



MILANO
ROMA
PISA
TREVISO



VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DELLE ATTIVITÀ DELLA LAVANDERIA INDUSTRIALE MAPPANESE (LIM)

GENNAIO 2019

AMBIENTEITALIA

Sistema di gestione per la qualità
certificato da DNV

UNI EN ISO 9001:2008

CERT-12313-2003-AQ-MIL-SINCERT

Sistema di gestione ambientale
certificato da DNV

UNI EN ISO 14001:2004

CERT-98617-2011-AE-ITA-
ACCREDIA

Progettazione ed erogazione di servizi di ricerca, analisi, pianificazione e consulenza nel campo dell'ambiente e del territorio

Lavanderia Industriale Mappanese

Via Argentera, 19

10070 Mappano di Caselle (TO)

Società responsabile del documento



AMBIENTE ITALIA S.R.L.

Via Carlo Poerio 39 - 20129 Milano

tel +39.02.27744.1 / fax +39.02.27744.222

www.ambienteitalia.it

Posta elettronica certificata:

ambienteitaliasrl@pec.ambienteitalia.it

Codice progetto	AIC4 - 16P077
Versione	01
Stato del documento	definitivo
Autori	Chiara Maran, Antonio Siciliano
Approvazione	Andrea Moretto

Note:

Sommario

1	SINTESI	5
2	INTRODUZIONE	8
2.1	Presentazione dell'azienda	8
2.2	Obiettivo dello studio e motivazioni	9
2.3	Metodologia	9
3	AMBITO DELLO STUDIO	12
3.1	Unità funzionale	12
3.2	Confini del sistema	12
3.3	Assunzioni generali	14
3.4	Criteri di esclusione	15
3.5	Descrizione dei dati	15
3.6	Rappresentatività, adeguatezza e validazione dei dati	16
3.7	Regole di allocazione	17
3.8	Categorie d'impatto dell'impronta ambientale	17
4	ANALISI DELL'INVENTARIO	20
4.1	Procedimento per la raccolta dei dati specifici	20
4.2	La produzione del tessuto	20
4.2.1	<i>Fase 1: Coltivazione e approvvigionamento del cotone</i>	20
4.2.2	<i>Le fasi di produzione del tessuto (filatura, tintura, roccatura, orditura, tessitura, nobilitazione, mercerizzo, finissaggio, asciugatura, confezionamento e imballo)</i>	21
4.2.3	<i>Trasporto produttore lavanderia</i>	22
4.3	La fase d'uso	22
4.4	Fine vita del prodotto tessile	25
4.5	Processi di produzione degli ausiliari e produzione degli imballaggi	25
5	VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA	27
5.1	Categorie di impatto dell'impronta ambientale	27
5.2	Risultati della LCA	31
5.2.1	<i>Cambiamenti climatici</i>	32
5.2.2	<i>Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche</i>	32
5.2.3	<i>Acidificazione</i>	33
5.2.4	<i>Eutrofizzazione terrestre</i>	34
5.2.5	<i>Formazione di ozono fotochimico</i>	35
6	INTERPRETAZIONE DEL CICLO DI VITA	36
6.1	Identificazioni dei punti critici (<i>hot spots</i>)	36
6.2	Analisi di sensibilità	36

6.2.1	<i>Influenza della durata del tessile dovuta al numero di lavaggi</i>	37
6.2.1.1	<i>Uso di mezzi a minore impatto per la fase di ritiro e consegna del tovagliato utilizzato</i>	39
6.3	Valutazione della qualità del dato	41
6.4	Valutazione della fondatezza del modello	41
7	BIBLIOGRAFIA	45
8	ALLEGATO 1	48

1 SINTESI

Il presente rapporto, commissionato dalla Lavanderia Industriale Mappanese (LIM) ad Ambiente Italia Srl, riporta la relazione completa dello studio di Valutazione del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*, LCA) delle fasi di lavaggio, distribuzione e ritiro di biancheria piana utilizzata nel settore sanitario e turistico alberghiero, che comprende le attività di produzione dei capi, trasporto fino alla lavanderia, lavaggio e sanificazione, imballaggio, distribuzione, ritiro e fine vita del prodotto.

L'obiettivo del presente studio è quello di fornire un'indicazione dell'impatto ambientale generato nell'intero ciclo di vita dei prodotti in tessuto riutilizzabili.

La metodologia LCA consiste nella compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto (definizione tratta dallo standard internazionale UNI EN ISO 14040).

Lo studio è stato condotto in conformità alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 14040 e 14044:

- ISO 14040:06 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento;
- ISO 14044:06 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario, valutazione dell'impatto del ciclo di vita, interpretazione del ciclo di vita.

L'analisi degli impatti è stata condotta secondo la metodologia PEF per la valutazione dell'impronta ambientale di prodotto così come definita nella Raccomandazione 2013/179/UE della Commissione Europea del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti. Di fatto i risultati sono stati espressi per tutte le categorie d'impatto ambientale proposte dalla raccomandazione, integrate e/o aggiornate secondo quanto previsto dalla *PEFCR Guidance document* (vedi § 3.8 del presente studio).

La tipologia di capi oggetto del presente studio è la biancheria piana ossia il tovagliato e la biancheria da letto. L'unità funzionale considerata nello studio è **1 kg di biancheria piana 100% cotone in tinta unita utilizzato nel settore sanitario e turistico alberghiero, in grado di mantenere le caratteristiche del tessuto senza particolari segni di usura che ne impediscano l'utilizzo, a seguito di 75 cicli di lavaggio in lavanderia. L'analisi comprende anche la produzione dei tessuti in Pakistan, il trasporto fino alla sede della lavanderia, la distribuzione e il ritiro dei capi presso i diversi clienti, la produzione e la distribuzione dei principali prodotti di lavaggio, la produzione degli imballaggi, la produzione di rifiuti e le modalità di fine vita.**

I confini di sistema determinano le unità di processo da includere nello studio LCA e la tipologia di dati in "ingresso" e/o "uscita" al sistema che possono essere omessi. Nel sistema analizzato si possono classificare come processi di *foreground* quelli relativi alle attività di produzione dei capi, dal filato fino all'attività di uso e lavaggio industriale, comprese le fasi di distribuzione e ritiro presso i clienti utilizzatori. Sono invece classificabili come processi di background tutte le altre fasi di prodotto per le quali non è stato possibile reperire dati specifici (primari) in particolar modo la coltivazione del cotone e la produzione delle materie prime ausiliari connesse alla fase di produzione del tessuto.

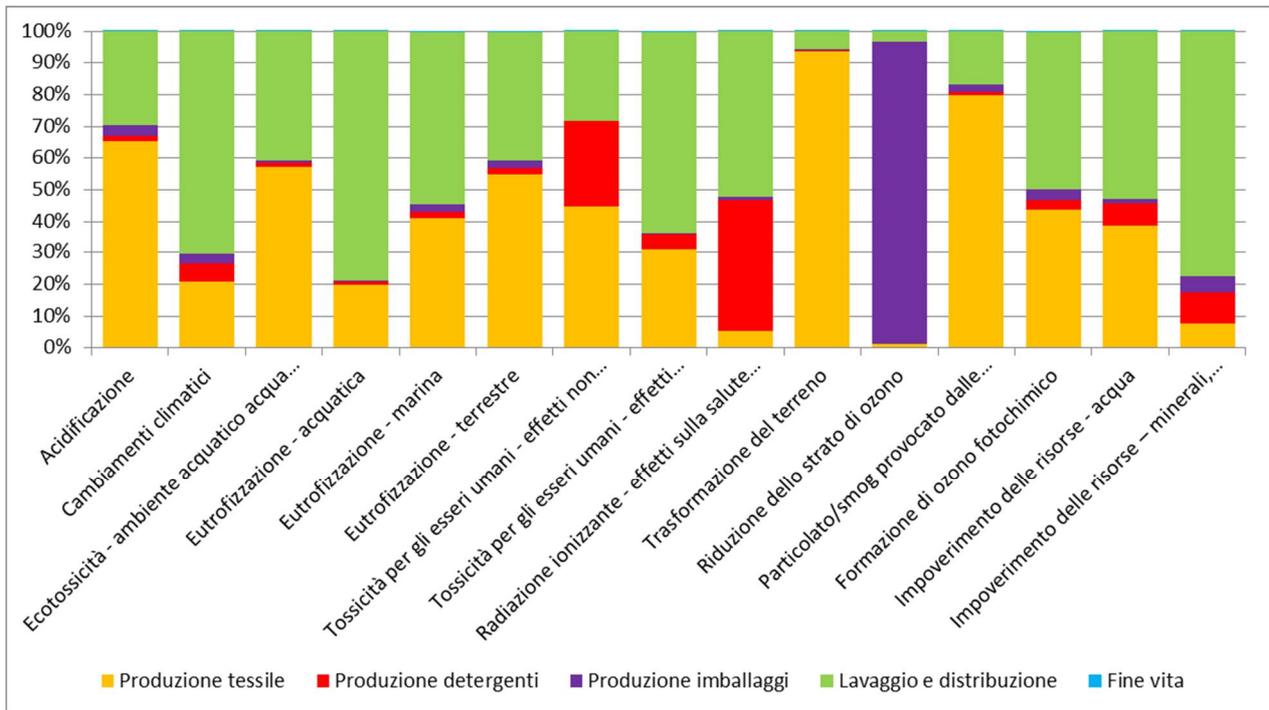
Per la realizzazione dello studio LCA sono stati usati quindi sia **dati specifici** (primari), forniti dalle aziende che hanno collaborato, che **dati generici** (secondari) provenienti da banche dati e da letteratura (specifica e non) relazionata alla categoria di prodotto di cui parliamo o ad altri sistemi equivalenti da un punto di vista tecnologico, geografico e temporale.

La raccolta dei dati specifici ha previsto il coinvolgimento dei fornitori di LIM ed è stata svolta da Ambiente Italia mediante un programma di lavoro che ha previsto la preparazione di appositi questionari (*check list*) per la raccolta dei dati, l'invio dei questionari e l'analisi della completezza delle informazioni ricevute ed eventuali integrazioni dei dati mancanti con ulteriori indagini. Infine la validazione dei dati è stata effettuata consultando altri studi pubblicati, banche dati internazionali (in particolare il database *GaBi Professional 2017*¹) e dati di letteratura (riportati nella bibliografia).

Nel presente studio si è scelto di considerare gli impatti ambientali del prodotto rispetto a tutte e sedici le **categorie d'impatto indicate dalla metodologia PEF**. Di seguito un riassunto dei risultati assoluti e un grafico con la ripartizione degli impatti per ogni singola fase del processo. Di seguito un riassunto dei risultati assoluti e un grafico con la ripartizione degli impatti per ogni singola fase del processo.

RISULTATI ASSOLUTI PER IL CICLO DI VITA DI 1 kg DI TOVAGLIATO USATO NEL SETTORE TURISTICO ALBERGHIERO E SANITARIO		
Categorie di impatto	Unità di misura	Totale
Acidificazione	mole H+ eq.	1,80E-01
Cambiamenti climatici	kg CO2 eq.	4,32E+01
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CTUe	6,98E+00
Eutrofizzazione - acquatica	kg P eq.	1,31E-03
Eutrofizzazione - marina	kg N eq.	4,37E-02
Eutrofizzazione - terrestre	mole N eq.	5,20E-01
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	1,72E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,38E-07
Radiazione ionizzante - effetti sulla salute umana	kBq U235 eq.	1,94E+00
Trasformazione del terreno	kg C deficit	1,19E+02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,29E-09
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	kg PM2.5 eq.	1,26E-02
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	9,65E-02
Impoverimento delle risorse - acqua	m ³ di acqua eq.	7,38E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, metalli	kg Sb eq.	5,25E-05

¹ Il 2017 corrisponde all'ultimo anno di aggiornamento del Database



In base ai risultati ottenuti si possono trarre le seguenti **conclusioni**:

- Utilizzare un prodotto tessile di alta qualità che permetta un maggiore riutilizzo, aumentando quindi il numero di cicli di lavaggio;
- Utilizzare mezzi di trasporto a minor impatto ambientale per le fasi di consegna e ritiro della biancheria piana lavata.

2 INTRODUZIONE

Il presente rapporto, commissionato dalla Lavanderia Industriale Mappanese (LIM) ad Ambiente Italia Srl, riporta la relazione completa dello studio di Valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) delle fasi di lavaggio, distribuzione e ritiro di biancheria piana utilizzata nel settore sanitario e turistico alberghiero, che comprende le attività di produzione dei capi, trasporto fino alla lavanderia, lavaggio e sanificazione, imballaggio, distribuzione, ritiro e fine vita del prodotto.

L'obiettivo del presente studio è quello di fornire un'indicazione dell'impatto ambientale generato nell'intero ciclo di vita dei prodotti in tessuto riutilizzabili.

La metodologia LCA consiste nella compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto (definizione tratta dallo standard internazionale UNI EN ISO 14040).

Lo studio è stato condotto in conformità alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 14040 e 14044:

- ISO 14040:06 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento;
- ISO 14044:06 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario, valutazione dell'impatto del ciclo di vita, interpretazione del ciclo di vita.

L'analisi degli impatti è stata condotta secondo la metodologia PEF per la valutazione dell'impronta ambientale di prodotto così come definita nella Raccomandazione 2013/179/UE della Commissione Europea del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti. Di fatto i risultati sono stati espressi per tutte le categorie d'impatto ambientale proposte dalla raccomandazione, integrate e/o aggiornate secondo quanto previsto dalla *PEFCR Guidance document* (vedi § 3.8 del presente studio).

2.1 Presentazione dell'azienda

L'attività di LIM consiste nel noleggio e lavaggio di biancheria per case di cura, enti ospedalieri, strutture turistiche, industrie, biancheria per grandi comunità, abiti da lavoro professionali, materassi e cuscini.

Il sito produttivo, il cui inizio dell'attività risale al 1972, si trova a Mappano di Caselle, nel territorio della Città Metropolitana di Torino. Si estende su una superficie di circa 8.200 m², la cui quota coperta è di poco superiore a 3.800 m².

Lo stabilimento è composto da tre piani fuori terra; il piano terreno è adibito allo scarico e cernita dei tessuti sporchi nonché, in area separata, allo stiro, confezionamento, deposito e spedizione di prodotti tessili puliti. Oltre ai servizi igienici ed agli spogliatoi per i dipendenti ospita la centrale termica di stabilimento. Al primo piano si trova un'area di stiro e confezionamento, di rammendo, la mensa e la sala visite mediche. Al secondo piano ci sono gli uffici, il magazzino scorte dei prodotti tessili e l'alloggio del custode.

All'interno dell'area uffici è stato adibito un apposito spazio destinato alla ricerca e all'innovazione. Il risultato più significativo raggiunto dal dipartimento è stata la realizzazione, con relativo brevetto internazionale, del sistema di lavaggio ad azione meccanica controllata che ha permesso, nel 2010, la

costruzione della prima macchina lava materassi al mondo. La particolarità del manufatto è la garanzia di un corretto lavaggio e di un efficace estrazione dell'acqua tramite forza centrifuga.

In un contesto ambientale in continua evoluzione, la LIM già da tempo ha improntato la propria politica aziendale al rispetto e all'attenzione al tema della qualità e della sostenibilità, dotandosi di un Sistema di Gestione Integrato Aziendale Certificato. Il sistema è rivolto a fornire un servizio/prodotto di qualità (EN ISO 9001:2008), garantire la massima igienizzazione dei prodotti tessili trattati (EN 14065:2004), osservare il rispetto della normativa in materia di prevenzione e protezione della sicurezza sul lavoro (OHSAS 18001:2007) e ridurre al minimo gli impatti sull'ambiente (EN ISO 14001:2004)

2.2 Obiettivo dello studio e motivazioni

L'obiettivo del presente documento è quello di fornire un'indicazione dell'impatto ambientale generato dalle attività della lavanderia nell'intero ciclo di vita (acquisizione materie prime, produzione, distribuzione, utilizzo e fine vita) dei prodotti in tessuto riutilizzabili. I risultati dello studio possono avere diverse applicazioni per:

- quantificare gli **impatti ambientali associati al prodotto medio, dettagliati per ciascuna fase** del ciclo di vita;
- individuare le **criticità ambientali** del ciclo di vita del prodotto e i conseguenti potenziali di ottimizzazione;
- comunicare **informazioni ambientali di settore chiare e trasparenti** sui prodotti e sui servizi offerti dagli associati;
- predisporre **strategie di comunicazione** ambientale (trasparenti, credibili, oggettive e confrontabili) rivolte ai vari *stakeholders* (mercato, aziende, organi amministrativi e legislativi, gruppi di interesse, ecc.);

2.3 Metodologia

Lo studio rappresenta un'applicazione della metodologia della Valutazione del Ciclo di Vita (*Life Cycle Assessment – LCA*) eseguito secondo le norme ISO 14040 e ISO 14044.

