

Valutazione degli impatti ambientali del ciclo di vita “dalla culla al cancello” di Denim post-consumer recycled

III

#INNOVATORS

Candiani
DENIM

Premium Recycled Denim



A cura di Riccardo Fornaroli

Sommario

1. Ambito dello studio	3
2. Lo scopo dello studio	3
3. La funzione e l'unità funzionale scelte	3
4. I confini del sistema	3
5. Il metodo di calcolo	5
6. Analisi di inventario	7
6.1 Denim Standard	7
6.1.1 Processo di produzione del tessuto di cotone	8
6.1.2 Tintura continua del tessuto di cotone	9
6.1.3 Finissaggio del tessuto di cotone	10
6.1.4 Trasporto del prodotto finito	10
6.2 Denim Post Consumer Recycled	11
6.2.1 Processo di coltivazione e ginning di cotone a fibra lunga (RG)	12
6.2.2 Processo di raccolta e lavorazione "scarti di denim"	13
6.2.3 Processo di filatura cotone PCR/RG	14
6.2.4 Processo di tessitura denim PCR/RG	14
6.2.5 Processo di tintura denim PCR/RG	15
6.2.6 Processo di finissaggio denim PCR/RG	15
6.2.7 Assemblaggio denim PCR/RG	16
7. Impatti	17
7.1 Denim Standard	17
7.2 Denim Post Consumer Recycled	21
7.3 Confronti tra gli impatti dei due prodotti	27
8. Conclusioni	30

1. Ambito dello studio

Dati di input: Dati primari, per quanto possibile

Estensione: Dalla materia prima al tessuto (tessitura, tintura, finissaggio)

Data Base utilizzato: Ecoinvent 3.7.1

Unità funzionale: 1 kg di Denim Post Consumer Recycled (KR7228RG K-NEW GRAND CRU), prodotto da Candiani S.p.A.

Prodotto di riferimento: 1 kg di “Denim Standard”, dalla materia prima al tessuto finito (coltivazione, ginning, filatura, tessitura, tintura, finissaggio).

2. Lo scopo dello studio

Lo scopo di questo studio consiste nella valutazione dell'impatto ambientale legato alla produzione del denim Post Consumer Recycled (KR7228RG K-NEW GRAND CRU), a partire dalla materia prima al tessuto finito (filatura, tessitura, tintura, finissaggio) con cotone “rigenerativo” (RG) prodotto in Spagna da Algosur S.A (trasportato da ECOM AGROINDUSTRIAL CORP. LTD) e denim Post Consumer Recycled (PCR) fornito da Humana People to People Italia e lavorato da Filatura Astro S.r.l. Come riferimento, è stato preso un tessuto analogo prodotto con tecnologie convenzionali, ovvero un denim standard prodotto a partire da cotone coltivato e lavorato a scala globale con processi produttivi localizzati principalmente in Asia e Stati Uniti.

3. La funzione e l'unità funzionale scelte

Come funzione è stata considerata la produzione dei due tessuti in esame; le proprietà dei due prodotti trovano applicazioni pratiche (ad esempio: tipologia di impiego, resistenza meccanica, resa estetica e durevolezza) che possono essere considerate uguali e sono quindi ideali per il confronto dei rispettivi impatti ambientali.

Come unità funzionale è stata scelto un kilogrammo di tessuto a valle del processo di finissaggio e pronto per essere spedito ai clienti (cradle to gate). Questo significa che i flussi di materiali ed energia sono stati raccolti facendo riferimento alla quantità fissata per entrambi i prodotti.

4. I confini del sistema

In accordo con la volontà di eseguire un'indagine complessiva del problema, sono stati considerati tutti i processi preliminari rispetto alla produzione del denim in esame: questo significa che sono stati analizzati anche tutti gli aspetti connessi con l'approvvigionamento delle materie prime e la fornitura dell'energia e dell'acqua. I flussi di materiale ed energia che interessano il sistema esaminato sono stati valutati e classificati in funzione del loro effetto sull'ambiente: a seconda dei casi, infatti, essi possono impoverire o arricchire l'ambiente esterno. Nella prima eventualità l'ambiente funge da serbatoio (ad esempio: utilizzo dell'acqua di falda), mentre nella seconda da sistema di scarico (ad esempio: emissioni di CO₂ nell'atmosfera). Come confini del sistema sono stati considerati quelli

delle aziende in cui vengono svolti i singoli processi di cui è presentata una schematizzazione in Figura 4.1 per il Denim Standard ed in Figura 4.2 per il Denim Post Consumer Recycled.

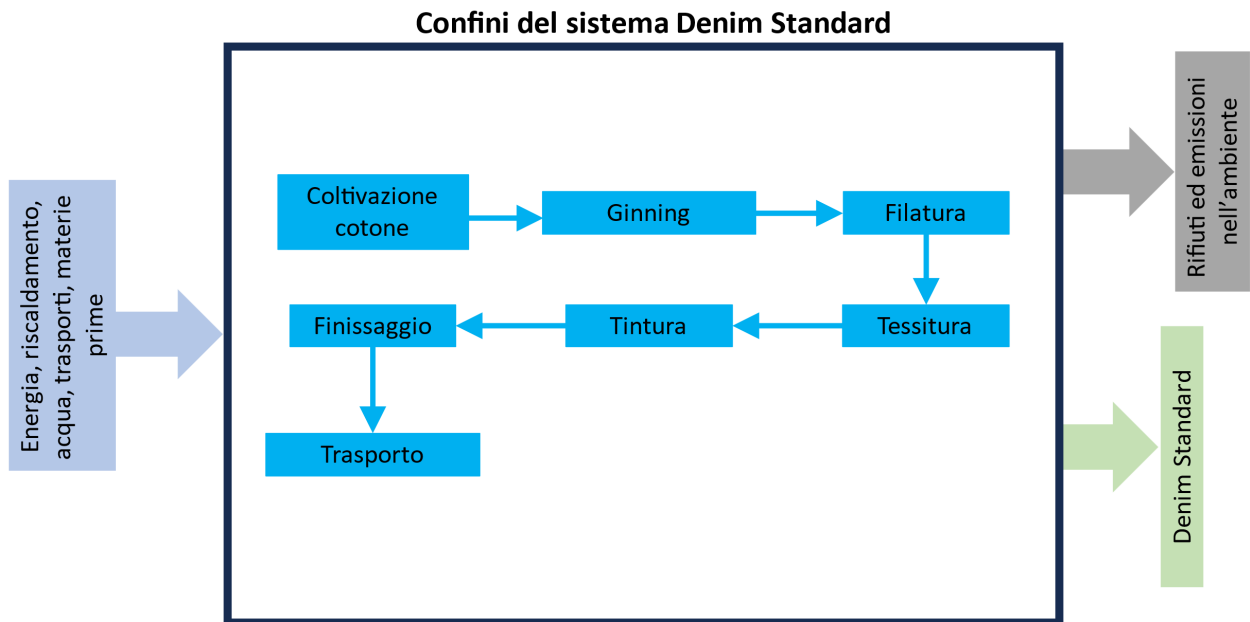


Figura 4.2: Schema relativo ai confini del sistema analizzato per la produzione di Denim Standard

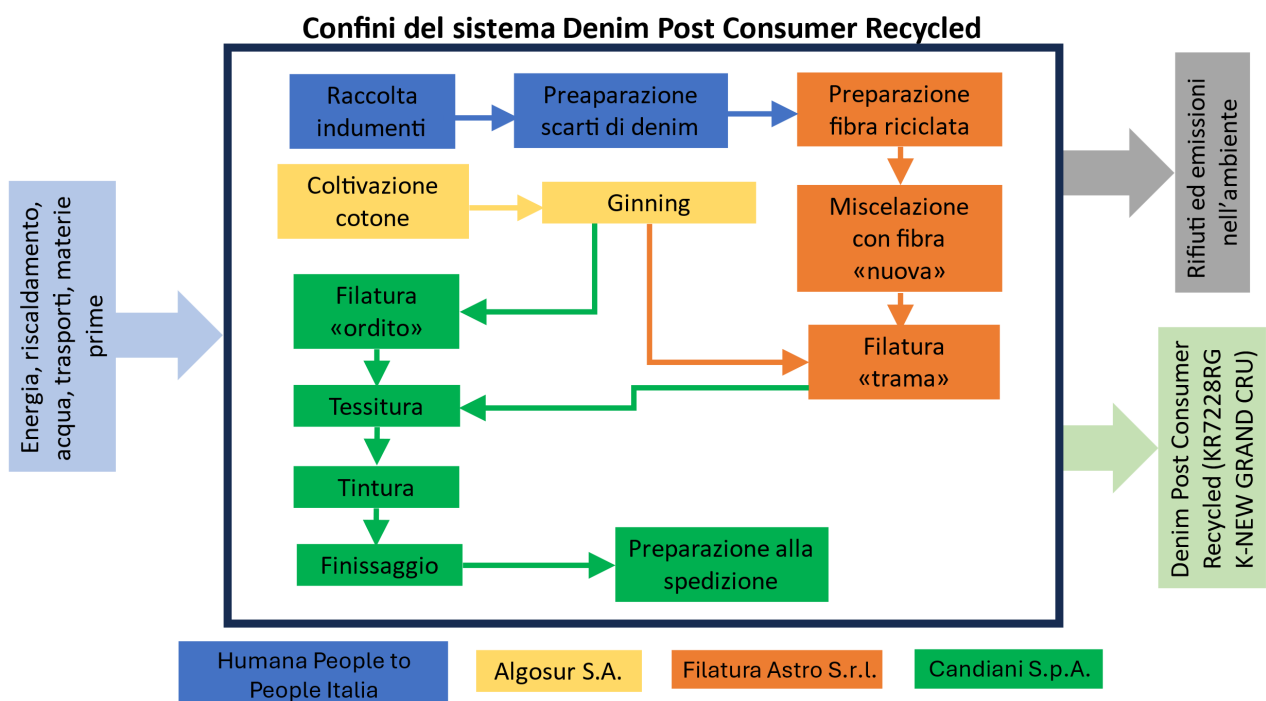


Figura 4.1: Schema relativo ai confini del sistema analizzato per la produzione di Denim Post Consumer Recycled, con l'indicazione delle aziende che gestiscono le diverse fasi del processo

Per definire i confini del sistema, è stato necessario porre alcune condizioni; esse sono descritte di seguito:

Criteri di taglio

Nel presente studio non è stato effettuato alcun taglio ai flussi di materiale: tutti i flussi necessari per l'indagine sono stati considerati nel loro intero percorso (dall'entrata all'uscita del sistema), a patto che i dati fossero sufficienti. Per i dati relativi alle emissioni non stimabili dai dati raccolti sono stati utilizzati i coefficienti di emissione dei processi più simili presenti nel database Ecoinvent 3.7.1

Allocazione

Gli impatti totali del processo sono stati suddivisi tra i singoli sotto-processi, in funzione del ruolo che ciascuno di essi aveva nella filiera. Allo stesso modo sono stati trattati i valori relativi a emissioni e smaltimenti connessi al processo produttivo: anche in questo caso è stata effettuata una suddivisione, tenendo conto dei vari contributi.

Riferimenti geografici e cronologici

Per la valutazione del prodotto di riferimento (Denim Standard) si è fatto riferimento ai processi "medi" globali (GLO), in cui, per ogni processo, vengono considerate diverse tecnologie e diversi paesi produttori successivamente pesati in funzione della loro rilevanza produttiva a scala globale.

Per la valutazione del prodotto studiato (Denim Post Consumer Recycled) i calcoli effettuati si riferiscono al paese in cui ha luogo il singolo processo. Si tratta dell'Italia per i processi gestiti da Candiani S.p.A., Filatura Astro S.r.l., ECOM AGROINDUSTRIAL CORP. LTD e Humana People to People Italia, mentre la Spagna è stata utilizzata per il ginning da parte di Algosur S.A. Per tutti i processi e i materiali per cui non erano disponibili informazioni specifiche per i paesi in oggetto si è utilizzata in prima istanza l'area geografica RER (Europa), se non disponibile RoE (Resto dell'Europa), RoW (Resto del mondo) oppure GLO (Globale).

Come anno di riferimento per tutte le valutazioni è stato scelto il 2023.

5. Il metodo di calcolo

Endpoint ReCiPe 2016 v1.1, prospettiva gerarchica (H).

È il metodo endpoint ReCiPe predefinito. Il metodo ReCiPe 2016 è una nuova versione di ReCiPe 2008, creata in Olanda da una collaborazione tra il National Institute for Public Health and Environment (RIVM), la Radboud University Nijmegen, la Leiden University e la società PRé Sustainability.. Il metodo include fattori di normalizzazione globale per l'anno di riferimento 2010.

In Figura 5.1 sono riportati le categorie di impatto (midpoint) considerate da questo metodo e la loro relazione con le aree di protezione (endpoint). Le categorie di impatto (midpoint) saranno utilizzate per individuare gli aspetti più critici mentre le valutazioni successive saranno basate sugli impatti complessivi (endpoint).

