



W4TEX: Rafforzare la rappresentanza femminile nelle posizioni di responsabilità nel settore tessile

NUMERO DEL PROGETTO: 2023-1-SE01-KA220-ADU-000154918

Durata del progetto: 01-11-2023 - 30-04-2026

UNITÀ 1 - MATERIE PRIME

Autore: Lottozero
Collaboratori: Lauren Berardi

Data: 20 giugno 2025

Versione 2.0

INDICE DEI CONTENUTI

1. INTRODUZIONE.....	2
2. EFFETTI DANNOSI DELLE MATERIE PRIME	4
2.1. Fibre naturali	4
2.1.1. Materie prime di origine vegetale.....	4
2.1.1.1. Cotone.....	4
2.1.1.2. Lino e canapa	6
2.1.2. Materie prime di origine animale	7
2.1.2.1. Seta	7
2.1.2.2. Lana.....	8
2.1.2.3. Peli di animali	10
2.2. Fibre artificiali.....	13
2.2.1. Polimeri naturali	14
2.2.1.1. Fibre cellulosiche artificiali.....	14
2.2.2. Polimeri sintetici	16
2.2.2.1. Prodotti petrolchimici	17
2.2.2.2. Rigenerazione delle fibre chimiche	19
3. METODI DI MITIGAZIONE	21
3.1. Pratiche rigenerative.....	21
3.2. Materiali alternativi	22
4. CONCLUSIONE.....	24
Riferimenti.....	25
Risorse aggiuntive:.....	25
Riferimenti utilizzati:.....	25

1. INTRODUZIONE

Che si tratti di produrre capi di abbigliamento per l'industria della moda, tessuti per la casa o attrezzature per le prestazioni, l'industria tessile si basa sull'utilizzo di materie prime in ogni fase, dalla produzione di fibre e tessuti alle finiture. Le materie prime sono il punto di partenza e l'elemento fondamentale della catena di produzione. Gli indumenti e i prodotti sono realizzati con i tessuti, che sono fatti di filati o fibre provenienti da materie prime come cotone, lana, petrolio e molte altre. Possono essere naturali, cioè provenire da fonti naturali come piante, manti animali o bozzoli di seta, o artificiali, cioè creati dall'uomo attraverso una sintesi.

La Roadmap to New Zero stima le emissioni del settore dell'abbigliamento nel 2019 a 1,025 gigatonnellate (Gt) di anidride carbonica, circa il 2% delle emissioni annuali di gas serra a livello globale. Se si continua a non intervenire, le emissioni cresceranno fino a 1,588 Gt entro il 2030, ben al di sotto del ritmo necessario per ottenere la riduzione del 45% necessaria per limitare il riscaldamento a 1,5°C. Entro il 2030, le emissioni dovrebbero essere ridotte di 1 Gt e ancora di più entro il 2050 (Sadowski, Perkins, & McGarvey, 2021). Sebbene siano stati compiuti alcuni sforzi per affrontare il problema delle emissioni, non è ancora stato fatto abbastanza per raggiungere questi obiettivi. Per raggiungere questi obiettivi, dobbiamo rallentare l'estrazione delle materie prime.

L'estrazione e la lavorazione delle materie prime rappresentano il 29% delle emissioni di gas serra del settore dell'abbigliamento. Il rapporto tra le materie prime che finiscono nel prodotto finale per il poliestere e il cotone è di circa il 65%, il che significa che aumentando l'efficienza dei materiali potremmo estrarre meno materie prime per realizzare gli stessi prodotti (Sadowski, Perkins, & McGarvey, 2021).

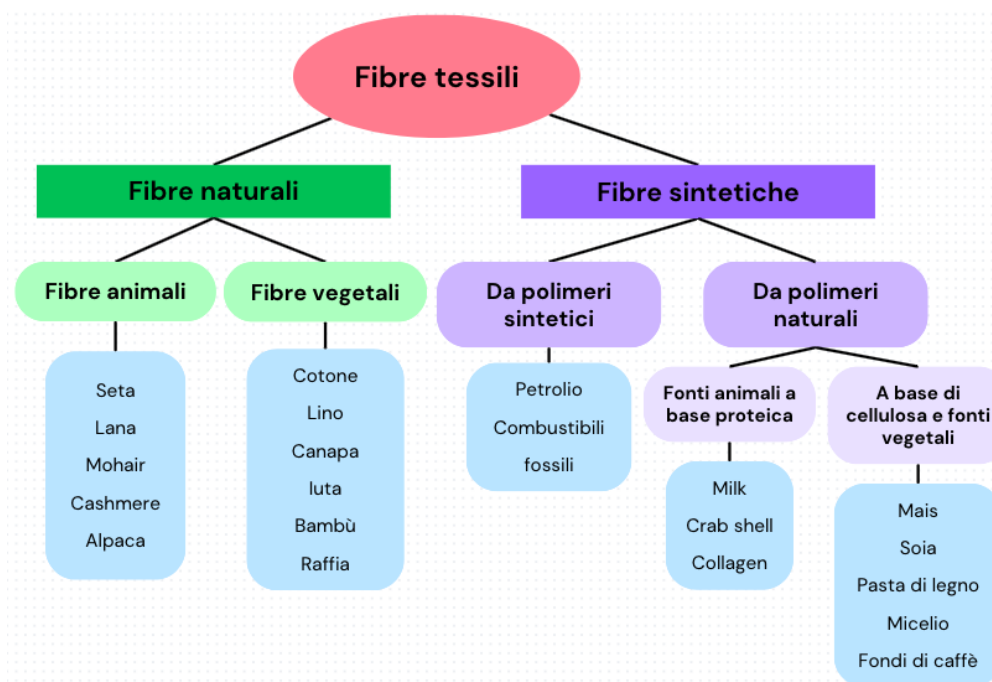


Figura 1. Una tabella di classificazione delle fibre tessili modificata, basata su Hallett & Johnston (2021), che illustra la divisione tra fibre naturali e fibre artificiali, includendo fonti come i polimeri a base vegetale e proteica.

La selezione delle materie prime non è un compito banale. Ci sono molti fattori da considerare, tra cui l'uso previsto, l'impatto ambientale che la produzione o l'estrazione e la lavorazione della materia prima richiedono, le implicazioni sociali e gli impatti ambientali dello smaltimento alla fine del ciclo di vita del prodotto o nella fase di riciclaggio. Circa il 24% dell'impatto dei gas serra si verifica nella fase delle materie prime della catena di fornitura (Sadowski, Perkins, & McGarvey, 2021). Il contributo significativo dell'industria tessile alla perdita di biodiversità, al cambiamento di destinazione d'uso dei terreni e all'inquinamento delle acque. Gli effetti dannosi delle materie prime e delle fibre nell'industria tessile non si limitano agli aspetti ambientali. L'industria tessile è un importante datore di lavoro nei Paesi e nelle economie di tutto il mondo, e spesso impiega lavoratori nella fase di estrazione e lavorazione delle materie prime in Paesi con scarsi diritti e tutele dei lavoratori, il che comporta una maggiore possibilità di sfruttamento e danni economici, mentali e fisici.