"La LCA è una metodologia che studia gli aspetti ambientali e gli impatti potenziali lungo tutta la vita di un prodotto dalla acquisizione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e l'utilizzazione, fino allo smaltimento".

Per giungere ai risultati qui riportati, è stato utilizzato uno dei software applicativi più diffusi per la valutazione del ciclo di vita di prodotto, vale a dire *GaBi*. Inoltre, si è fatto uso delle più recenti banche dati relative alla produzione dei materiali, a cicli produttivi del settore metallurgico e chimico, ai trasporti ed ai sistemi energetici, in particolare *GaBi Professional*.

Sono quattro le fasi principali che caratterizzano una LCA:

- 1) Definizione dell'obiettivo dello studio, del campo di applicazione, dei confini del sistema da analizzare e dell'unità funzionale²;
- 2) Analisi di inventario, ossia la quantificazione dei flussi di materia e di energia lungo l'arco dell'intero ciclo di vita del prodotto in esame, quindi in ingresso e in uscita;
- 3) Analisi di impatto ambientale del ciclo di vita, fase in cui i flussi di sostanze e di energia individuati durante l'inventario vengono ordinati, classificati ed aggregati con opportuni pesi in diverse categorie di impatto ambientale, anche detti indicatori aggregati di impatto³;
- 4) Interpretazione dei risultati, realizzata sulla base delle assunzioni metodologiche adottate; in questa fase si valutano i risultati dell'inventario e dell'analisi di impatto ambientale, anche mediante opportune considerazioni ed analisi aggiuntive.

Prima di intraprendere lo studio LCA è stata fatta un'analisi delle **Product Category Rules (PCR)** esistenti in materia: le PCR definiscono le regole e i requisiti per l'elaborazione di una LCA di una certa categoria di prodotto con lo scopo di permettere il confronto tra dichiarazioni di prodotti analoghi (*Environmental Product Declaration*, EPD). Le PCR sono una parte fondamentale della norma internazionale ISO 14025⁴, che consentono la trasparenza e la comparabilità fra diverse LCA, in particolare tra EPD. In particolare non esistono PCR specifiche per il prodotto nei principali sistemi EPD operanti nel mondo, ed in particolare del più diffuso (Sistema EPD® International). Esiste, invece, una *Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCR)⁵, conforme alla metodologia PEF della Commissione Europea, elaborata all'interno del progetto Life+ PREFER⁶ da CentroCot, in collaborazione con Ambiente Italia Srl in qualità di assistenza tecnica, che è specifica per il tovagliato, e per questo è stata presa in considerazione per lo sviluppo del presente studio, così come la PEFCR sviluppata all'interno della fase pilota dello schema PEF relativa alla t-shirt⁷.

Altre PCR disponibili, consultate ma non utilizzate per le difficoltà di confronto con il prodotto analizzato nel presente studio:

- una PCR sviluppata dal governo francese (ADEME-AFNOR) per le t-shirt⁸;

² La norma UNI EN ISO 14040:2006 definisce l'unità funzionale quale la "Prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento in uno studio di valutazione del ciclo di vita". La definizione di "prodotto" è qualsiasi bene o servizio (come ad esempio la prestazione creazione di un ambiente per il cliente nel settore alberghiero e della ristorazione).

³ In questa fase sono stati analizzati sia i risultati assoluti ottenuti direttamente dalla caratterizzazione, che quelli normalizzati, cioè quelli moltiplicati per i fattori di normalizzazione che rappresentano l'inventario generale di un'unità di riferimento che esprimono le quote relative degli impatti. Nel presente studio non è stata eseguita la ponderazione dei risultati, ritenuta facoltativa nella metodologia PEF.

⁴ La norma internazionale UNI EN ISO 14025:2010 stabilisce i principi e specifica le procedure per la realizzazione di etichette ecologiche basate su parametri stabiliti, che contengono una quantificazione degli impatti ambientali dovuti all'intero ciclo di vita del prodotto, calcolati mediante un metodo di Life Cycle Assessment. Le dichiarazioni ambientali di prodotto vengono verificate e convalidate da un organismo di controllo accreditato indipendente.

⁵ Le PEFCR sono regole di categoria relative all'impronta ambientale dei prodotti del sistema PEF europeo, che riguardano un prodotto particolare e sono basate sul ciclo di vita integrando gli orientamenti metodologici generali per gli studi LCA, fornendo un'ulteriore specifica a livello di una categoria di prodotto. Date regole possono contribuire a spostare l'attenzione dallo studio sulla PEF verso aspetti e parametri più rilevanti, favorendo una maggiore pertinenza, riproducibilità e coerenza.

⁶ Progetto PREFER (Product Environmental Footprint Enhanced by Regions) finanziato dal programma Life+ della Commissione Europea. Ulteriori informazioni nel sito <http://www.lifeprefer.it>.

⁷ Technical secretariat of the PEFCR pilot on T-shirts (v.5 July 2016): Final draft of the T-shirts PEFCR in the context of the EU Product Environmental Footprint Category Rules Pilots.

⁸ ADEME-AFNOR, 2013, BP X30-323-X (2009): General principles for an environmental communication on mass market products Part 23: Methodology for the environmental impacts assessment of clothing.



- due PCR sviluppate da *The Institute for Environmental Research and Education's* (IERÈS) all'interno del programma *Earthsure* finanziato da *Sustainable Apparel Coalition* (SAC)⁹, una per Style t-shirts e l'altra per Performance t-shirts;
- PCR di prodotti tessili del programma International EPD® System, in particolare:
 - o PCR 2013:12 "*Textile yarn and thread*";
 - o PCR 2012:14 "*Woven, knitted or crocheted fabrics*"
 - o PCR 2013:22 "*Cleaning cloths*"

In particolare è risultato molto utile l'utilizzo del manuale specializzato per la realizzazione di studi LCA di prodotti tessili e di abbigliamento "*Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing*"¹⁰.

⁹ Sustainable Apparel Coalition, 2013: PCR for Style T-shirts and PCR for Performance T-shirts.

¹⁰ Muthu, S.S., 2015. "Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing, 1st ed., Woodhead publishing e The Textile Institute.

3 AMBITO DELLO STUDIO

Nei seguenti paragrafi sarà descritto l'ambito dello studio che individua il sistema analizzato nel dettaglio e definisce, nel particolare, l'unità funzionale di riferimento, il campo di applicazione, i confini del sistema e i metodi di valutazione utilizzati.

3.1 Unità funzionale

Nel settore turistico alberghiero e sanitario vengono utilizzati numerose tipologie di tessuti, dai più comuni come il tovagliato (tovaglie, tovaglioli, coprimacchia, tovagliette americane, runner¹¹, ecc.), la biancheria da letto (lenzuola, federe, copriletto, ecc.) e biancheria da bagno (asciugamani, tappetini, ecc.) ad altre più particolari come materassi, guanciali, tappeti, e molti altri.

L'unità funzionale fornisce il riferimento al quale i dati in ingresso e in uscita al sistema considerato sono riferiti. Come tipologia di prodotto è stato scelto quello che rappresenta meglio l'attività della lavanderia: la biancheria piana per il settore turistico alberghiero e sanitario.

L'unità funzionale considerata nello studio in oggetto è:

1 kg di BIANCHERIA PIANA 100% COTONE TINTO IN FILO

Funzione fornita: coprire una superficie.

Portata della funzione: 1 kg di biancheria piana 100% in cotone tinta unita

Livello di qualità previsto: uso nel settore turistico alberghiero e sanitario mantenendo le caratteristiche del tessuto senza particolari segni di usura che impediscano l'utilizzo.

Vita del prodotto: 75 cicli di lavaggio in lavanderia industriale¹²

Questo tipo di biancheria piana, tinta unita 100% in cotone, è quella che viene usata più frequentemente nel settore turistico alberghiero e sanitario italiano per il quale la tintura avviene principalmente sul filato, non essendoci particolari esigenze di colori o finiture da parte dei clienti.

3.2 Confini del sistema

I confini di sistema determinano le unità di processo da includere nello studio LCA e quale tipologia di dati in "ingresso" e/o "uscita" al sistema possono essere omessi. Nel sistema analizzato si possono classificare come processi di *foreground*¹³ (definiti dalla guida PEF come i processi per i quali è possibile accedere direttamente alle informazioni) quelli relativi alle attività di produzione della biancheria piana, dal filato fino all'attività di uso e lavaggio industriale. Sono invece classificabili come processi di *background* tutte le altre fasi di prodotto per le quali non è stato possibile reperire dati specifici, fra queste possiamo elencare la coltivazione del cotone, la filatura, la produzione delle materie prime ausiliari e imballaggio ed il fine vita.

¹¹ Striscia ornamentale per un tavolo che può essere usata anche come tovaglia.

¹² La scelta di utilizzare un numero di cicli di lavaggio pari a 75 deriva da uno studio condotto da Ambiente Italia per conto di Assosistema in merito all'impatto generato mediamente dai cicli di lavaggio industriale (RAPPORTO DI LCA: VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO TESSILE DEL SETTORE TURISTICO/ALBERGHIERO). Alle lavanderie industriali che hanno preso parte al progetto è stato chiesto di indicare il numero di cicli che normalmente un tovagliato in cotone riesce a sostenere senza perdere le sue caratteristiche. Secondo tale riscontro, la fase d'uso di un singolo prodotto tessile è stata considerata pari a 75 cicli di lavaggio prima di essere smaltito, come risultato di una stima in base ai dati forniti (oscillavano da un minimo di 20 ad un massimo di 100)..

¹³ Processi di primo piano, centrali nel ciclo di vita del prodotto, per i quali è disponibile l'accesso diretto alle informazioni.

Nella figura successiva sono riportate tutte le fasi incluse nei **confini del sistema**, in particolare sono riportate in verde le fasi di *foreground*, mentre i processi di *background* sono evidenziati in giallo. La struttura del ciclo è stata definita in base alle informazioni fornite dalle diverse aziende che hanno partecipato nel progetto.

Il **ciclo di vita** della biancheria piana comprende le fasi di:

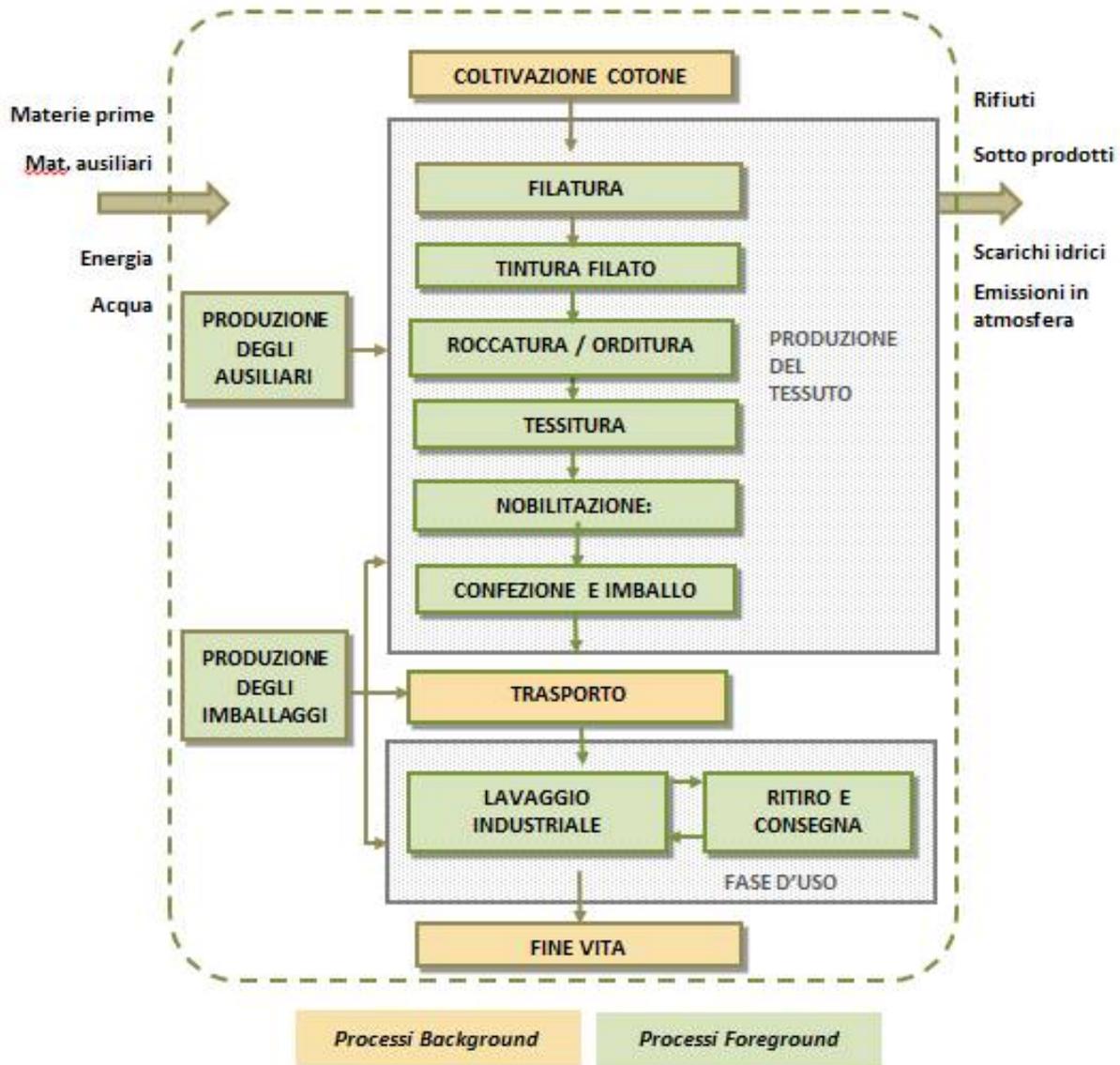
- coltivazione del cotone ed approvvigionamento;
- produzione del tessuto (filatura del cotone, tintura del filato, roccatura/orditura, tessitura, nobilitazione del tessuto, candeggio, mercerizzo e finissaggio-asciugatura);
- confezione della biancheria e imballo;
- trasporto per la distribuzione del prodotto (dal produttore alla lavanderia industriale);
- ritiro e consegna che comprende l'uso della biancheria e i trasporti da/verso la lavanderia;
- lavaggio presso lavanderie industriali (compreso di asciugatura, stiratura e imballaggio);
- fine vita (gestione della biancheria non più utilizzabile in quanto tale).

Sono inclusi tutti i trasporti richiesti dal ciclo produttivo, la produzione degli ausiliari e degli imballaggi e sono stati conteggiati i flussi di rifiuti prodotti nell'intero ciclo di vita.

Per ciascuna fase (unità di processo) sono stati valutati i seguenti flussi in entrata o in uscita dal sistema:

- consumi di energia (elettrica, combustibile, ecc.);
- consumi di acqua;
- consumi di prodotti chimici e materie prime ausiliari (in generale ausiliari);
- consumi di *packaging* (imballaggi);
- produzione di rifiuti;
- emissioni in aria, acqua e suolo;
- uso del suolo (ove pertinente).