Il ciclo di vita di un prodotto è collegato a un numero molto elevato di emissioni di sostanze e all'utilizzo di diverse risorse che possono avere diversi livelli di rilevanza ambientale. La valutazione dell'impatto del ciclo di vita traduce queste emissioni ed estrazioni di risorse in un numero limitato di punteggi di impatto ambientale. Ciò avviene mediante i cosiddetti fattori di caratterizzazione che quantificano l'impatto ambientale per unità di fattore di stress (ad esempio per quantità di risorse utilizzate o di emissioni rilasciate).

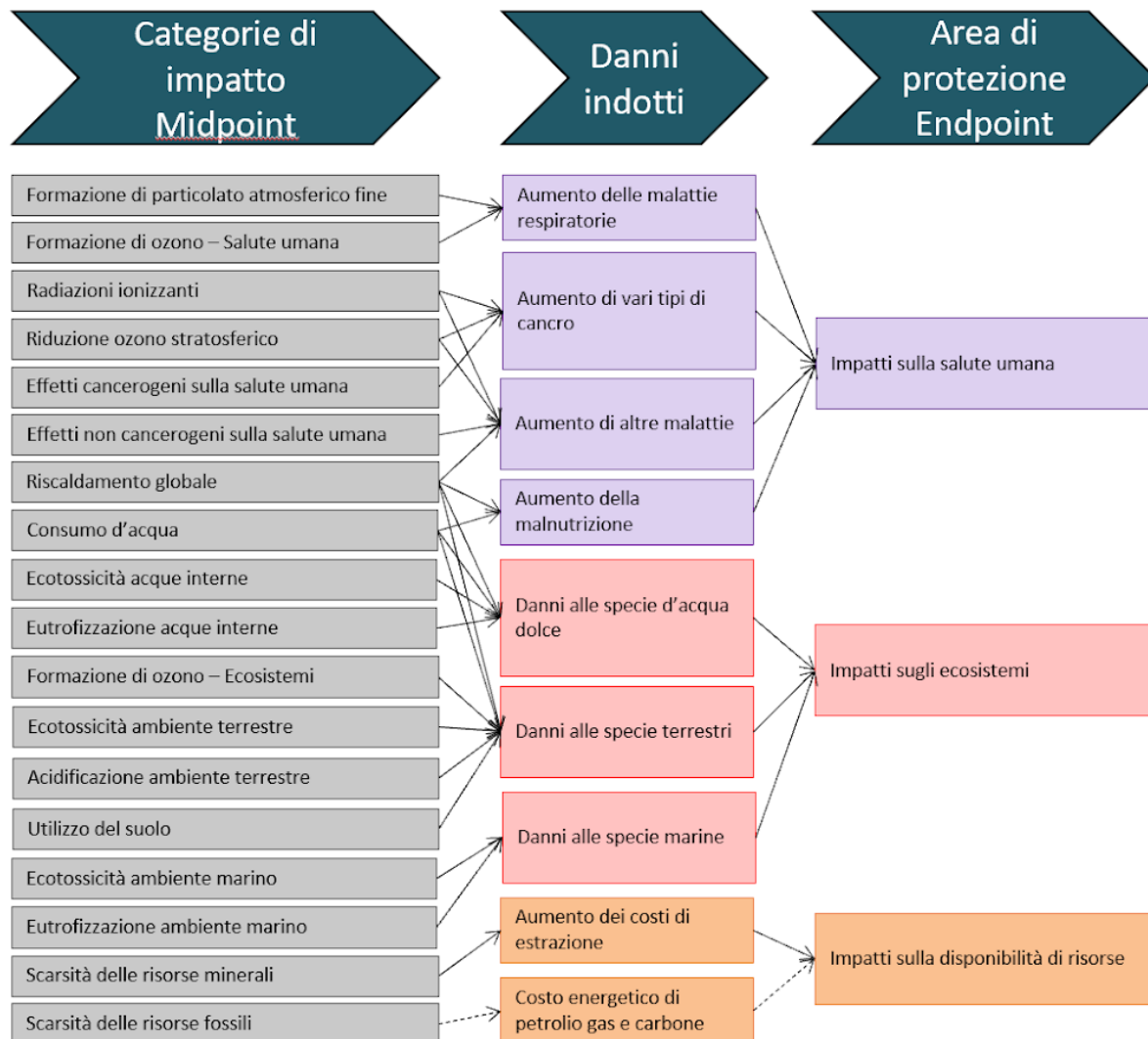


Figura 5.1 - Panoramica delle categorie di impatto (midpoint) coperte dalla metodologia ReCiPe2016 e della loro relazione con le aree di protezione (endpoint).

La salute umana, la qualità dell'ecosistema e la scarsità delle risorse sono state selezionate come tre aree di protezione (o endpoint) per l'attuazione della metodologia ReCiPe2016. L'unità di misura per i danni sulla salute umana è il DALY (attesa di vita corretta per disabilità) e rappresenta gli anni in cui una persona diventa disabile a causa di una malattia o di un incidente. L'unità di misura per i danni agli ecosistemi è la perdita di specie locali integrata nel tempo (numero di specie perse all'anno). L'unità di misura per la scarsità delle risorse è il dollaro (\$) e rappresenta i costi aggiuntivi necessari per la futura

estrazione di risorse minerali e fossili. Il processo che porta al calcolo di questi indicatori è detto normalizzazione.

L'importanza relativa dei diversi endpoint viene attribuita attraverso la fase di pesatura per ottenere dei valori confrontabili. In questo studio sono stati utilizzati i coefficienti di pesatura della prospettiva gerarchica (H) per ottenere i Pt (Punti di impatto) che permettono la quantificazione ed il confronto degli impatti sui tre endpoint considerati.

Per tutte le valutazioni sono stati esclusi gli impatti delle infrastrutture e le emissioni a lungo termine (>100 anni).

6. Analisi di inventario

6.1 Denim Standard

Per valutare gli impatti del prodotto di riferimento (Denim Standard), sono state utilizzate le informazioni disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1. Una schematizzazione dei processi coinvolti e dei relativi impatti è riportata in Figura 6.1.

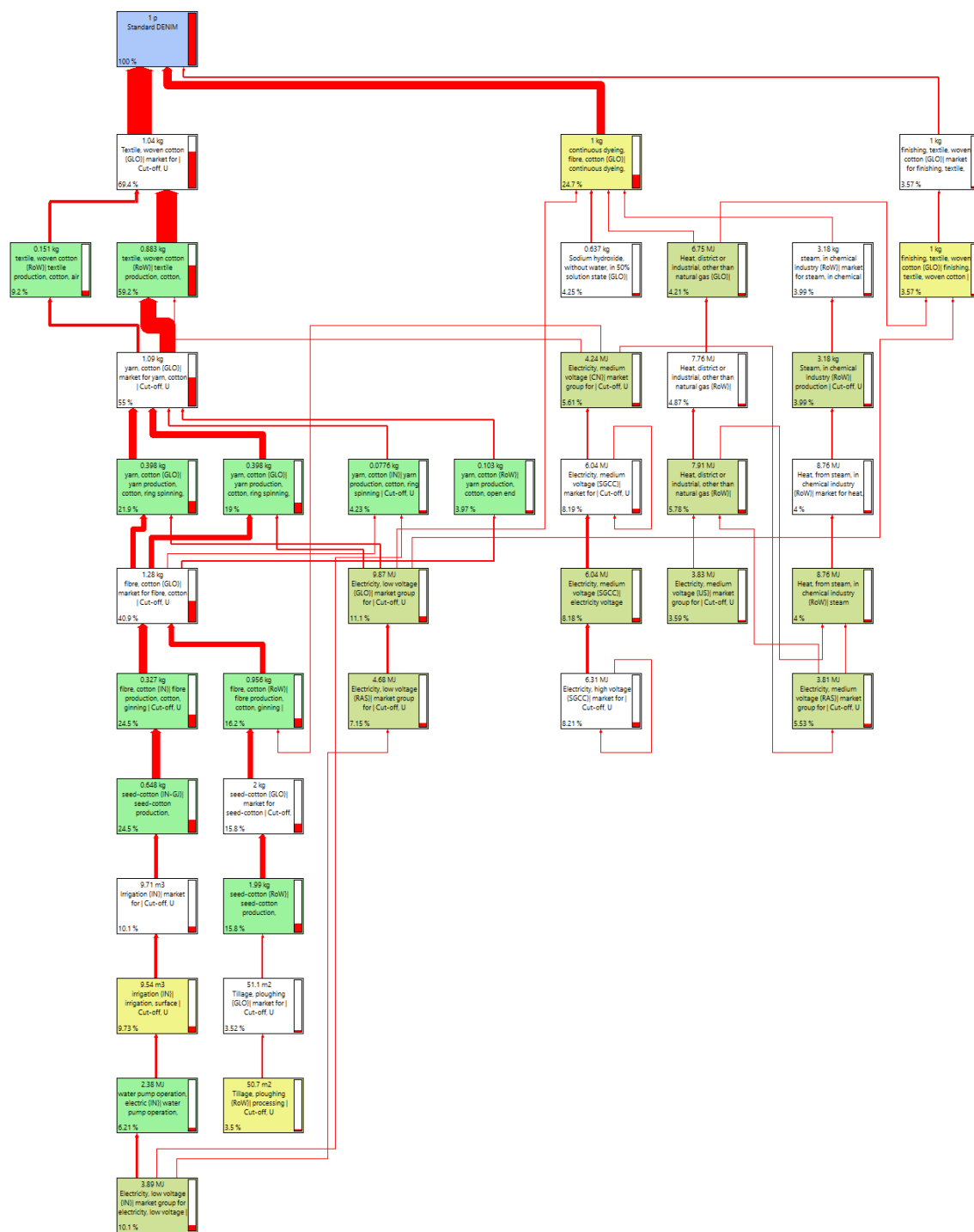


Figura 6.1 - Schematizzazione dei principali flussi di energia e materiali relativi alla produzione di 1 kg di Denim Standard, dalla materia prima al tessuto, attraverso le fasi di filatura, tessitura, tintura e finissaggio utilizzando le informazioni disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1. In % è riportato il contributo relativo di ciascun processo. Sono stati esclusi i processi con contributo inferiore al 3.5%.

Nello grafico riportato in Figura 6.1 lo spessore delle frecce indica l'entità dell'impatto dovuto ai vari processi. La stessa informazione è riportata in percentuale nell'angolo in basso a sinistra dei box relativi ai singoli processi. Le informazioni riportate in alto al centro di ogni box si riferiscono invece alla quantità di materiali/energia/servizi per unità funzionale, necessari cioè alla produzione di 1 kg di Denim Standard.

La produzione del tessuto in cotone, la cui schematizzazione è riportata nell'area sinistra del grafico, rappresenta il processo più complesso e che causa i maggiori impatti. Gli impatti causati aumentano in modo graduale tra le varie fasi del processo di produzione del tessuto in cotone (coltivazione, ginning, filatura e tessitura) e non si evidenzia una fase più critica delle altre dal punto di vista ambientale. Gli impatti del processo di tintura, rappresentato al centro del grafico, sono legati in buona parte all'utilizzo di prodotti chimici ed in secondo luogo al consumo di energia elettrica, al riscaldamento e alla produzione di vapore. Il processo di finissaggio, rappresentato nell'area destra del grafico sono i più contenuti tra i tre processi considerati e principalmente legati all'utilizzo di energia elettrica e al riscaldamento.

6.1.1 Processo di produzione del tessuto di cotone

Per il processo di produzione del tessuto sono stati utilizzati i dati ricavati da Ecoinvent 3.7.1, raccolti da aziende a livello globale, localizzate in India, Bangladesh, Cina e Stati Uniti. Il processo inizia con la coltivazione del cotone (agricoltura tradizionale) ed il ginning che generalmente avvengono nella stessa azienda.

Per la fase di coltivazione sono considerati l'utilizzo di suolo, la lavorazione del terreno, l'irrigazione, l'uso e la produzione di semi, fertilizzanti, pesticidi, ormoni per la crescita, e tutte le emissioni derivanti da tali operazioni. Il processo termina con la raccolta dei semi di cotone.

Per il processo di ginning, che prevede la lavorazione di 2,08 kg di semi di cotone per ottenere 1 kg di fibre, è stato considerato il consumo di energia (elettricità e produzione di calore).

La filatura è localizzata generalmente nello stesso paese dove avviene la coltivazione del cotone, ma da aziende differenti. La tecnologia più impiegata è quella tradizionale (75%) ma viene utilizzata anche la tecnologia Open End (nel restante 25% dei casi).

Anche la tessitura è localizzata generalmente nello stesso paese dove avviene la produzione del filato, ma da aziende differenti. La tecnologia più impiegata è quella con telai a getto d'aria (85%) ma la tecnologia tradizionale viene ancora applicata nel 15% dei casi.

I processi di coltivazione e ginning, filatura e tessitura includono i trasporti tra i siti di lavorazione, principalmente localizzati nello stesso paese. Vengono considerati i trasporti per via aerea, navale e stradale.