Considerando le emissioni di gas a effetto serra per ciascuna fibra e la quantità della sua produzione, i materiali che hanno un maggiore impatto sui danni ambientali sono il poliestere, il cotone, la viscosa e la lana. L'anno di riferimento da cui si calcola l'obiettivo di riduzione del 45% per l'intero settore è il 2019. L'impatto sui gas serra della categoria delle fibre sintetiche nel 2019 è stimato in circa 165 milioni di tonnellate di CO₂e.4 Il poliestere ne rappresenta circa il 70% (Textile Exchange, 2023).

2. EFFETTI DANNOSI DELLE MATERIE PRIME

Nell'industria tessile, spesso si classificano le fibre come naturali o sintetiche, meglio identificate come artificiali. Spesso si ha l'errata convinzione che le fibre naturali siano intrinsecamente buone: migliori per l'ambiente, biodegradabili e più sicure. Come vedremo qui, questo non è necessariamente vero. L'estrazione di tutte le materie prime dalla terra e la produzione di fibre hanno un impatto negativo. La chiave per fare le scelte migliori come manager, sia per l'ambiente che per le persone che lavorano con le materie prime, è comprendere gli effetti che le materie prime hanno nelle fasi di creazione, estrazione, lavorazione, utilizzo, riciclaggio e smaltimento. Analizziamo questo aspetto per materiale.

2.1. Fibre naturali

Qui esaminiamo alcuni degli effetti dannosi delle fibre naturali più comunemente utilizzate e prodotte. Queste provengono da fonti vegetali o animali.

2.1.1. Materie prime di origine vegetale

2.1.1.1. Cotone

Secondo il Materials Market Report di Textile Exchange, dopo il poliestere, il cotone è la seconda fibra più prodotta al mondo e rappresenta il 20% della produzione globale di fibre, con una stima di 25 milioni di tonnellate prodotte ogni anno (Textile Exchange, 2024).

Il cotone viene coltivato soprattutto ai tropici e ai sub-tropicali, spesso in condizioni di aridità o semi-aridità, ma richiede molta acqua: possono essere necessari migliaia di litri d'acqua per produrre cotone sufficiente per una sola maglietta (Hymann, 2023). La necessità di irrigazione e di riallocazione delle riserve idriche può causare carenze in aree già soggette a siccità. Questa fibra avida di risorse presenta molte preoccupazioni legate all'ambiente e al benessere umano.



Immagine 1: Fiore di cotone, Immagine di Amol Sonar da Pixabay

Impatto ambientale

- **Consumo di acqua:** Il cotone richiede notevoli quantità di acqua. Solo in India, l'acqua utilizzata per la produzione di cotone potrebbe fornire all'85% degli 1,24 miliardi di persone del Paese 100 litri di acqua al giorno per un anno (Hymann, 2023).
- **Emissioni di gas serra (GHG):** La produzione di fertilizzanti rappresenta il 29% delle emissioni di gas serra legate alla coltivazione convenzionale del cotone (UNFCCC Fashion Industry Charter for Climate Action, 2023).
- **Uso di sostanze chimiche:** L'agricoltura del cotone fa largo uso di pesticidi e fertilizzanti, con conseguente degrado del suolo, perdita di biodiversità e contaminazione dell'acqua a causa del dilavamento agricolo.
- **Perdita di biodiversità:** Le grandi monoculture di cotone e il cotone OGM (geneticamente modificato) danneggiano la biodiversità.



Figura 2. Vie di trasporto dei pesticidi nelle acque sotterranee e superficiali, tra cui il deflusso, l'infiltrazione e la deposizione atmosferica.

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). (n.d.). *Pesticidi nelle acque sotterranee: Vie di trasporto e impatto ambientale*. Recuperato da <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/pesticides-groundwater>

Preoccupazioni etiche

- **Rischi per la salute** come cancro, problemi respiratori e disturbi neurologici dovuti all'esposizione ai pesticidi (Hymann, 2023).
- **Sfruttamento del lavoro:** Il lavoro forzato e minorile è diffuso nei principali Paesi produttori di cotone, come l'Uzbekistan e l'India.
- **Sfide economiche** del cotone OGM: L'89% del cotone coltivato in India è geneticamente modificato (Hymann, 2023). A causa dell'elevata domanda e dei prezzi regolamentati dal governo, molti agricoltori ricorrono all'acquisto di sementi sul mercato nero a prezzi gonfiati. L'accesso limitato ai prestiti formali costringe gli agricoltori ad affidarsi a prestatori privati ad alto tasso di interesse, creando cicli di indebitamento e difficoltà economiche. L'indebitamento ha portato a un aumento dei tassi di suicidio tra i coltivatori di cotone indiani.

2.1.1.2. Lino e canapa

Con una stima di 0,2 milioni di tonnellate di fibre di canapa coltivate in tutto il mondo nel 2023, la canapa rappresenta circa il 4% del mercato delle fibre vegetali non di cotone, o circa lo 0,2% del mercato globale delle fibre (Textile Exchange, 2023a). La canapa è stata storicamente illegale in molti Paesi a causa della sua relazione con la cannabis che produce THC, ma viene sempre più spesso legalizzata per uso tessile e industriale. Richiede meno acqua e meno pesticidi del cotone, offre benefici per la salute del suolo e può persino aumentare la produttività delle colture successive. Il suo parente più popolare, **il lino**, è una coltura annuale che richiede una risemina ogni anno ed è tipicamente coltivata in climi temperati. Queste colture simili, pur essendo promettenti, presentano rischi propri.



Immagine 2: pianta di lino, Immagine di Annette Meyer da Pixabay

Impatto ambientale:

- **I benefici ecologici della canapa:** Le radici profonde aerano il suolo e sopprimono le erbe infestanti, favoriscono la biodiversità e migliorano il ciclo dei nutrienti.

- **Sfide della produzione su larga scala:** L'aumento della monocoltura potrebbe portare a una maggiore dipendenza dai pesticidi e la meccanizzazione potrebbe aumentare le emissioni di gas serra, mentre l'elevato fabbisogno di fertilizzanti azotati comporta il rischio di contaminazione dell'aria e dell'acqua.
- **Impatto della lavorazione:** La reticolazione (scomposizione delle fibre vegetali) può portare all'inquinamento delle acque se effettuata chimicamente. Mentre la lavorazione industriale spesso comporta l'uso di sbiancanti e ammorbidenti chimici, contribuendo al danno ambientale.

Preoccupazioni etiche

- Come in tutte le filiere tessili, esiste il rischio di lavoro forzato e minorile.
- La Corea del Nord è uno dei maggiori produttori di canapa al mondo, il che solleva preoccupazioni circa l'approvvigionamento etico e i salari equi (Textile Exchange, 2023a).