Figura 1: Confini del sistema



3.3 Assunzioni generali

Le assunzioni generali hanno riguardato:

- La definizione di un'unica tipologia di prodotto che rappresentasse bene la biancheria piana utilizzata nel settore turistico-alberghiero e sanitario e lavata nelle lavanderie industriali; la scelta è stata quella di considerare il processo produttivo del tessuto piano e il totale di tessuto lavato come se fosse solo composto da biancheria piana in cotone (tovagliato e biancheria da letto, da bagno, ecc.).
- La definizione delle caratteristiche della biancheria nell'unità funzionale in base al dato della biancheria media acquistata e usata dalla lavanderia che ha fornito i dati dettagliati sulla tipologia di tessuto e le sue caratteristiche.

- La modellizzazione di ogni singola fase in base esclusivamente ai dati forniti dalle imprese fornitrici di LIM coinvolte nel progetto attraverso la scelta della tecnologia specifica usata in ogni fase (i combustibili utilizzati e l'energia consumata, la tipologia di imballaggio utilizzato, ecc.).
- Nel caso di assenza di dati puntuali sono stati usati valori medi desunti da dati di letteratura.
- In caso di mancanza di informazioni circa la tipologia di trasporto, si è considerato l'utilizzo di mezzi Euro 3 (scenario peggiore). L'assunzione è sostenuta dai risultati dell'analisi di sensibilità effettuata al riguardo (vedi § 6.2.5).

Altre assunzioni specifiche sono descritte in dettaglio nel capitolo 4.

3.4 Criteri di esclusione

I criteri di esclusione (*cut-off*) consentono di escludere, dallo studio del calcolo delle categorie di impatto, alcuni flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita al sistema considerato.

Per il presente studio sono state escluse le componenti che contribuiscono con meno dell'1% per ogni indicatore delle categorie di impatto PEF. In particolare i processi che sono stati esclusi dall'analisi, in base a puntuali analisi di sensibilità, sono i seguenti:

- ✓ la costruzione degli stabilimenti aziendali e dei macchinari per la produzione dei prodotti tessili e per il lavaggio industriale;
- ✓ i prodotti per la manutenzione degli impianti.
- ✓ Il trasporto del cotone presso gli stabilimenti di produzione dei tessuti
- ✓ Il trasporto delle materie prime presso gli stabilimenti di produzione dei prodotti chimici.

3.5 Descrizione dei dati

La tipologia di dati che sono stati utilizzati nello studio LCA per il calcolo degli indicatori PEF è rappresentata da:

- ✓ dati specifici (primari), direttamente misurati o raccolti presso siti aziendali, rappresentativi delle attività svolte;
- ✓ dati generici (secondari): dati non direttamente raccolti, misurati o valutati, ma provenienti da banche dati di inventari sul ciclo di vita (commerciali e non) o da letteratura (specifica e non) relazionata a quella particolare categoria di prodotto o ad altri sistemi equivalenti da un punto di vista tecnologico, geografico e temporale. Per questa tipologia di dati Ambiente Italia ha garantito l'accesso a banche dati estremamente aggiornate, come il database *GaBi Professional*, per assicurare la conformità ai requisiti sulla qualità dei dati della guida PEF.

Inoltre, i dati relativi ad alcune distanze di trasporto sono stati calcolati con i calcolatori on-line *Google Maps* e *Sea-Distances* rispettivamente per il calcolo delle distanze di trasporto via terra e via mare.

Nel presente studio l'utilizzo di dati specifici è stato prioritario, per questo motivo è stata condotta una puntuale raccolta dati che ha permesso di approfondire le fasi del ciclo di vita particolarmente impattanti e individuare quelle non coperte da banche dati specifiche. Nella maggior parte dei casi il dato utilizzato per il calcolo della LCA è un dato medio di tutti i dati raccolti per le diverse fonti e anni disponibili; nei casi puntuali in cui questo non è stato possibile è stata riportata una giustificazione.

3.6 Rappresentatività, adeguatezza e validazione dei dati

La validazione dei dati specifici forniti dalla lavanderia e dalle altre aziende coinvolte nello studio è stata effettuata consultando altri studi di LCA e altri studi pubblicati, le banche dati internazionali (in particolare *GaBi Professional*) e dati di letteratura (riportati nella bibliografia). Per quanto riguarda i dati generici è stata fatta un'analisi di come sono stati costruiti e le coperture temporali e geografiche per assicurare la rappresentatività per il nostro studio. Inoltre, è stata fatta una ricerca bibliografica dove sono stati raccolti e analizzati numerose pubblicazioni specialistiche per validare tutti i dati d'inventario e i risultati dell'analisi d'impatto (vedi i riferimenti nel capitolo 7).

In più sono state fatte alcune analisi di sensibilità con lo scopo, da una parte, di mettere in luce l'entità della dipendenza tra i parametri variabili e il sistema oggetto dello studio e, dall'altra, per identificare azioni di miglioramento. Le analisi di sensibilità realizzate sono:

- I. Influenza della durata del tessile dovuta al numero di lavaggi sul ciclo di vita del prodotto.
- II. Uso di mezzi con migliori prestazioni (Euro6) per la fase di ritiro e consegna del tovagliato utilizzato.

Di seguito si riporta una tabella dove sono riepilogate tutte le fasi del ciclo di vita, i processi, la tipologia di dati utilizzati (specifici o generici), la fonte da dove sono stati raccolti, la copertura temporale e geografica. Le informazioni riportate per le diverse fasi sono state differenziate in processi di *foreground* e di *background*.

Tabella 1: Fonti dei dati per fase del ciclo di vita

Fasi	Processo specifico	Categoria di dati	Fonte	Copertura temporale	Copertura geografica
BACKGROUND					
Coltivazione del cotone e filatura	Coltivazione	Dati generici selezionati	DB Gabi Professional,	2010-2014	India, Cina, Stati Uniti, Australia
	Trasporti	Dati generici selezionati	DB Gabi Professional	2017	Mondo
	Filatura	Dati generici selezionati	DB Gabi Professional,	2010-2014	India, Cina, Stati Uniti, Australia
FOREGROUND					
Lavorazione cotone	Tintura filato/Roccatura/orditura	Dati specifici e generici selezionati	Aziende coinvolte, A. Essak & Sons (Home Textiles), Samira Fabrics Private Limited	2015-2016	India
Produzione biancheria	Tessitura e nobilitazione	Dati specifici	Aziende coinvolte, A. Essak & Sons (Home Textiles), Samira Fabrics Private Limited	2015-2016	India
	Confezione e imballo	Dati specifici	Aziende coinvolte, A. Essak & Sons (Home Textiles), Samira Fabrics Private Limited	2015-2016	India
Fase d'uso	Lavaggio industriale	Dati specifici	LIM, Aziende coinvolte nella produzione dei detersivi e prodotti per il lavaggio	2016-2017	Italia
	Ritiro e consegna	Dati specifici	LIM	2016-2017	Italia
Produzione ausiliari	Detersivi	Dati specifici e generici selezionati	DB Gabi Professional e Aziende coinvolte	2017	Mondo, Italia
	Imballaggi	Dati specifici e generici selezionati	DB Gabi Professional e Aziende coinvolte: Sevenplast Srl, Cervino Srl	2017	Mondo, Italia
BACKGROUND					
Fine vita	Processi di riciclo e smaltimento	Dati specifici e generici selezionati	DB Gabi Professional	2017	Mondo, Italia
Diverse	Trasporti	Dati generici selezionati	DB Gabi Professional	2017	Mondo

3.7 Regole di allocazione

L'allocazione è una metodologia di calcolo che permette una "ripartizione nel sistema di prodotto allo studio dei flussi in entrata e in uscita di una unità di processo". Tale metodologia si rende necessaria quando il processo in esame prevede la produzione di co-prodotti, al fine di imputare il giusto carico ambientale al prodotto in esame.

Per quanto riguarda i dati specifici e alcuni dati generici (non da banca dati), la regola di allocazione per il calcolo degli input e degli output è stata eseguita in funzione della massa (su base annua). Invece per quanto riguarda gli altri dati generici (da banche dati), si sono mantenute le allocazioni presenti.

3.8 Categorie d'impatto dell'impronta ambientale

Per *categoria d'impatto* si definisce la classe che rappresenta i problemi ambientali d'interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. Si definisce invece *l'indicatore della categoria d'impatto* la rappresentazione quantificabile delle categorie d'impatto. Nel presente studio si è scelto di considerare gli impatti ambientali del prodotto rispetto a tutte le categorie d'impatto indicate dalla *PEFCR Guidance*, di seguito riportati in tabella assieme ad una breve descrizione.

Tabella 2: Breve descrizione delle categorie d'impatto considerate nello studio

Categoria di impatto	Indicatore	Modello	Descrizione
Cambiamenti climatici (effetto serra)	kg CO ₂ eq	IPCC 2013: GWP 100, potenziali di riscaldamento globale in 100 anni	Capacità di un gas a effetto serra di influenzare i cambiamenti della temperatura media globale dell'aria a livello del suolo e alle successive variazioni di diversi parametri climatici e dei loro effetti (espresso in unità di CO ₂ -equivalenti e in uno specifico arco temporale: 100 anni).
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq	Modello EDIP basato sui potenziali di riduzione dello strato di ozono dell'Organiz. Meteorologica Mondiale	Degradazione dell'ozono stratosferico dovuta alle emissioni di sostanze lesive dell'ozono, quali gas contenenti cloro e bromo di lunga durata (per esempio CFC, HCFC, halon).
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Modello USEtox	Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze cancerogene.
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Modello USEtox	Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze non cancerogene non causate da particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche o da radiazioni ionizzanti.
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze	kg PM _{2.5} eq	Metodo raccomandato dal Programma	Effetti avversi sulla salute umana causati dalle emissioni di particolato (PM) e dai suoi precursori (NO _x , SO _x , NH ₃).

Categoria di impatto	Indicatore	Modello	Descrizione
inorganiche		delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP 2016)	
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg U ²³⁵ eq	Modello di effetti sulla salute umana	Effetti negativi sulla salute umana causati da emissioni radioattive.
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq	Modello LOTOS-EUROS	Formazione di ozono al livello del suolo della troposfera causata da ossidazione fotochimica di composti organici volatili (VOC) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NOx) e luce solare. Alte concentrazioni di ozono troposferico a livello del suolo sono dannose per la vegetazione, le vie respiratorie dell'uomo e i materiali artificiali attraverso la reazione con materiali organici.
Acidificazione	moli H+ eq	Modello di superamento accumulato	Ripercussioni delle sostanze acidificanti sull'ambiente. Le emissioni di NOx, SOx e NH ₃ comportano il rilascio di ioni idrogeno quando i gas sono mineralizzati. I protoni favoriscono l'acidificazione dei suoli e delle acque, se rilasciati in superfici dove la capacità tampone è bassa, con conseguente deterioramento delle foreste e acidificazione dei laghi.
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq	Modello di superamento accumulato	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di vegetazione. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso.
Eutrofizzazione – acquatica	kg P eq	Modello EUTREND	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione nelle acque. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso e, in alcuni casi, moria ittica in corsi d'acqua dolce.
Eutrofizzazione – marina	kg N eq	Modello EUTREND	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione nelle acque. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso e, in alcuni casi, moria ittica nel mare.
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	Modello USEtox	Impatti tossici su un ecosistema, che danneggiano le singole specie e modificano la struttura e la funzione dell'ecosistema.
Trasformazione del terreno	kg C deficit	Modello della materia organica contenuta nel suolo	Utilizzo e trasformazione del territorio con attività quali agricoltura, costruzione di strade, case, miniere, ecc. L'occupazione del suolo considera gli effetti della destinazione del suolo, la superficie del territorio interessato e la durata della sua occupazione (variazioni della qualità moltiplicate per superficie e durata). La trasformazione del suolo considera l'entità delle variazioni delle proprietà del suolo e la superficie interessata (variazioni della qualità moltiplicate per la

Categoria di impatto	Indicatore	Modello	Descrizione
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ acqua eq	Metodo A.WA.RE. (Available WAter REmaining) raccomandato dall'UNEP (2016)	Indicatore dell'uso dell'acqua, che valuta il potenziale di privazione dell'acqua, sia per gli esseri umani che per gli ecosistemi. L'acqua che resta disponibile per area si riferisce al quantitativo di acqua che resta dopo che il consumo da parte dell'uomo e la domanda ambientale di acqua sono state sottratte alla disponibilità naturale del bacino idrico.
Impoverimento delle risorse – minerali, metalli	kg Sb eq	Modello CML 2002	Impoverimento delle risorse abiotiche (minerali, metalli) espresse come kg di antimonio equivalente, uno degli elementi più comuni in queste risorse. L'indicatore caratterizza l'esaurimento delle risorse abiotiche sulla base di tassi di estrazione e delle riserve rimanenti.

4 ANALISI DELL'INVENTARIO

L'inventario del ciclo di vita del prodotto consiste nella quantificazione dei flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita dal sistema analizzato.

Nella maggior parte dei casi il dato utilizzato per il calcolo della LCA è un dato medio di tutti i dati raccolti per le diverse fonti e anni disponibili; nei casi puntuali in cui questo non è stato possibile, si riporta una spiegazione e descrizione del valore assunto.

4.1 Procedimento per la raccolta dei dati specifici

La raccolta dei dati specifici del settore è iniziata dalla ricostruzione della filiera di produzione dei tessuti (di seguito produttori) e dei servizi forniti dalla lavanderia. La raccolta dati è stata condotta da Ambiente Italia mediante un programma di lavoro che ha previsto:

- la preparazione di appositi questionari (*check list* per la raccolta dei dati);
- l'invio dei questionari alle aziende segnalate da LIM;
- sopralluogo dettagliato presso lo stabilimento produttivo;
- analisi delle informazioni ricevute (*check list* compilate) ed eventuali integrazioni dei dati mancanti con ulteriori indagini condotte telefonicamente.

Nella tabella successiva si presenta il campione completo delle aziende che hanno partecipato alla raccolta dei dati; tutte hanno fornito dati, più o meno dettagliati, anche se non tutti sono stati utilizzati per la modellizzazione, tralasciando così i dati di più bassa qualità e meno rappresentativi, a seguito di un'attività di confronto dei valori di diverse aziende e di validazione di questi con altri dati, anche da letteratura.

Tabella 3: Campione di aziende che hanno partecipato nella raccolta dei dati e utilizzo dei dati nell'analisi del ciclo di vita

Nome azienda	Tipologia azienda
Samira Fabrics Private Limited	Produzione tessile
A. Essak & Sons (Home Textiles)	Produzione tessile
SevenPlast	Produzione imballaggi
Cervino Srl	Produzione imballaggi
Ecolab Srl	Produzione prodotti detergenti
LIM	Lavanderia industriale

4.2 La produzione del tessuto

4.2.1 Fase 1: Coltivazione e approvvigionamento del cotone

Per la fase di approvvigionamento della materia prima sono state utilizzate le informazioni del processo contenuto nel data base *Gabi Professional* relativo a tutte le fasi di produzione della fibra, dalla coltivazione della pianta fino ai processi di raccolta. Il modello include i carichi di tutti i materiali di input rilevanti per il processo di coltivazione stesso (fertilizzanti, pesticidi, semi inclusa la loro produzione e trasporto e quelli relativi ai combustibili consumati in campo (ad esempio apparecchiature), comprese le emissioni dirette da

combustione. Il modello include l'irrigazione (esclusa la produzione di attrezzature) ed esclude le infrastrutture agricole e gli edifici agricoli.

I dati si riferiscono alla coltivazione e raccolta del cotone nei Paesi che a livello mondiale sono i principali produttori, essenzialmente la Cina, l'India, Australia e gli Stati Uniti. I dati utilizzati sui quantitativi di produzione sono riferiti al periodo 2010-2014 e sono stati modellizzati considerando solo questi grossi produttori per i quali si trovano dati completi di base nei database *GaBi Professional*. L'output della presente fase corrisponde a 1 kg di cotone grezzo raccolto (output).

Si è supposto che il cotone sia trasportato con un imballaggio in film LDPE del peso di 500 gr per ogni 500 kg di materiale, che viene smaltito in fase di filatura. Tale assunzione è conforme a quanto dichiarato dall'azienda produttrice rispetto ai quantitativi di rifiuti non pericolosi smaltiti.