Sono stati utilizzati dati relativi alla produzione di $1,097 * 10^{12}$ kg di tessuto in cotone, successivamente normalizzati alla produzione di 1kg.

Le emissioni nei diversi comparti sono state valutate sulla base di dati primari e completate con dati predefiniti da Ecoinvent 3.7.1.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Utilizzo del suolo;

- Attività di lavorazione del terreno;
- Prodotti chimici;
- Acqua;
- Trasporto del materiale tra le diverse aziende coinvolte;
- Elettricità;
- Riscaldamento

Output:

- Prodotto: tessuto in cotone;
- Prodotti intermedi: semi di cotone, fibre di cotone, filato in cotone;
- Rifiuti: acque reflue, emissioni nel terreno, emissioni in aria, rifiuti solidi non differenziati, scarti di filato e tessuto.

6.1.2 Tintura continua del tessuto di cotone

Per il processo di tintura del tessuto sono stati utilizzati i dati ricavati da Ecoinvent 3.7.1, raccolti da aziende a livello globale. Il processo comprende il pretrattamento del tessuto di cotone grezzo prima della tintura, e la tintura. Include l'uso di elettricità, riscaldamento e prodotti chimici.

Sono stati utilizzati dati relativi alla tintura di $7 * 10^{10}$ kg di tessuto in cotone, successivamente normalizzati all'unità funzionale. Per tenere conto delle perdite l'unità funzionale è stata corretta a 1,04 kg di tessuto.

Le emissioni nelle acque sono state valutate sulla base di dati primari e completate con dati predefiniti, considerando il trattamento delle acque reflue.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Tessuto in cotone;
- Trasporto alla sede di lavorazione;
- Prodotti chimici;
- Acqua;
- Elettricità;
- Riscaldamento;
- Vapore

Output:

- Prodotto: tessuto in cotone tinto;
- Coprodotti: altri indumenti riciclati/riutilizzati, allocazione su base massa 99.5%.
- Rifiuti: acque reflue, emissioni nel terreno, rifiuti solidi non differenziati, scarti di filato e tessuto.

6.1.3 Finissaggio del tessuto di cotone

Per il processo di finissaggio del tessuto sono stati utilizzati i dati ricavati da Ecoinvent 3.7.1, raccolti da aziende a livello globale. Viene trattato il tessuto di cotone dopo la tintura

e viene prodotto il tessuto pronto per la spedizione. Il processo include l'uso di elettricità e prodotti chimici e il riscaldamento.

Sono stati utilizzati dati relativi al finissaggio di $3,77 * 10^{10}$ kg di tessuto in cotone, successivamente normalizzati all'unità funzionale di 1 kg, contrariamente alla fase precedente, non sono previste perdite durante la lavorazione.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Tessuto in cotone dopo il processo di tintura;
- Trasporto alla sede di lavorazione;
- Prodotti chimici;
- Acqua;
- Elettricità;
- Riscaldamento.

Output:

- Prodotto: Tessuto in cotone pronto per la spedizione;
- Rifiuti: Acque reflue, Emissioni nel terreno, Rifiuti solidi non differenziati, Scarti di filato e tessuto.

6.1.4 Trasporto del prodotto finito

Per il processo di trasporto sono stati utilizzati i dati ricavati da Ecoinvent 3.7.1, raccolti da aziende a livello globale. Il processo prevede il trasporto via nave dalla zona di produzione (Asia o Stati Uniti) a quella di utilizzo (Europa). Il processo inizia con il carico del materiale nel container e termina con la consegna del materiale al porto di destinazione. Questo processo include l'uso della nave, del container, il consumo di gasolio e le attività portuali.

Sono stati utilizzati dati relativi al trasporto di $3,7 * 10^{13}$ tkm (tonnellate per chilometro), successivamente normalizzati all'unità funzionale, in questo caso al trasporto di 1 kg per 1 km. È stato ipotizzato un trasporto di 20.000 km per la fornitura al mercato Europeo.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Mantenimento nave cargo;
- Mantenimento container;
- Gasolio;
- Elettricità;
- Riscaldamento.

Output:

- Prodotto: trasporto della merce;
- Rifiuti: emissioni in aria, emissioni in acqua, olio di sentina

6.2 Denim Post Consumer Recycled

Per valutare gli impatti del prodotto di studio (Denim Post Consumer Recycled), sono state utilizzate le informazioni fornite dalle aziende coinvolte nel processo e completate con i dati disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1. Una schematizzazione dei processi

coinvolti e dei relativi impatti è riportata in Figura 6.2. In questo grafico le frecce di colore verde rappresentano gli impatti evitati, mentre quelle rosse indicano gli impatti causati all'ambiente. Lo spessore indica l'entità dell'impatto dei vari processi. La stessa informazione è riportata in percentuale nell'angolo in basso a sinistra dei box relativi ai singoli processi. Le informazioni riportate in alto al centro di ogni box si riferiscono invece alla quantità di materiali/energia/servizi necessari per unità funzionale, cioè per la produzione di 1 kg di Denim Post Consumer Recycled.

Gli impatti della produzione del filato in cotone PCR/RG vengono compensati dagli impatti evitati dal riciclo della materia come indicato dalle frecce verdi e le percentuali di impatti associate con questa fase del processo risultano negative. I processi di produzione del tessuto ed in particolare la produzione di filato a partire da cotone biologico e la successiva tessitura risultano più impattanti delle fasi successive (tintura e finissaggio).

La produzione del tessuto, schematizzata nell'area centro-sinistra del grafico, è il processo più complesso e causa i maggiori impatti. Gli impatti causati dalla coltivazione del cotone sono più elevati di quelli legati alle fasi successive (ginning, filatura e tessitura) e rappresentano il 42% degli impatti complessivi. Gli impatti della produzione del filato in cotone PCR/RG (al centro del grafico) vengono compensati dagli impatti evitati dal riciclo della materia prima, come indicato dalle frecce verdi e le percentuali di impatto negative. Gli impatti dei processi di tintura e finissaggio, rappresentati nell'area destra del grafico, incidono complessivamente meno del 20% e sono principalmente legati all'utilizzo di sostanze chimiche e energia elettrica. L'energia utilizzata per il riscaldamento, il cui processo di produzione è rappresentato al centro del grafico, provoca impatti ambientali rilevanti, paragonabili a quelli della fase di tintura.

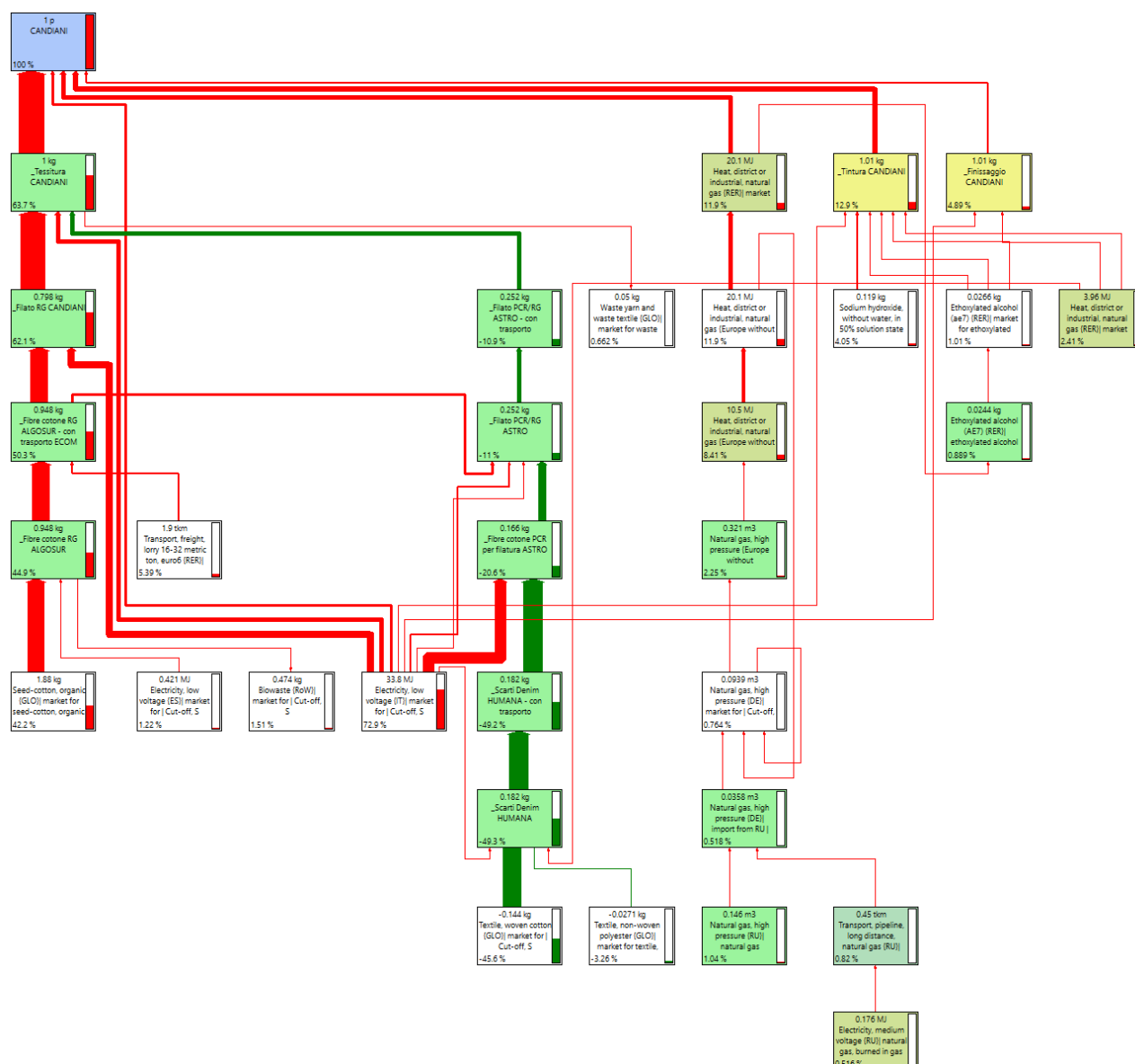


Figura 6.2 - Schematizzazione dei principali flussi di energia e materiali relativi alla produzione di 1 kg di denim PCR, dalla materia prima al tessuto comprese filatura, tessitura, tintura e finissaggio utilizzando le informazioni fornite dalla filiera oppure disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1. In % è riportato l'impatto relativo di ciascuno processo. Sono stati esclusi i processi con contributo inferiore allo 0,50%.

6.2.1 Processo di coltivazione e ginning di cotone a fibra lunga (RG)

Per il processo di coltivazione e ginning sono stati utilizzati i dati ricavati da Ecoinvent 3.7.1, raccolti da aziende a livello globale, localizzate in India, Bangladesh, Cina e Stati Uniti. I consumi energetici sono stati attribuiti completamente al mercato spagnolo vista la localizzazione dell'azienda produttrice (Alsosur S.A.).

Il processo inizia con la coltivazione del cotone (agricoltura biologica) ed il ginning che generalmente avvengono nella stessa azienda. Nella fase di coltivazione rientrano l'utilizzo del suolo, la lavorazione del terreno l'uso e la produzione dei semi e del compost, e tutte le emissioni che ne derivano. Il processo termina con la raccolta dei semi di cotone. Per il processo di ginning è stato considerato un consumo di energia pari a quello disponibile nel database Ecoinvent mentre si è considerata la Spagna come unico paese

di utilizzo invece del mix di paesi utilizzato per caratterizzare il processo a scala globale. Il processo prevede la lavorazione di 1,98 kg di semi di cotone per ottenere 1 kg di fibre. Il processo comprende il trasporto per 2.000 km dalla sede di lavorazione (Lebrjia, ES) a Candiani S.p.a. (Robecchetto con Induno, IT).

Sono stati utilizzati dati relativi alla produzione di $1,23 \cdot 10^8$ kg di fibre in cotone biologico (RG), normalizzati alla produzione di 1 kg (unità funzionale) di prodotto finito.

Le emissioni nei diversi comparti sono state valutate sulla base di dati primari e completate con dati predefiniti per la creazione del database Ecoinvent e non sono state modificate per questo studio.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Utilizzo del suolo;
- Attività di lavorazione del terreno;
- Compost;
- Acqua;
- Trasporto del materiale dalla sede di lavorazione a Candiani S.p.a. (dati forniti da ECOM AGROINDUSTRIAL CORP. LTD).

Output:

- Prodotto finale: fibre di cotone RG;
- Rifiuti: acque reflue, emissioni nel terreno, emissioni in aria, rifiuti solidi non differenziati, rifiuti organici.

6.2.2 Processo di raccolta e lavorazione “scarti di denim”

Per il processo di raccolta e lavorazione di scarti di denim sono stati utilizzati i dati forniti da HUMANA PEOPLE TO PEOPLE ITALIA. Il processo inizia con la raccolta degli abiti da riciclare e il conferimento alla sede di lavorazione dove questi vengono prima igienizzati e poi separati in funzione del materiale e del destino successivo. Gli scarti di denim rappresentano meno del 1% della produzione totale. Prima della spedizione agli scarti di denim vengono rimosse tutte le parti metalliche con l'utilizzo di una taglierina industriale.