2.1.2. Materie prime di origine animale

2.1.2.1. La seta

Le fibre di seta sono prodotte dai bachi da seta, che in realtà sono tecnicamente classificati come bruchi. I tessuti realizzati con le fibre di seta sono stati a lungo considerati un bene prezioso. Uno dei motivi per cui la seta è considerata preziosa e ha prezzi elevati è che può essere prodotta solo dove cresce il gelso. I bachi da seta si nutrono delle foglie dell'albero ed estrudono fibroina (composta da molecole proteiche a catena lunga), filamenti fluidi di seta rivestiti di sericina (gomma della seta), producendo un filamento di circa 300 metri in un periodo di tre giorni, noto anche come bozzolo (Eberle et al., 2014). È all'interno di questo bozzolo che il baco si trasforma in falena. Quando la falena esce dal bozzolo, ne danneggia una parte, rompendo il lungo filamento. Per produrre seta, sono necessari bozzoli non danneggiati, quindi i coltivatori uccidono il baco da seta al suo interno esponendolo al vapore o al calore secco, impedendogli così di raggiungere lo stadio in cui emergerebbe e causerebbe danni ai filamenti. I bozzoli vengono poi messi in acqua calda, a volte quasi bollente, per ammorbidire e rimuovere la gomma. Sebbene le origini naturali della seta possano sembrare interessanti come alternativa ai materiali sintetici, in realtà si tratta di un materiale altamente inefficiente da produrre.



Immagine 3: Bozzoli di baco da seta, immagine di Waewkidja su Freepik

Impatto ambientale:

- La produzione di 1 kg di seta è ad alta intensità di risorse e richiede 187 kg di foglie di gelso per l'alimentazione dei bachi da seta (Håkansson, 2023).
- Elevate emissioni di gas serra dovute al letame e ai fertilizzanti utilizzati nella coltivazione del gelso.
- Molti impianti di sericoltura si affidano all'energia del carbone, aumentando l'impronta di carbonio.

Preoccupazioni etiche:

- **Benessere degli animali:** Per produrre 120 kg di seta grezza sono necessari 10.000 kg di bozzoli. Ciò equivale a circa 50.000 bachi da seta che vengono di conseguenza uccisi (Pandey, 2014).
- **Sfruttamento dei lavoratori:** Paesi come la Cina, l'Uzbekistan, l'India e il Brasile presentano un elevato rischio di schiavitù moderna nella produzione della seta (Håkansson, 2023). I lavoratori devono affrontare l'esposizione all'acqua bollente, ai pesticidi e ai coloranti, con conseguenti rischi per la salute, come irritazioni cutanee e danni agli organi.

2.1.2.2. La lana

La lana è la fibra animale più comunemente utilizzata nell'industria tessile e della moda e rappresenta l'1% del mercato globale delle fibre nel 2021 (Textile Exchange, 2023). La lana è un composto organico fatto di cheratina, la stessa proteina che si trova nei nostri capelli e nelle nostre unghie, che proviene dalle pecore. Con un volume di produzione annuale di circa 1 milione di tonnellate di fibra di lana pulita, la lana di pecora è la fibra di origine animale più utilizzata, grazie anche alla sua capacità di assorbire l'umidità e fornire calore anche quando è bagnata (Textile Exchange, 2024). Sfortunatamente, la lana è una fibra avida di risorse e soggetta a problemi di benessere animale.



Immagine 4: Lana da Freepik.com

Impatto ambientale

- **Acqua:** La produzione di 1 kg di lana pulita richiede 170.000 litri d'acqua, molto più del cotone (PETA Australia, 2023). La materia fecale contamina i corsi d'acqua, le sostanze chimiche utilizzate per tenere lontani i parassiti dal manto delle pecore contaminano anch'esse i corsi d'acqua e avvelenano i pesci, rendendo l'acqua non potabile sia per gli uomini che per gli animali.
- **Degrado del territorio:** Il pascolo degli ovini contribuisce al disboscamento dei terreni, alla perdita di biodiversità e alla desertificazione. Il degrado del suolo dovuto al pascolo eccessivo porta all'erosione e alla riduzione del sequestro di carbonio.
- **Emissioni di gas serra:** L'allevamento di pecore è responsabile del 98% dell'impatto di gas serra nella categoria delle fibre animali (Textile Exchange, 2023). La "fermentazione enterica", ovvero l'eruttazione e il passaggio di gas metano da parte del bestiame, è responsabile di circa un quarto delle emissioni annuali di metano in agricoltura (PETA, n.d.).

Preoccupazioni etiche

- La manipolazione brusca durante il processo di tosatura provoca lesioni e stress.
- Le pecore lasciate all'aperto senza protezione dopo la tosatura sono soggette a ipotermia e malattie.
- Il mulesing, l'asportazione della pelle portatrice di lana sui quarti posteriori dell'animale senza alcun sollievo dal dolore, è una procedura dolorosa utilizzata per prevenire il colpo di mosca. Almeno il 74% della lana australiana proviene ancora da pecore mulesate (PETA Australia, 2022).

2.1.2.3. Peli di animali

Esistono diverse altre fibre che derivano da peli di animali. Sebbene possano variare nel loro prestigio, le più comuni sono il cashmere, il mohair, l'angora, il lama e il cammello.

Il cashmere è la più costosa delle fibre di capelli. Questa fibra morbida e lussuosa proviene dalla capra cashmere che vive ad alta quota sulle montagne dell'Himalaya, in India, nel Kashmir e in Mongolia. La capra è dotata di un sottile sottopelo per resistere alle basse temperature del clima rigido e, al momento del cambio annuale del pelo, i sottili peli del sottopelo si separano dai peli di guardia più grossolani. Questi peli del sottopelo vengono raccolti e utilizzati nei tessuti di cashmere (Eberle et al., 2014).



Immagine 5: Capra del cashmere, immagine di Marcel Langthim da Pixabay

Impatto ambientale:

- L'aumento delle dimensioni delle mandrie, dovuto alla maggiore richiesta di fibre, porta al sovrappascolo e alla desertificazione.

Preoccupazioni etiche:

- Bassi guadagni per i pastori, il cui aumento di capacità per soddisfare una domanda crescente ha abbassato la qualità.
- Quando non vengono tosate, le capre subiscono un doloroso processo di pettinatura con pettini metallici affilati.

Il mohair si ottiene dal pelo della capra d'angora, noto per la sua fibra lunga e leggermente arricciata e per la sua lucentezza setosa. Si presta bene alla tintura e viene utilizzato principalmente per capi di abbigliamento e maglieria (Eberle et al., 2014).



Immagine 6: Capra d'angora, immagine di JamesDeMers da Pixabay

Impatto ambientale:

- L'allevamento del bestiame è un processo ad alta intensità di risorse. Per produrre un chilo di mohair, le capre devono essere alimentate con 40-50 chili di mangime.
- Il pascolo eccessivo porta al degrado del terreno.

Preoccupazioni etiche:

- Le capre sono spesso soggette a maltrattamenti e abusi, poiché i lavoratori sono pagati in base al volume e non al tempo.
- Le capre vengono tosate due volte l'anno, lasciandole vulnerabili al freddo e ai parassiti.

La fibra d'angora deriva dal pelo del coniglio d'angora, che viene tosato fino a quattro volte all'anno. I suoi peli fini e leggeri sono particolarmente adatti ad assorbire l'umidità e spesso vengono mescolati con la lana (Eberle et al., 2014). L'angora è considerata un materiale controverso a causa delle sue preoccupazioni per il benessere degli animali.



Immagine 7: Coniglio d'angora, immagine di Anil sharma da Pixabay

Impatto ambientale:

- **Alti livelli di ammoniaca nell'ambiente** a causa dell'urina e dei rifiuti, che possono causare infezioni agli occhi dei conigli e l'eutrofizzazione (una sovrabbondanza di minerali nell'acqua, che spesso porta all'esaurimento dell'ossigeno, alla crescita eccessiva di alghe e alla perdita di biodiversità nei sistemi idrici).

