaration of Building Products (ISO 21930:2007). International Organization for Standardization.

ISO, 2013. Greenhouse Gases e Carbon Footprint of Products e Requirements and Guidelines for Quantification and Communication (ISO/TS 14067:2013). International Organization for Standardization.

ISO, 2014. Environmental Labels and Declarations e Type III Environmental Declarations e Product Category Rule (PCR) Development (ISO/DTS 14027:2014). International Organization for Standardization.

Cheah L, Duque Ciceri N, Olivetti E et al (2013) Manufacturing- focused emissions reductions in footwear production. *J Clean Prod* 44:18–29.

European Commission (2013) Commission Recommendation (2013/179/EU) of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations—annex II: product environmental footprint (PEF) guide. *Off J Eur Union* 54.

European Commission (2014b) Environmental Footprint Pilot Guidance document. Guidance for the implementation of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) pilot phase, v. 4.0, May 2014.

European Commission – Joint Research Centre (2011) International reference life cycle data system (ILCD) handbook—recommendations for life cycle impact assessment in the European context, 1st edn. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Finkbeiner M (2014) Product environmental footprint—breakthrough or breakdown for policy implementation of life cycle assessment? *Int J Life Cycle Assess* 19(2):266–271.

James K, Galatola M (2015) Screening and hotspot analysis: procedure to identify the hotspots and the most relevant contributions (in terms of, impact categories, life cycle stages, processes and flows). Version 4.0. European Commission.

Kowalska M, Cordella M, Wolf O et al (2013) Background report— revision of Ecolabel for the product group “footwear”. Joint Research Centre, European Commission, Brussels.

Lehmann A, Bach V, Berger M et al (2014) Applying PEF in practice— challenges related to the development of PEFCRs and benchmarks. SETAC Europe 24th Annual Meeting, 15 May 2014, Basel, Switzerland.

Lehmann A, Bach V, Finkbeiner M (2015) Product environmental footprint in policy and market decisions: applicability and impact assessment. *Integr Environ Assess Manag* 11(3):417–424.

Lo SC, Ma H, Lo SL (2005) Quantifying and reducing uncertainty in life cycle assessment using the Bayesian Monte Carlo method. *Sci Total Environ* 340:23–33.

Nissinen A, Grönroos J, Heiskanen E et al (2007) Developing benchmarks for consumer-oriented life cycle assessment-based environmental information on products, services and consumption patterns. *J Clean Prod* 15:539–549.