Sono stati utilizzati dati relativi alla produzione di 9.800 kg di scarti di denim, successivamente normalizzati alla produzione di 1 kg di prodotto finito.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Trasporto del materiale dai punti di raccolta alla sede di lavorazione;
- Prodotti chimici (Ozono per disinfezione);
- Elettricità;
- Riscaldamento;
- Trasporto del materiale dalla sede di lavorazione a Filatura Astro S.r.l.

Output:

- Prodotto: scarti di denim, allocazione su base massa 0,5%;
- Coprodotti: altri indumenti riciclati/riutilizzati, allocazione su base massa 99,5%;

- Rifiuti: solidi, in parte riciclati, in parte inceneriti, emissioni in aria;
- Prodotti evitati: Cotone (fibre e tessuto), poliestere (tessuto), polipropilene (tessuto).

6.2.3 Processo di filatura cotone PCR/RG

Per il processo di filatura sono stati utilizzati i dati forniti da Filatura Astro S.r.l. Il processo inizia con la lavorazione di scarti di denim che vengono sfilacciati (con una perdita di circa il 10%) in modo da poter essere utilizzati per la successiva filatura Open End con fibre di cotone RG in proporzione 60/40 (con una perdita ulteriore di circa il 10%). Dagli scarti di questi processi viene generata della sotto-carda (1%) venduta e riutilizzata per produrre ovatte.

Sono stati utilizzati dati relativi alla produzione di 21.485 kg di filato PCR/RG, successivamente normalizzati alla produzione di 1 kg di prodotto finito.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Acqua;
- Elettricità;
- Riscaldamento;
- Prodotti chimici;
- Fibre cotone RG;
- Scarti di denim PCR;
- Trasporto del materiale dalla sede di lavorazione a Candiani S.p.a.

Output:

- Prodotto finale: filato PCR/RG, allocazione su base massa 99%;
- Coprodotti: sotto-carda rivenduta per riutilizzo, allocazione su base massa 1%;
- Rifiuti: Rifiuti tessili, acque reflue, emissioni in aria.

6.2.4 Processo di tessitura denim PCR/RG

Per il processo di raccolta e lavorazione di scarti di denim sono stati utilizzati i dati forniti da Candiani S.p.a. Il processo inizia con la filatura Open End del cotone RG che verrà poi destinato alla tessitura con telai a getto d'aria insieme al filato PCR/RG descritto precedentemente. Viene utilizzato per il 76% filato in cotone RG e per il 24% filato PCR/RG. Per la produzione di 1 kg di tessuto è necessario utilizzare 1,05 kg di filato.

Sono stati utilizzati dati relativi alla tessitura di 37.281 kg di denim PCR/RG, successivamente normalizzati alla tessitura di 1 kg. Il processo è da utilizzare con 1,05 kg di filati per tenere conto delle perdite.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Elettricità;
- Fibre cotone RG;
- Filato PCR/RG;
- Trasporto del materiale internamente alla sede di lavorazione a Candiani S.p.a.

Output:

- Prodotto finale: denim PCR/RG;
- Rifiuti: rifiuti tessili, acque reflue, emissioni in aria.

6.2.5 Processo di tintura denim PCR/RG

Per il processo di tintura sono stati utilizzati i dati forniti da Candiani S.p.a. Il processo inizia con il tessuto di cotone grezzo, che viene pretrattato prima di essere tinto, e termina con il tessuto in cotone tinto. Include l'uso di elettricità, acqua, riscaldamento e prodotti chimici.

Sono stati utilizzati dati relativi alla tintura di 972 kg di denim PCR/RG, e successivamente normalizzati alla tintura di 1 kg. Il processo è da utilizzare con 1,01 kg di tessuto per tenere conto delle perdite.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Acqua;
- Elettricità;
- Energia da gas metano;
- Prodotti chimici;
- Denim PCR/RG.

Output:

- Prodotto: denim PCR/RG dopo tintura;
- Rifiuti: rifiuti tessili, acque reflue, emissioni in aria.

6.2.6 Processo di finissaggio denim PCR/RG

Per il processo di raccolta e lavorazione di scarti di denim sono stati utilizzati i dati forniti da Candiani S.p.a. Il processo inizia con il tessuto di cotone dopo il processo di tintura e termina con il cotone pronto per la spedizione. Include l'uso di elettricità, acqua, riscaldamento e prodotti chimici.

Sono stati utilizzati dati relativi al finissaggio di 37.281 kg di denim PCR/RG, e successivamente normalizzati alla tintura di 1 kg. Il processo è da utilizzare con 1,01 kg di tessuto per tenere conto delle perdite.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Acqua;
- Elettricità;
- Energia da gas metano;
- Prodotti chimici;
- Denim PCR/RG dopo tintura.

Output:

- Prodotto: denim PCR/RG finito;
- Rifiuti: rifiuti tessili, acque reflue, emissioni in aria.

6.2.7 Assemblaggio denim PCR/RG

Per il processo di raccolta e lavorazione di scarti di denim sono stati utilizzati i dati forniti da Candiani S.p.a. È stato necessario includere questa fase per tenere conto dei consumi non attribuibili a nessuno degli altri processi gestiti da Candiani S.p.a. illustrati precedentemente (es. consumi elettrici e per il riscaldamento delle aree adibite a uffici). Per il prodotto di riferimento queste informazioni sono già suddivise tra i singoli processi. Non sono stati considerati trasporti per il prodotto finito in quanto area di produzione e consumo coincidono.

Sono stati utilizzati dati relativi alla produzione di 37.281 kg di denim PCR/RG, e successivamente normalizzati alla produzione di 1 kg di prodotto finito.

Le voci considerate nel bilancio sono:

Input:

- Acqua;
- Elettricità;
- Riscaldamento;
- Denim PCR/RG finito.

Output:

- Prodotto: denim PCR/RG finito, pronto per la spedizione;
- Rifiuti: rifiuti tessili, acque reflue, emissioni in aria.

7 Impatti

7.1 Denim Standard

Le categorie di impatto più rilevanti sono risultate essere quelle legate al riscaldamento globale, alla formazione di particolato atmosferico fine ed al rilascio di sostanze con effetti non cancerogeni sulla salute umana (Figura 7.1).

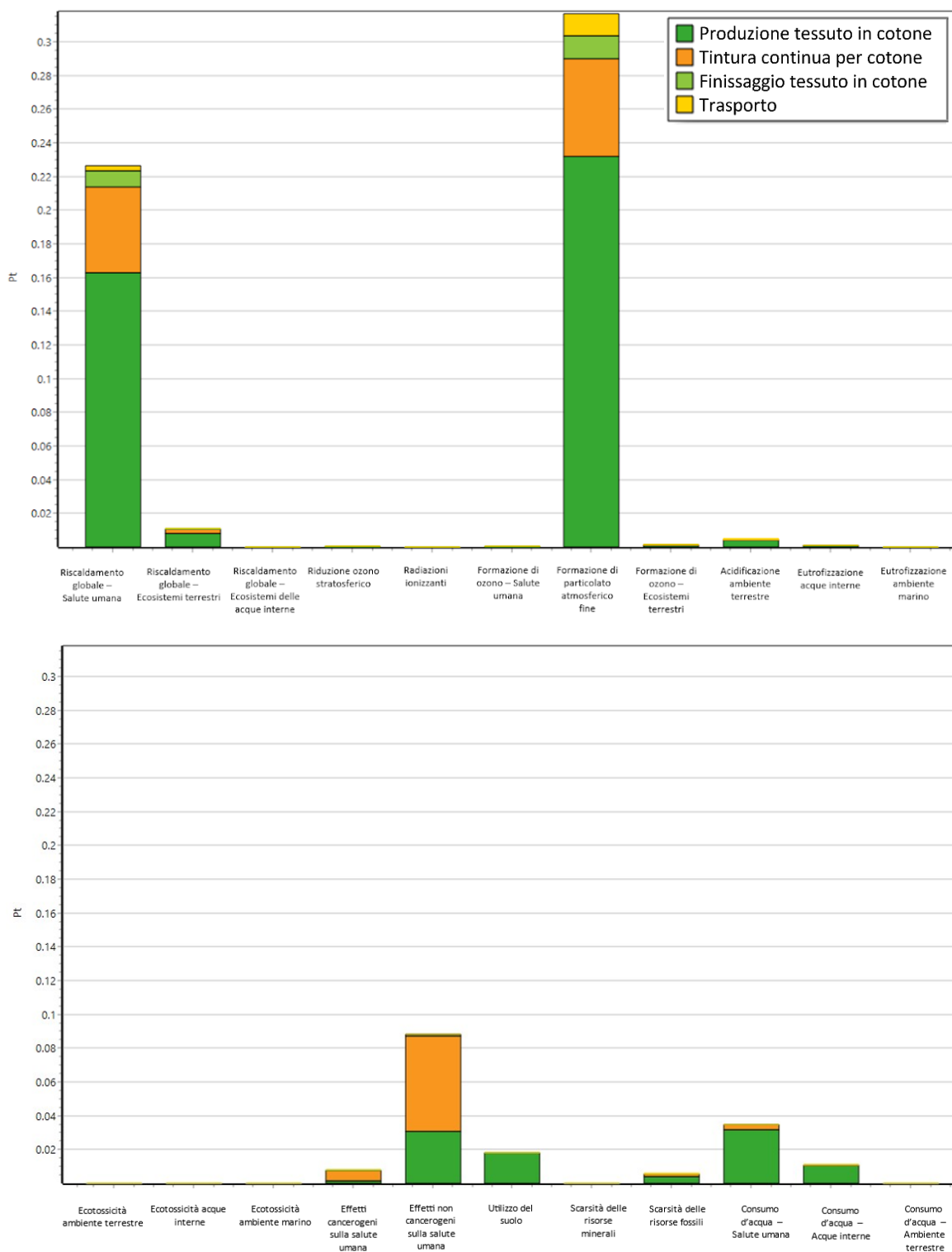


Figura 7.1 - Impatti della produzione del prodotto di riferimento (Denim Standard), in Pt (punti impatto), suddivisi per categorie di impatto.

Altri impatti rilevanti sono rappresentati dal consumo di suolo e acqua oltre che dagli effetti del riscaldamento globale sugli ecosistemi terrestri. Per tutte le categorie di impatto considerate il processo più rilevante è la produzione del tessuto eccetto che per gli effetti non cancerogeni sulla salute umana in cui il processo di tintura causa quasi il 70% degli impatti.

Considerando gli impatti relativi a ciascuno dei tre endpoint considerati (Salute umana, Ecosistemi, Risorse) la produzione del tessuto è il processo che causa i maggiori impatti ambientali per tutti gli endpoint considerati, dal 65% al 90%, mentre il contributo della fase tintura è di circa il 10-30% (Figura 7.2).

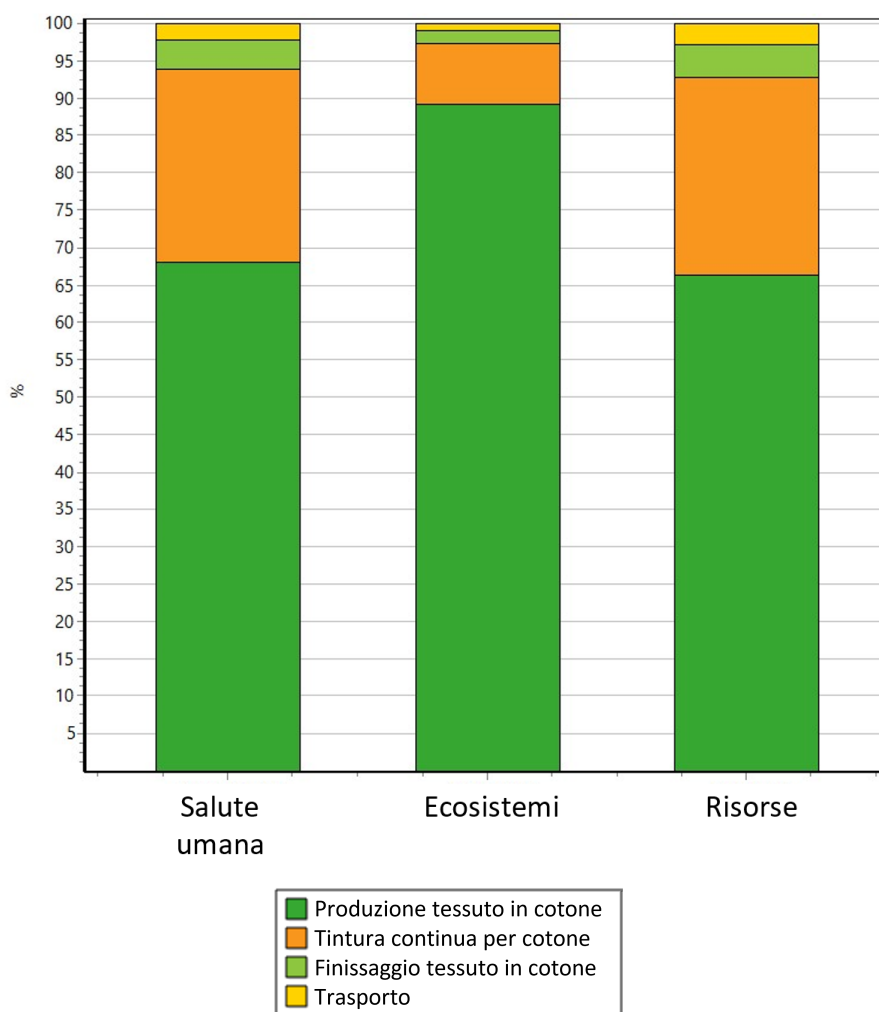


Figura 7.2 – Incidenza percentuale degli impatti relativi alle diverse fasi di produzione del prodotto di riferimento (Denim Standard), suddivisi per endpoint

Considerando invece gli impatti assoluti per ciascuno dei tre endpoint considerati risulta evidente che gli impatti maggiori (0.675 Pt su 0.729 totali) si verificano a carico della salute umana (Figura 7.3) e rappresentano oltre il 90% dell'impatto complessivo, a valle della fase di pesatura. Il 7% degli impatti (0.048 Pt) riguarda gli ecosistemi e solo l'1% il consumo di risorse non rinnovabili (0.006 Pt). Questa sproporzione tra gli impatti sui diversi endpoint è legata in primo luogo all'utilizzo di combustibili fossili per la produzione dell'energia elettrica utilizzata nei vari processi che genera emissioni in aria pericolose per la salute umana ed in secondo luogo ai prodotti chimici utilizzati durante la coltivazione, la

tintura ed il finissaggio. L'impatto sulla diminuzione di disponibilità di risorse fossili risulta essere meno rilevante rispetto a quello sulla salute.