Preoccupazioni etiche:

- Circa il 90% dei conigli d'angora proviene dalla Cina, dove **il benessere degli animali non è regolamentato**. I conigli sono spesso tenuti in gabbie piccole e poco igieniche. La loro pelliccia viene spesso strappata anziché tosata, causando sofferenza e dolore. Molti vengono poi macellati all'età di due anni, ben prima della loro naturale durata di vita di 12 anni.

Il lama, l'alpaca, la vigogna e il guanaco sono specie di camelidi andini che vivono nella regione delle Ande del Sud America. Il loro pelo è costituito da fibre sottili, morbide, leggermente arricciate e calde, che vengono tosate ogni due anni e utilizzate in costose maglie, indumenti esterni e coperte (Eberle et al., 2014).



Immagine 8: Coppia di alpaca, immagine da wirestock su Freepik

Preoccupazioni etiche:

- Ogni volta che si producono prodotti di origine animale, si corre il rischio di maltrattare gli animali e di utilizzare in abbondanza le risorse necessarie per allevare il bestiame.
- In passato, le piccole comunità andine che allevano questi animali non sono state pagate dalle aziende che "acquistano" le preziose fibre.

Il pelo di **cammello** è il sottopelo del cammello battriano che ogni anno muta i suoi peli fini, morbidi, leggermente arricciati e preziosi (Eberle et al., 2014). Rispetto ad altre fibre di pelo animale, quelle dei camelidi tendono a presentare minori preoccupazioni per l'ambiente e il benessere.



Immagine 9: Peli di cammello, immagine di vecstock su Freepik

Impatto ambientale:

- Questa fibra è raramente tinta, eliminando la necessità di coloranti tossici e riducendo al minimo l'utilizzo di acqua.

Preoccupazioni etiche:

- Il cammello si libera naturalmente del suo pelo ogni anno, rendendo superflua la costrizione degli animali per la raccolta delle fibre e riducendo le possibilità di lesioni o traumi durante la raccolta.
- Se gli animali sono tosati, le loro grandi dimensioni rendono meno problematica la manipolazione rude rispetto a pecore e capre.

La produzione di fibre di origine vegetale e animale ha importanti implicazioni ambientali, etiche ed economiche. Mentre materiali come la canapa e il pelo di cammello offrono opzioni più sostenibili, l'industrializzazione su larga scala di qualsiasi fibra può portare a problemi ambientali e di diritti umani.

2.2. Fibre artificiali

Le fibre artificiali richiedono un intervento chimico per la loro creazione e possono essere realizzate attraverso processi chimici che utilizzano polimeri naturali, tipicamente provenienti da proteine come il latte, la soia o il mais, o polimeri di cellulosa estratti dalle piante, e polimeri sintetici che in genere utilizzano combustibili fossili come materia prima principale. La produzione prevede tre fasi principali:

1. conversione delle sostanze che formano la fibra in uno **stato fluido** (soluzione o fusione)

2. L'estrusione del fluido attraverso gli **spinneret** per formare i filamenti.

3. **Solidificazione dei filamenti** in fibre

Le fibre artificiali sono destinate a rimanere. Non possono essere completamente sostituite dai materiali naturali perché molte delle loro proprietà, come la resistenza al calore, l'idrorepellenza, la termoformatura e altre ancora, non possono essere replicate con la stessa efficienza utilizzando solo fibre naturali. Pertanto, in qualità di manager, l'obiettivo non dovrebbe essere quello di eliminare l'uso delle fibre artificiali nella produzione, ma di avere le giuste conoscenze e la consapevolezza del contesto per essere in grado di prendere le decisioni migliori riguardo a quando utilizzare quali materiali e come infliggere il minor numero di danni all'ambiente e ai vostri lavoratori. Vediamo alcuni degli effetti dannosi da considerare quando si sceglie di lavorare con fibre artificiali sia di origine naturale che sintetica.

2.2.1. Polimeri naturali

Le fibre naturali a base di polimeri sono **biobased ma lavorate chimicamente** per creare materiali con proprietà simili a quelle sintetiche. Textile Exchange definisce le fibre biosintetiche come quelle "prodotte interamente o parzialmente da fonti biobased mantenendo proprietà equivalenti a quelle dei materiali sintetici convenzionali". (Textile Exchange, 2022). Ciò può includere fibre prodotte da fonti vegetali, così come materie prime che sono biobased e prodotte con tecnologie sintetiche.

2.2.1.1. Fibre cellulosiche artificiali

Le fibre cellulosiche artificiali sono una delle categorie di fibre in più rapida crescita nel mercato tessile (Fiber Pathways). Oggi, la stragrande maggioranza delle fibre cellulosiche artificiali è prodotta utilizzando biomassa forestale (eucalipto, pino, bambù, legno di spiaggia). Gli alberi, provenienti sia da piantagioni che da foreste naturali, vengono coltivati, raccolti e tagliati per produrre la cellulosa che alimenta l'industria. Queste fibre sono spesso classificate in base ai processi utilizzati per crearle, ognuno dei quali utilizza diversi composti chimici con impatti e rischi dannosi associati:

- **Processo della viscosa** - Utilizza fogli di cellulosa immersi in idrossido di sodio, con l'aggiunta di disolfuro di carbonio per formare un fluido di filatura. Questo viene degassato, filtrato, maturato e immerso in un bagno di coagulazione. Una volta estratti, i filamenti vengono raccolti, avvolti in filato e lavati per rimuovere tutte le sostanze chimiche del processo (il processo modale è simile, con l'uso di ulteriori sostanze chimiche).
- **Processo al cuprammonio** - I composti di rame si dissolvono in idrossido di ammonio acquoso per produrre soluzioni in grado di sciogliere la cellulosa. Il processo di filatura a umido è stato abbandonato in alcuni Paesi a causa dei costi e delle preoccupazioni ambientali.

- **Processo di acetato** - Un derivato della cellulosa, in cui i gruppi 3-idrossilici/unità di glucosio della cellulosa vengono sostituiti con gruppi acetilici, e filatura dei materiali in acetone o diclorometano.
- **Processo Lyocell** - la pasta di cellulosa del legno viene sciolta in un solvente acquoso di ossido di ammina per ottenere il fluido di filatura. Alla fine del processo, l'ossido di ammina viene lavato dal fascio di filamenti e il solvente e l'acqua vengono riciclati.

Alla base di questi processi ci sono agenti chimici che agiscono per dissolvere, coagulare, filare e solidificare i materiali in ogni fase della lavorazione della cellulosa. Vediamo alcuni dei prodotti chimici più comunemente utilizzati e le relative problematiche:

- **Disolfuro di carbonio (CS_2)**: Utilizzato nella produzione di viscosa e collegato a problemi di salute dei lavoratori e all'inquinamento delle acque.
- **Soda caustica (idrossido di sodio, NaOH)**: Utilizzata in diversi processi di produzione di fibre artificiali cellulosiche per abbattere la cellulosa, ma può causare ustioni chimiche e inquinamento.
- **Acido solforico (H_2SO_4)**: Utilizzato nei bagni di coagulazione delle fibre, contribuisce all'acidificazione delle fonti idriche.