4.2.2 *Le fasi di produzione del tessuto (filatura, tintura, roccatura, orditura, tessitura, nobilitazione, mercerizzo, finissaggio, asciugatura, confezionamento e imballo)*

La **filatura** è l'insieme delle operazioni che permettono di disporre una massa di fibre tessili (fiocco di cotone) inizialmente disordinata, in un'unità di grande lunghezza (filato) e quindi è di fatto la trasformazione delle fibre tessili in filati. Questa fase comprende alcuni processi tra cui la pulitura del fiocco, la cardatura e la filatura.

La **tintura** è una delle fasi fondamentali per un produttore di tessuti tinti in filo, come la biancheria piana oggetto dello studio. La tintura è il processo di lavorazione per la trasformazione del filato greggio in filato colorato, mediante l'utilizzo di sostanze coloranti.

La **roccatura** è l'operazione che ha lo scopo di riunire in una sola rocca il filato svolto successivamente da più bobine provenienti dalla filatura e comprende generalmente anche l'operazione di sribbiatura per l'eliminazione dei più grossolani difetti di filatura.

L'**orditura** consiste nel disporre l'uno vicino all'altro, svolgendoli dai rispettivi rocchetti, tutti i fili necessari per formare l'ordito di un tessuto nella larghezza voluta, e nell'avvolgerli sul subbio destinato al telaio.

La fase di **tessitura** comprende tutte le attività necessarie per costruire un tessuto con l'intreccio dei fili.

L'attività di **mercerizzo** consiste nel trattamento tipico dei tessuti (e filati) di cotone in una soluzione di soda caustica. L'operazione determina un accorciamento e un rigonfiamento della fibra che così diventa traslucida e ne aumenta la resistenza.

L'attività di **finissaggio** (o apprettatura, meccanica e chimica) e **asciugatura** comprendono una serie di operazioni che preparano il materiale tessile all'impiego voluto apportando miglioramenti qualitativi e modifiche superficiali per renderne migliore l'aspetto.

La fase di **confezionamento** consiste nel taglio del tessuto e nella sua orlatura con le macchine da cucire. Successivamente il prodotto finito viene **imballato**, in particolare viene prima piegato con la piega-capi automatica, posto in sacchetti di plastica microforata, etichettato, inserito in scatole di cartone, successivamente poste su pallet in legno.

L'output della presente fase corrisponde a 1 kg di biancheria piana confezionata (output) ottenuto a partire da 1 kg di tessuto in entrata (input).

Per tutte le fasi sopra descritte sono stati utilizzati i dati forniti da A. Essak & Sons (Home Textiles) e Samira Fabrics Private Limited, due aziende ubicate in Pakistan con sede rispettivamente a Faisalabad e Karachi. Il primo produttore fornisce circa il 25% dei tessuti acquistati da LIM, principalmente spugna. Il secondo produttore fornisce il 75% dei tessuti di tovagliato e biancheria da letto.

Nella tabella seguente sono riportati i dati specifici per input e output della fase considerata.

Tabella 4: Fase di produzione del tessuto (dati riferiti a 1 kg di tessuto in uscita)

Produzione tessuto			
Input	U.M.	2016	Valore usato nel modello
Cotone grezzo	kg	3.864.173	0,146
Consumi gasolio	MJ	3.096.757	0,117
Consumi carbone	MJ	296.784.485	11,199
Consumi legna	MJ	4.072.376	0,154
Consumi GPL	MJ	1.295.012	0,049
Consumi en. elettrica	kWh	3.429.990	0,129
Perossido di idrogeno	kg	288.561	0,011
Soda caustica liquida	kg	254.713	0,010
Amido di Coratex	kg	216.050	0,008
Consumi acqua	kg	637.320.000	24,050
Output			
Tessuto	kg	5.697.500	1
Rifiuti non pericolosi	kg	400.000	0,015
Rifiuti pericolosi	kg	45.000	0,002

4.2.3 Trasporto produttore lavanderia

Per quanto riguarda la spedizione per la distribuzione del prodotto, si è presa come riferimento la distanza media che separa le aziende produttrici che forniscono la biancheria dalla lavanderia industriale, usando un camion di capacità di 7,5-16 t (percorso indiano), un trasporto marittimo e infine ancora un camion di capacità di 7,5-16 t. Per quanto riguarda le distanze si è assunto che il trasporto del prodotto finito avvenga su un percorso complessivo di circa 300 km in Pakistan (calcolato come media pesata sui quantitativi acquistati dai due produttori), un fase di navigazione di 4.278 miglia nautiche (poco meno di 8.000 km) e il trasporto su camion dal porto di Genova alla sede di LIM (circa 200 km).

4.3 La fase d'uso

La fase d'uso prevede l'effettivo **utilizzo** del prodotto tessile nel settore turistico alberghiero, il **trasporto** successivo nella lavanderia industriale (servizio di ritiro e consegna) e il **lavaggio**. All'interno della

lavanderia avvengono le attività di cernita e smistamento del tessuto sporco, il lavaggio, l'asciugatura, la stiratura e piegatura ed una fase d'imballaggio finale del tessuto da inviare al cliente.

LIM offre un servizio di lava-nolo che consiste nel noleggio di capi pronti all'uso ed in corretta quantità, che permette di avere sempre a disposizione la quantità sufficiente di capi, anche in casi di intensificazione del flusso dei clienti.

L'unità funzionale usata in questo caso è pari a 1 kg di tessuto lavato.

Per i trasporti dovuti al **ritiro e consegna dal cliente** alla lavanderia è stata utilizzata la distanza media tra le lavanderie e i propri clienti (calcolo effettuato in relazione alla quantità trasportata). Il trasporto avviene normalmente tramite camion di capacità pari a 3,5-7,5 ton (è stata ipotizzata una categoria Euro 4, a differenza della Euro 3 utilizzata per le altre tipologie di trasporto, poiché rappresenta la categoria media tra i mezzi a disposizione di LIM) per un tragitto totale pari a 50 km, senza consegne intermedie; tale distanza è stata moltiplicata per due per considerare sia il ritiro che la consegna. Il prodotto è trasportato con gabbie in acciaio di proprietà della lavanderia industriale. L'imballaggio è rappresentato da un film plastico che avvolge un certo numero di prodotti in funzione delle richieste del cliente.

Per quanto riguarda la fase di **lavaggio**, gli additivi al processo sono stati suddivisi in base alla loro funzione nelle seguenti categorie: detergente, candeggiante, disinfettante, acido acetico e ammorbidente. Per gli ausiliari sono stati considerati i trasporti con dati di distanza media dai diversi fornitori ipotizzando l'uso di camion di capacità pari a 7,5-16 t.

Si sono considerati, per la fase d'uso di un singolo prodotto tessile, 75 cicli di lavaggio prima di essere smaltito.

La quantità di acqua evaporata è stata calcolata come differenza tra acqua prelavata e acqua scaricata dalla lavanderia.

I **rifiuti** generati da questa fase, sono principalmente imballaggi misti dei prodotti usati per il lavaggio, che vengono avviati a recupero e i fanghi derivanti dal processo di depurazione delle acque avviati a trattamento.

La biancheria non più idonea ad essere utilizzata dai clienti viene gestita dalle lavanderie come sottoprodotto e quindi è avviato a riutilizzo come stracci presso altre attività. L'impatto è pertanto rappresentato solamente dal trasporto del prodotto tessile dalla lavanderia fino al successivo utilizzatore. Tale distanza è stata supposta complessivamente pari a 400 km percorsa con un camion di capacità pari a 3,5-7,5 t.

Nella tabella seguente sono riportati i dati specifici per input e output della fase considerata.

Tabella 4: Fase di lavaggio del tessuto, dati di input e output

Lavaggio industriale	U.M.	LIM
Input		
Tessuti totali trattati (totale)	kg	9.011.518,00
Prodotti ausiliari		
Detergenti	kg	89.760,00

Candeggianti	kg	176.100,00
Perossido di idrogeno	kg	84.630,00
Acido acetico	kg	39.040,00
Ammorbidenti	kg	28.150,00
Additivi alcalini	kg	5.950,00
Acido ossalico	kg	320,00
Fabbisogno energetici		
Gas metano	m ³	1.094.030,00
En. elettrica da rete	kWh	1.465.862,00
En. elettrica autoprodotta	kWh	105.725,00
Totale energia elettrica	MJ	1.571.587,00
Fabbisogno idrico		
Acque di falda-da pozzo	m ³	82.100,00
Acque da acquedotto	m ³	1.028,00
Materiali per imballaggio		
Sacchi plastica	kg	0,01
Trasporto ausiliari - Km in ingresso		
Prodotti per il lavaggio	km	200,00
Sacchi plastica	km	100,00
Ritiro-consegna tovagliato clienti	km	100,00
Output		
Emissioni in aria		
Vapore acqueo	m ³	2.643,38
Emissioni in acqua		
Quantità acqua scaricata	m ³	82.425,35
Solidi Sospesi Totali	mg/l	60,73
BOD5	mg/l	37,00
COD	mg/l	220,00
Ferro	mg/l	0,24
Boro	mg/l	0,46
Tensioattivi Totali	mg/l	5,41
Sotto-prodotti		
Stracci venduti come sotto-prodotto	kg	120.153,57
Trasporto medio (per riutilizzo)	km	400,00
Rifiuti		
Rifiuti a trattamento	kg	27.746,82
Rifiuti a riciclo	kg	27.713,52
Rifiuti a smaltimento	kg	11.146,06

4.4 Fine vita del prodotto tessile

Questa fase comprende il fine vita sia dei materiali di imballaggio utilizzati dalle lavanderie industriali per il trasporto ai propri clienti (principalmente il film di plastica), sia della biancheria usata come stracci presso altre attività (quindi il fine vita al termine del riutilizzo del tessuto come straccio). Per completezza dello studio la scelta metodologica è stata quella di considerare anche la gestione di questi rifiuti generati da attività esterne.

Lo scenario di riferimento per il fine vita dell'imballaggio è fornito da dati statistici ufficiali (dato Rapporto ISPRA 2017) in relazione alle modalità di raccolta dei rifiuti differenziati ed all'impiantistica per il recupero e lo smaltimento del prodotto. La quantità di imballaggio smaltita corrisponde all'imballaggio utilizzato dalle singole lavanderie industriali.

Per quanto riguarda il tessuto riutilizzato come straccio, si è considerato il trasporto fino all'azienda incaricata per l'attività di raccolta (circa 400 km).

In tutti i casi i processi di smaltimento dei rifiuti in discarica e all'inceneritore sono stati ricavati da specifiche banche dati per la tipologia di rifiuto specifico.

Tabella 6: Produzione di rifiuti da imballaggio per 1 kg di biancheria piana

Fine vita	U.M.	LIM
Rifiuti imballaggio a riciclo (film)	kg	7,560E-03

Tabella 7: Scenari di riferimento per il fine vita

Fine vita	U.M.	Imballaggio
A incenerimento	%	42,1
A discarica	%	16,8
A riciclo	%	41,1

4.5 Processi di produzione degli ausiliari e produzione degli imballaggi

La produzione degli ausiliari utilizzati nel processo e dei materiali utilizzati per l'imballaggio della biancheria sono due processi in *foreground* che sono comuni a diverse fasi del ciclo di vita del tessuto.

Per la modellizzazione dei processi di produzione dei materiali ausiliari necessari sono stati utilizzati i dati forniti dalle aziende fornitrici che hanno partecipato alla raccolta dei dati. Essi includono tutti i prodotti chimici usati nelle diverse fasi di produzione del tessuto e d'uso dello stesso, incluso quindi il lavaggio industriale descritto precedentemente. Le aziende hanno comunicato i nomi dei prodotti utilizzati e nella maggior parte dei casi hanno inviato le schede di sicurezza per permettere di ricostruire i processi di produzione con *GaBi Professional*. Hanno inoltre fornito i consumi energetici ed idrici relativi alla produzione dei prodotti.

Anche per gli imballaggi sono stati considerati i dati forniti dalle aziende fornitrici relativi ai fabbisogno di materie prime necessarie alla produzione e dei relativi consumi energetici.



I processi di produzione dei materiali ausiliari e degli imballaggi sono stati ricavati dalla banca dati *Gabi Professional*, tenendo conto della specifica area di produzione e quindi considerando il relativo mix energetico.

I prodotti chimici per i quali non erano disponibili informazioni nelle banche dati, sono stati modellizzati, a seguito di un'analisi svolta sulla relativa composizione, utilizzando processi simili e assumendo un atteggiamento conservativo basato sempre sulla scelta del processo a maggior impatto.

Sono, infine, stati considerati i trasporti di tutti questi materiali in ingresso; si è ipotizzata una distanza media pari a 200 km.

5 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA

In questa fase di Valutazione dell'impatto (*Life Cycle Impact Assessment*, LCIA), utilizzando i risultati della precedente analisi di inventario, si valuta il rilievo dei potenziali d'impatto ambientale.

Di seguito si riportano i principali impatti ambientali separati per le diverse fasi. L'analisi è stata fatta utilizzando il software *GaBi Professional*. Inoltre, in questo capitolo sono descritti i **punti critici**, cioè le fasi del ciclo di vita, i processi e i flussi elementari che contribuiscono maggiormente alle categorie d'impatto prima della fase di normalizzazione.

5.1 Categorie di impatto dell'impronta ambientale

Lo scopo dell'analisi di valutazione d'impatto del ciclo di vita di un prodotto o servizio è quello di evidenziare l'entità delle modifiche ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dall'attività produttiva. In questa fase si realizza il passaggio dal dato oggettivo calcolato durante la fase di inventario al giudizio di pericolosità ambientale, con l'obiettivo di scoprire dove e come intervenire per ottenere una minimizzazione dell'impatto dovuto ai vari processi dell'intero ciclo di vita. L'obiettivo fondamentale consiste nell'imputare i consumi e le emissioni ottenuti nella fase d'inventario a specifiche categorie d'impatto. Le diverse categorie scelte sono descritte nel capitolo 3.8.

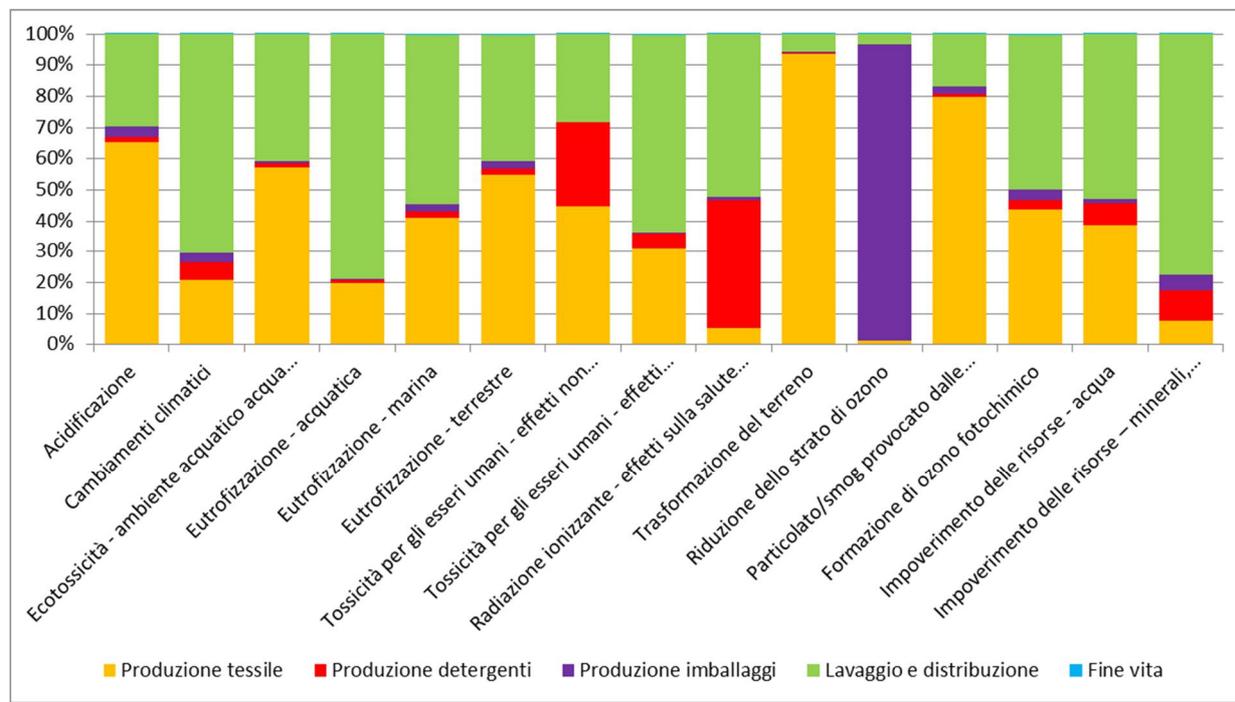
In tabella i risultati della valutazione dell'impatto (prima della normalizzazione) per ogni categoria di impatto per l'unità funzionale, cioè **1 kg di biancheria piana usata nel settore turistico alberghiero e sanitario, 100% cotone tinta unita tinta in filo, che subisce 75 cicli di lavaggio industriale**.