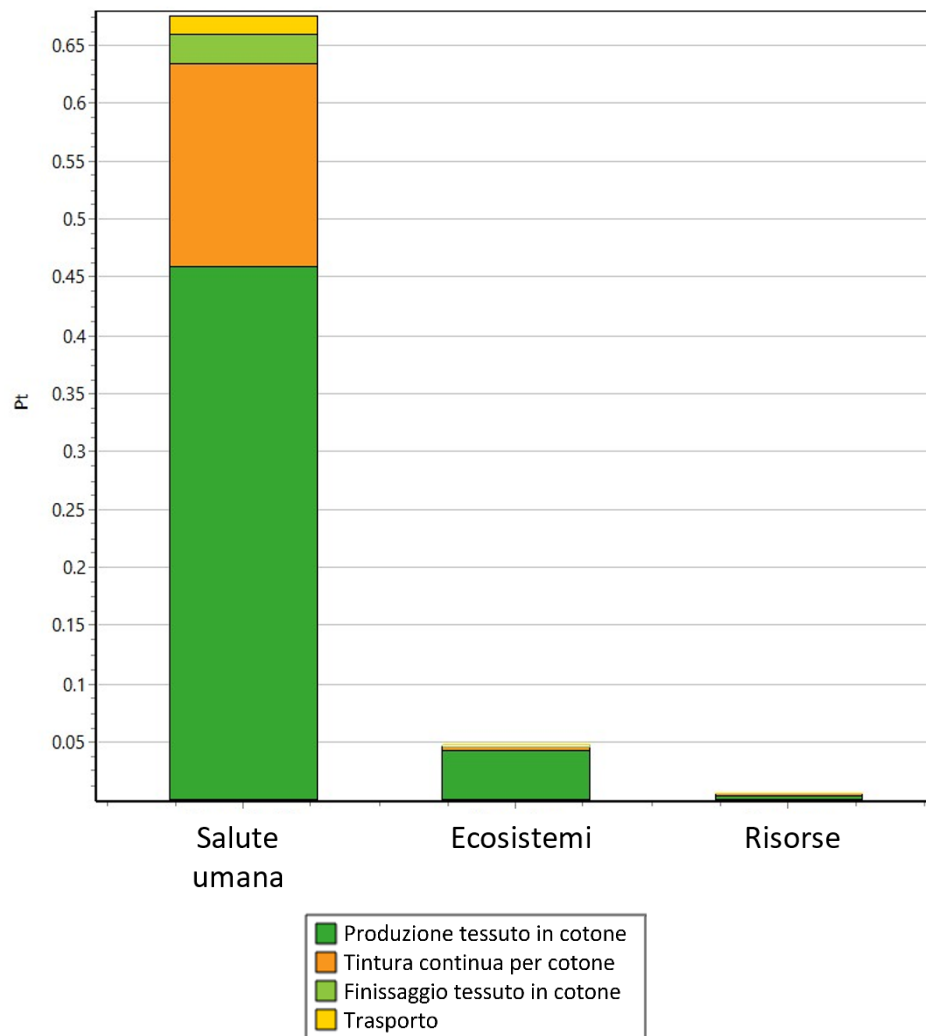


Figura 7.3 - Impatti (Pt) relativi alle diverse fasi di produzione del prodotto di riferimento (Denim Standard), suddivisi per endpoint

Analizzando gli impatti ambientali dei diversi processi produttivi dopo la fase di pesatura si osserva che tutti contribuiscono agli impatti sulla salute umana, mentre solo la produzione di tessuto ha impatti rilevabili sugli ecosistemi (Figura 7.4).

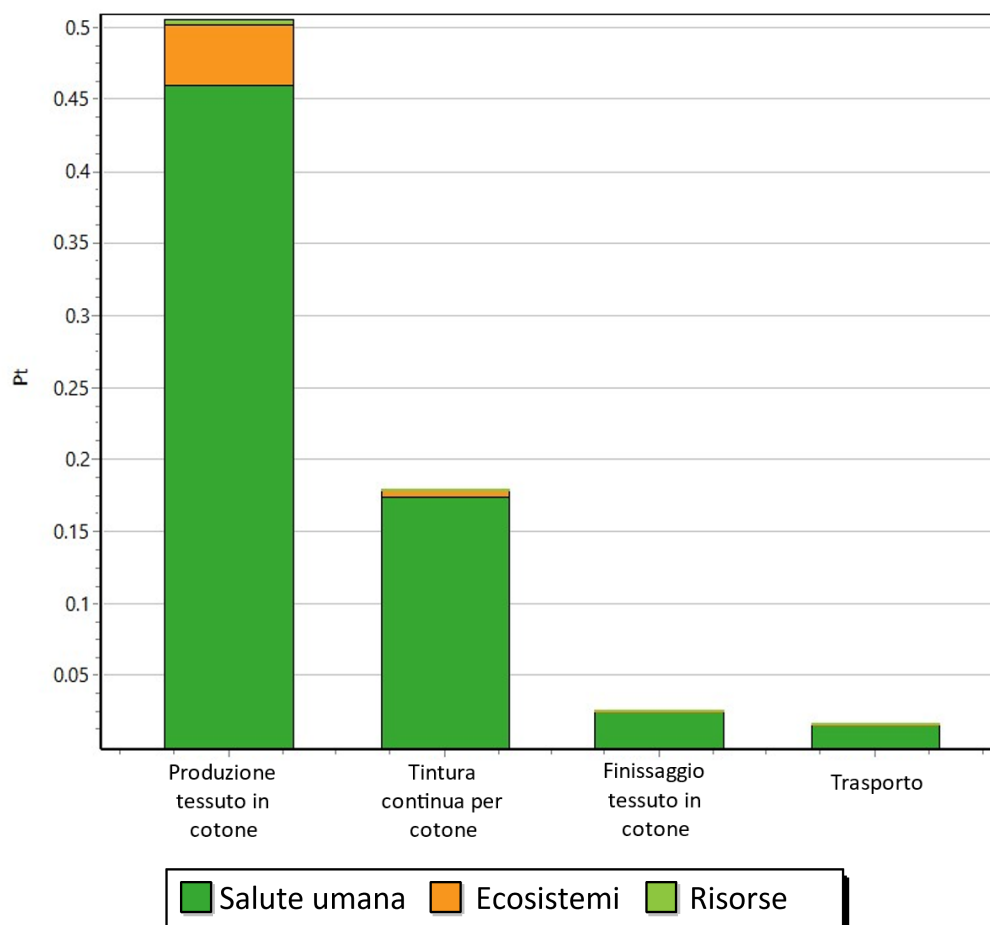


Figura 7.4 - Impatti relativi alla produzione del prodotto di riferimento (Denim Standard) sui tre endpoint, suddivisi per processo produttivo

In Tabella 7.1 sono riportati gli impatti relativi dei principali processi, materiali e risorse necessari alla produzione di 1 kg di tessuto denim standard. Per la valutazione degli impatti sono stati considerati 5.664 processi (Appendice 1); i 13 riportati in tabella causano più del 50% degli impatti totali ed in particolare la produzione delle fibre di cotone, la tintura e l'utilizzo di energia (elettrica, riscaldamento e trasporto) rappresentano le principali fonti di impatto. Nonostante la rilevanza complessiva, i processi con un contributo inferiore all'1.20% non sono riportati in elenco per questioni di spazio.

Tabella 7.1 - Impatti relativi (%) dei singoli processi relativi alla produzione di Standard denim che producono il maggior impatto specifico. In parentesi è riportata la rilevanza geografica per ogni processo considerato.

Processo	Total e	Produzion e tessuto in cotone	Tintura continua per cotone	Finissaggi o tessuto in cotone	Trasport o
<i>Totale</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<u>Processi rimanenti</u>	<u>49,82</u>	<u>52,19</u>	<u>46,32</u>	<u>60,33</u>	<u>0,00</u>
Produzione convenzionale di semi di cotone (India, Gujarat)	11,40	16,42	0,00	0,00	0,00
Produzione convenzionale di semi di cotone (Resto del mondo)	8,43	12,15	0,00	0,00	0,00
Tintura continua per fibre di cotone (Globale)	8,07	0,00	32,70	0,00	0,00
Calore, distrettuale o industriale, diverso dal gas naturale 1-10MW (Resto del mondo)	4,78	0,83	13,12	26,90	0,00
Irrigazione superficiale (India)	3,16	4,55	0,00	0,00	0,00
Aratura (Resto del mondo)	3,07	4,42	0,00	0,00	0,00
Elettricità ad alta tensione (Indonesia)	2,41	2,31	2,67	4,01	0,00
Trasporto merci via nave (Globale)	2,32	0,00	0,00	0,00	100,00
Elettricità ad alta tensione per uso interno nell'estrazione del carbone (Cina)	1,60	1,33	2,20	3,85	0,00
Elettricità ad alta tensione (India, Chhattisgarh)	1,26	1,61	0,45	0,68	0,00
Elettricità ad alta tensione (India, Maharashtra)	1,24	1,60	0,45	0,67	0,00
Elettricità ad alta tensione (India, Uttar Pradesh)	1,23	1,58	0,44	0,67	0,00
Carbone fossile (Cina)	1,20	1,00	1,65	2,89	0,00

7.2 Denim Post Consumer Recycled

Le categorie di impatto più rilevanti sono quelle legate al riscaldamento globale (47%), alla formazione di particolato atmosferico fine (27%) e all'emissione di sostanze con effetti cancerogeni e non cancerogeni sulla salute umana (Figura 7.5). Una fonte di impatto particolarmente rilevante è il consumo di suolo legato alla fase di produzione del tessuto e in particolare alla produzione del cotone biologico. Pur non essendo disponibili dati primari relativi a questa fase del processo è coerente assumere che una produzione più attenta agli impatti ambientali (organica, biologica, rigenerativa, ecc.) abbia delle rese specifiche inferiori e questo si traduce da un lato in un maggior consumo di suolo e dall'altro in un minor consumo di sostanze chimiche rispetto ad una coltivazione standard.

Il bilancio globale sugli impatti del consumo di acqua è negativo (viene emessa più acqua di quanta ne viene consumata) in quanto i mancati consumi legati al riciclo di parte del cotone compensano abbondantemente quelli necessari alla coltivazione del cotone RG e delle successive fasi di lavorazione.

Per tutte le categorie di impatto considerate il processo più rilevante è la produzione del tessuto eccetto che per gli effetti non cancerogeni sulla salute umana. In questo caso il bilancio degli impatti fino alla fase di tessitura è negativo grazie alle mancate emissioni (-124%) legate al riciclo di parte del cotone e al ridotto utilizzo di sostanze chimiche per la coltivazione del cotone RG, mentre le fasi di tintura (155%) e finissaggio (62%) risultano essere le più impattanti.