Le fibre artificiali cellulosiche devono tenere conto degli effetti dei materiali vegetali e dell'uso di sostanze chimiche. Sebbene ogni sostanza chimica utilizzata nella creazione delle varie MMCF sia associata a rischi ed effetti propri, vi sono alcune considerazioni generali associate a tutte le fibre di questa categoria relative all'ambiente e al benessere.

Impatto ambientale:

- La deforestazione impoverisce le zone che catturano il carbonio, emettendo al contempo ulteriore carbonio attraverso la raccolta meccanica, il trasporto e la lavorazione.
- L'impatto sui gas serra delle MMCF nel 2019 è stimato in circa 33 milioni di tonnellate di CO_2 (Textile Exchange, 2023).
- Le fibre di cellulosa raccolte vengono sciolte prima di essere filate, in processi che introducono solventi chimici che presentano problemi di sicurezza ambientale e umana.

Preoccupazioni etiche:

- I solventi chimici possono causare ustioni, problemi respiratori e dermatologici e altri effetti sulla salute dei lavoratori che spesso si trovano a stretto contatto con questi materiali.

2.2.2. Polimeri sintetici

La produzione di fibre sintetiche è inevitabile, poiché esse svolgono funzioni con capacità specifiche che non sono possibili con le fibre naturali. Le fibre sintetiche artificiali vengono prodotte sintetizzando piccole molecole chiamate monomeri, in genere ricavate dal petrolio. Migliaia di questi monomeri vengono poi accoppiati per creare polimeri lineari (Eberle et al., 2014). Nonostante la loro utilità funzionale, è importante abbandonare l'uso di combustibili fossili e trovare alternative più pulite, poiché si prevede che l'impatto di gas serra della produzione di fibre sintetiche raggiungerà 196 milioni di t/CO₂e entro il 2025 e 228 milioni di t/CO₂e entro il 2030 (Textile Exchange, 2022). Le fibre artificiali più comunemente prodotte da polimeri sintetici sono:

- **Poliestere** - La fibra più prodotta al mondo, ottenuta con acido tetrafatilico e glicole etilenico, derivati da combustibili fossili.
- **Nylon** - Poliammide ottenuta attraverso una reazione di polimerizzazione per condensazione. Il tipo più comune è sintetizzato da esametilendiammina e acido adipico. La produzione di nylon rilascia protossido di azoto, che contribuisce al riscaldamento globale.
- **Acrilico** - Prodotto a partire da propilene e ammoniaca polimerizzati per ottenere polvere di poliacrilonitrile. Poi viene sciolto in dimetilformammide o dimetilacetammide, filato a umido o a secco per ottenere filamenti acrilici.
- **Elastane** - Prodotto da almeno l'85% di poliuretano segmentato. I filati di elastan sono spesso integrati nei tessuti con altre fibre come il cotone (si pensi ai jeans elasticizzati) o la lana, il che li rende particolarmente difficili da riciclare.
- **Polipropilene** - Utilizzato in tessuti come corde, tappeti e abbigliamento attivo. Prodotto attraverso la polimerizzazione del gas propilene in presenza di catalizzatori, il polimero risultante viene fuso ed estruso in fibre. I catalizzatori organometallici richiedono composti metallici tossici che possono essere dannosi per i lavoratori e i materiali catalitici rimanenti devono essere rimossi dal polimero finale per evitare la contaminazione nelle applicazioni finali. Lo smaltimento dei rifiuti dei catalizzatori può contribuire all'inquinamento da metalli pesanti.
- **Polietilene** - Utilizzato soprattutto negli imballaggi, il polietilene può essere filato in fibre per tessuti leggeri. Il processo di polimerizzazione del gas etilene utilizza catalizzatori per produrre polietilene. Questo viene poi fuso ed estruso in fibre.

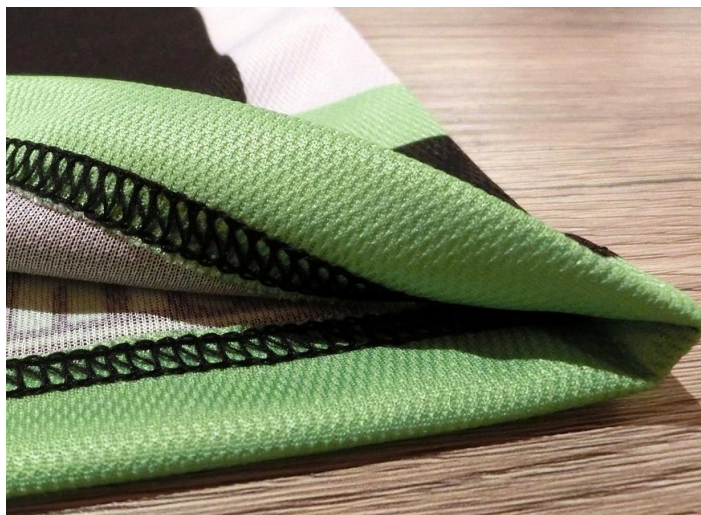


Immagine 10: Camicia realizzata con tessuto a rete in poliestere, Immagine di B360 Riding Shirts da Pixabay

Queste fibre sintetiche producono una grande quantità di gas serra. Nella figura seguente sono riportate le emissioni di gas serra in milioni di tonnellate di CO₂ per poliestere, nylon, acrilico, elastan e polipropilene.

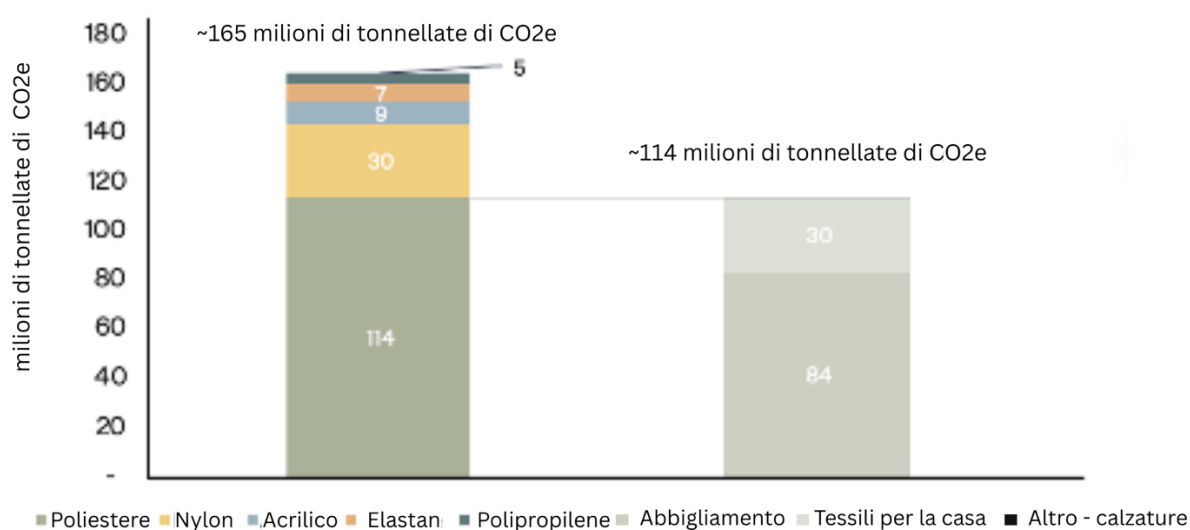


Figura 3. Illustra l'impatto dei gas serra nella categoria delle fibre sintetiche per il 2019 (l'anno di riferimento per misurare le riduzioni future), evidenziando l'impatto condiviso di poliestere e nylon nei settori dell'abbigliamento, del tessile per la casa e delle calzature.