Tabella 8: Risultati assoluti dell'analisi degli impatti prima della normalizzazione

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale
Acidificazione	molc H+ eq	1,80E-01
Cambiamenti climatici	kg CO2 eq	4,32E+01
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CTUe	6,98E+00
Eutrofizzazione - acquatica	kg P eq	1,31E-03
Eutrofizzazione - marina	kg N eq	4,37E-02
Eutrofizzazione - terrestre	molc N eq	5,20E-01
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	1,72E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,38E-07
Radiazione ionizzante - effetti sulla salute umana	kBq U235 eq	1,94E+00
Trasformazione del terreno	kg C deficit	1,19E+02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq	3,29E-09
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	kg PM2.5 eq.	1,26E-02
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq	9,65E-02
Impoverimento delle risorse - acqua	m ³ di acqua eq	7,38E-01
Impoverimento delle risorse - minerali, metalli	kg Sb eq	5,25E-05

Nel grafico successivo è mostrata la distribuzione per ogni singola fase del ciclo di vita.

Figura 2: Rappresentazione dell'impatto per categorie e per fase del ciclo di vita



Analizzando i risultati per fase si nota come l'attività di **lavaggio e distribuzione** è quella che contribuisce maggiormente, in media, alle categorie d'impatto con una quota percentuale media di circa il 44% del ciclo di vita per ciascun indicatore d'impatto (con una punta del 79% circa per l'eutrofizzazione acquatica e un valore minimo di poco maggiore al 3% per la riduzione dello strato di ozono).

La fase di **Produzione tessile** della biancheria assorbe in media poco più del 40% circa degli impatti: rappresenta la fase a maggior impatto per gli indicatori di Trasformazione del terreno (93,8%), Particolato (79,8%), Acidificazione (65,4%), Ecotossicità (57,2%), eutrofizzazione terrestre (55%) e Tossicità per gli esseri umani – effetti non cancerogeni (44,7%).

La **produzione degli imballaggi** in media è responsabile dell'8% dell'impatto, con un picco del 95% per quanto riguarda l'indicatore di Riduzione dello strato di Ozono.

La **produzione dei detersivi** in media è responsabile del 7,2% dell'impatto con picchi del 41,2% per l'indicatore relativo alla Radiazione Ionizzante e del 27% su quello legato alla Tossicità per gli esseri umani – effetti non cancerogeni

La fase di **fine vita** è decisamente marginale e detiene una quota media pari a circa lo 0,1% dell'impatto.

Di seguito il dettaglio in percentuale per ogni fase e ogni categoria d'impatto, con evidenziate, per ogni categoria, le fasi del ciclo di vita maggiormente rilevanti (secondo la *PEFCR Guidance*, sono quelle fasi che contribuiscono cumulativamente a più dell'80% ad ogni data categoria d'impatto).

Tabella 9: Risultati dell'analisi degli impatti per le diverse categorie d'impatto in percentuale (prima della normalizzazione).
Evidenziate: fasi del ciclo di vita maggiormente rilevanti per la valutazione degli impatti.

Categorie di impatto (quota %)	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Acidificazione	100,0%	29,7%	65,4%	1,6%	3,3%	0,1%
Cambiamenti climatici	100,0%	70,2%	20,7%	5,8%	3,2%	0,1%
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	100,0%	40,8%	57,2%	1,4%	0,5%	0,1%
Eutrofizzazione - acquatica	100,0%	79,0%	19,9%	0,9%	0,1%	0,0%
Eutrofizzazione - marina	100,0%	54,2%	40,9%	2,2%	2,4%	0,2%
Eutrofizzazione - terrestre	100,0%	40,7%	55,0%	1,9%	2,2%	0,2%
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	100,0%	28,0%	42,8%	26,0%	0,0%	0,1%
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	100,0%	63,5%	31,1%	5,0%	0,3%	0,1%
Radiazione ionizzante - effetti sulla salute umana	100,0%	52,3%	5,4%	41,2%	1,1%	0,0%
Trasformazione del terreno	100,0%	5,8%	93,8%	0,3%	0,2%	0,0%
Riduzione dello strato di ozono	100,0%	3,3%	1,2%	0,2%	95,3%	0,0%
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	100,0%	16,8%	79,8%	1,0%	2,4%	0,0%
Formazione di ozono fotochimico	100,0%	49,7%	43,9%	2,9%	3,4%	0,2%
Impoverimento delle risorse - acqua	100,0%	53,0%	38,6%	7,2%	1,2%	0,0%
Impoverimento delle risorse - minerali, metalli	100,0%	77,6%	7,8%	9,6%	5,0%	0,0%

Secondo la metodologia PEF, le fasi del ciclo principali che contribuiscono in maggior modo all'impatto (*Most relevant life cycle stages*) risultano la **produzione del tessuto**, il **lavaggio industriale** e le fasi di fine vita.

Per valutare quali sono le categorie di impatto principali è necessario effettuare la **normalizzazione** dei risultati in modo da consentire un confronto tra i risultati dei diversi indicatori. Si tratta di un passaggio facoltativo, che si esegue a seguito della caratterizzazione, in cui i risultati della valutazione di impatto sono moltiplicati per i fattori di normalizzazione, che rappresentano l'inventario generale di un'unità di riferimento. I risultati normalizzati esprimono le quote relative degli impatti del sistema analizzato in termini di contributi complessivi per ciascuna categoria di impatto per unità di riferimento, e permettono di individuare le categorie più o meno interessate dal sistema analizzato. I risultati della normalizzazione sono dati adimensionali, che riflettono solo il contributo del sistema analizzato nei confronti del possibile impatto complessivo e non la gravità/pertinenza del rispettivo impatto totale.

Per il presente studio sono stati utilizzati i parametri per la normalizzazione suggeriti nella *PEFCR Guidance*¹⁴, riferiti alla popolazione mondiale registrata nel 2010 (con dati NATO 2011)¹⁵. Di seguito, in tabella, i risultati della normalizzazione.

Tabella 10: Risultati normalizzati dell'analisi degli impatti (evidenziate le categorie d'impatto risultate principali)

Categorie di impatto	Fattore di normalizzazione	Totale	Robustezza dell'ILCD per la valutazione degli impatti nella PEF	Completezza della copertura dell'inventario	Robustezza dell'inventario
Acidificazione	5,55E+01	3,24E-03	I	II	I
Cambiamenti climatici	7,76E+03	5,55E-03	I	III	II
Eutrofizzazione - acquatica	2,55E+00	5,02E-04	II/III	III	III
Eutrofizzazione - marina	2,83E+01	1,53E-03	II/III	III	III
Eutrofizzazione - terrestre	1,77E+02	2,92E-03			
Radiazioni ionizzanti	4,22E+03	4,59E-04	II	II	III
Trasformazione del terreno	1,33E+06	8,94E-05	II	III	I/II
Riduzione dello strato di ozono	2,34E-02	1,40E-07	II	II	I/II
Particolato/smog provocato da emissione di sostanze inorganiche ¹⁶	6,37E-04	3,32E-03	I	I/II	I /II
Formazione di ozono fotochimico	4,06E+01	2,36E-03	II	II	III
Consumo di risorse - acqua	1,15E+04	6,41E-05	II	II	II/III
Consumo di risorse - minerali, metalli	5,79E-02	9,08E-04	III	II	II
Acidificazione	5,55E+01	3,24E-03	II/III	III	III
Cambiamenti climatici	7,76E+03	5,55E-03	III	I	II
Eutrofizzazione - acquatica	2,55E+00	5,02E-04	III	I	II
Eutrofizzazione - marina	2,83E+01	1,53E-03	III		

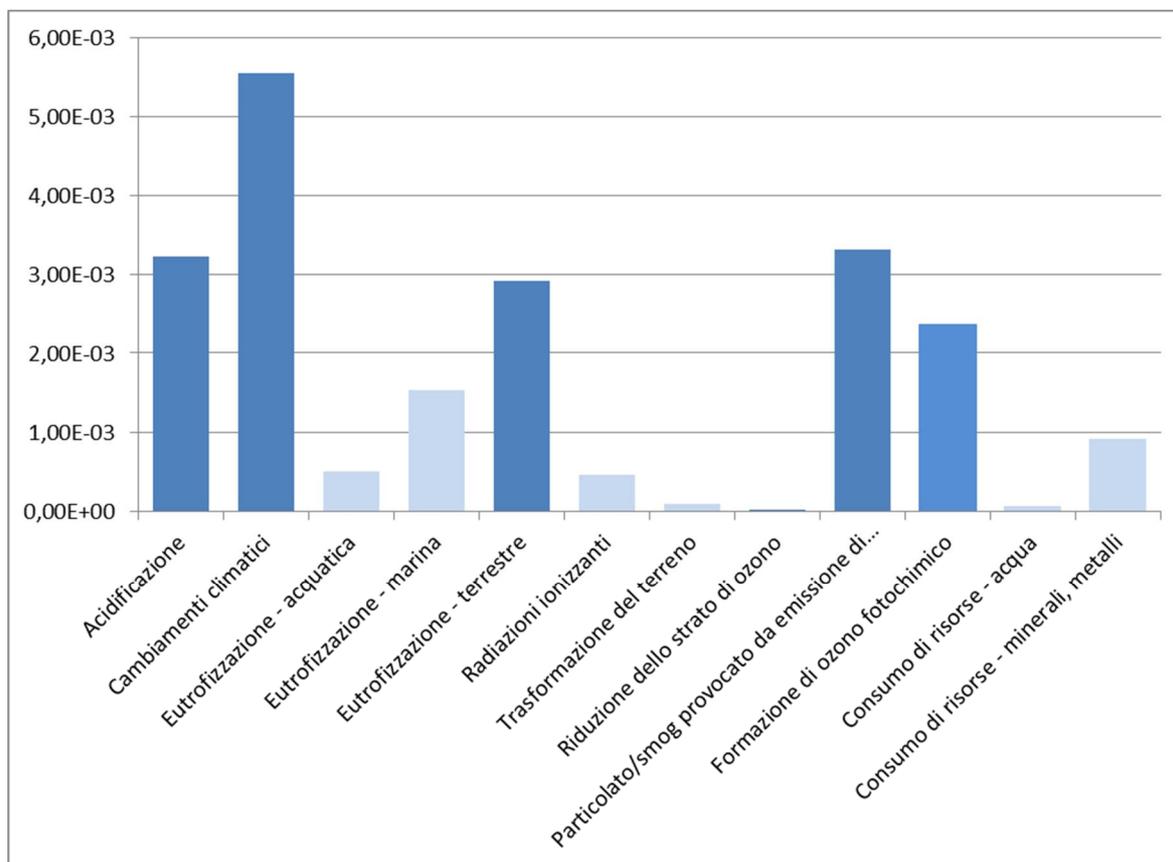
Si segnala come secondo la *PEFCR Guidance*, i risultati ottenuti a seguito della normalizzazione con questo metodo risultano poco affidabili per le tre categorie che riguardano la tossicità (l'Ecotossicità per ambiente acquatico e la Tossicità per gli esseri umani), in quanto è ancora in atto il lavoro in collaborazione con ECHA sullo sviluppo di fattori di caratterizzazione basati anche su dati REACH. In questo caso, nel presente studio, non sono state considerate dette categorie di impatto nell'individuazione di quelle principali. Di seguito una rappresentazione grafica dei risultati senza le tre categorie d'impatto sulla tossicità.

Figura 3: Rappresentazione dei risultati normalizzati per la scelta delle categorie d'impatto rilevanti (evidenziate in blu).

¹⁴ PERCF Guidance document – Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, Maggio 2018

¹⁵ World population used to calculate the NF per person: 6.895.889.018 people; Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011). World Population Prospects: The 2010 Revision, DVD Edition – Extended Dataset (United Nations publication, Sales No. E.11.XIII.7).

¹⁶ Per il presente indicatore si è utilizzato il fattore di normalizzazione relativo alla versione 5 della *PEFCR Guidance document* in quanto nella versione 6, per il particolato, si è considerata una differente unità di misura.



L'analisi dei risultati normalizzati ha permesso, quindi, di individuare le cinque **categorie di impatto rilevanti** (come richiesto dalla metodologia PEFCR, le *Most relevant impact categories* sono le categorie che contribuiscono cumulativamente ad almeno l'80% dell'impatto ambientale complessivo) per le quali si presenterà il dettaglio degli impatti nelle diverse fasi:

- **Cambiamento climatico;**
- **Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche;**
- **Acidificazione;**
- **Eutrofizzazione terrestre;**
- **Formazione di ozono fotochimico**

5.2 Risultati della LCA

Nelle tabelle seguenti si trovano gli impatti della biancheria piana oggetto di questo studio espressi per fase e riferiti all'unità funzionale di **1 kg di biancheria 100% cotone**, per le categorie di impatto selezionate in precedenza come più rilevanti. Si segnala che i risultati relativi all'attività complessiva della lavanderia industriale sono stati raggruppati in un'unica fase (fase d'uso) e quindi si presenta un solo dato per l'attività complessiva di lavaggio dov'è inclusa la fase di ritiro e consegna del tovagliato a/da i clienti.

5.2.1 Cambiamenti climatici

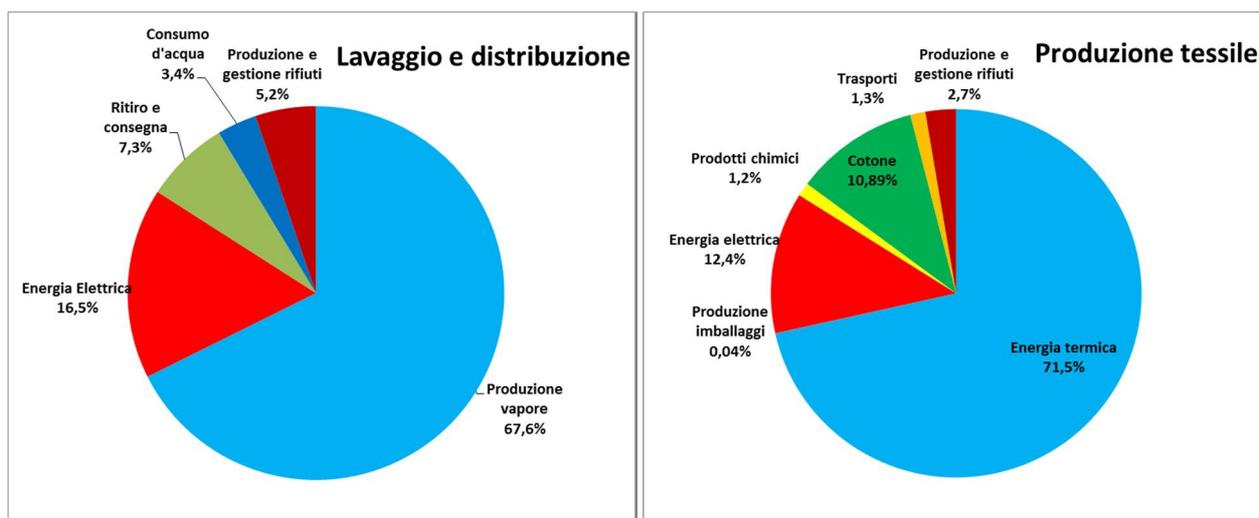
La fase del ciclo di vita che contribuisce di più al cambiamento climatico è quella d'uso per un totale del 66,6%. Di tale quota il 7,2% è dovuto al trasporto per il ritiro e consegna della biancheria a/da i clienti e il 5,3% al fine vita dei rifiuti generati nella fase. Analizzando la sola produzione del tessuto (poco più del 20% sul totali degli impatti), le attività che contribuiscono maggiormente all'effetto serra sono la produzione di energia termica (71,5%), il consumo

Tabella 11: Risultati dell'analisi per la categoria *Cambiamento climatico*

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Cambiamenti climatici	kg CO2 eq	4,31E+01	3,02E+01	8,92E+00	2,50E+00	1,37E+00	2,49E-02
	Quota %	100,00%	70,22%	20,73%	5,80%	3,19%	0,06%

Le rappresentazioni grafiche seguenti riportano la ripartizione dei contributi ai cambiamenti climatici delle due fasi a maggior impatto dell'intero ciclo di vita.