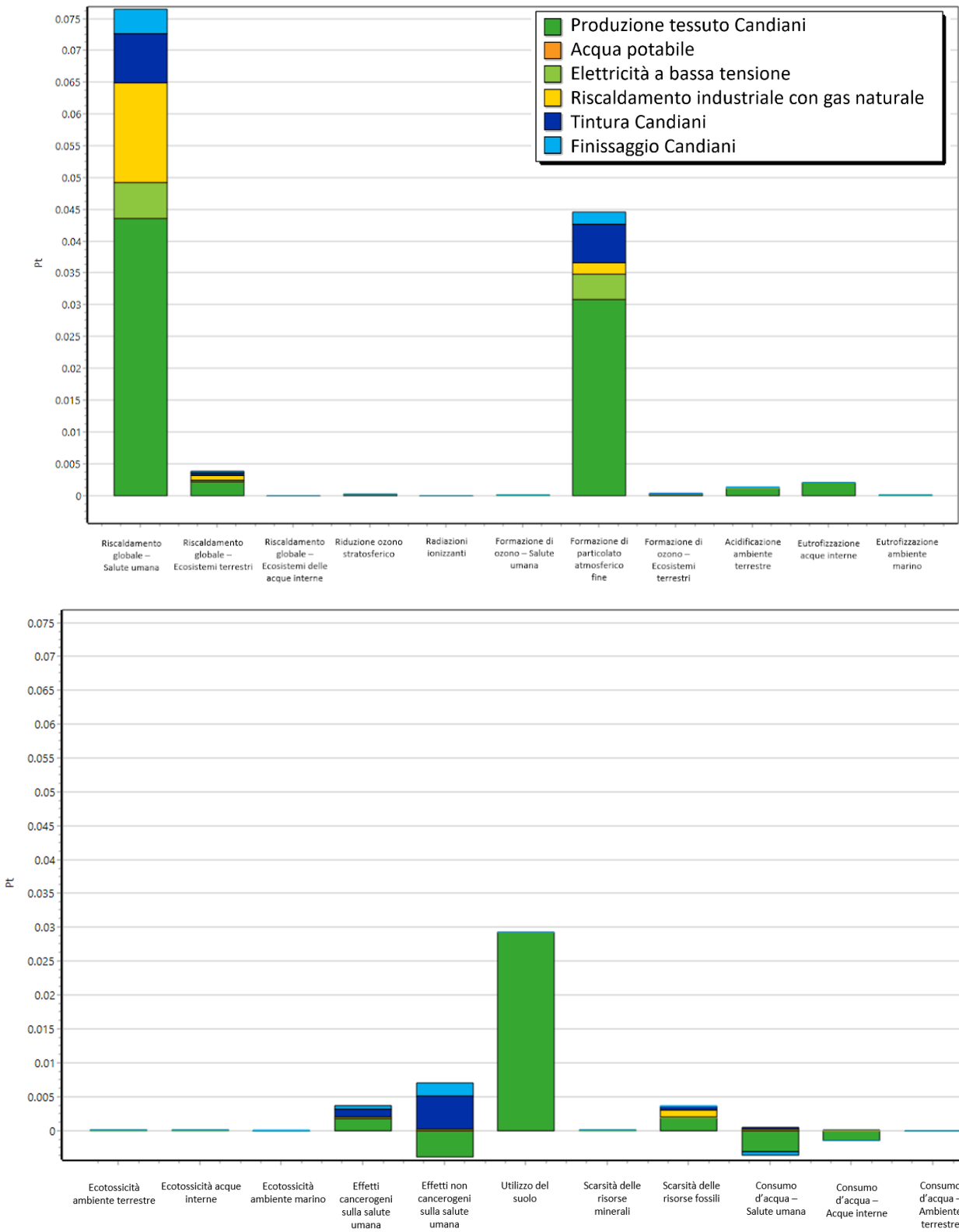


Figura 7.5 - Impatti della produzione del prodotto studiato (Denim Post Consumer Recycled) in Pt, suddivisi per categorie di impatto

Considerando gli impatti relativi dei diversi processi per ciascuno dei tre endpoint considerati la produzione del tessuto è il processo che causa i maggiori impatti ambientali, dal 50% a più del 90% (Figura 7.6). Gli impatti relativi al consumo di elettricità, riscaldamento e acqua potabile rappresentati nelle Figure 7.5, 7.6, 7.7 e 7.8 si riferiscono a quei consumi non attribuibili a specifici processi, ma legati al funzionamento della sede operativa Candiani.

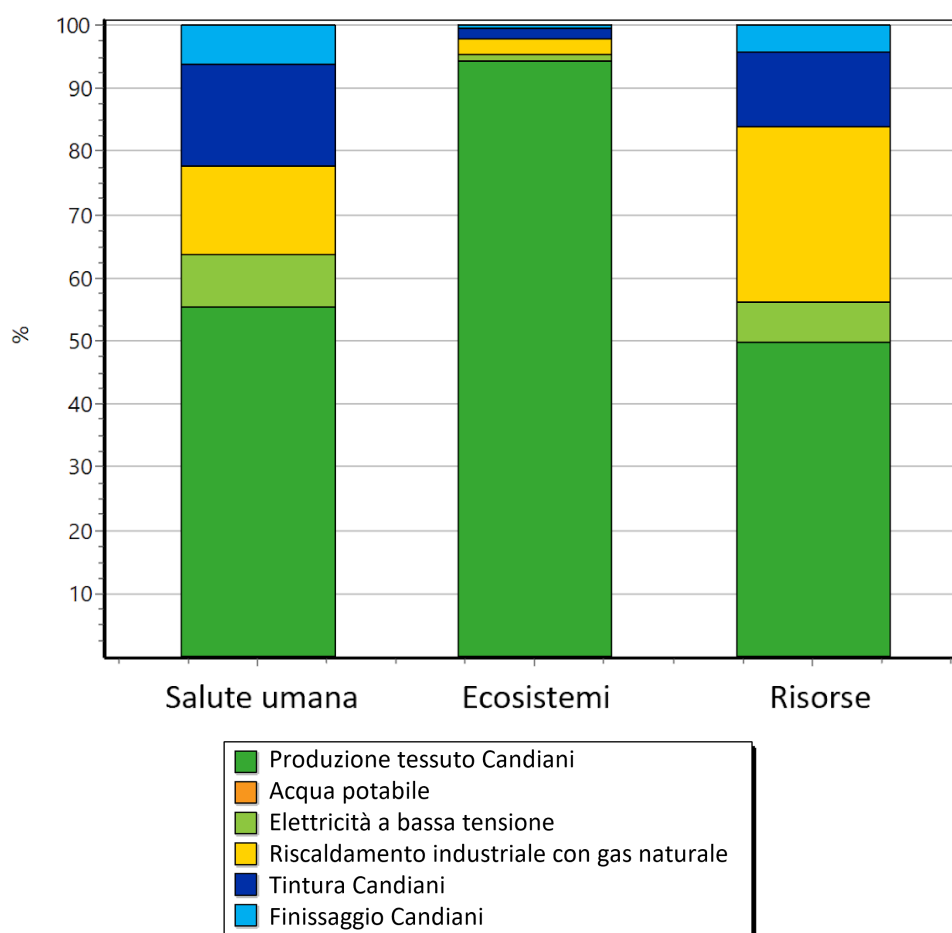


Figura 7.6 - Incidenza percentuale degli impatti relativi alle diverse fasi di produzione del prodotto studiato (Denim Post Consumer Recycled), suddivisi per endpoint

Considerando gli impatti in Pt per ciascuno dei tre endpoint considerati risulta evidente che anche in questo caso l'endpoint che subisce il maggiore impatto è quello relativo alla salute umana (Figura 7.7) sul quale, dopo la fase di pesatura, ricade oltre il 75% degli impatti complessivi (0.125 Pt su un totale di 0.164 Pt). Seguono gli impatti sugli ecosistemi (che incidono per il 22%, 0.035 Pt) e quelli relativi al consumo di risorse non rinnovabili (2%, 0.004 Pt). Gli impatti dei processi di tintura e finissaggio, così come quelli legati ai consumi energetici, sono rilevanti solo per gli impatti legati alla salute umana mentre hanno un contributo minoritario sugli altri endpoint.

La sproporzione osservata tra gli impatti sui diversi endpoint è legata anche in questo caso all'utilizzo di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica utilizzata nei vari processi e agli impatti relativamente contenuti sugli ecosistemi dei prodotti chimici utilizzati durante le fasi di tintura e finissaggio. Anche in questo caso la disponibilità delle risorse fossili risulta essere relativamente poco impattata in quanto la combustione, rispetto agli altri possibili utilizzi, è quella che a parità di consumi provoca i maggiori impatti sulla salute.

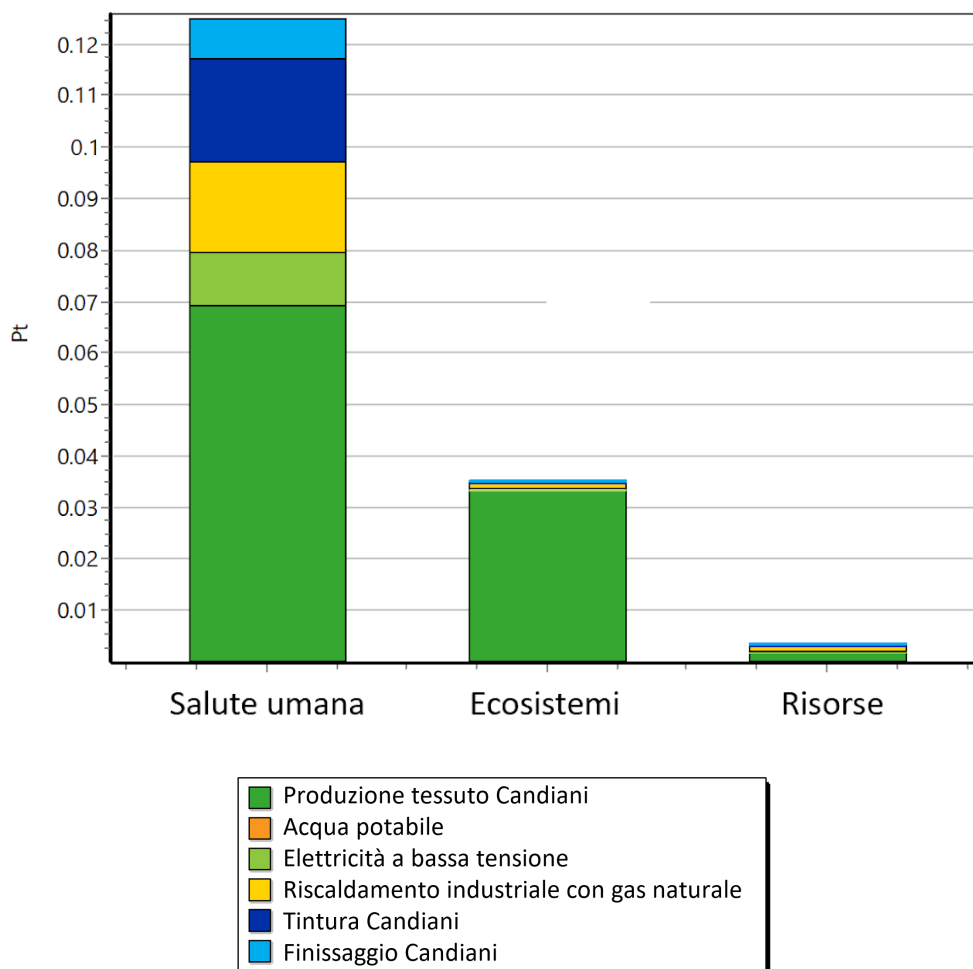


Figura 7.7 – Impatti (Pt) relativi alle diverse fasi di produzione del prodotto studiato (Denim Post Consumer Recycled), suddivisi per endpoint

Analizzando gli impatti ambientali dei diversi processi produttivi dopo la fase di pesatura si osserva che tutti contribuiscono in modo preponderante agli impatti sulla salute umana e solo la produzione di tessuto ha impatti rilevanti sugli ecosistemi (Figura 7.8).