Fonte: Textile Exchange: Textile Exchange. (2022). *Impatto dei gas serra nella categoria delle fibre sintetiche per il 2019*. Sulla base dei dati del Preferred Fiber and Material Market Report (2022), della ricerca del Textile Exchange Data and Technology Team (2021) e dei calcoli di Higg MSI 3.3 recuperati nel marzo 2022 da Higg.org.

2.2.2.1. Prodotti petrolchimici

I prodotti petrolchimici come il poliuretano e il polietilene tereftalato (PET) sono composti derivati da combustibili fossili come il petrolio greggio e il gas naturale, che costituiscono i mattoni delle fibre sintetiche come il nylon, il poliestere (la fibra più prodotta al mondo), l'acrilico e l'elastan. Siamo ben consapevoli degli effetti dannosi che l'estrazione dei combustibili fossili ha sull'ambiente e negli ultimi anni si è parlato molto di orientare l'opinione pubblica, i governi e le imprese verso alternative più ecologiche. Nella realtà attuale del settore tessile le cose non stanno così. Secondo il Material Market Report 2024 di Textile Exchange, la produzione di materiali sintetici a base fossile è aumentata da 67 milioni di tonnellate nel 2022 a 75 milioni di tonnellate nel 2023, in aperto contrasto con gli obiettivi di riduzione dell'uso dei combustibili fossili. Il pericolo associato a questo aumento della produzione di fibre basate sui combustibili fossili è direttamente collegato alla pleora di impatti ambientali dannosi e di problemi di benessere associati ai prodotti petrolchimici.



Immagine 11: Impianto a combustibili fossili, Immagine di Steve Buissinne da Pixabay

Impatto ambientale:

- L'estrazione di risorse non rinnovabili tramite trivellazione e fracking contribuisce alla distruzione dell'habitat naturale e ad alti livelli di inquinamento.
- I processi di produzione ad alta intensità energetica rilasciano grandi quantità di gas serra.
- I rifiuti tossici provenienti dai siti di lavorazione entrano spesso nei corsi d'acqua e il deflusso dalle discariche e dai sistemi fluviali contaminati inquina le falde acquifere.
- I tessuti prodotti con sostanze petrolchimiche non sono biodegradabili, con conseguente inquinamento a lungo termine delle discariche e degli oceani.
- Le fibre sintetiche rilasciano microplastiche (particelle di plastica che sono state scomposte in pezzi più piccoli di 5 mm) nell'acqua durante il lavaggio e si disperdono nell'ambiente durante l'uso. Le microplastiche sono. Le loro piccole

dimensioni rendono quasi impossibile rimuoverle dall'ambiente o dal corpo umano una volta contaminate.

Preoccupazioni etiche:

- I materiali altamente infiammabili sono pericolosi per i lavoratori che li trasportano.
- Ci sono molti rischi per la salute associati al lavoro con prodotti petrolchimici o all'uso prolungato di prodotti realizzati con tali materiali tossici.
- L'estrazione, la lavorazione e il trasporto dei combustibili fossili creano una grande quantità di inquinamento atmosferico, che espone le comunità e i lavoratori in prima linea al rischio di sviluppare malattie croniche come il cancro e danni ai reni, al fegato e al sistema nervoso.
- Le microplastiche possono avere effetti negativi sul sistema endocrino umano e non si conosce ancora la portata del loro impatto sul corpo umano.
- La nostra dipendenza da queste risorse non rinnovabili in settori come l'energia ha creato instabilità politica e scatenato conflitti globali.

Uno studio condotto dall'Istituto per la Salute e l'Ambiente di Seoul ha rilevato che tra i tipi di microplastica più comuni trovati nell'aria ci sono poliammide (nylon), poliestere e acrilico, dopo il polietilene (PE) e il polipropilene (PP) (Lee, Cho, Sohn, & Kim, 2023).

2.2.2.2. Rigenerazione delle fibre chimiche

I materiali riciclati possono essere un modo per limitare l'estrazione di materie prime e prolungare il ciclo di vita delle fibre tessili, rimettendole in uso attraverso la rigenerazione anziché lo smaltimento, ma secondo il Materials Market Report 2024 di Textile Exchange, la quota di mercato delle fibre riciclate è diminuita dal 7,9% del 2022 al 7,7% del 2023 e, complessivamente, meno dell'1% del mercato globale delle fibre proviene da tessuti riciclati pre- e post-consumo. Sebbene sembri promettente in alcuni scenari, il riciclo non è una soluzione definitiva priva di aspetti negativi (per saperne di più sul riciclo delle fibre, leggete Women Think Green Unit 7). Quando si decide di lavorare con materiali riciclati rispetto a quelli vergini, è importante considerare gli effetti dannosi associati alle sostanze chimiche necessarie per il processo di rigenerazione e riciclaggio delle fibre, al fine di soppesare i pro, i contro e gli effetti successivi.

Riciclaggio meccanico: Comporta il trattamento fisico dei rifiuti plastici attraverso la frantumazione e la fusione dei rifiuti per formare nuove fibre. Sebbene questo metodo non richieda l'uso di sostanze chimiche aggiuntive, ha i suoi limiti, in particolare il degrado della qualità del materiale nel tempo e l'uso di macchinari che contribuiscono alle emissioni di gas serra.

Impatto ambientale:

- Le fibre più corte (dovute al processo di frantumazione) aumentano la dispersione di microplastiche (soprattutto nel caso di materiali sintetici come il poliestere).
- Le fibre riciclate meccanicamente spesso richiedono una tintura aggiuntiva che aumenta l'utilizzo di acqua e sostanze chimiche.

Preoccupazioni etiche:

- Molti impianti di riciclaggio si trovano in Paesi a basso reddito, con una protezione limitata dei lavoratori che può portare allo sfruttamento.
- I rifiuti tessili provenienti da Paesi ad alto reddito vengono esportati in modo sproporzionato nei Paesi in via di sviluppo, sovraccaricando i loro sistemi, a volte con materiali non riciclabili che diventano poi un onere per le comunità locali.

Riciclaggio chimico: Questo processo scompone i polimeri in monomeri utilizzando sostanze chimiche, consentendo la produzione di fibre con proprietà simili a quelle dei materiali vergini. Questo processo può essere utilizzato per depolimerizzare il poliestere, consentendo la creazione di fibre riciclate di alta qualità. Può essere utilizzato con una gamma più ampia di materiali plastici, ma comporta l'uso di processi chimici con rischi per l'ambiente e la sicurezza.

Impatto ambientale:

- I processi chimici richiedono **un elevato apporto energetico** e possono emettere sostanze pericolose e gas a effetto serra, richiedendo rigorosi controlli delle emissioni.
- Lo **smaltimento improprio dei prodotti chimici** può causare la contaminazione ambientale delle aree circostanti e dei sistemi idrici.