Figura 4: Rappresentazione degli impatti principali per la categoria *Cambiamento climatico*



5.2.2 Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche

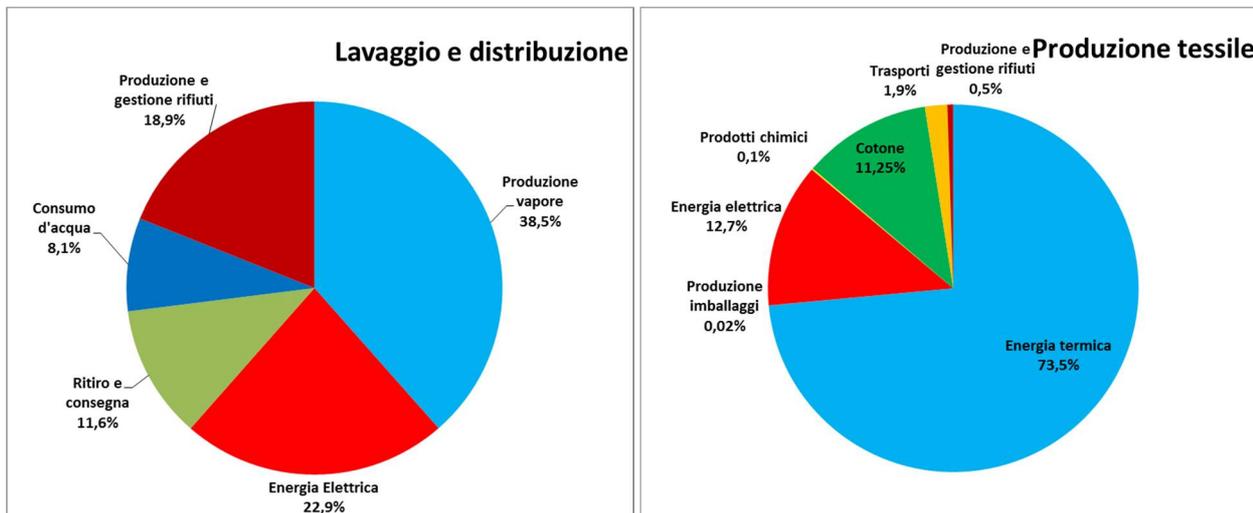
Per la categoria d'impatto Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche la fase d'uso più impattante (80% circa) è la produzione del tessuto seguita dalla fase d'uso (circa 13,5%).

Tabella 12: Risultati dell'analisi per la categoria *Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche*

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	kg PM2.5 eq.	1,26E-02	2,11E-03	1,01E-02	1,29E-04	3,00E-04	5,41E-06
	Quota %	100,00%	16,77%	79,79%	1,02%	2,38%	0,04%

Le rappresentazioni grafiche seguenti riportano la ripartizione dei contributi all'emissione di particolato delle due fasi a maggior impatto dell'intero ciclo di vita

Figura 5: Rappresentazione degli impatti principali per la categoria Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche



5.2.3 Acidificazione

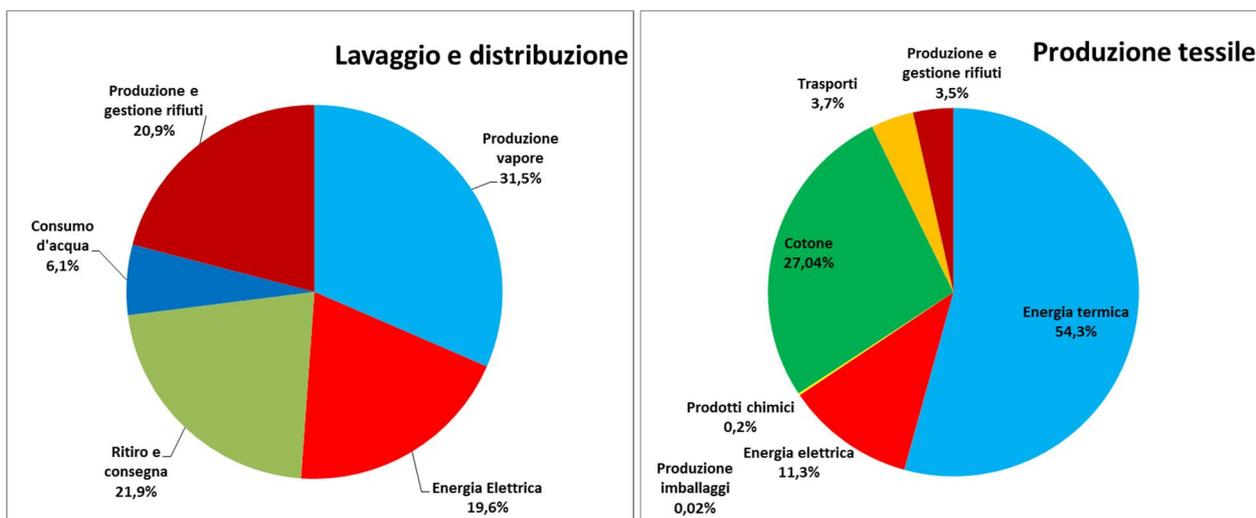
Analizzando i risultati per la categoria d'impatto Acidificazione si nota come la fase più impattante sia anche in questo caso la fase di produzione tessile (65%). La fase d'uso è responsabile del 23% circa dell'impatto.

Tabella 13: Risultati dell'analisi per la categoria Acidificazione

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Acidificazione	<i>molc H+ eq</i>	1,80E-01	5,33E-02	1,17E-01	2,87E-03	5,85E-03	1,94E-04
	Quota %	100,00%	29,65%	65,38%	1,60%	3,26%	0,11%

Le rappresentazioni grafiche seguenti riportano la ripartizione dei contributi all'acidificazione delle due fasi a maggior impatto dell'intero ciclo di vita

Figura 6: Rappresentazione degli impatti principali per la categoria Acidificazione



5.2.4 Eutrofizzazione terrestre

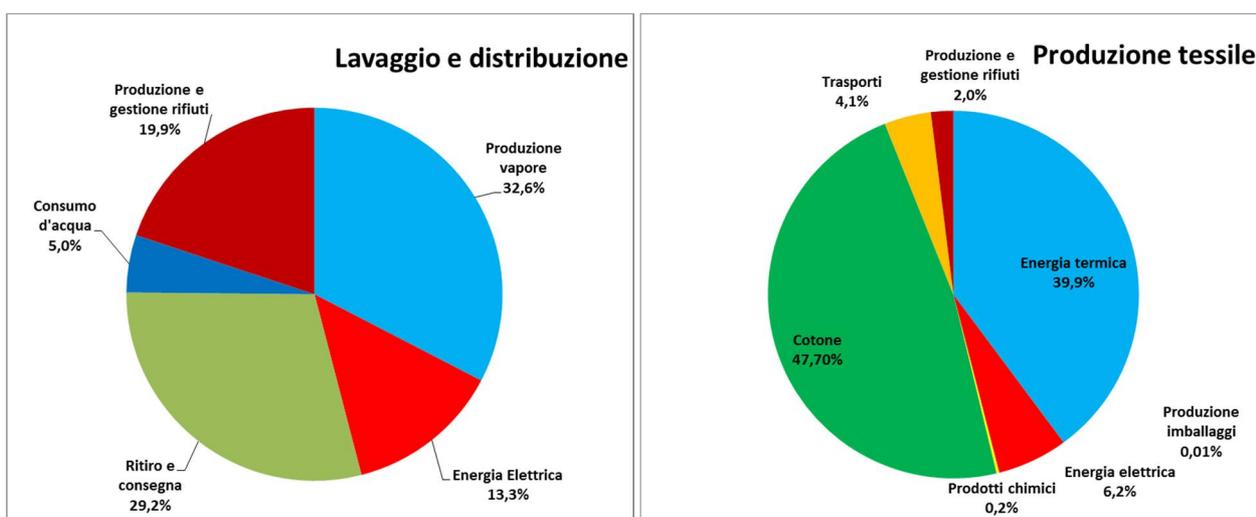
Per la categoria d'impatto Eutrofizzazione terrestre si nota come la fase più impattante sia ancora una volta la fase di produzione dei tessuti (70,4%). La fase d'uso assorbe il 20% circa dell'impatto

Tabella 14: Risultati dell'analisi per la categoria Eutrofizzazione terrestre

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Eutrofizzazione - terrestre	molc N eq	5,17E-01	2,10E-01	2,84E-01	9,96E-03	1,14E-02	1,06E-03
	Quota %	100,00%	40,66%	55,01%	1,93%	2,20%	0,20%

Le rappresentazioni grafiche seguenti riportano la ripartizione dei contributi all'eutrofizzazione terrestre delle due fasi a maggior impatto dell'intero ciclo di vita

Figura 7: Rappresentazione degli impatti principali per la categoria eutrofizzazione terrestre



5.2.5 *Formazione di ozono fotochimico*

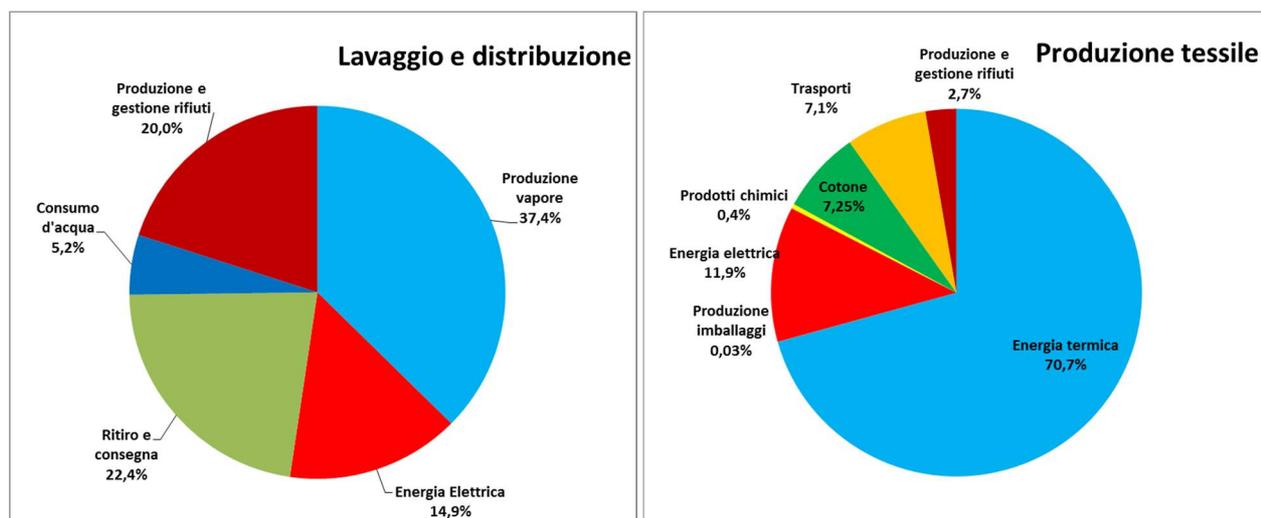
Anche per la categoria d’impatto Formazione di ozono fotochimico si nota come la fase più impattante sia ancora una volta la fase di produzione dei tessuti (43,8%). La fase d’uso assorbe poco meno del 40% dell’impatto

Tabella 15: Risultati dell’analisi per la categoria *Formazione di ozono fotochimico*

Categorie di impatto	Unità di misura	Totale	Lavaggio e distribuzione	Produzione tessile	Produzione detergenti	Produzione imballaggi	Fine vita
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq	9,59E-02	4,77E-02	4,21E-02	2,73E-03	3,27E-03	1,77E-04
	Quota %	100,00%	49,68%	43,87%	2,85%	3,41%	0,18%

Le rappresentazioni grafiche seguenti riportano la ripartizione dei contributi alla Formazione di ozono fotochimico delle due fasi a maggior impatto dell’intero ciclo di vita.

Figura 8: Rappresentazione degli impatti principali per la categoria *Formazione di ozono fotochimico*



6 INTERPRETAZIONE DEL CICLO DI VITA

In uno studio di LCA, l'analisi dei contributi e quindi l'interpretazione del ciclo di vita ha lo scopo di evidenziare le criticità ambientali del ciclo di vita in esame, vale a dire le fasi che contribuiscono in misura maggiore agli impatti ambientali complessivi. Il fine ultimo di tale analisi è l'individuazione delle fasi sulle quali deve essere posta maggiore attenzione, dove un miglioramento del profilo ambientale rappresenta effettivamente un consistente miglioramento sull'intero ciclo di vita.

Le considerazioni riportate nei paragrafi seguenti si riferiscono a 1 kg di biancheria piana usata nel settore turistico alberghiero e sanitario, 100% cotone tinta in filo, che subisce 75 cicli di lavaggio industriale.

6.1 Identificazioni dei punti critici (*hot spots*)

I principali punti critici (*Environmental hot spots*) relativi alle fasi del ciclo di vita e ai processi vengono riassunti nella tabella successiva.

Tabella 16: Fasi del ciclo di vita e processi più rilevanti

Fasi	Processi
Produzione tessuto	✓ Coltivazione e approvvigionamento
	✓ Realizzazione del tessuto (tutte le fasi)
	✗ Confezione e imballo
Trasporto produttore-lavanderia	✗ Trasporto
Produzione ausiliari	✓ Detergenti
	✗ Imballaggi
Fase d'uso	✗ Lavaggio industriale
	✗ Ritiro e consegna
Fine vita	✗ Fine vita

La coltivazione del cotone rappresenta un *Hot spot* in quanto i dati e i risultati del processo utilizzato derivano da informazioni di letteratura di ambito globale, mentre per la produzione del tessile, per la quale sono stati utilizzati dati primari, l'impatto è legato principalmente alle emissioni di energia termica. Per quanto riguarda i detersivi la criticità è legata alle difficoltà di reperire l'esatta composizione dei prodotti e il relativo processo.

6.2 Analisi di sensibilità

Le analisi di sensibilità¹⁷ servono a mettere in luce l'entità della dipendenza tra uno o più parametri variabili e il sistema oggetto dello studio. Questo permette da una parte di confermare che le assunzioni sono state fatte in modo corretto e che variazioni in quei parametri non provocano cambi rilevanti nei risultati dello studio. Dall'altra parte sono utili anche per valutare scenari che permettono un miglioramento della situazione e quindi un minore impatto sull'ambiente.

¹⁷ Sensitivity analysis: Procedura sistematica per stimare gli effetti sui risultati provocati dal metodo assunto o dai dati utilizzati (par.3.31 ISO 14040)

Di seguito l'elenco delle analisi di sensibilità realizzate per le cinque principali categorie d'impatto:

1. Influenza della durata del tessile dovuta al numero di lavaggi.
2. Uso di mezzi con migliori prestazioni (Euro6) per la fase di ritiro e consegna del tovagliato utilizzato.

6.2.1 *Influenza della durata del tessile dovuta al numero di lavaggi*

Essendo l'impatto della fase d'uso della biancheria piana influenzata dal numero di cicli di lavaggio e poiché il parametro considerato nell'analisi rappresenta un dato medio, è stata fatta un'analisi di sensibilità modificando il numero di cicli di lavaggio a cui la biancheria viene sottoposto prima di essere avviata al proprio fine vita. Lo scopo di questa analisi è quello di confrontare l'impatto tra l'utilizzo di tessuti monouso al posto di quelli lavabili, valutando così l'impatto evitato e verificando l'incremento di questo risparmio all'aumentare del numero di cicli di lavaggio.

Per valutare come cambia l'impatto ambientale in funzione della fase d'uso, è stata modificata l'unità funzionale in base al numero di utilizzi, ovvero 1 kg di tovagliato utilizzato 1, 2, ... 100 volte. Come rappresentato nel grafico sottostante, i cicli di lavaggio considerati per la biancheria lavabile sono pari a 1, , 3, 5, 10, 25, 75 (dato di partenza per la nostra unità funzionale) 100, così come il numero di utilizzi per la biancheria monouso. Il confronto viene quindi fatto tra tessuti con le stesse caratteristiche che, nel caso della biancheria lavabile, viene usato una sola volta (o più volte) e poi lavato (una o più volte) prima di essere avviato a fine vita, mentre nel caso del monouso viene ogni volta avviato a fine vita.

Di seguito sono riportati i risultati (numerici in tabella e grafico per la categoria Cambiamenti climatici, come esempio, in sostanza equivalente anche per gli altri indicatori principali). Si nota che l'impatto positivo incrementa all'aumentare del numero di utilizzi sia nel caso monouso sia di quello lavabile: per entrambi l'incremento è lineare, ma è maggiore nel caso del monouso, ovvero la differenza tra i due impatti cresce aumentando il numero di utilizzi, dimostrando così che gli impatti evitati sono maggiori quanto più alto è il numero di lavaggi a cui un tovagliato può essere sottoposto prima di essere avviato al fine vita.

Figura 9: Influenza della variazione del numero di cicli della fase d'uso sul ciclo di vita del tovagliato per la categoria d'impatto *Cambiamenti climatici*

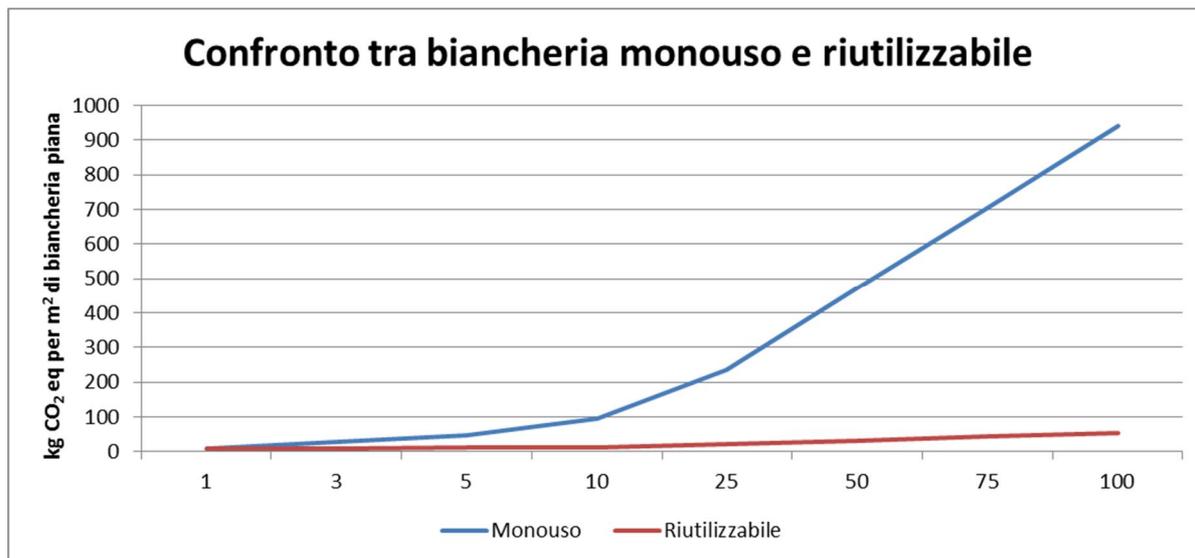


Tabella 17: Influenza specifica della variazione del numero di cicli della fase d'uso sul ciclo di vita del tovagliato per le categorie di impatto principali

	Cambiamenti climatici (kg CO ₂ eq)			Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche (kg PM _{2.5} eq.)			Acidificazione (moli H ⁺ eq)		
	Monouso	Riutilizzato	Var. (rif. monouso)	Monouso	Riutilizzato	Var. (rif. monouso)	Monouso	Riutilizzato	Var. (rif. monouso)
1 lavaggio/1 utilizzo	9,42	9,42	0%	1,01E-02	1,01E-02	0%	0,12	0,12	0%
3 lavaggi /3 utilizzi	28,26	10,30	-64%	3,03E-02	1,01E-02	-67%	0,35	0,12	-66%
5 lavaggi /5 utilizzi	47,10	11,20	-76%	5,05E-02	1,02E-02	-80%	0,59	0,12	-79%
10 lavaggi /10 utilizzi	94,20	13,50	-86%	1,01E-01	1,04E-02	-90%	1,18	0,13	-89%
25 lavaggi /25 utilizzi	235,50	20,20	-91%	2,53E-01	1,09E-02	-96%	2,95	0,14	-95%
50 lavaggi /50 utilizzi	471,00	31,50	-93%	5,05E-01	1,17E-02	-98%	5,90	0,16	-97%
75 lavaggi /75 utilizzi	706,50	43,06	-94%	7,58E-01	1,26E-02	-98%	8,85	0,18	-98%
100 lavaggi /100 utilizzi	942,00	54,10	-94%	1,01E+00	1,34E-02	-99%	11,80	0,20	-98%

Eutrofizzazione terrestre (moli N eq)	Formazione di ozono fotochimico (kg NMVOC eq)
---------------------------------------	---

	Monouso	Riutilizzato	Var. (rif. monouso)	Monouso	Riutilizzato	Var. (rif. monouso)
1 lavaggio/1 utilizzo	0,29	0,12	-59%	0,04	0,04	0%
3 lavaggi /3 utilizzi	0,87	0,12	-86%	0,13	0,04	-66%
5 lavaggi /5 utilizzi	1,45	0,12	-92%	0,22	0,05	-79%
10 lavaggi /10 utilizzi	2,89	0,13	-96%	0,43	0,05	-89%
25 lavaggi /25 utilizzi	7,23	0,14	-98%	1,08	0,06	-94%
50 lavaggi /50 utilizzi	14,45	0,16	-99%	2,16	0,08	-96%
75 lavaggi /75 utilizzi	21,68	0,18	-99%	3,23	0,10	-97%
100 lavaggi /100 utilizzi	28,90	0,20	-99%	4,31	0,11	-97%

L'analisi di sensibilità ha evidenziato come il numero di lavaggi operati nella fase di lavaggio industriale della biancheria piana sia **un processo importante che può influenzare i risultati dello studio**.

6.2.1.1 Uso di mezzi a minore impatto per la fase di ritiro e consegna del tovagliato utilizzato

È stata fatta un'analisi per verificare come l'assunzione della tipologia di trasporto scelta (Euro4) per l'attività di ritiro e consegna del tovagliato dai clienti influisca nei risultati finali e come l'uso di mezzi con migliori prestazioni (Euro6) potrebbero migliorare i risultati.

Innanzitutto, è stata fatta un'analisi preliminare di confronto tra l'impatto di 1 tkm trasportata da un camion Euro4 e 1 tkm trasportata da un mezzo Euro6, entrambi da banca dati Professional, con le stesse caratteristiche (diesel con capacità 3,5-7,5 t). I risultati, nella tabella successiva, evidenziano come la differenza dell'impatto sia notevole in quasi tutte le categorie principali di impatto, ad esclusione dei cambiamenti climatici.

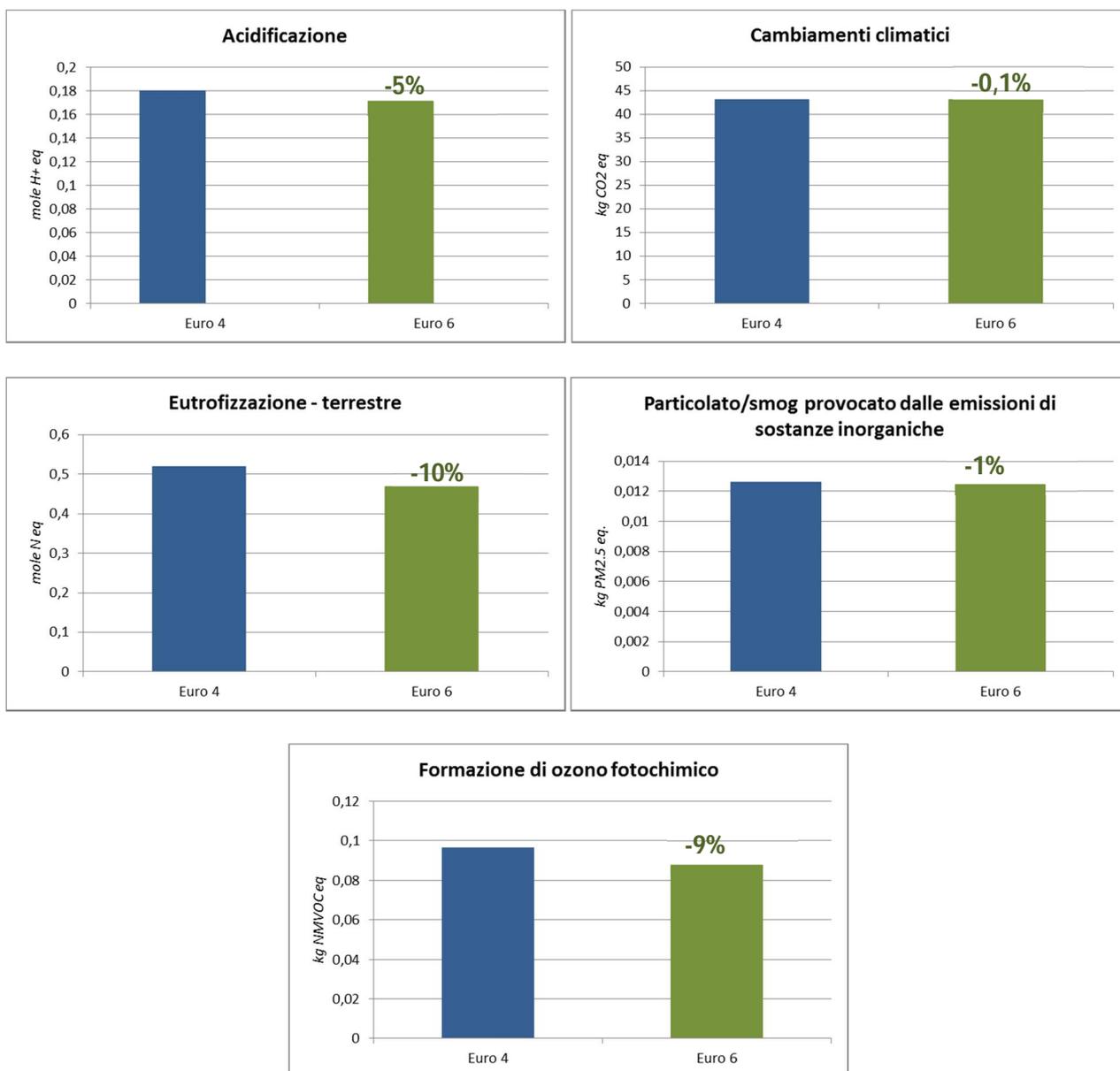
Tabella 18: Confronto dell'impatto di 1 tkm trasportata da un camion Euro3 e da uno Euro6

Categoria di impatto	Unità di misura	1 tkm camion Euro3	1 tkm camion Euro6	Diff.
Acidificazione	mole H+ eq	1,52E-04	3,08E-05	-80%
Cambiamenti climatici	kg CO2 eq	2,88E-02	2,83E-02	-2%
Eutrofizzazione - terrestre	mole N eq	8,08E-04	1,06E-04	-87%
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	kg PM2.5 eq.	3,16E-06	1,13E-06	-64%
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq	1,41E-04	2,35E-05	-83%

Di seguito i risultati mostrano come l'effetto sull'ambiente, relativamente alle cinque categorie di impatto individuate come principali, risulti particolarmente significativo per l'eutrofizzazione terrestre e la formazione di ozono fotochimico. Non trascurabile risulta il beneficio all'acidificazione mentre marginali

risultano i miglioramenti relativi al particolato e ai Cambiamenti climatici. Questo conferma come l'uso di mezzo a minor impatto ambientale possa sensibilmente cambiare i risultati.

Figura 10: Influenza della variazione del tipo di mezzo con cui si realizza il ritiro e consegna della biancheria relativamente all'unità funzionale (1 m² di biancheria piana – 215 gr/m² – 75 cicli di lavaggio)



L'analisi di sensibilità ha evidenziato come la scelta dell'automezzo per il ritiro e la consegna del tovagliato sia **un processo rilevante nel complesso del ciclo di vita della biancheria e che possa influenzare sensibilmente i risultati dello studio.**

6.3 Valutazione della qualità del dato

La Raccomandazione CE sulla PEF richiede di rispettare una serie di caratteristiche dei dati utilizzati per il calcolo dell'impatto del ciclo di vita che riguardano la loro capacità di soddisfare i requisiti stabiliti (ISO 14040:2006). Sulla base di questi criteri deve essere effettuata una **valutazione semi-quantitativa** della qualità dei dati complessiva del set di dati utilizzato per tutti i processi più importanti. Questa fase permette di attribuire credibilità ai risultati dello studio e aiuta a capire se sia necessario migliorare il set di dati frutto della fase di raccolta di dati.

In questo studio è stata eseguita la valutazione dei requisiti e qualità dei dati in base alla metodologia proposta dalla Commissione Europea (PEF Guidance v. 6.3), sulla base dei seguenti criteri:

- rappresentatività tecnologica (TER)
- rappresentatività geografica (GR)
- rappresentatività temporale (TiR)
- l'incertezza dei parametri (P)

La metodologia prevede cinque livelli di qualità per ciascun criterio: Molto buono (1), Buono (2), Soddisfacente (3), Scarso (4) e Molto scarso (5).

La valutazione generale della qualità dei dati (DQR) è semi-quantitativa e si calcola sommando la valutazione raggiunta per ciascuno dei criteri di qualità, diviso per il numero totale di criteri:

$$DQR = (TER + GR + TiR + P) / 4$$

La valutazione della qualità dei dati (DQR) corrisponde ad un livello di qualità di dati definito come segue:

- DQR ≤ 1,6: qualità ottima
- DQR da 1,6 a 2,0: qualità molto buona
- DQR da 2,0 a 3,0: qualità buona
- DQR da 3,0 a 4,0: qualità soddisfacente
- DQR > 4: qualità scarsa

Il punteggio di qualità è stato effettuato utilizzando i criteri della Raccomandazione PEF.

La media complessiva della qualità dei dati è risultata **buona** (DQR pari a 1,79) per i dati specifici del contesto primario e **soddisfacente** (2,51) per i processi in background costruiti con dati generici (secondari). Il dettaglio del punteggio di qualità dei dati è presentato nell'allegato 1. In generale nel primo caso abbiamo valutato tutti i dati relativi all'attività che sono stati raccolti per lo studio; nel secondo caso tutti i processi di dati utilizzati nel modello.

6.4 Valutazione della fondatezza del modello

La valutazione della fondatezza del modello è stata condotta durante lo sviluppo dello studio LCA per analizzare la sua completezza, accuratezza, precisione e coerenza. La valutazione è servita per individuare l'esigenza di raccolta di dati aggiuntivi, per la revisione delle assunzioni fatte e in generale delle scelte

metodologiche realizzate. La valutazione ha compreso i controlli di completezza, sensibilità e coerenza previsti dalla guida PEF¹⁸.

Controllo di sensibilità

Sono state fatte diverse analisi di sensibilità per assicurare la consistenza dei risultati dello studio. I dati ottenuti sono stati presentati nel punto 6.2 del rapporto.

In particolare, è importante l'analisi che riguarda la durabilità della biancheria piana in base al numero di lavaggi a cui viene sottoposta, essendo la fase di lavaggio quella principale di tutto il ciclo di vita; i risultati dimostrano come l'impatto diminuisca complessivamente aumentando il numero di utilizzi del prodotto fino alla fine della sua vita. Inoltre, l'analisi attesta che comunque il risultato totale d'impatto, per le diverse categorie, cambierebbe sostanzialmente considerando un numero diverso di lavaggi a quello ipotizzato nello studio (considerato la media del dato comunicato dalle diverse lavanderie).

Infine, l'analisi di sensibilità che attiene la scelta della tipologia di mezzo utilizzato per l'attività di ritiro e consegna del tovagliato (considerato come Euro4), conferma che l'utilizzo di un mezzo Euro6 porterebbe a migliori prestazioni dell'impatto totale del ciclo di vita (tranne che per la categoria di impatto cambiamenti climatici).

Controllo di completezza

Si tratta di una procedura qualitativa che permette di garantire la completezza dell'uso delle informazioni e dei dati in ogni fase principale del ciclo di vita e la loro disponibilità per l'interpretazione. È una verifica utile per assicurare che gli aspetti principali non siano stati dimenticati, che tutti i dati sono disponibili e completi. Il controllo è stato fatto principalmente attraverso il confronto con le aziende coinvolte nel progetto, il coinvolgimento di esperti in materia e l'analisi di studi specializzati disponibili.

Tutti i processi all'interno di ogni singola fase del ciclo di vita sono stati modellizzati in modo da rappresentare ogni situazione specifica. Sono stati verificati tutti i dati disponibili per ogni unità di processo; in alcuni casi si trattava di dati raccolti direttamente dalle imprese che hanno collaborato allo studio (dati specifici) e in altri, invece, di dati da letteratura e/o banche dati scelte. Di seguito la tabella utilizzata come guida per il controllo, che prevede una valutazione del bisogno di integrare i dati con informazioni esterne (vedi risultato nell'ultima colonna).

Tabella 19: Tabella di controllo di completezza

Fasi	Processi	Dati raccolti in campo?	Dati integrati con informazioni esterne (letteratura/database)	Dato completo?
Produzione tessuto	* Coltivazione e approvvigionamento	No	SI	SI
	* Realizzazione del tessuto (tutte le fasi)	SI	No	SI
	* Confezione e imballo	SI	SI	SI

¹⁸ Raccomandazione 2013/179/UE, allegato II, punto 7.2

Trasporto produttore-lavanderia	✗ Trasporto	No	Si	Si
Fase d'uso	✗ Lavaggio industriale	Si	Si	Si
	✗ Ritiro e consegna	Si	Si	Si
Fine vita	✗ Fine vita	Si	Si	Si

Controllo di coerenza

Il controllo di coerenza ha consistito in una procedura qualitativa usata per determinare se i requisiti di qualità dei dati, le assunzioni e i metodi usati sono stati coerenti con l'obiettivo e campo di applicazione dello studio.

Il controllo di coerenza è stato condotto seguendo il metodo indicato nel Manuale ILCD¹⁹ (vedi tabella).

Tabella 20: Tabella di controllo della coerenza (metodo ILCD)

Controllo di coerenza		Giustificazione
Qualità dei dati sufficiente?	Si	La metodologia di valutazione della qualità dei dati proposta dalla Commissione Europea è stata utilizzata e il risultato ottenuto è Molto buona per i dati specifici e Buono per i dati generici. Un'approfondita analisi di bibliografia specializzata e di altri studi è servita a validare i dati d'inventario.
Scelta del metodo coerente?	Si	Le scelte metodologiche sono state fatte seguendo la Guida sviluppata dalla Commissione Europea per lo schema PEF ²⁰ e le informazioni tecniche riportate nel manuale specializzato per la realizzazione di studi LCA di prodotti tessili e di abbigliamento ²¹ .
Valutazione di impatto coerente?	Si	La metodologia di valutazione di impatto, che ha previsto la caratterizzazione e la normalizzazione dei risultati, è stata applicata in modo coerente come suggerito nella guida PEF e nella PEFCR di riferimento (anche se non ufficiale, sviluppata all'interno del progetto Life+ PREFER), e sono stati adeguati all'obiettivo e al campo di applicazione dello studio. Inoltre, un'approfondita analisi di bibliografia specializzata e di altri studi è servita a validare i risultati dello studio facendo il confronto con analisi simili.
Valutazione delle incongruenze realizzata?	Si	L'analisi grafica dei flussi di cui alle reti ad albero, in cui è stato accertato che non ci fossero <i>loop</i> , attribuzioni sbagliate o flussi verosimilmente non possibili, non ha

¹⁹ European Commission - Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2012: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. Luxembourg

²⁰ PERCF Guidance document – Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, december 2017

²¹ Muthu, S.S., 2015. "Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing, 1st ed., Woodhead publishing e The Textile Institute



rilevato incongruenze.

7 BIBLIOGRAFIA

NORME/TESTI DI RIFERIMENTO:

- ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment - Principles and Framework
- ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines
- European Commission, PERCF Guidance document – Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, december 2017.
- Technical secretariat of the PEFCR pilot on T-shirts, July 2016: Final draft of the T-shirts PEFCR in the context of the EU Product Environmental Footprint Category Rules Pilots.
- ADEME-AFNOR, 2013, BP X30-323-X (2009): General principles for an environmental communication on mass market products Part 23: Methodology for the environmental impacts assessment of clothing.
- Sustainable Apparel Coalition, 2013: PCR for Style T-shirts and PCR for Performance T-shirts.

PUBBLICAZIONI:

- Allwood, J.M., Laursen, S.E., Rodriguez, C.M., Bocken, N.M.P., 2006. "Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom", University of Cambridge. Institute for Manufacturing. University of Cambridge, Institute for Manufacturing, Cambridge.
- Arthur T., Johnson J., MacDonald S., Meyer L., Skelly C. e Stone L., 2015. "The world and United States cotton outlook". U.S. Department of Agriculture, Agricultural Outlook Forum (www.usda.gov/oce/forum)
- Babu Murugesh K. e Selvadass M., 2013. "LCA for the Dyeing and Finishing process of Organic Cotton Knitted fabrics". Journal of Textile and Apparel JTATM, volume 8, issue 2.
- BCI, 2013. Better Cotton Initiative [document web: <http://www.bettercotton.org>]
- Beton, A., Dias, D., Farrant, L., Gibon, T., Le Guern, Y., Desaxce, M., Perwuelz, A., Boufateh, I., Wolf, O., Kougoulis, J., Cordella, M., Dodd, N., 2014. "Environmental Improvement Potential of textiles" (IMPRO Textiles). European Union, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., Giacchetta, G., Marchetti, B., 2011. "A carbon footprint analysis in the textile supply chain". Int. J. Sustain. Eng. 4, 24–36.
- Bruno G., Livi F., 2013. "Le importazioni italiane di materie prime". ITALIAIA Agenzia per la promozione all'estero e l'internazionalizzazione delle imprese italiane.
- Blackburn, R.S. ed. al, 2009. "Sustainable Textiles: Life Cycle and Environmental Impact". Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited/The Textile Institute.
- CentroCot, in collaborazione con Ambiente Italia Srl, per il progetto Life+ PREFER, 2016. "Product Environmental Footprint Report del Distretto Tessile Lombardo sulla tovaglia 100% cotone".
- Cotton incorporated e PE International ,2012. "LCA of cotton fiber and fabric" (full report). Prepared for VISION 21 a project of The Cotton Foundation (<http://cottontoday.cottoninc.com>).
- EcoForum, 2015. "Report: Assessment of global warming potential of two textile services". European Textile Services Association ETSA.
- ETSA "100% cotton or a polyester/cotton blend? The environmental impact of your workwear" basato su Life Cycle Assessment - Berendsen Profile Workwear - Master Thesis by Morten Søres Hansen and Jesper Krarup Holst, 2002, Danish Technical University, in collaborazione con Berendsen.

- ETSA, 2000. "Industrial Laundering. Good for environment – LCA study summary". European Textile Services Association ETSA.
- European Commission, 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. European IPPC Bureau, Siviglia, Spagna.
- European Commission - Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2012: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. Luxembourg.
- Fazio, S. Castellani, V. Sala, S., Schau, EM. Secchi, M. Zampori, L. *Supporting information to the characterization factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods*, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, doi: 10.2760/671368.
- Grace, P., Gane, M., Garcia, F., 2009. "Life Cycle Assessment of a 100% Australian-Cotton T-Shirt". Brisbane, Australia.
- Herva, M., Franco, A., Ferreira, S., Alvarez, A., Roca, E., 2008. "An approach for the application of the Ecological Footprint as environmental indicator in the textile sector".
- ISPRA, 2015. Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2017.
- Jewell J. (PE International per Textile Rental Services Association of America), 2014. "Comparative Life Cycle Assessment of Reusable vs. Disposable Textiles". Exponent.
- Kalliala, E., Nousiainen, P., 1999. "Environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics". Autex Res.
- Kirchain R., Olivetti E., Miller T.R., Greene S., 2015. "Sustainable Apparel Materials: An overview of what we know and what could be done about the impact of four major apparel materials: Cotton, Polyester, Leather, & Rubber". Materials Systems Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. Science Shop Wageningen University & Research Centre, report number 223.
- Kooistra K. e Termorshuizen A., Biological Farming Systems, Wageningen University, 2006. "The sustainability of cotton. Consequences for man and environment".
- Laursen S.E., Hansen J. et al., 2007, "EDIPTEx - environmental assessment of textiles". Working Report No. 24, Danish Technological Institute – Danish Ministry of the Environment.
- Medina G., Boyano A., Kaps R., Arendorf J., Bojczuk K., Sims E., Menkveld R., Golsteijn L., Gaasbeek A., 2015; Revision of the European Ecolabel Criteria for: Laundry detergents and industrial and institutional laundry detergents; EUR 27380 EN; doi:10.2791/0171. JRC.
- Murugesh Babu. K* e Selvadass.M, Department of Textile Technology, Bapuji Institute of Engineering and Technology, Visvesvaraya Technological University, Davangere, India, 2013. "Life Cycle Assessment for Cultivation of Conventional and Organic Seed Cotton fibres". International Journal of Research in Environmental Science and Technology.
- Muthu, S.S., 2015. "Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing, 1st ed., Woodhead publishing e The Textile Institute.
- Muthu, S.S., 2014. "Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain", 1st ed. Woodhead publishing.
- Muthu, S.S., Li, Y., Hu, J.Y., Ze, L., 2012. "Carbon footprint reduction in the textile process chain: Recycling of textile materials". Fibers Polym.

- Palamutcu S., 2010, "Electric energy consumption in the cotton textile processing stages". Energy journal 35(7):2945-2952 (journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy)
- Roos S., Sandin G., Zamani B., Peters G., 2015. "Report Environmental assessment of Swedish fashion consumption. Five garments – sustainable futures". Mistra Future Fashion Consortium.
- Søggaard S., 2014. "Laundry Operations". Laundry Logics aps, Danimarca (Pubblicato in UK in collaborazione con TSA - Textile Services Association).
- Symbola, 2015, "Waste End. Economia circolare, nuova frontiera del made in Italy".
- Textile Exchange, 2014. "Life Cycle Assessment (LCA) of Organic Cotton. A global average (final report)". PE International Sustainability Performance.
- Van der Velden N. M., Patel M. K. e Vogtländer J. G. , 2013. "LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl or elastane", International Journal of Life Cycle Assessment (19, 331-356).
- Verghese K., Hedditch B., Hayes G., Fitzpatrick L., Lewis H. (The Sustainable Packaging Alliance Limited), 2009. "Environmental impacts of shopping bags". Woolworths Limited.

8 ALLEGATO 1

I. RISULTATI DELLA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEI DATI

Fase	Voce	Tipo di dato	Rapp. Tecnologica (TeR)	Rapp. Geografica (RG)	Rapp. Temporale (TIR)	Incertezza (P)	Valore complessivo DQR	Giudizio complessivo
Produzione del tessuto	Consumo di materia prima	Specifico, da aziende	1	5	2	2	2,5	Soddisfacente
	Consumo di energia elettrica	Specifico, da aziende	1	2	2	1	1,5	Molto buono
	Consumo di energia termica	Specifico, da aziende	1	5	2	1	2,25	Soddisfacente
	Consumo di acqua	Specifico, da aziende	1	5	2	1	2,25	Soddisfacente
	Consumo di materie ausiliari	Specifico, da aziende	3	5	2	2	3	Soddisfacente
	Emissioni in aria	Specifico, da aziende	2	5	2	1	2,5	Soddisfacente
	Scarichi idrici	Specifico, da aziende	3	5	2	1	2,75	Soddisfacente
	Sotto prodotti / rifiuti	Specifico, da aziende	3	5	2	1	2,75	Soddisfacente
	Trasporto produttore-lavanderia	Specifico, da aziende	1	5	1	1	2	Buono
Fase d'uso (lavaggio industriale, ritiro e consegna)	Consumo di materia prima	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
	Consumo di energia elettrica	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
	Consumo di energia termica	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
	Consumo di acqua	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
	Consumo di materie ausiliari	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
	Emissioni in aria	Specifico, da aziende	2	1	2	1	1,5	Molto buono
	Scarichi idrici	Specifico, da aziende	2	1	1	2	1,5	Molto buono
	Sotto prodotti / rifiuti	Specifico, da aziende	1	1	1	1	1	Molto buono
MEDIA							1,79	Buono



Fase	Voce	Tipo di dato	Rapp. Tecnologica (TeT)	Rapp. Geografica (RG)	Rapp. Temporale (TIR)	Incertezza (P)	Valore complessivo DQR	Giudizio complessivo
Produzione tessile	Estrazione - consumo di materie prime	Processo GaBi Professional	2	5	2	2	2,75	Soddisfacente
	Produzione e distribuzione di elettricità	Processo GaBi Professional	2	4	2	2	2,5	Soddisfacente
	Distribuzione e consumo acqua	Processo GaBi Professional	2	4	2	2	2,5	Soddisfacente
	Produzione di materie ausiliari	Processo GaBi Professional	2	3	2	2	2,25	Soddisfacente
	Emissioni in aria	Processo GaBi Professional	2	4	2	2	2,5	Soddisfacente
	Processo di trattamento discarica	Processo GaBi Professional	2	3	2	2	2,25	Soddisfacente
	Processo di trattamento incenerimento	Processo GaBi Professional	2	3	2	2	2,25	Soddisfacente
Produzione degli ausiliari	Produzione e distribuzione di elettricità	Processo GaBi Professional	2	2	4	1	2,25	Soddisfacente
	Produzione e distribuzione del combustibile	Processo GaBi Professional	3	3	4	1	2,75	Soddisfacente
	Distribuzione e consumo acqua	Processo GaBi Professional	3	3	4	2	3	Soddisfacente
	Produzione di materie ausiliari	Processo GaBi Professional	3	3	4	2	3	Soddisfacente
	Combustione dei combustibili dei mezzi	Processo GaBi Professional	3	3	4	2	3	Soddisfacente
	Processo di trattamento discarica	Processo GaBi Professional	3	3	4	2	3	Soddisfacente
	Processo di trattamento incenerimento	Processo GaBi Professional	3	3	4	2	3	Soddisfacente
Produzione degli imballaggi	Produzione e distribuzione di elettricità	Processo GaBi Professional	2	2	2	1	1,75	Buono
	Produzione e distribuzione del combustibile	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
	Distribuzione e consumo acqua	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
	Produzione di materie ausiliari	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
	Combustione dei combustibili dei mezzi	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
	Processo di trattamento discarica	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
	Processo di trattamento incenerimento	Processo GaBi Professional	3	3	2	2	2,5	Soddisfacente
Fine vita	Trasporti - mezzi	Processo GaBi Professional	2	5	2	1	2,5	Soddisfacente
	Processo di trattamento discarica	Processo GaBi Professional	2	3	2	1	2	Buono
	Processo di trattamento incenerimento	Processo GaBi Professional	2	3	2	1	2	Buono
MEDIA							2,51	Soddisfacente