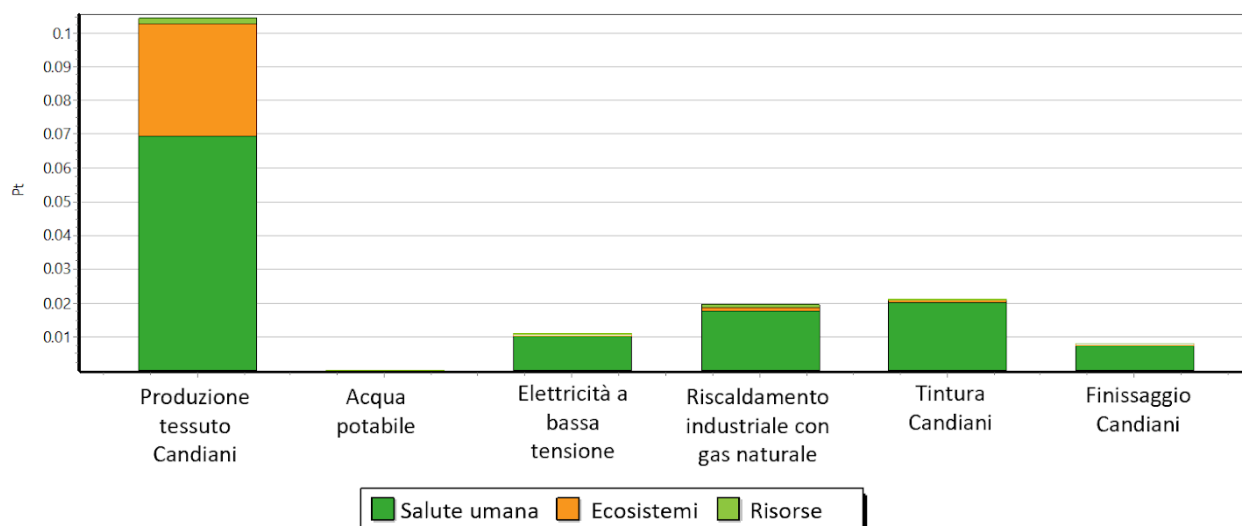


Figura 7.8 – Impatti relativi alla produzione del prodotto studiato (Denim Post Consumer Recycled) sui tre endpoint, suddivisi per processo produttivo

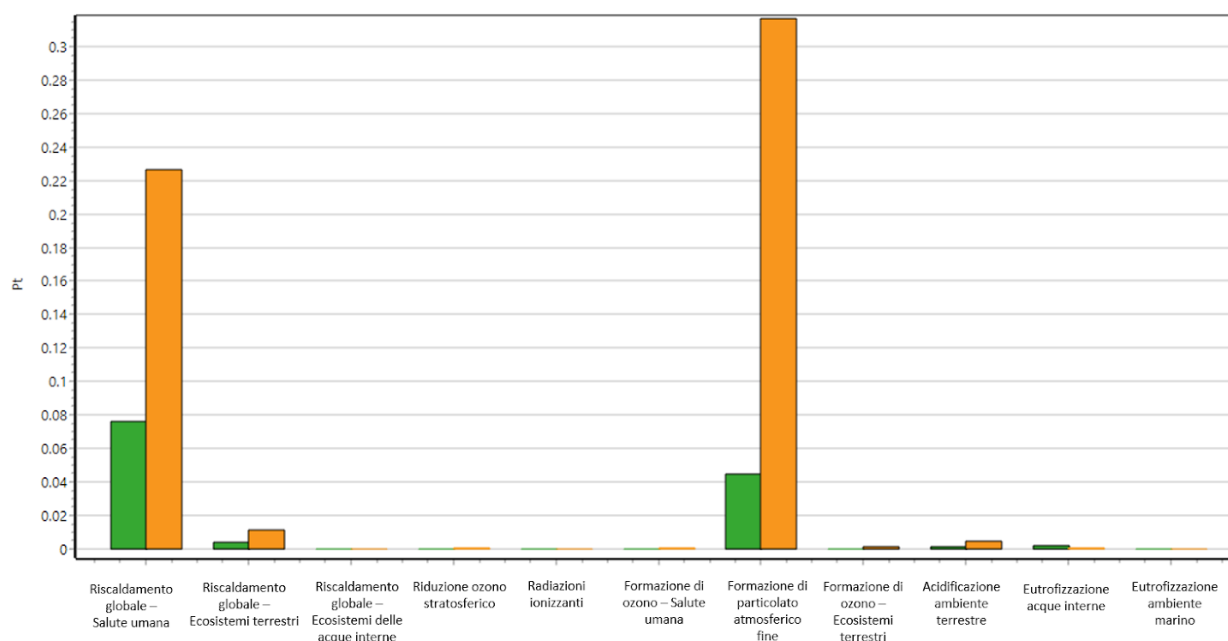
In Tabella 7.2 sono riportati gli impatti relativi dei principali processi, materiali e risorse necessari alla produzione di 1 kg di “Candiani Denim Post Consumer Recycled”. Per la valutazione degli impatti sono stati considerati 5.688 processi (Appendice 2); i 13 riportati in tabella causano più del 90% degli impatti totali ed in particolare la produzione delle fibre di cotone biologico e l'utilizzo di energia (elettrica, riscaldamento e trasporto) rappresentano le principali fonti di impatto, mentre la produzione di fibre e tessuti evitata grazie al riciclo contribuiscono notevolmente a ridurre gli impatti complessivi del prodotto studiato.

Tabella 7.2 - Impatti relativi (%) dei singoli processi che producono il maggior impatto specifico. Non sono mostrati i processi con contributo inferiore allo 0.50 %. In parentesi è riportata la rilevanza geografica per ogni processo considerato.

Processo	Total e	Produzion e tessuto Candiani	Tintura Candia ni	Finissagg io Candiani	Elettricit à a bassa tensione	Riscaldamen to industriale con gas naturale	Acqua Potabil e
<i>Il totale di tutti i processi</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Processi rimanenti	7,41	-0,19	15,15	0,70	0,00	46,81	100,00
Elettricità in bassa tensione (Italia)	72,88	96,73	13,32	59,22	100,00	0,00	0,00
Produzione organica di semi d cotone (Globale)	42,20	66,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Riscaldamento industriale con gas naturale (Europa esclusa la Svizzera)	6,32	0,00	0,20	0,00	0,00	53,19	0,00
Trasporto merci con camion Euro6 16-32 tonnellate (Europa)	5,39	8,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Idrossido di sodio, senz'acqua, come soluzione al 50% (Globale)	4,05	0,00	31,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Processo di tintura presso Candiani (escluse le materia prime)	3,43	0,00	26,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Riscaldamento industriale con gas naturale (Europa)	2,41	0,11	13,54	12,01	0,00	0,00	0,00
Rifiuti organici (Resto del mondo)	1,51	2,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Processo di finissaggio presso Candiani (escluse le materia prime)	1,37	0,00	0,00	28,07	0,00	0,00	0,00
Elettricità in bassa tensione (Spagna)	1,22	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Scarti di filati e tessuti (Globale)	0,66	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tessuto non-tessuto in poliestere (Globale)	-3,26	-5,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tessuto in cotone (Globale)	-45,59	-71,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

7.3 Confronti tra gli impatti dei due prodotti

Le categorie di impatto in cui si osservano riduzioni degli impatti più importanti nella produzione di Denim Post Consumer Recycled rispetto al Denim Standard sono il rilascio di sostanze con effetti non cancerogeni sulla salute umana (-96%), la formazione di particolato atmosferico fine (-86%) e il riscaldamento globale (-66%). Il confronto degli impatti sul consumo di acqua dei due prodotti è particolarmente favorevole al Denim Post Consumer Recycled, come si osserva in Figura 7.10. L'unica categoria di impatto per cui il Denim Post Consumer Recycled ha degli impatti ambientali maggiori del Denim Standard è il consumo di suolo sul quale influisce negativamente la minor produttività del cotone biologico rispetto a quella del cotone coltivato in modo tradizionale.



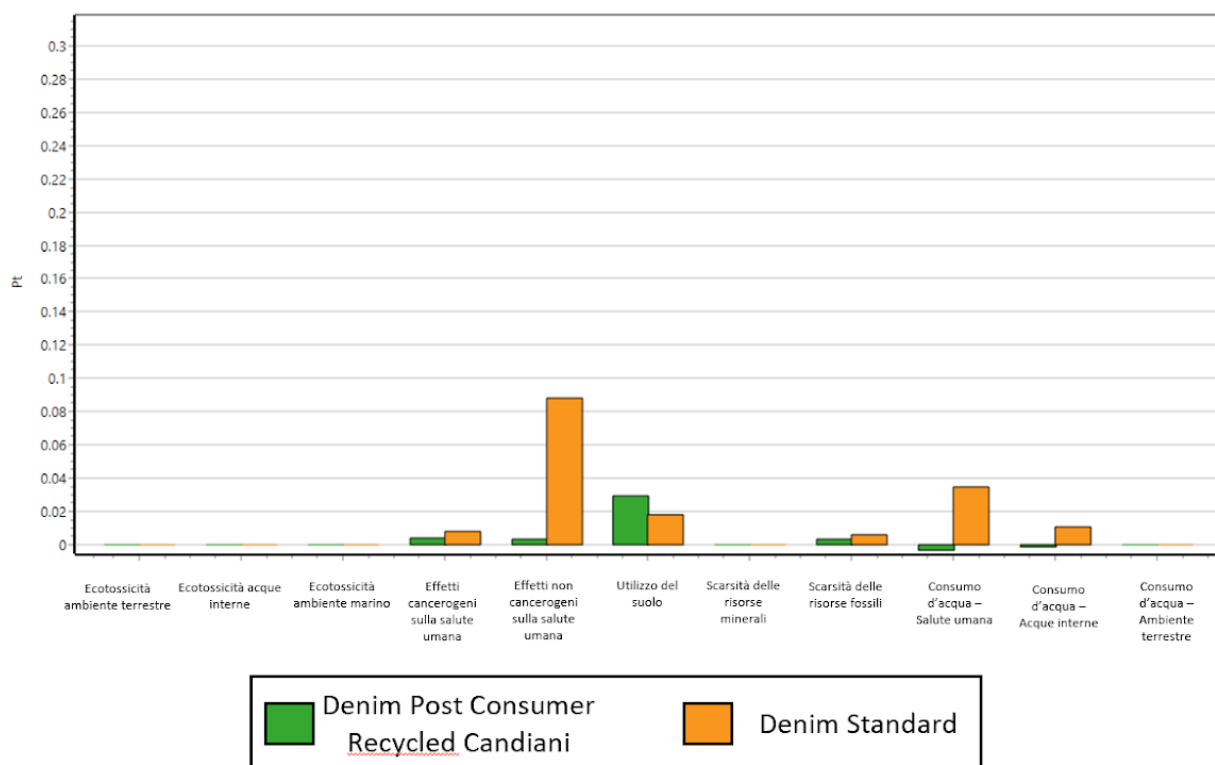


Figura 7.10 - Confronto tra gli impatti, in Pt, dei due prodotti sulle diverse categorie di impatto

L'impatto complessivo del Denim Post Consumer Recycled è inferiore di 0,565 punti a quello del Denim Standard considerato in questo studio. L'entità della differenza è rilevante, considerato che rappresenta il 78% degli impatti complessivi del Denim Standard.

I confronti per la somma di tutte le categorie di impatto è riportata in Figura 7.11.

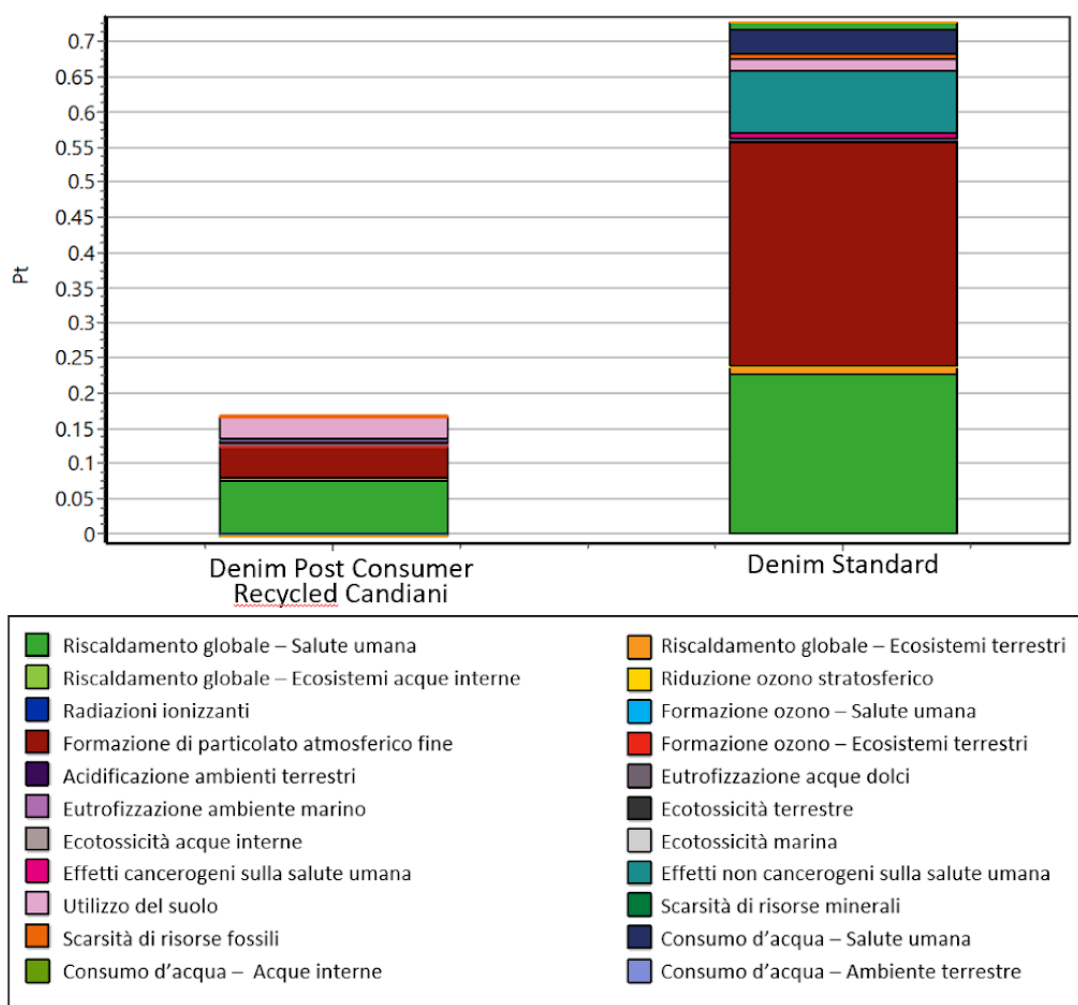


Figura 7.11 - Confronto tra gli impatti assoluti, in Pt, dei due prodotti sulle categorie di impatto

Confrontando gli impatti in Pt per la somma dei tre endpoint, dalla Figura 7.12 risulta evidente che la riduzione degli impatti è particolarmente significativa per la salute umana.

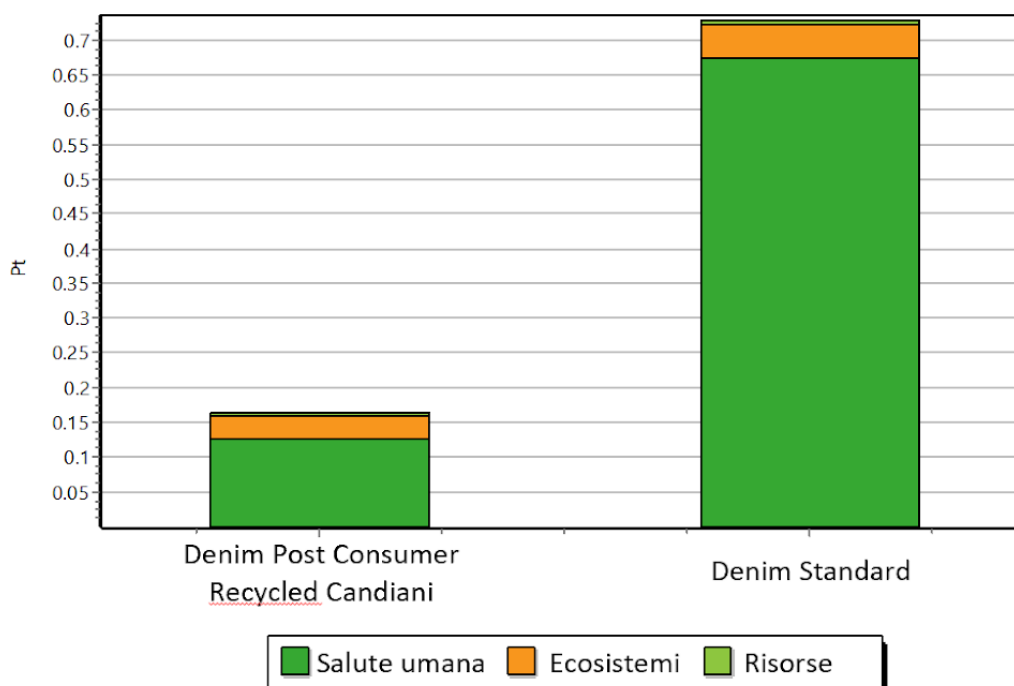


Figura 7.12 - Confronto tra gli impatti assoluti, in Pt, dei due prodotti sui tre endpoint

Considerando gli impatti relativi a ciascuno dei tre endpoint considerati si osserva che le prestazioni ambientali del Denim Post Consumer Recycled sono sempre migliori di quelle del Denim Standard. In particolare, gli impatti sulla salute umana del Denim Post Consumer Recycled sono circa il 20% di quelli del Denim Standard, gli impatti sugli ecosistemi il 75% e quelli sulle risorse non rinnovabili il 60% (Figura 7.13).

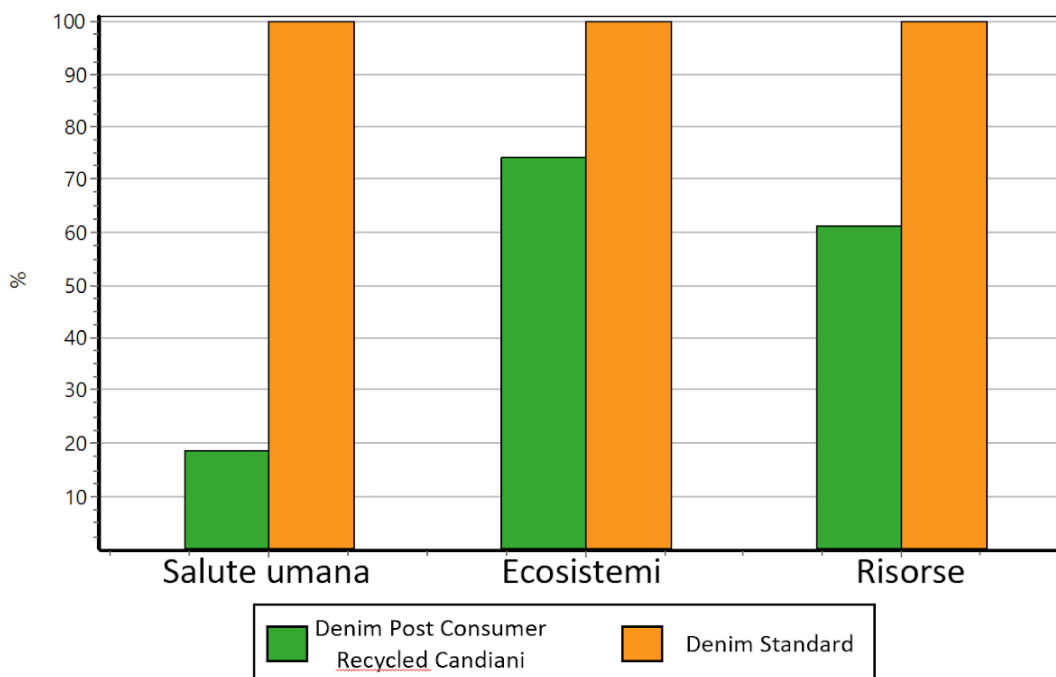


Figura 7.13 – Confronto degli impatti relativi, suddivisi per endpoint. L'impatto dovuto al Denim Standard è posto pari al 100% e quello del Denim Post Consumer Recycled è riportato in rapporto percentuale relativo

Considerando gli impatti assoluti per ciascuno dei tre endpoint considerati risulta evidente che l'endpoint in cui l'impatto del Denim Post Consumer Recycled risulta significativamente minore, ovvero la salute umana, è anche quello che risente maggiormente dell'impatto del processo in entrambi i casi (Figura 7.14).

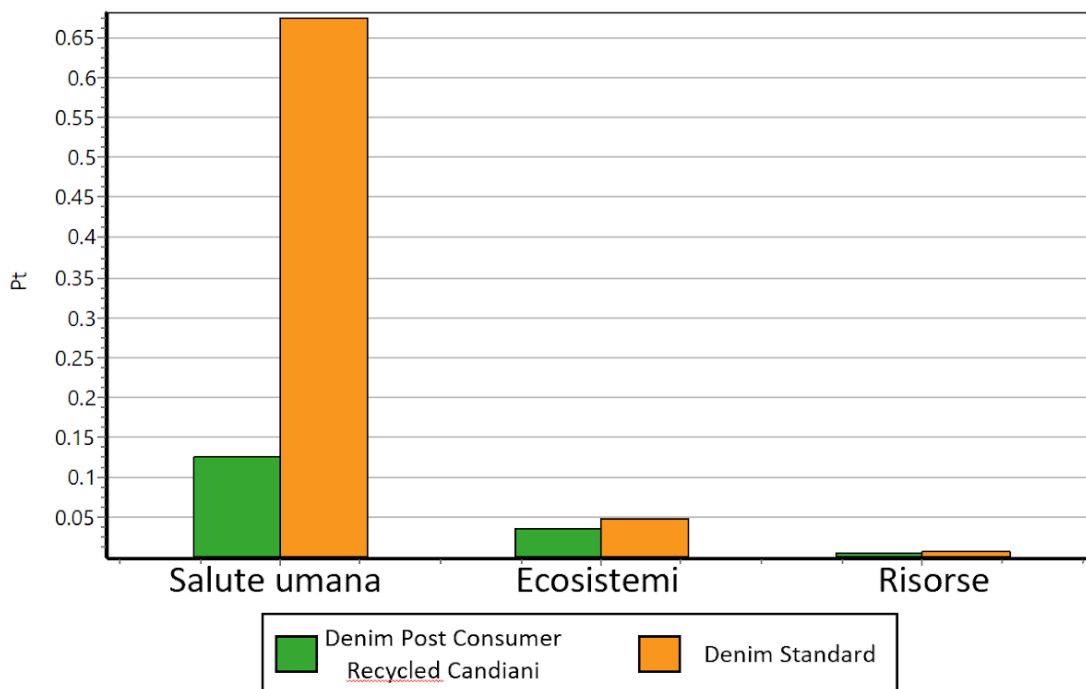


Figura 7.14 - Confronto tra gli impatti assoluti dei due prodotti (in Pt) sui tre endpoint

Non sorprende quindi che questo sia anche l'ambito in cui si riscontra la maggior parte delle differenze (Figure 7.13 e 7.14). Al contrario, gli impatti assoluti sugli ecosistemi e le risorse non rinnovabili non mostrano differenze sostanziali tra i due prodotti (Figura 7.14). Un effetto della riduzione degli impatti assoluti sulla salute umana è l'aumento dell'importanza relativa degli impatti su ecosistemi e risorse per il Denim Post Consumer Recycled rispetto al Denim Standard (22% vs 7% e 2.2% vs 0.8%).

8 Conclusioni

Dal punto di vista qualitativo le analisi effettuate hanno evidenziato impronte ambientali simili tra il Denim Standard e il Denim Post Consumer Recycled con impatti soprattutto a carico della salute umana ed in secondo luogo a carico di ecosistemi e risorse non rinnovabili. Quantitativamente, il confronto tra i due prodotti ha permesso di evidenziare che i processi utilizzati per la produzione del Denim Post Consumer Recycled comportano una notevole riduzione degli impatti sul riscaldamento globale, sul rilascio di sostanze con effetti non cancerogeni sulla salute umana, sulla formazione di particolato atmosferico fine e sul consumo d'acqua. Le migliori prestazioni ambientali del Denim Post Consumer Recycled sono in buona parte legate all'utilizzo di denim PCR che permette di ridurre in modo importante la quantità di cotone vergine necessario (24%) e contribuisce al riciclo e riutilizzo di materiali che altrimenti verrebbero prodotti da zero con conseguenti maggiori impatti ambientali. L'utilizzo di cotone biologico al posto di cotone standard a sua volta contribuisce alle riduzioni di emissioni in ambiente, ma allo stesso tempo incrementa gli

impatti sull'utilizzo del territorio, quantomeno relativamente alla superficie necessaria per le coltivazioni. Il risparmio idrico è dovuto principalmente alla mancata produzione del cotone grazie al riciclo, ma un contributo importante è dato anche dalla restituzione di acque già parzialmente depurate dopo il processo di finissaggio.

Per quanto riguarda le possibilità di ulteriore riduzione degli impatti ambientali si segnala l'elevato utilizzo di energia per il riscaldamento degli ambienti. Sarebbe opportuno, se non ancora fatto, valutare strategie aggiuntive per il recupero del calore dei macchinari o l'efficientamento energetico degli edifici. I consumi di energia elettrica attuale causano una porzione rilevante degli impatti sulla salute umana. Indipendentemente dal mix energetico utilizzato (Italia o altri paesi) buona parte dell'energia deriva dalla combustione di combustibili fossili, l'utilizzo di fonti energetiche complementari (es. fotovoltaico, geotermico, idroelettrico) a quella "standard" fornita dal mercato rappresenta un valido strumento per ridurre gli impatti complessivi del prodotto studiato.

Il processo di coltivazione del cotone rigenerativo a fibra lunga necessiterebbe di una apposita valutazione che potrebbe evidenziare le fasi più critiche dal punto di vista ambientale.

Gli altri processi analizzati mostrano già prestazioni migliori nel caso del Denim post consumer Recycled rispetto a quello del Denim standard e quindi il margine di miglioramento è abbastanza ridotto.

Le principali limitazioni legate a questo studio sono relative alla fase di coltivazione del cotone per cui non sono disponibili dati primari. Il prodotto alternativo utilizzato in fase di analisi (cotone biologico prodotto a scala globale) rappresenta una scelta conservativa rispetto al cotone rigenerativo a fibra lunga prodotto da Algosur S.A. in quanto la situazione spagnola dovrebbe garantire standard ambientali migliori di quelli medi globali. Per tutti gli altri processi è stato possibile valutare gli effettivi consumi energetici e di risorse, mentre le emissioni nei vari comparti legate all'utilizzo dei macchinari sono state stimate a partire dai coefficienti di emissione di processi con tecnologie analoghe disponibili nel database Ecoinvent. Un altro aspetto che potrebbe essere approfondito è legato all'allocazione degli impatti dei processi gestiti da Humana People to People Italia e in particolare alle tipologie di prodotti effettivamente evitati e ai loro quantitativi.