Preoccupazioni etiche:

- I lavoratori degli impianti di riciclaggio dei prodotti chimici devono affrontare fumi tossici, rifiuti pericolosi e ambienti di lavoro non sicuri, che possono comportare **gravi rischi per la salute**.
- Gli impianti di riciclaggio di sostanze chimiche sono spesso situati in aree a basso reddito, **esponendo in modo sproporzionato le comunità svantaggiate** a problemi ambientali e di salute.
- Il **greenwashing aziendale** è una pratica in cui le aziende dichiarano di utilizzare materiali riciclati sostenibili, ma non rivelano in modo trasparente la tossicità, la produzione di rifiuti o le condizioni di lavoro, commercializzando in modo ingannevole un prodotto come più sostenibile di quanto non sia.

3. METODI DI MITIGAZIONE

3.1. Pratiche rigenerative

Il passaggio a sistemi di agricoltura rigenerativa e biologica ha il potenziale di sostenere e promuovere la salute dei suoli, degli ecosistemi e delle persone affidandosi ai processi ecologici, alla biodiversità e ai cicli adattati alle condizioni locali, piuttosto che all'uso di input esterni che potrebbero avere effetti negativi. Attraverso sistemi di gestione rigenerativa del territorio, è possibile ridurre l'impatto climatico delle fibre animali e i sistemi agricoli strategici possono migliorare la biodiversità, la salute dell'acqua e del suolo, nel rispetto dei diritti delle persone e degli animali.

3.2. Materiali alternativi

Un modo per mitigare gli effetti dannosi dei materiali problematici è quello di cercare alternative migliori. Per quanto riguarda la fibra più prodotta al mondo, il poliestere, la priorità sta nell'abbandonare le materie prime di origine fossile per concentrarsi su quelle riciclabili o rinnovabili e nel chiudere il ciclo che consentirebbe di riciclare i vecchi tessuti in poliestere in nuovi tessuti. L'eliminazione graduale delle risorse di origine fossile e la necessità di mantenere una quantità sostanziale di risorse fossili nel sottosuolo per limitare il riscaldamento globale a 1,5°C. Se nel settore dell'energia si parla di "decarbonizzazione" o, sempre più spesso, di "defossilizzazione", nel settore dei materiali l'equivalente è la transizione verso il carbonio senza fossili. Il nova-Institut utilizza il termine "carbonio rinnovabile" per indicare il "carbonio privo di fossili" che può provenire da biomasse, dal riciclaggio o dalla CO₂ diretta. Il carbonio senza fossili o rinnovabile può quindi provenire dalla biosfera, dalla tecnosfera o dall'atmosfera ma, a differenza del carbonio fossile, non dalla geosfera (Textile Exchange, 2022). Orientarsi verso un futuro in cui le fibre sintetiche basate sui combustibili fossili siano sostituite da biosintetici.

I biosintetici hanno il potenziale per funzionare come le fibre sintetiche tradizionali, riducendo al contempo le emissioni di gas serra e svolgendo funzioni aggiuntive come (potenzialmente) la cattura del carbonio. La quota di mercato dei biosintetici è attualmente ancora molto bassa, ma si prevede una crescita del mercato globale dei polimeri biobased con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) di oltre il 10% fino al 2026 (Textile Exchange, 2022). Colture come il mais, la barbabietola da zucchero e la canna da zucchero sono attualmente le principali materie prime per i biosintetici e, sebbene provengano da fonti naturali, sono colture che danneggiano il suolo, sono dannose per l'erosione e richiedono grandi quantità di acqua per essere prodotte. Nella figura seguente è possibile confrontare l'impatto ambientale di alcuni biomateriali.

		Esaurimento dei nutrienti	Pesticidi	Erosione	Compattamento del suolo	Consumo idrico	Biodiversità	Agrobiodiversità
Canapa		A	A	A/B	A	B	B	A
	Pascolo permanente	A	A	A	A	A	A	A
	Coppice a rotazione breve (pioppo, salice)	A	A	A	A	B	A/B	A
	Cereali invernali	A	A	A	A	A	B	B
	Semi di lino	A	B	A/B	A	A	A/B	A
	Erba medica	B	A	A	A/B	A/B	A/B	A
	Erba	B	B	B	A/B	A	B/C	A
	Panico verga	?	?	A	A	A	B	A
	Senape	A/B	B	A/B	A	B	B	A
	Sorgo	A	B/C	A	A	A/C	B	B
	Grano	A	B	A	A	B	B/C	C
	Girasole	A/B	B	B/C	A	B	A/B	B
Impatto ambientale:	Colza	B/C	C	B	A	n/a	B/C	A/B
	Barbabietola	B/C	B	C	C	A/C	B	B
	Mais	C	C	C	B	A/B	C	B/C
	Patata	B/C	B	C	C	C	B/C	C

A = Più basso
B = Medio
C = Peggior

Figura 4: Benefici e rischi ecologici delle colture in Europa, come illustrato nel rapporto "Canapa per il futuro" di Textile Exchange.

Fonte: Textile Exchange, *Hemp for the Future Report* (2025), Figura 4: Benefici ecologici della canapa e di altre colture in Europa.

4. CONCLUSIONE

Come manager del settore tessile vi troverete di fronte a molte decisioni difficili da prendere riguardo ai vostri prodotti. Al centro di queste decisioni c'è la scelta delle materie prime con cui lavorare e delle catene di approvvigionamento da cui queste materie prime provengono. La comprensione degli effetti nocivi delle materie prime tessili può aiutare a prendere queste decisioni. Anche se raramente esiste un risultato perfetto, il delicato equilibrio sta nel soppesare i pro e i contro di ciascuna di esse. Si può optare per materiali organici o socialmente responsabili, che hanno effetti meno negativi sull'ambiente e sulla forza lavoro, ma che spesso hanno un prezzo più alto. Potreste decidere di impegnare la vostra azienda a contribuire a sforzi di mitigazione come il sostegno a programmi di recupero ambientale, l'acquisto di materiali provenienti da prodotti di agricoltura rigenerativa o la collaborazione con iniziative sociali che promuovono e proteggono i diritti e la sicurezza dei lavoratori nei Paesi ad alta produzione che ne sono privi. Potreste anche decidere di lavorare con materiali nuovi e innovativi come azienda pionieristica che adotta un approccio proattivo per l'integrazione di nuovi materiali nel mercato. Le donne manager non hanno solo una responsabilità nei confronti della loro azienda e dei loro dipendenti, ma sono anche responsabili di come le loro decisioni all'interno dell'azienda influenzino il mondo esterno, le catene di approvvigionamento e l'ambiente che tutti noi condividiamo.

Riferimenti

Risorse aggiuntive:

Textile Exchange. (2024b, 18 dicembre). *Biblioteca sull'inventario del ciclo di vita (LCI)*. Textile Exchange. <https://textileexchange.org/lci-library/>

La libreria LCI (Life Cycle Inventory) di Textile Exchange è un archivio open-source che fornisce accesso a dati LCI preesistenti specifici per l'industria tessile. Questa iniziativa mira a migliorare l'efficienza nella rendicontazione degli impatti, nella modellazione e nello sviluppo di nuovi studi di Life Cycle Assessment (LCA) nei settori dell'abbigliamento, del tessile e delle calzature. Offrendo dati prontamente disponibili, la biblioteca riduce la necessità di raccogliere dati primari ad alta intensità di risorse, facilitando valutazioni ambientali più snelle ed efficaci dal punto di vista dei costi. È importante notare che Textile Exchange ospita la LCI Library, ma non approva né verifica l'accuratezza dei dati inclusi. Gli utenti sono responsabili della convalida delle informazioni e devono esercitare la dovuta diligenza quando le applicano alle loro valutazioni.

Riferimenti utilizzati:

Alsabri, A., Tahir, F., & Al-Ghamdi, S. G. (2022). Impatto ambientale della produzione di polipropilene (PP) e prospettive di riciclaggio nella regione del CCG. *Materiali Oggi: Proceedings*, 56, 2245-2251.

B.L. Deopura, N.V. Padaki, Chapter 5 - Synthetic Textile Fibres: Polyamide, Polyester and Aramid Fibres, Editor(s): Rose Sinclair, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Textiles and Fashion, Woodhead Publishing, 2015, Pages 97-114, ISBN 9781845699314, <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00005-2>.

Eberle, H., Gonser, E., Hermeling, H., Hornberger, M., Kupke, R., Menzer, D., Moll, A., Kilgus, R., & Ring, W. (2014). *Tecnologia dell'abbigliamento... dalla fibra alla moda*. Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer.

Carta dell'industria della moda per l'azione sul clima Gruppo di lavoro sulle materie prime. (2021). Identificazione di fonti di cotone e poliestere a basse emissioni di carbonio. Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

Hallett, C. e Johnston, A. (2021). *Tessuti per la moda: The Swatch Book* (2a ed.). Laurence King Publishing.

Håkansson, E. (2023, 9 febbraio). Guida ai materiali: Quanto è sostenibile la seta? Good On You. <https://goodonyou.eco/is-silk-sustainable/>

Håkansson, E. (2024, 23 luglio). Guida ai materiali: L'angora è etica e sostenibile? Good On You. <https://goodonyou.eco/material-guide-angora/>

Håkansson, E. (2025, 13 gennaio). Guida ai materiali: How Ethical Is Cashmere and Is It Sustainable? (Quanto è etico e sostenibile il cashmere?). Good On You. <https://goodonyou.eco/material-guide-how-ethical-is-cashmere/>

Hymann, Y. (2023, 20 gennaio). Guida ai materiali: Quanto è sostenibile il cotone? Good On You. <https://goodonyou.eco/how-sustainable-is-cotton/>

Kelso, M., Auch, T. e Jackson, E. (2022, 4 aprile). Guida ai prodotti petrolchimici, il punto cieco dei combustibili fossili. *Alleanza FracTracker*. https://www.fractracker.org/petrochemicals/guide/?utm_source=chatgpt.com#overview

Kelly, H., & Hart, D. M. (2024, 16 dicembre). Prodotti petrolchimici senza combustibili fossili: Un'iniziativa nazionale per il clima e la tecnologia. ITIF. https://itif.org/publications/2023/03/03/petrochemicals-without-fossil-fuels-a-national-climate-tech-initiative/?utm_source=chatgpt.com

Lee, Y., Cho, J., Sohn, J., & Kim, C. (2023). Effetti sulla salute dell'esposizione alle microplastiche: Problemi e prospettive attuali in Corea del Sud. *Yonsei medical journal*, 64(5), 301-308. <https://doi.org/10.3349/ymj.2023.0048>

McLaughlin, K. (2019, 30 gennaio). L'esplosione della domanda di lana di cashmere sta rovinando le praterie della Mongolia. *Science*. <https://www.science.org/content/article/exploding-demand-cashmere-wool-ruining-mongolia-s-grasslands>

Meyer, Wayne. (2004). Acqua per il cibo - il dibattito continuo. 31-34.

Pandey, R. K. (2014, 15 novembre). Il baco da seta. *silkwormmori*. 10 marzo 2025, <https://silkwormmori.blogspot.com/2014/11/occupational-health-problems-in-silk.html>

PETA. (n.d.). I rischi ambientali della lana. *PETA*. <https://www.peta.org/issues/animals-used-for-clothing/wool-industry/wool-environmental-hazards/>

PETA. (n.d.). L'industria dell'angora. *PETA*. <https://www.peta.org/issues/animals-used-for-clothing/angora-industry/>

PETA. (n.d.-b). L'industria del mohair. *PETA*. <https://www.peta.org/issues/animals-used-for-clothing/mohair/>

PETA Australia. (2022, 11 maggio). La lana e il benessere degli animali. *Fatti sulla lana*. <https://www.woolfacts.com/wool-and-animal-welfare/mulesing/>

PETA Australia. (2023, 16 ottobre). Lana e disboscamento dei terreni. *Fatti di lana*.
<https://www.woolfacts.com/is-wool-sustainable/land-clearing/>

Sadowski, M., Perkins, L. e McGarvey, E. (2021). Tabella di marcia verso lo zero netto: Realizzare obiettivi basati sulla scienza nel settore dell'abbigliamento. *World Resources Institute*, 1-40.

Sewport. (2025, 10 marzo). Cos'è il tessuto di lana di cammello: Proprietà, come viene prodotto e dove. <https://sewport.com/fabrics-directory/camel-wool-fabric#:~:text=Camel%20wool%20is%20widely%20considered,wool%20harvesting%20are%20significantly%20limited.>

Borsa tessile. (2022). (rep.). *The Sustainability of Biosynthetics Come i biosintetici possono far parte del viaggio dell'industria tessile e della moda verso un futuro rigenerativo e circolare*. Recuperato il 6 marzo 2025, da https://textileexchange.org/app/uploads/2022/05/Textile-Exchange_The-Sustainability-of-Biosynthetics.pdf.

Textile Exchange. (2022). *Rapporto sul mercato delle fibre e dei materiali preferiti 2022*. Recuperato da <https://textileexchange.org/app/uploads/2022/09/Preferred-Fiber-and-Materials-Market-Report-2022.pdf>.

Borsa Tessile. (2023). (rep.). *Percorsi dei materiali: Accelerare l'azione verso gli obiettivi Climate+*. Recuperato nel marzo 2025, da https://textileexchange.org/app/uploads/2023/03/Material-Pathways_March-2023.pdf.

Borsa Tessile. (2023a). (rep.). *Coltivare la canapa per il futuro Una guida globale alle fibre*. Recuperato il 6 marzo 2025, da <https://textileexchange.org/app/uploads/2023/04/Growing-Hemp-for-the-Future-1.pdf>.

Borsa Tessile. (2024). (rep.). *Rapporto sul mercato dei materiali 2024*. Recuperato da <https://textileexchange.org/app/uploads/2024/09/Materials-Market-Report-2024.pdf>.

Cosa indossi? La guida definitiva ai materiali per l'abbigliamento. (2024, 6 agosto). *Good On You*. <https://goodonyou.eco/ultimate-clothing-material-guide/>

Water Science School (2018, 8 giugno). Pesticidi nelle acque sotterranee. *USGS*.
https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/pesticides-groundwater?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects