

IL RICICLO TESSILE: SCENARI E STATO DELL'ARTE

a cura di Aurora Magni

giugno 2023



madeinitaly.gov.it



Ministry of Foreign Affairs
and International Cooperation



ITALIAN TRADE AGENCY



ITALIAN TEXTILE MACHINERY

IL RICICLO TESSILE: SCENARI E STATO DELL'ARTE

Giugno 2023

PREMESSA	2
1 LO SCENARIO LEGISLATIVO EUROPEO	3
1.1 I PASSAGGI CHIAVE NELLA DEFINIZIONE DELLA TRANSIZIONE CIRCOLARE PER TESSILE E MODA	3
1.2 L'ESPORTAZIONE DI RIFIUTI TESSILI: DALLA DENUNCIA DEL PROBLEMA ALL'AVVIO DI NUOVI MODELLI DI BUSINESS	7
1.3 ASPETTI SOCIALI DELLA MODA CIRCOLARE	9
2 LA GESTIONE DEI RIFIUTI TESSILI IN ITALIA	10
3 TESSILE E MODA, BIOECONOMIA E NUOVI MATERIALI	12
3.1 IL CASO FINLANDIA	13
3.2 LA TRANSIZIONE SOSTENIBILE DEL TESSILE PASSA (ANCHE) ATTRAVERSO I BIOPOLIMERI	14
4 IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE NELLA TRANSIZIONE CIRCOLARE DEL SISTEMA MODA	15
5 LE TECNOLOGIE PER IL RICICLO DEI MATERIALI TESSILI	18
5.1 LE TECNOLOGIE DIGITALI A SOSTEGNO DI AZIONI DI SISTEMA	19
5.2 RACCOLTA E PREPARAZIONE AL RICICLO	19
5.3 IL RICICLO	21
- Riciclo meccanico	
- Riciclo termo-meccanico	
- Riciclo termico-chimico	
- Riciclo chimico	
- Il caso poly-cotton	
- Il riciclo mediante biotecnologie	
6 NOTE CONCLUSIVE	24
7 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	26

Premessa

Scopo del rapporto è fornire una visione d'insieme dello scenario in cui si inseriscono le iniziative dell'industria meccanotessile finalizzate ad incrementare il grado di sostenibilità e circolarità del comparto tessile-moda. Al centro della riflessione sono posti i sistemi per il riciclo tessile, tecnologie fondamentali dell'approccio alla circolarità, ma che certo non ne esauriscono le finalità. Obiettivo dell'industria sostenibile, qualunque sia in comparto in cui opera, è, infatti, evitare o almeno ridurre la formazione di scarti e far sì che i beni raggiungano la qualifica di rifiuto il più tardi possibile. Il riciclo si conferma a quel punto la pratica di gran lunga preferibile all'incenerimento e al conferimento in discarica, come ricorda la gerarchia dei rifiuti delineata dalla stessa Commissione Europea.¹

Questa chiave di lettura, davvero ambiziosa, non è solo proposta dalla letteratura sulla transizione ecologica dei sistemi economici fin dallo storico *The Limits to Growth*, con cui nel 1972 il Club di Roma lanciò l'allarme sui consumi insostenibili di risorse globali, ma caratterizza il dibattito attuale della politica, che vede nell'Agenda 2030², promossa dalle Nazioni Unite nel 2015, congiuntamente all'impegno a mantenere l'incremento del riscaldamento globale entro 1,5 gradi e nel Green Deal Europeo³, tappe fondamentali del percorso.

La parte introduttiva del report è dedicata, infatti, alle politiche Europee che negli ultimi anni hanno indicato l'industria della moda come industria faro nello scenario globale per il ruolo economico e sociale, ma anche settore da tenere sotto costante attenzione per l'impatto ambientale delle sue lavorazioni e della logistica e per gli effetti imputabili all'uso stesso dei prodotti, come dimostra la dispersione di microplastiche durante i lavaggi dei capi. Quadro che appare particolarmente aggravato dalla costante produzione di ingenti volumi di rifiuti spesso di difficile gestione. Come ricordato dalla stessa Commissione Europea *'nella UE vengono buttati annualmente circa 5,8 milioni di tonnellate di prodotti tessili, ossia circa 11 kg a persona'*⁴. Nel contempo *'a livello mondiale, ogni secondo l'equivalente di un camion carico di materiali tessili è collocato in discarica o incenerito'*⁵. Ancora non adeguata risulta essere la raccolta differenziata finalizzata alla rivalorizzazione dei rifiuti tessili: *'nella UE viene raccolto separatamente circa il 38 % dei prodotti tessili immessi sul mercato della UE. Si ritiene che il restante 62% sia smaltito nei flussi di rifiuti misti'*⁶.

Tanto la governance UE quanto gli operatori che a vario titolo operano a sostegno di una transizione ecologica del sistema moda, imprese e le loro rappresentanze, enti di ricerca e laboratori di analisi, produttori chimici e meccanotessili, movimenti d'opinione ed enti di normazione e certificazione, solo per citare alcuni degli stakeholder direttamente chiamati in causa, sono consapevoli della necessità di affrontare il problema su più fronti: dai criteri stessi di progettazione ai processi produttivi, dalla movimentazione dei beni alle modalità di utilizzo fino alla gestione degli stessi a fine vita. E' ormai diffusa la convinzione che le problematiche ambientali si intreccino con quelle sociali e che ad essere oggetto di ripensamento sia l'intera catena del valore della moda.

Per quanto sia importante denunciare le criticità, vanno comunque riconosciuti gli sforzi avviati dal comparto in questi ultimi anni per ridurre la propria impronta ambientale.

La filiera nel suo insieme è stata ed è, infatti, protagonista di importanti cambiamenti che riguardano il risparmio energetico, la sicurezza chimica, i criteri di selezione dei materiali e dei fornitori, il controllo della supply chain, la misurazione della carbon footprint, la sperimentazione di modelli di business basati sui principi della circular economy. Performances rese possibili dal dialogo e dalla sinergia che i produttori di tecnologie hanno saputo costruire con i propri clienti e che riguardano la diffusione di metodi di lavoro e modelli di business sostenibili e circolari nell'intera catena del valore.

Non limitandosi, quindi, a trattare il riciclo, il rapporto prende in considerazione alcuni trend in atto nelle strategie del settore: la prevenzione della produzione stessa dei rifiuti grazie al supporto delle tecnologie di nuova generazione, la rigenerazione di biomasse in materiali destinati alla filiera del tessile e della moda. Una visione a 360 gradi che colloca i produttori di tecnologie al centro delle strategie che la UE sta delineando per accelerare la transizione della filiera tessile verso modelli più sostenibili.

1 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM%3Awaste_hierarchy.

2 Il tema della difesa e dell'uso accurato ed equo delle risorse attraversa seppur con accenti diversi tutti i 17 goals. In particolare l'obiettivo 12, 'Garantire modelli sostenibili di produzione e consumo' indica al target 12.5 'Entro il 2030, ridurre in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riutilizzo'.

3 Gli obiettivi del Green Deal lanciati nel 2019 sono stati confermati il 24 giugno 2021 dall'approvazione del Parlamento della legge europea sul clima, che rende giuridicamente vincolante l'obiettivo di ridurre le emissioni del 55% entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050.

4 AEA (2019) *Textiles and the environment in a circular economy*.

5 Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2017) *A New Textiles Economy: Redesigning fashion's future*

6 JRC (2021) *Circular economy perspectives in the EU Textile sector*

1 Lo scenario legislativo europeo

Come denuncia la Commissione UE nel documento del 30 marzo 2022, Strategie per prodotti tessili sostenibili e circolari, 'la produzione mondiale di prodotti tessili è quasi raddoppiata tra il 2000 e il 2015⁷ e il consumo di capi di abbigliamento e calzature dovrebbe aumentare del 63 % entro il 2030, passando dagli attuali 62 milioni di tonnellate a 102 milioni di tonnellate⁸. Un trend che implica consumi intensivi di materie prime, prodotti chimici, acqua ed energia e che è destinato ad incrementare i volumi di rifiuti pre e post consumo. La principale causa di questa situazione è indicata nel modello Fast fashion che spinge i consumatori ad effettuare acquisti continui per rinnovare freneticamente il proprio guardaroba e le imprese del settore a sviluppare, oltre alle tradizionali proposte stagionali, un crescente numero di collezioni con la conseguenza di generare sovrapproduzione e di adottare pratiche non sostenibili di eliminazione dell'invenduto. È la stessa UE a dichiarare l'obiettivo di mettere 'fuori moda il Fast fashion', come viene ribadito in un comunicato stampa del 6 aprile 2023: 'per contrastare la sovrapproduzione e il consumo eccessivo di abbigliamento e calzature, il Comitato invita la Commissione e i Paesi dell'UE ad adottare misure che mettano fine al "Fast fashion", a partire da una chiara definizione del termine basata su "alti volumi di capi di qualità inferiore a bassi livelli di prezzo". I consumatori dovrebbero essere meglio informati per effettuare scelte responsabili e sostenibili, anche attraverso l'introduzione di un passaporto digitale dei prodotti⁹. Ma non è solo questione di quantità di capi immessi nel mercato, è la loro bassa qualità a limitarne la durata, a renderne difficile il riuso e perfino il riciclo.

Il tema della riduzione dei rifiuti tessili non è nuovo nel dibattito della politica europea che lo propone ora in una lettura integrata che mette in discussione i modelli economici responsabili del fenomeno. È, infatti, ben presente nella direttiva 851 del 2018 che impone agli Stati membri di garantire la raccolta differenziata della frazione tessile entro il 2025, quindi, ribadito nel 'Nuovo piano d'azione per l'economia circolare' del 2020 e riconfermato nelle più recenti proposte per la transizione ecologica dell'industria tessile (2022-2023) ancora al centro del dibattito delle parti interessate. Tutti i documenti convergono nel ribadire che l'obbligo di raccolta differenziata per quanto irrinunciabile, non sia sufficiente per assicurare il raggiungimento degli obiettivi di circolarità della filiera: occorre predisporre un sistema integrato in grado di gestire e prevenire il problema.

1.1 I passaggi chiave nella definizione della transizione circolare per tessile e moda

Con l'approvazione della direttiva 851 del 2018 da parte del Parlamento Europeo si pongono obiettivi che chiamano direttamente in causa l'industria tessile e della moda. La direttiva, infatti, coinvolge più prodotti e settori industriali, ma non trascura il comparto tessile.

Questi gli obiettivi indicati:

- ❖ entro il 2035 deve essere conferito in discarica non più del 10% dei rifiuti;
- ❖ entro il 2035 deve essere riciclato il 65% dei rifiuti urbani (il 55% entro il 2025 e il 60% entro il 2030);
- ❖ entro il 2030 il 70% dei rifiuti provenienti da imballaggi e *packaging* deve essere raccolto e riciclato;
- ❖ entro il 2023 è fatto obbligo di raccolta differenziata della frazione organica dei rifiuti ed entro il 2025 dei rifiuti tessili e dei rifiuti domestici pericolosi.

Se raccolta, gestione dei rifiuti e riciclo sono centrali nell'approccio della UE, si sollecitano misure concrete per prevenire la formazione stessa dei rifiuti, promuovere il riutilizzo dei beni e stimolare le "simbiosi industriali", cioè sistemi integrati per la gestione dei rifiuti pre-consumo (sfridi, scarti di lavorazione, eccedenze produttive) che consentano di trasformare il sottoprodotto di un'industria nella materia prima di un'altra unità produttiva.

Centrale in questa visione è il regime di responsabilità estesa del produttore - *EPR (Extended Producer Responsibility)*: chi produce è chiamato a farsi carico della gestione del prodotto giunto a fine vita, ma anche di progettarlo con logiche di *ecodesign*.

In particolare, all'impresa produttrice spetta il compito di progettare e realizzare prodotti dall'adeguata durata temporale: è, infatti, vietata l'obsolescenza programmata e sono sollecitati interventi di riparazione e rigenerazione dei beni. Inoltre, l'articolo deve essere progettato per essere facilmente rivalorizzato una volta

⁷ Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2017) *A New Textiles Economy: Redesigning fashion's future*

⁸ Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA) (2019) *Textiles and the environment in a circular economy*

⁹ <https://www.europarl.europa.eu/news/it/press-room/20230424IPR82040/ending-fast-fashion-tougher-rules-to-fight-excessive-production-and-consumption>

giunto a fine ciclo di vita (riuso, riciclo o, quando possibile, biodegradazione e compostaggio) e a questo scopo deve poter essere facilmente disassemblato.

Per favorire la corretta gestione dei rifiuti, ridurre i volumi, studiare soluzioni tecniche e gestionali che ne favoriscano la rigenerazione, le parti interessate, produttori, pubblica amministrazione, imprese del recupero e riciclo, devono operare sinergicamente e aggregarsi in consorzi in base alle specifiche categorie di rifiuti da gestire.

Il passaggio del sistema economico europeo verso modelli circolari è, quindi, delineato dalla Commissione Europea in uno scenario più ampio che riguarda la revisione della Direttiva 75 del 2010 sulle emissioni industriali e l'integrazione delle pratiche dell'economia circolare nei documenti di riferimento delle BAT - *Best Available Techniques*¹⁰. Viene maggiormente definito nel documento del marzo 2020 che indica le azioni che la Commissione intende sviluppare negli anni successivi.

In particolare, si ribadisce l'importanza di:

- ❖ agevolare l'istituzione di un sistema di comunicazione e certificazione promosso dall'industria, consentendo l'attuazione della simbiosi industriale;
- ❖ promuovere il settore della bioeconomia sostenibile e circolare;
- ❖ promuovere l'uso delle tecnologie digitali per la tracciabilità, la rintracciabilità e la mappatura delle risorse;
- ❖ promuovere il ricorso alle tecnologie verdi grazie ad un sistema di verifica accurata che preveda la registrazione del sistema UE di verifica delle tecnologie ambientali come marchio di certificazione UE.

Si ribadisce, inoltre, la necessità di definire condizioni e criteri in base ai quali un rifiuto cessa di essere tale e diventa materia prima seconda per nuovi processi produttivi e di porre fine al traffico illecito di rifiuti dall'Europa verso Paesi terzi.

Il documento entra anche nel merito dello sviluppo di nuovi prodotti e fornisce una definizione di *ecodesign* come pratica progettuale il cui scopo è realizzare prodotti:

- ❖ duraturi, riutilizzabili, riparabili, esenti da obsolescenza programmata;
- ❖ privi di sostanze chimiche pericolose nei prodotti;
- ❖ con una componente significativa di materiale riciclato;
- ❖ riciclabili o biodegradabili a fine vita;
- ❖ a basso impatto ambientale e la cui impronta carbonica sia stata misurata con metodi scientifici.

Questi obiettivi sono, quindi, esplicitati nel documento del 30 marzo 2022 'Strategia dell'UE per prodotti tessili sostenibili e circolari'¹¹, che sintetizza la vision a 360 gradi della Commissione Europea.

Il cambiamento di paradigma proposto, dallo spreco al risparmio e alla rigenerazione delle risorse, ha nella visione della UE non solo effetti ambientali, ma anche vantaggi sociali particolarmente positivi: *'l'applicazione dei principi dell'economia circolare nell'insieme dell'economia dell'UE potrebbe aumentare il PIL di un ulteriore 0,5 % entro il 2030, creando circa 700.000 nuovi posti di lavoro. Esiste un chiaro vantaggio commerciale anche per le singole imprese: le imprese manifatturiere della UE destinano in media circa il 40 % della spesa all'acquisto di materiali, i modelli a ciclo chiuso possono pertanto incrementare la loro redditività, proteggendoli nel contempo dalle fluttuazioni dei prezzi delle risorse'*.

¹⁰ Le BAT definiscono le tecnologie disponibili sul mercato più efficaci nelle azioni di mitigazione dell'impatto ambientale dei processi produttivi

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0141&from=EN>

Ecco in estrema sintesi i punti chiave della Proposta del 30 marzo 2022:

azione	Obiettivi/modalità
Ecodesign	Progettare beni più durevoli, biodegradabili o riciclabili a fine vita. Ridurre le risorse necessarie alla produzione, selezionare le materie prime con criteri di sostenibilità garantendo la presenza di materiale riciclato. Stabilire connessioni con il <i>Nuovo Bauhaus Europeo</i> , inteso come movimento finalizzato a diffondere e concretizzare la cultura della sostenibilità, dell'innovazione e dell'inclusione sociale ¹² .
Sicurezza chimica	Sostanze chimiche critiche nei materiali destinati al riciclo ne impediscono il trattamento. È, dunque, necessario rivedere il regolamento REACH per superare l'attuale <i>'presenza di sostanze pericolose nei prodotti tessili immessi sul mercato dell'UE, molte delle quali sono considerate cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione'</i> .
Divieto di distruzione dei capi invenduti o resi	Per scoraggiare questa pratica la Commissione propone un <i>'obbligo di trasparenza: le grandi imprese dovranno rendere pubblico il numero di prodotti che distruggono, compresi i tessuti, e il loro ulteriore trattamento ai fini della preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, incenerimento o collocamento in discarica'</i> .
Sostegno alla digitalizzazione	Si tratta di un tema di diretto interesse per i produttori di tecnologie e sistemi digitali: <i>'La Commissione valuterà con l'industria, in particolare nel contesto del percorso di transizione per l'ecosistema tessile, in che modo le tecnologie emergenti, come le tecnologie digitali di precisione, potrebbero ridurre l'elevata percentuale di restituzioni di capi di abbigliamento acquistati online, incoraggiare la produzione su richiesta e su misura, migliorare l'efficienza dei processi industriali e ridurre l'impronta di carbonio del commercio elettronico'</i> .
Lotta alle microplastiche	Saranno definite specifiche da introdurre nell'ambito del regolamento sulla progettazione ecocompatibile di prodotti sostenibili e misure che <i>'riguarderanno i processi di fabbricazione, il prelavaggio negli impianti industriali di produzione, l'etichettatura e la promozione di materiali innovativi. Tra le altre possibili opzioni figurano i filtri delle lavatrici, che possono ridurre ben dell'80 % il volume rilasciato dal lavaggio¹³, lo sviluppo di detersivi delicati, le linee guida per la cura e il lavaggio, il trattamento dei rifiuti tessili giunti alla fine del ciclo di vita e la regolamentazione per migliorare il trattamento delle acque reflue e dei fanghi di depurazione'</i> .
Lotta al Greenwashing e Green Claims	La Commissione introdurrà l'obbligo di comunicare informazioni, quali i parametri di sostenibilità e circolarità, le dimensioni dei prodotti e, se del caso, il Paese terzo in cui si svolgono i processi di fabbricazione ("made in"). Nel contesto delle proposte di cui sopra, la Commissione valuterà anche la possibilità di introdurre un' etichetta digitale (Passaporto digitale del prodotto). I marchi di sostenibilità di carattere volontario riguardanti aspetti ambientali o sociali devono basarsi su una verifica da parte di terzi o essere stabiliti dalle autorità pubbliche. La Commissione riesaminerà, inoltre, i criteri del marchio Ecolabel UE per i prodotti tessili e le calzature. Si studierà come penalizzare le dichiarazioni di sostenibilità che possono indurre il consumatore ad acquisti sulla base di informazioni non veritiere e non documentate.
Riciclo Poliestere	L'utilizzo di PET riciclato nella produzione di capi tessili non è in linea con i principi della UE in quanto sottrae polimeri ulteriormente riciclabili al packaging per inserirli in prodotti tessili attualmente non riciclabili. La Commissione incoraggia le imprese a dare priorità ai loro sforzi in materia di riciclaggio delle fibre a ciclo chiuso e a

¹² <https://new-european-bauhaus.europa.eu/>

¹³ I.E. Napper et al (2020) The efficiency of devices intended to reduce microfibre release during clothes washing and HK McIlwraith et al. (2019) Capturing microfibers – marketed technologies reduce microfiber emissions from washing machine.

	formulare dichiarazioni sui risultati conseguiti nell'importante sfida della circolarità dei prodotti tessili.
EPR – responsabilità estesa del produttore	Si conferma l'obbligo di istituire una raccolta differenziata dei rifiuti tessili entro il 1° gennaio 2025. I produttori, riuniti in consorzi, hanno obbligo di sostegno finanziario delle iniziative volte a ridurre e gestire i rifiuti. La Commissione proporrà norme armonizzate in materia di responsabilità estesa del produttore per i tessili con un'eco-modulazione delle tariffe.
Zero Inquinamento	E' prevista una revisione della direttiva sulle emissioni industriali ¹⁴ e del riesame in corso del documento di riferimento (BREF) sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per l'industria tessile ¹⁵
Tecnologie per la circolarità	Sarà definita una tabella di marcia comune per le tecnologie industriali applicabili alla circolarità, che mira a promuovere la ricerca e l'innovazione industriali, anche nel campo del riciclaggio dei prodotti tessili. I trend di innovazione dovranno essere coerenti con l'idea di Europa biocircolare ¹⁶ che punta a favorire, tra l'altro, lo sviluppo di nuovi tipi di fibre tessili provenienti da biomasse.

È evidente come i singoli punti affrontati nel documento del 2022 siano in realtà strettamente connessi e come circolarità e riduzione dell'impronta ambientale di processi e prodotti siano obiettivi raggiungibili solo se gestiti sinergicamente.

Quello che assume consistenza è una sorta di mosaico in cui l'elemento unificante è dato dall'economia circolare, tema che emerge sia nelle fasi di progettazione (*ecodesign*) che nella gestione del fine vita del prodotto e dei rifiuti generati nel suo processo di produzione, fino alla comunicazione dei green claims avallati da prove scientifiche.

I temi concorrono a delineare l'approccio olistico della UE che tende a regolamentare quelle che fino ad oggi sono state le iniziative volontaristiche dalle imprese più sensibili al tema. Le stesse certificazioni ambientali (troppe e non sempre adeguatamente robuste, si ribadisce) devono essere coerenti con i requisiti di dichiarazioni ambientali indicate dalla norma ISO 14024 di primo tipo ed essere, quindi, validate da un ente terzo e si assume come riferimento la certificazione Ecolabel. Non è ancora definito quando e come si dovrà calcolare la carbon footprint dei prodotti e il ruolo che avranno metodologie come LCA e PEF, ma è evidente l'indirizzo rigoroso intrapreso dalla Commissione sull'argomento.

A questo si aggiunga che la Commissione intende agire anche sul fronte della domanda, indirizzando i consumatori verso modelli di consumo più consapevoli come dimostra #ReFashionNow avviato nell'ambito del Bauhaus europeo e mobilitando la spesa pubblica nell'acquisto di prodotti sostenibili attraverso criteri obbligatori per gli appalti pubblici ispirati a logiche di circolarità mediante i CAM (Criteri Ambientali Minimi). Il tutto fa pensare che la domanda di materiali ottenuti da riciclo crescerà in modo significativo nei prossimi anni.

Vista da questa angolatura si intuisce come nella visione del legislatore rendere operativo il Green Deal significhi non affidarsi solo alla capacità del mercato di premiare imprese e prodotti ambientalmente virtuosi, ma regolamentare il comportamento dei soggetti economici.

Dopo la pubblicazione della Proposta del 30 Marzo 2022, la Commissione UE ha attivato un processo partecipativo (*cocreation*) con programmi e scadenze i cui esiti sono sintetizzati nel documento *Transition pathway for the textiles ecosystem* del giugno 2023.

Quest'ultimo documento è organizzato in blocchi tematici, ognuno dei quali declinato in indicazioni operative (soggetti coinvolti, tempistica). Ogni area del percorso di transizione comprende azioni specifiche insieme a un calendario per l'attuazione: a breve, medio (entro il 2030) o lungo termine (entro il 2040).

In particolare si ribadisce l'importanza della sostenibilità e della digitalizzazione dei processi per rendere più competitiva l'Europa nello scacchiere internazionale e si disegna la *governance* che consentirà alla UE di gestire la transizione *green* entro il 2023.

Nel documento è, inoltre, ricordata la dimensione sociale della strategia in atto, essendo il sistema tessile ad alta intensità di manodopera e animato soprattutto di PMI: la transizione green e digitale avrà, infatti, un forte

14 <https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/evaluation.htm>

15 <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/textiles-industry>

16 <https://www.bbi.europa.eu/about/circular-bio-based-europe-joint-undertaking-cbe-ju>

e positivo impatto sull'occupazione, sullo sviluppo di competenze e sulle condizioni di lavoro, soprattutto in relazione all'economia circolare.

Ruolo importante è, quindi, assegnato alla ricerca per lo sviluppo di prodotti innovativi, sostenibili, circolari e di alta qualità senza sottovalutare i necessari interventi infrastrutturali necessari, ad esempio, a garantire l'efficienza dei processi di gestione e riciclo dei rifiuti tessili. A ricerca, infrastrutture e sviluppo delle necessarie competenze saranno, quindi, indirizzati importanti strumenti di finanziamento della UE.

La stretta relazione tra transizione sostenibile e sviluppo tecnologico è sottolineata nel Transition pathway in cui si legge: 'la valutazione delle tecnologie e le soluzioni digitali e circolari nell'ecosistema tessile mostrano diversi livelli di maturità. Molte delle tecnologie (es: riciclaggio post-consumo con l'aggiunta di fibre a base di cellulosa, prodotti chimici da riciclo, materie prime a base biologica) sono a livello medio di disponibilità tecnologica. Tecnologie di riciclo e sostituzione di materie prime con contenuto riciclato hanno un grado di applicabilità più elevato mentre altre tecnologie (come la separazione dai materiali di microfibra plastica, la riduzione del rilascio, l'autenticazione digitale/passaporto per prodotti/materiali tessili) hanno grado di applicabilità relativamente basso e necessitano di ulteriori sperimentazioni. Lo stesso vale per le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale (AI). Per sfruttare appieno il potere abilitante della digitalizzazione, l'industria deve abbracciare le nuove tecnologie: adottare le tecnologie di elaborazione cloud, esplorare il potenziale dell'intelligenza artificiale, garantire la competenza dei dipendenti nell'uso di queste tecnologie: più in generale, preparare l'azienda a beneficiare delle attuali e future ondate di tecnologie al fine di migliorare l'efficienza, la produttività e la competitività generale'.

1.2 L'esportazione di rifiuti tessili: dalla denuncia del problema all'avvio di nuovi modelli di business

In questo contesto assume rilevanza il tema dell'esportazione di rifiuti tessili dall'Europa a Paesi terzi come facile soluzione per alleggerire i volumi di capi usati sotto l'illusoria bandiera delle azioni a scopo umanitario.

In realtà è noto come si tratti, in larga misura, di un commercio irresponsabile che ha l'effetto di creare vaste aree di rifiuti abbandonati, alterando il paesaggio e minacciando la biodiversità dei luoghi coinvolti. La dimensione del fenomeno ha ormai caratteristiche insostenibili che richiedono un intervento legislativo. Come scritto nella stessa proposta UE del 30 marzo 2022 *'le esportazioni di rifiuti tessili al di fuori dell'Unione sono in costante crescita e hanno raggiunto 1,4 milioni di tonnellate nel 2020¹⁷. In base alla recente proposta della Commissione relativa a nuove regole dell'Unione sulle spedizioni di rifiuti¹⁸, l'esportazione di rifiuti tessili verso Paesi non appartenenti all'OCSE sarebbe autorizzata solo a condizione che tali Paesi comunichino alla Commissione la loro intenzione di importare determinati tipi di rifiuti e dimostrino di essere in grado di gestirli in modo sostenibile'*. Un approfondimento del tema è fornito dal rapporto di ETC/CE – European Topic Centre on Circular Economy, pubblicato a inizio 2023: *Le esportazioni dell'UE di tessuti usati nell'economia circolare europea¹⁹*.

¹⁷ <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210420-1>

¹⁸ COM(2021) 709 final.

¹⁹ <https://www.eea.europa.eu/publications/eu-exports-of-used-textiles>

Questi i punti più significativi del rapporto:

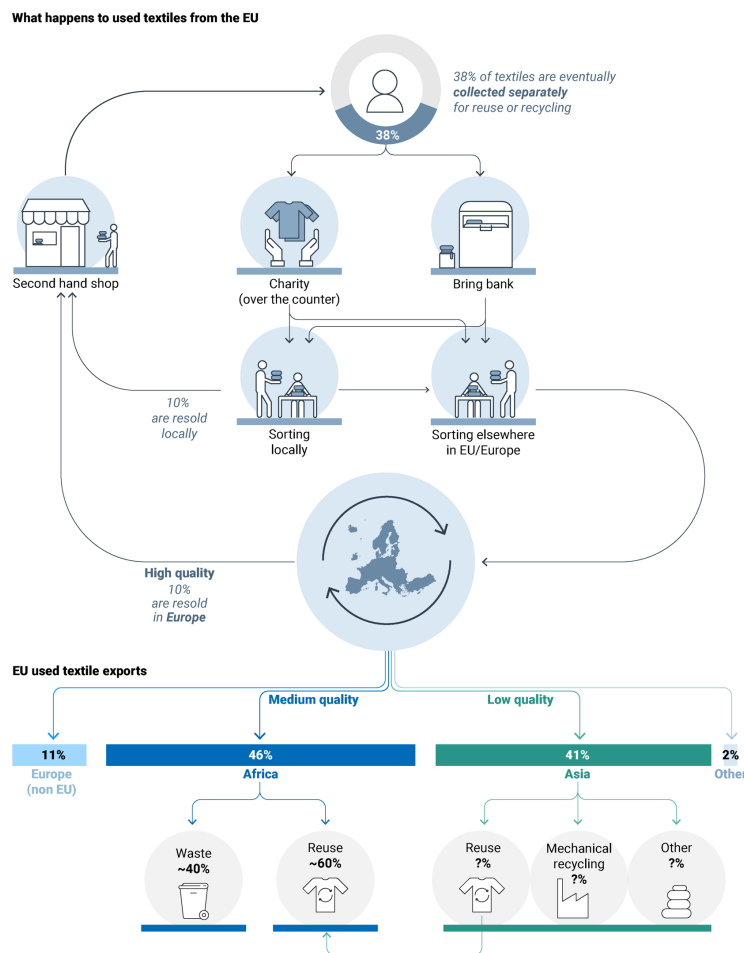


Figura 2: Fonte: ETC/CE – European Topic Centre on Circular Economy

che spesso resta nei Paesi d'origine alimentando il mercato della seconda mano e del vintage, ciò che viene esportato è spesso di scarsa/nulla qualità ed essendo inutilizzabile viene rilasciato nell'ambiente in discariche abusive;

Viene, quindi, lanciato un segnale di allarme:

- ❖ A causa dell'obbligo di raccogliere i rifiuti tessili come frazione separata in tutti i Paesi della UE entro il 2025, la quantità di tessuti usati raccolti potrebbe aumentare ulteriormente evidenziando le limitate capacità di riutilizzo e riciclaggio del sistema industriale europeo.

Se da un lato si tratta di evitare l'esportazione di rifiuti in Paesi in cui non preesistono le condizioni per una efficace gestione degli stessi, dall'altro l'economia circolare suggerisce nuovi modelli di business che consentano alla filiera globale della moda di ridisegnarsi in modo responsabile.

Un esempio è fornito dal programma Switch/MED²⁰ promosso da UNIDO, l'Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale e finanziato dalla UE che ha come obiettivo la nascita di filiere integrate per la valorizzazione degli scarti tessili in Egitto, Marocco e Tunisia, aree caratterizzate da una significativa presenza di brand europei.

Uno studio realizzato dalla società italiana Blumine srl e dalla estone Reverse Resources ha misurato e mappato gli scarti di materiale tessile generati nei processi di produzione tessili nei due Paesi, per tipo di fibra e fase di produzione. I risultati della mappatura mostrano uno straordinario potenziale di sviluppo di una filiera

- ❖ i tessuti sono la quarta maggiore fonte di pressione sull'ambiente e sui cambiamenti climatici;
- ❖ la quantità di tessuti usati esportati dalla UE è triplicata negli ultimi due decenni, passando da poco più di 550.000 tonnellate nel 2000 a quasi 1,7 milioni di tonnellate nel 2019;
- ❖ il 25% dei 15 kg di prodotti tessili mediamente usati all'anno da un cittadino europeo, una volta diventati rifiuti è destinato all'esportazione. Nel 2019 quasi la metà (il 46%) è stato inviato in Africa. I tessuti importati e usati in questo continente finiscono principalmente nei mercati locali in quanto vi è una domanda di vestiti usati a buon mercato dall'Europa, ma la parte prevalente, non idonea al riutilizzo, finisce per lo più in discariche a cielo aperto con gravi effetti ambientali. Il 41% è, invece, destinato all'Asia dove la filiera sembra più attrezzata per il riciclo con aree dedicate allo smistamento e alla rigenerazione degli stracci.
- ❖ È probabile che i tessuti che non possono essere riciclati o riesportati finiscano anch'essi nelle discariche;
- ❖ È la Germania il principale Paese esportatore di rifiuti tessili (36% dei volumi totali esportati) seguito da Olanda (14%), mentre l'Italia contribuisce nella misura del 10%;

Si conferma una perdita di valore qualitativo dei rifiuti tessili: una volta sottratta la 'crema'

²⁰ <https://switchmed.eu/>

circolare, poiché lo studio ha calcolato che il volume annuo di scarti tessili pre-consumo nei processi di filatura, tessitura, taglio e confezione nell'insieme dei due Paesi supera le 114mila tonnellate (83mila tonnellate in Marocco e 31mila tonnellate in Tunisia). La maggior parte degli scarti è generata nella fase di taglio e confezione dei tessuti e la quota di materiali riciclati, o esportati per essere riciclati, ad oggi è limitata a pochi casi isolati. Sulla base dei dati raccolti è stato possibile l'avvio di sperimentazioni, tuttora in corso, che coinvolgono oltre agli attori locali, cioè le imprese manifatturiere e le società di recupero e riciclo, anche brand globali della moda la cui supply chain opera in quei territori.

Particolarmente interessante è il progetto pilota realizzato in Tunisia grazie al marchio svedese Nudie Jeans per la gestione di scarti della filiera del denim. Grazie al coinvolgimento del brand Diesel è stato avviato un programma di recupero degli scarti ad alto contenuto di cotone delle linee di produzioni per ottenere un filato di alta qualità (con 30% riciclato 70% vergine) destinato alle produzioni delle nuove collezioni, mentre i materiali di qualità minore, cioè con una componente di fibre miste è destinato alla produzione di TNT- Tessuti non tessuti per la produzione di articoli per progetti umanitari (materassi e coperte). La visita di manager tunisini, egiziani e marocchini alla recente ITMA ha confermato l'interesse ad effettuare investimenti tecnologici in grado di sostenere l'economia locale del riciclo tessile.

Segnali interessanti giungono anche dall'Asia.

La Bangladesh Garment Manufacturers and Exporters Association (BGMEA), ha chiesto misure governative immediate per fermare l'esportazione di rifiuti pre-consumo dal Bangladesh verso altri Paesi. Secondo i dati elaborati meno del 5% dei rifiuti tessili viene riciclato localmente, mentre oltre il 35% viene incenerito in caldaie o discariche e il restante 60% viene esportato in India, Hong Kong, Svezia e altri Paesi per essere riciclato in nuovi filati. L'associazione ha valutato la presenza di circa 20 fabbriche di fibre riciclate in tutto il Bangladesh con una capacità di riciclaggio di 2.400.000 ton/anno, un dato significativo in un Paese in cui l'industria dell'abbigliamento confezionato rappresenta l'80% delle esportazioni e dà lavoro a più di 4 milioni di persone. La stampa di settore a fine 2022 aveva segnalato l'interesse del governo inglese a sostenere con investimenti l'industria bengalese del riciclo tessile e agricolo.

Sempre in Asia si segnala che l'associazione vietnamita Hanoi Textile and Garment JSC (Hanosimex) e Hansae Group della Corea del Sud hanno firmato un accordo nell'ottobre 2022 per l'avvio di un sistema integrato di riciclo tessile con una produzione stimata di circa 4.000 tonnellate di tessuto riciclato destinato al mercato dell'UE. La stessa Cina nella primavera 2022 aveva dichiarato di voler incrementare la propria capacità di riciclaggio: con il documento *'Implementation Opinions on Accelerating the Recycling of Waste Textiles'*, il governo cinese ha, infatti, lanciato l'obiettivo di realizzare entro il 2030 un sistema industriale per il riciclo tessile in grado di rigenerare il 30% dei rifiuti tessili e produrre 3 milioni di ton/anno di fibra riciclata. Nel 2020 la Cina ha prodotto circa 22 milioni di tonnellate di rifiuti tessili e ha registrato un tasso di riciclaggio di circa il 20%, con una produzione di circa 1,5 milioni di tonnellate di fibra riciclata.

1.3 Aspetti sociali della moda circolare

Come si legge nella Proposta UE del 2022 'La maggior parte dei capi di abbigliamento e dei prodotti tessili per la casa consumati in Europa sono importati dai Paesi terzi. Nel 2019 l'UE è stata uno dei maggiori importatori mondiali di capi di abbigliamento per un valore complessivo di 80 miliardi di EUR²¹. La promozione, a livello internazionale e mondiale, di catene del valore più rispettose dell'ambiente e più eque consentirà di garantire che i prodotti tessili consumati nell'UE e altrove siano fabbricati tenendo conto degli aspetti sociali e ambientali nel mondo intero'.

Si tratta di una presa di posizione importante che si concretizza nell'approvazione da parte del Parlamento UE il 31 maggio 2023 del disegno di legge Corporate Sustainability due Diligence Directive²² che disciplina la politica sociale delle imprese e prevede che le aziende della UE possano essere ritenute responsabili delle violazioni dei diritti umani e ambientali nelle proprie catene di approvvigionamento. Le stesse saranno tenute a *identificare, affrontare e porre rimedio agli aspetti critici della loro catena del valore e della supply chain che potrebbero violare i diritti umani compresi quelli legati alla rappresentanza sindacale, essere causa di danni ambientali (inquinamento e deforestazione, ad esempio) o tali da favorire corruzione e concussione*. Tra gli aspetti qualificanti la legge si segnala l'impegno a prevenire ed attenuare gli impatti negativi potenziali ed arrestare quelli negativi effettivi mediante un *"piano operativo di prevenzione"*, che preveda interventi di

²¹ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20200424-1>

²² [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729424/EPRS_BRI\(2022\)729424_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729424/EPRS_BRI(2022)729424_EN.pdf)

monitoraggio sulla base di indicatori volti a misurare gli effetti delle azioni svolte. Il controllo sulla supply chain sarà effettuato anche imponendo ai fornitori specifiche garanzie contrattuali per il rispetto del proprio codice di condotta.

Seppur non espresso esplicitamente l'approccio si riferisce sia alle filiere produttive standard, sia a quelle del riciclo dei materiali, attività svolta nei Paesi terzi in condizioni ambientali e sociali spesso molto critiche.

2 La gestione dei rifiuti tessili in Italia

Innanzitutto: come definire un rifiuto tessile?

In Italia, per rifiuti tessili provenienti dal circuito urbano si intendono le frazioni tessili (EER 200111) e l'abbigliamento (EER 200110), anche se i materiali sono solitamente raccolti insieme dalle società incaricate per poi essere divisi allo scopo di individuare e valorizzare gli articoli che possono essere destinati a rivendita nei canali del *second hand*.

Letteratura tecnica e addetti ai lavori usano distinguere le frazioni raccolte in rifiuti *post-consumo* (la frazione urbana) e *pre-consumo*, riferendosi a materiali scartati dai processi produttivi in quanto difettosi o danneggiati, eccedenze di magazzino, invenduto, sfridi di produzione (ritagli, cimosse, prove di stampa, ecc.). Dal punto di vista formale sarebbe più opportuno parlare di sottoprodotti (materiali che non sono mai stati classificati come rifiuti e derivano da un'attività produttiva e rispondono ai requisiti definiti dall'art. 184 *bis* del TUA, ed *end of waste*. Questi ultimi sono materiali che hanno cessato la qualifica di rifiuti a i sensi dell'art. 184 *ter* del TUA²³.

A determinare la sorte di un potenziale rifiuto tessile e decidere se destinarlo alla discarica, al termovalorizzatore o a nuovo ciclo produttivo, spesso non sono tanto le caratteristiche merceologiche del materiale stesso, ma la presenza o meno di una catena di relazioni commerciali e di competenze tecniche in grado di valutarlo e, quindi, inserirlo in circuiti circolari. Da qui l'importanza di collocare la gestione dei rifiuti in una rete di soggetti in grado di valutarne le caratteristiche e deciderne la destinazione uso e di imprese capaci di agire con soluzioni tecnologiche, ma anche commerciali allo scopo di trarne valore (simbiosi industriale). Ancor più difficile è naturalmente individuare percorsi alternativi al conferimento in discarica per i cosiddetti rifiuti speciali. Si tratta in questo caso di materiali che fanno parte della famiglia dei codici EER 04 che nel 2019 si sono attestati a oltre 643 mila tonnellate, poco più dello 0,4% sul totale prodotto dalle imprese o comunque da utenze non domestiche. Alla famiglia dei codici 04 (*materiali composti* – EER 040209 – e *rifiuti da fibre tessili grezze* – 040222) vanno aggiunti gli *imballaggi in materia tessile* (EER 150109) e i *rifiuti tessili prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti* (EER 191208).

Secondo i dati più recenti dell'ISPRA²⁴ relativi alla gestione dei rifiuti urbani, in Italia nel 2021 sono stati raccolti in maniera differenziata 154,2 mila tonnellate di rifiuti tessili, in lieve aumento rispetto agli anni precedenti, se si esclude il 2019 (il quantitativo totale aveva raggiunto quota 157,7 mila tonnellate) con punte più alte al Nord (oltre 77 mila tonnellate) seguito dal Sud (42,1 mila tonnellate) e dal Centro (34,9 mila tonnellate). Secondo Ispra, ca il 4 % sarebbe destinata al riuso (circa 75 mila tonnellate) e di questa solo una parte minima, tra il 5 e il 10%, rimane in Italia per essere rivenduta nella filiera fisica e on line del *second hand*. Il resto è, invece, prevalentemente destinato ai mercati esteri, soprattutto Paesi dell'Est Europa e del Nord Africa. Naturalmente non manca un'area 'grigia' difficilmente quantificabile che riguarda i rifiuti riusati, ma in modo svalorizzante: come stracci per pulizia nelle officine o per la protezione di pavimentazioni e arredi durante lavori di tinteggiatura e ripristino di ambienti. Complessivamente la quantità destinata al riciclo, cioè di tessuti e filati riportati a fibra e rifilati o utilizzati per la produzione di TNT è meno dell'1 %.

Si comprende, dunque, come i rifiuti tessili possano essere una vera miniera se ben gestiti, compensando la carenza di materia prima e riducendo la CO₂ imputabile ai processi di produzione dei materiali vergini. In realtà le stesse filiere del riciclo della lana si avvalgono dell'importazione da Paesi terzi di tessuti predisposti per il riciclo, ad esempio liberati da bottoni, zip, etichette che limiterebbero le possibilità di riciclaggio. Un'operazione che in Italia non viene svolta se non in maniera marginale.

Come modificare questa situazione è argomento di grande attualità tanto nel comparto tessile in senso stretto quanto nella filiera più complessiva della gestione rifiuti chiamata dal DL 116 ad essere operativa e che coinvolge enti pubblici, società appaltanti, imprese del recupero e del riciclo, retail della seconda mano, enti di beneficenza/terzo settore.

23 <https://www.gazzettaufficiale.it/>

24 <https://www.isprambiente.gov.it/it>

Per quanto riguarda il contesto legislativo nazionale, come noto, in Italia la direttiva UE 851 del 2018 è stata, infatti, adottata dal DL 116 del 2020 che ha anticipato al 1° gennaio 2022 il raggiungimento degli obiettivi che la UE aveva messo in scadenza per il 2025. Inutile dire che la data non è stata mantenuta e ad oggi il dibattito resta ancora in larga misura teorico.

A fine dicembre 2022, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) ha inviato a consultazione una bozza di decreto che disciplina l'introduzione di uno Schema di EPR di abbigliamento, calzature, accessori, pelletteria e tessili per la casa. La bozza prevede il coinvolgimento diretto dei produttori, dei distributori, dei gestori del servizio di raccolta dei rifiuti urbani, dei cittadini, delle cooperative e onlus e prefigura l'istituzione di un Centro di Coordinamento per il Riciclo dei Tessili (CORIT) sul modello dell'esperienza già sviluppata nella gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (Centro di coordinamento RAEE).

Per quanto riguarda gli obiettivi dei Consorzi, la proposta assegna molta importanza alle attività che possano in qualche misura garantire l'allungamento della vita dei prodotti, dal riuso alla riparazione senza dimenticare la necessità di avviare azioni di sensibilizzazione dei consumatori verso comportamenti più responsabili che consentano al prodotto di durare più a lungo. Non si esclude, però, il rischio che si crei una sorta di sovrapposizione di ruoli tra i consorzi e le società incaricate della raccolta e della gestione diretta dei rifiuti poiché il disegno di legge assegna ai produttori l'obbligo di garantire la realizzazione di una rete capillare di raccolta dei rifiuti tessili su tutto il territorio nazionale, in coerenza con la copertura geografica della distribuzione dei prodotti.

Altro tema sollevato dalla proposta del MASE riguarda la tipologia delle imprese che devono aderire anche finanziariamente ai Consorzi.

L'EPR identifica i produttori esclusivamente come quei soggetti che immettono sul mercato un prodotto finito, cioè destinato al consumo dei cittadini, a prescindere dal fatto che quel prodotto lo abbiano prodotto fisicamente loro o meno, mentre non sono produttori coloro che esportano. Alcuni consorzi puntano però ad estendere la partecipazione ai produttori di semilavorati in quanto soggetti prioritari nella catena del valore.

Ad oggi non risultano chiariti aspetti quali l'entità del contributo finanziario e le modalità di calcolo dello stesso che sarà presumibilmente basato sulle tipologie di peso dei capi considerati.

I target fissati dal DPR sono certamente ambiziosi: entro il 2025 almeno il 25% in peso dei volumi tessili dovrà essere predisposto per il riutilizzo o il riciclaggio, entro il 2030 si dovrà raggiungere almeno il 40% in peso; per arrivare al 50% entro il 2035. Non è, inoltre, esplicitato come rientrino in questo disegno i volumi di articoli invenduti per i quali la UE chiede che sia vietata la distruzione o i capi entrati illegalmente nel nostro Paese o contraffatti sequestrati ogni anno dalla Guardia di Finanza.

Nel frattempo, in Italia si è aperto un dibattito sulle finalità dei consorzi e sono iniziate le operazioni di promozione di aggregazioni specifiche nate trascinate da soggetti promotori aggreganti (è il caso di Retex.Green promosso da Sistema Moda Italia e di Ricrea di Camera Nazionale della moda) o da sinergie territoriali (Coretess e Cobat a Prato). A questi si aggiungano i Consorzi Ecoremat e Ecotessili (avviati da Federconsumatori per la gestione di materassi e gli imbottiti a fine vita) ed Erion. Ricordiamo, inoltre, che a livello europeo è stato attivato dall'associazione europea dell'industria tessile e dell'abbigliamento Euratex il progetto ReHubs che si è posto l'obiettivo del riciclaggio da fibra a fibra di 2,5 milioni di tonnellate di rifiuti tessili in Europa e si propone di generare più di 15.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030. Sempre a livello comunitario ricordiamo ECESP, la rete europea per economia circolare, che trova nella ICESP la versione italiana coordinata da Enea e che ha individuato aree di approfondimento tematico dedicate al tessile. Infine, a ulteriore completamento della mappa dei soggetti coinvolti (almeno ad oggi) citiamo gli attori interessati si può inoltre aggiungere anche UNIRAU - Unione Imprese Raccolta Riuso e Riciclo Abbigliamento Usato. Non è escluso che si possa registrare nei prossimi mesi la nascita di altre iniziative.

Questo percorso deve essere inquadrato nel più complesso sforzo di adeguamento degli impianti incaricati della gestione pratica del problema. Una delle misure previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza riguardanti i cosiddetti *Progetti faro* di economia circolare, ha destinato linee di finanziamento per un ammontare complessivo pari a 150 milioni di euro alla gestione dei rifiuti tessili. Ci si riferisce in particolare alla linea di intervento D "*Infrastrutturazione della raccolta delle frazioni di tessili pre-consumo e post-consumo, ammodernamento dell'impiantistica e realizzazione di nuovi impianti di riciclo delle frazioni tessili in ottica sistemica c.d. Textile Hubs²⁵*". Relativamente all'allocazione dei fondi, l'82% è destinato a imprese situate nel Nord-Ovest e nel Centro Italia, dove risiedono importanti distretti del tessile.

²⁵ <https://www.mase.gov.it/pagina/linea-d-infrastrutturazione-della-raccolta-delle-frazioni-di-tessili-pre-consumo-e-post>

Ruolo dei consorzi in sintesi

- a) promuovere e incoraggiare la realizzazione di una rete di centri per il riutilizzo comunali;
- b) favorire le attività di riparazione di prodotti tessili usati, promuovendo reti nazionali e locali di soggetti competenti;
- c) promuovere nuove competenze e figure professionali nell'ambito della riparazione;
- d) assicurare che i consumatori ricevano, al momento dell'acquisto di un prodotto tessile, una garanzia di riparabilità e informazioni sulla riparazione;
- e) sostenere il riuso tramite scambi e vendite nel mercato dell'usato, anche nei canali digitali;
- f) favorire lo sviluppo di filiere nazionali e locali dell'usato;
- g) organizzare campagne di comunicazione ambientale rivolte ai cittadini, dirette a favorire la prevenzione e il riuso.

3 Tessile e moda, bioeconomia e nuovi materiali

Ampliando il punto di osservazione e considerando anche le più ampie strategie della UE relative ai temi della bioeconomia e della biodiversità, è possibile inserire la produzione di materiali destinati a tessile e moda in un contesto più ampio che collega questo comparto industriale all'agroalimentare, all'economia delle foreste e alla gestione delle biomasse, siano esse il prodotto di colture mirate o scarti di processi agricoli e dell'industria alimentare. Si tratta di comprendere come il mondo del tessile e del fashion tragga beneficio dalla trasformazione di materiali biologici altrimenti gestiti come sottoprodotti senza valore.

Vista da questo punto di vista la produzione di biomateriali per la produzione di filati o di strutture usate in alternativa a pellame e plastica nella produzione di accessori, calzature ed arredi, è a pieno titolo un'operazione di riciclo²⁶ e rappresenta una delle potenziali aree di sviluppo più interessanti attraverso cui ridisegnare il futuro del comparto.

Si tratta in realtà di un processo 'antico': le fibre artificiali ottenute da trasformazione di polpa di legno in filamenti mediante solventi chimici e con processi trasformativi particolarmente inquinanti, risale al XIX secolo e si affermò industrialmente soprattutto nella prima metà del '900 fino a cedere, a partire dalla Seconda guerra mondiale, quote progressivamente sempre più importanti di mercato alle fibre di sintesi ottenute da combustibile fossile²⁷.

²⁶ Il recente studio *Global Eco Fibers Market Size, Share, and COVID-19 Impact Analysis, By Type (Regenerated fibers, Recycled fibers, Organic fibers)*, realizzato dalla società di ricerca Spherical Insights, oltre a prevedere che le fibre 'sostenibili' avranno una crescita importante nei prossimi anni, passando da 46,22 miliardi di dollari nel 2022 a oltre 98 miliardi nel 2023, con un tasso annuale di crescita del 7,8%, definisce le fibre man made cellulosiche 'rigenerate', distinguendole così dai materiali tradizionalmente riciclati. Definizione che indica l'importanza di adeguare la nomenclatura delle fibre tessile al contesto produttivo attuale.

²⁷ Un'esperienza interessante, seppur non particolarmente fortunata, è invece la produzione di filamenti artificiali da scarti dell'industria casearia, il famoso Lanital prodotto da SNIA in piena autarchia.

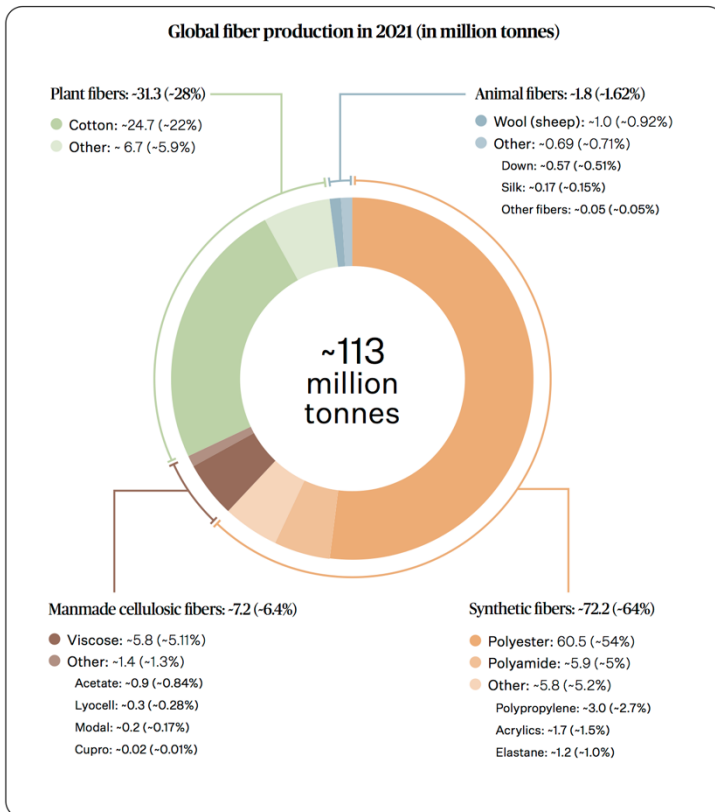


Figura 2: Textile Exchange

Oggi la produzione e il consumo di fibre tessili registrano una crescita importante a conferma del ruolo assunto dai materiali tessile non solo nei consumi di massa, ma anche nella produzione di altri beni, dall'automotive all'edilizia, dal medicale allo sportswear e nell'economia in senso lato.

Textile Exchange stima, infatti, che nel 2020 siano stati prodotti 113 milioni di tonnellate di fibre nel mondo. In questo scenario le *man made* cellulosiche, da un lato relegate a dimensioni minoritarie se confrontate alla *man made* di sintesi, rappresentano infatti circa il 7% mentre le seconde sono stimate intorno al 70% con un ruolo predominante del poliestere, ma dall'altro stanno vivendo una fase di rilancio grazie all'adozioni di sistemi produttivi a ciclo chiuso e a basso impatto ambientale e alle stesse iniziative a sostegno della ricerca e della sperimentazione di modalità di rivalorizzazione di scarti cellulosici.

È il caso in particolare del gruppo Lenzing che, grazie all'introduzione di processi di produzione controllati ed all'utilizzo del solvente della cellulosa NMMO (N-ossido di N-metilmorfolina) in alternativa al disolfuro

di carbonio nel processo Lyocell, solvente che viene recuperato e riciclato, ha ridotto significativamente l'impronta ambientale del processo di trasformazione. Il modello Lenzing non è solo interessante perché ecoefficiente, ma per la capacità di inglobare esperienze sviluppate da start up e piccole imprese che rischierebbero altrimenti di non essere scalabili. Sono così nate collaborazioni con società che forniscono Lenzing di cellulosa ottenuta da processi di riciclo, come nel caso di Renewcell, e della Tecnologia REFIBRA e di Södra.

3.1 Il caso Finlandia

Nell'ultimo decennio l'economia finlandese ha puntato su un modello di bioeconomia basato sullo sviluppo di catene del valore che collegano il settore forestale/agroindustriale all'industria e alla ricerca biotecnologica. Una scelta politica ed economica che punta a trasformare le risorse naturali del paese in un potenziale di crescita. Infatti, come si legge nel sito del centro di ricerca VTT 'l'industria tessile finlandese riorganizzata su contenuti di sostenibilità e ricerca può valere circa 1,2 miliardi di euro di investimenti, circa 17.000 nuovi posti di lavoro e un aumento della reputazione globale come paese leader nello sviluppo sostenibile'.

Una delle realtà locali più note, l'azienda Spinnova²⁸, sostiene ad esempio che 'entro il 2030 la produzione di fibre a base cellulosica diverse dal cotone e prodotte in modo sostenibile dovrà crescere per colmare la domanda crescente di fibre rappresentando nel contempo un'alternativa stessa al cotone la cui coltivazione non è sostenibile'.

I passaggi per promuovere la trasformazione dell'industria finlandese sono descritti nel documento elaborato da VTT e Finnish Textile & Fashion 'Finland as a forerunner in sustainable and knowledge-based textile industry – Roadmap for 2035' pubblicato nell'agosto 2021. Si tratta di un approccio interessante che lega bioeconomia ed economia circolare: la raccolta differenziata di scarti tessili inoltre sarà obbligatoria dal 2023 e il Paese si è attrezzato per realizzare impianti di riciclo della componente tessile alcuni già attivi tra cui in

particolare il centro gestito dalla società Rester OY e da Lounais-Suomen Jätehuolto Oy (LSJH), finalizzato al riciclo dei rifiuti tessili pre- e post-consumo.

Tra le esperienze significative, ricordiamo la già citata Spinnova nata nel 2009 per iniziativa di una ricercatrice del VTT, Jula Salmela. La società produce e commercializza fibra ottenuta lavorando polpa di cellulosa da legno certificato FSC o PEFC o rifiuti agricoli come paglia di grano e orzo, ma ultimamente il processo è stato esteso anche agli scarti di pelle e cotone post consumo. La lavorazione è a ciclo chiuso senza sostanze chimiche o solventi e a basso consumo idrico ed il materiale ottenuto è biodegradabile. I promotori hanno valutato una riduzione della CO₂ eq. del 65% rispetto al cotone. Accordi di collaborazione sono stati avviati con Adidas, Lenzing, H&M, Bestseller.

Il sistema messo a punto da Infinited Fiber Company²⁹ parte invece da materiali tessili indifferenziati (scarti agroalimentari, ma anche carta e tessili post consumo) che vengono macinati e da cui vengono separate le componenti metalliche non riciclabili. Dopo la separazione delle fibre per tipologia, la parte cellulosica viene trasformata in polvere mediante trattamento con urea e, dunque, in un liquido vischioso filabile da cui vengono eliminate per filtrazione le impurità. Anche in questo processo ha suscitato l'interesse di brand globali della moda. Norrotex³⁰ è invece una fibra realizzata da Nordic Bioproducts, spin-off dell'Università di Aalto, proprietario della tecnologia brevettata AaltoCell. La cellulosa ricavata dalla dissoluzione di scarti forestali, tessili e cartacei, viene prima idrolizzata e successivamente trasformata in una fibra tessile simile alla viscosa. È ora in corso la ricerca di partner per lo sviluppo di nuove applicazioni a bassa impronta di carbonio.

Infine, la bioraffineria Fortum ha studiato la possibilità di realizzare fibre tessili da rifiuti agricoli di aree povere del mondo. L'azienda sta avviando la prima bioraffineria in India per produrre bioetanolo e materiali biochimici, le attività produttive sono attese già nel 2023.

Una realtà articolata e interessante quella finlandese, difficilmente ricreabile in Italia se non con qualche scelta coraggiosa: se, infatti, è vero che non esistono più gli impianti della filiera delle fibre artificiali che il Paese ha conosciuto nel secolo scorso, dall'altro la presenza di imprese chimiche di nuova generazione e biotecnologiche impegnate sul fronte dei biocarburanti, dei biochemicals e dei biopolimeri può consentire un nuovo possibile sviluppo industriale in questa direzione.³¹

3.2 La transizione sostenibile del tessile passa (anche) attraverso i biopolimeri

Il filone di ricerca legato alla produzione di filati e superfici da fonte naturale e con modalità ambientalmente poco impattanti, introduce l'industria tessile e della moda nel più vasto mondo delle bioplastiche ottenute da biomasse. Si tratta di prodotti ottenuti mediante fermentazione di materiali organici sottoposti ad azione di enzimi, batteri o lieviti in impianti industriali mirati, le bioraffinerie, in grado di elaborare ad esempio amido di mais, grano, patate (Acido polilattico/PLA, Polioidrossialcanoati /PHA, Polioidrossibutirrato/ PHB), zuccheri (PHB, bio- Polietilene Tereftalato /PET, PHA.), cellulosa (ad esempio cellophane), chitina (PHA, Chitosano).

I biomateriali possono essere ottenuti elaborando prodotti agricoli appositamente coltivati come colza, mais, barbabietole da zucchero o dalla *'frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura comprendente sostanze vegetali e animali, dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani'*³². Questo secondo approccio è preferibile perché evita di sottrarre terreni ed acqua alla coltivazione di prodotti alimentari e consente di rigenerare scarti altrimenti svalorizzati. Grazie a questa modalità è, inoltre, possibile avviare collaborazioni tra imprese e territori, ma anche tra comparti produttivi differenti interessati a sperimentare connessioni³³.

29 <https://infinitedfiber.com>

30 <https://nordicbioproducts.fi>

31 Un caso interessante è offerto dal progetto Prime coordinato da Novamont e il coinvolgimento di 26 partner (imprese e centri ricerca) finanziato dalla Regione Piemonte, nell'ambito della Piattaforma Tecnologica per la Bioeconomia. Il progetto favorirà lo sviluppo di diversi settori e mercati strategici dell'economia regionale, generando significativi impatti sui settori agroalimentare, automotive, bioplastiche, biostimolanti, cosmesi, nutraceutica e tessile.

32 Direttiva Europea 2009/28/CE

33 Ai biopolimeri ottenuti da biomassa si sono recentemente aggiunti i materiali di nuova generazione realizzati mediante *Carbon Capture and Utilisation* (CCU) approccio che rappresenta un'importante evoluzione nella gestione della CO₂. Il sistema riguarda in primo luogo la produzione di biocarburanti mediante utilizzo di alghe acquatiche in grado di elaborare CO₂ e restituirla sotto forma di biogas ma l'obiettivo a cui stanno lavorando centri di ricerca ed imprese è quello di ricavare una gamma di prodotti ad alto valore aggiunto come acido uronico oltre a probiotici e biopolimeri.

Attualmente, le bioplastiche rappresentano ancora meno dell'1% degli oltre 390 milioni di tonnellate di plastica prodotte ogni anno³⁴. Dopo la stagnazione nel 2020, principalmente a causa del Covid-19, la produzione globale complessiva è tornata ad aumentare dal 2021. Questo sviluppo è guidato dall'aumento della domanda combinato con l'emergere di applicazioni e prodotti più sofisticati. Secondo gli ultimi dati di mercato elaborati da European Bioplastics in collaborazione con il nova-Institute, le capacità di produzione globale di bioplastiche dovrebbero aumentare da circa 2,2 milioni di tonnellate nel 2022 a circa 6,3 milioni di tonnellate nel 2027.

In questo scenario la componente tessile dei biopolimeri, comprensiva di TNT, è stata valutata nel 2022 in 329.000 tonnellate, volumi destinati a crescere negli anni a venire. Si tratta di uno scenario ancora di nicchia, ma dinamico e caratterizzato da soggetti industriali diversi: dalle start up, spesso nate da spin off universitari che realizzano in impianti pilota volumi di materiali irrilevanti dal punto di vista di mercato, ma interessanti esemplificazioni-pilota, a veri e propri sviluppi su scala industriale.³⁵

4 Il ruolo delle tecnologie nella transizione circolare del sistema moda

Come più volte sottolineato tanto nei documenti dell'Unione Europea citati quanto nella ormai vastissima letteratura sul tema, l'economia circolare non può certo essere identificata solo con le operazioni di riciclo, per quanto queste la rappresentino pienamente, almeno nell'immaginario comune.

La moda sostenibile e circolare è, infatti, parte di un progetto ben più ampio che riguarda la gestione delle risorse, l'energia e le stesse politiche industriali.

Con il recente Green Deal Industrial Plan¹² e la proposta Net-Zero Industry Act¹³³⁶, la Commissione Europea mira a incrementare la produzione di tecnologie pulite e ad assicurarsi che la UE e la sua industria siano ben attrezzate per la transizione verso l'energia rinnovabile. Il Net-Zero Industry Act ne sosterrà la concretizzazione per raggiungere la neutralità climatica e la transizione verso l'energia pulita, rafforzerà la resilienza del sistema energetico dell'UE in linea con REPowerEU¹⁴³⁷.

Il riciclo stesso va, dunque, collocato in questa visione più ampia.

Un'economia circolare è un'economia che non produce scarti o almeno opera per ridurli alla frazione minima, un concetto che vale per ogni settore industriale, ma in ragione dei volumi di rifiuti imputabili e alla loro difficile gestione, soprattutto per l'industria della moda.

Non è, infatti, un caso che obiettivo delle strategie UE citate sia il superamento proprio di quel modello Fast fashion che ne è una delle principali cause. Per quanto si tratti di una battaglia a forte connotazione culturale e sociale, volta cioè a modificare i comportamenti d'acquisto con l'introduzione di diverse categorie valoriali (*essere è meglio di apparire, scegliere il bello fatto bene, far durare l'oggetto acquistato, conoscerne la storia, sostituire l'uso dal possesso del bene ecc.*) un ruolo importante è assunto dalle tecnologie che devono rendere possibile questo cambiamento di paradigma. Si tratta cioè di ridurre la produzione di rifiuti, migliorando la qualità e passando dalla produzione di grandi volumi alla personalizzazione del prodotto realizzato in ragione delle reali richieste del mercato.

Un cambiamento importante.

Negli ultimi decenni la ricerca tecnologica si è focalizzata sull'introduzione di automatismi in grado di accelerare ed incrementare la resa produttiva delle varie fasi di lavorazione e sul controllo delle prestazioni allo scopo di correggere in tempo reale eventuali difetti ed evitare fermo macchina e conseguente perdita di produttività. Oggi alle tecnologie è chiesto di rendere il flusso produttivo qualitativamente e quantitativamente funzionale alla dinamica della domanda, fornendo cioè prodotti "personalizzati" con un *Time to Market* migliore

Secondo Nova-Institute entro il 2030, la previsione di capacità per i prodotti a base di CO₂ dovrebbe superare i 6 Mt/a di prodotti a base di CO₂.

³⁴ Fonte: STATISTICA. 2023. Annual production of plastics worldwide from 1950 to 2021.

³⁵ È il caso del filato conosciuto come seta di ragno e utilizzato tra gli altri da Adidas nella produzione di calzature sportive realizzato da AMSilk mediante un processo di bioingegneria per produrre proteine complesse in grandi impianti bioindustriali. Micropili di Bolt Threads ha le stesse caratteristiche e ha base biologica fatta principalmente di zucchero, acqua, sali e lievito. Anche Spiber's Brewed Protein™ è composto da zuccheri derivati da canna da zucchero, mais o saccherificazione della cellulosa. Dopo più di 12 anni di ricerca e sviluppo, Spiber si sta ora concentrando sulla produzione di massa.

³⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1665

³⁷ <https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2023/02/21/eu-recovery-plan-council-adopts-repowerEU/>

rispetto alla concorrenza. Si tratta di un modello produttivo e organizzativo che la Quarta rivoluzione industriale – Industria 4.0 – ha contribuito a rendere possibile con l'implementazione di tecnologie abilitanti a sostegno dei processi progettuali, produttivi, logistici ed organizzativi³⁸.

La visione di un'economia più sostenibile introduce nuove valenze al semplice efficientamento dei processi: si tratta ora di ridurre consumi di materia prima, acque, energia e prodotti chimici, evitare la formazione di scarti e rifiuti, produrre *on demand* evitando l'accantonamento di merce in magazzini destinati alla rapida svalorizzazione, razionalizzare la logistica, intercettare con rapidità le aspettative dei consumatori coinvolgendoli nel processo ideativo ed altro ancora. Senza pretendere di essere esaustivi possiamo delineare le macroaree in cui le tecnologie agiscono con un nuovo protagonismo modificando anche assetti organizzativi dell'impresa e creando il bisogno di nuove competenze e conoscenza.

❖ *Simulare anziché produrre*

Nella progettazione i sistemi di simulazione consentono di sviluppare virtualmente i nuovi prodotti evitando sprechi e consumi e riducendo i margini di rischio connessi all'operatività. I modelli virtuali, infatti, non sono solo supporti tecnici al disegno e all'ingegnerizzazione del prodotto in grado di velocizzarne e potenziarne le fasi di progettazione e la condivisione delle idee con il cliente, ma consentono di risparmiare i materiali solitamente utilizzati per la prototipazione, di individuare per tempo le criticità evitando sprechi, inserire modifiche in tempo reale.

Tessile e moda sono tra i settori destinati a trarre il maggior beneficio dal principio in base al quale 'simulare è meglio che produrre'. Si va dall'uso di sistemi per lo sviluppo grafico della struttura tessile (tessuto, pizzo, ricamo, jacquard), alla creazione del prototipo, dalla prova di vestibilità su modelli virtuali alla presentazione digitale della collezione. La tecnologia digitale è già da tempo un *partner* irrinunciabile nelle imprese e negli studi di progettazione grazie ai sistemi CAD per lo sviluppo del disegno bi- e tri-dimensionale, ai sistemi di simulazione CAE – *Computer Aided Engineering* e per il trasferimento alle macchine di produzione delle indicazioni tecniche necessarie a produrre il pezzo progettato (CAM – *Computer Aided Manufacturing*). Un'offerta tecnologica ampia ed ampiamente adottata da uffici stile e da disegnatori si è andata arricchendo negli anni del contributo della stampa digitale e delle tecnologie additive (stampa 3D) sviluppate con l'obiettivo di rendere più rapida e meno costosa la fase di ingegnerizzazione del prototipo ed arrivate in molti contesti a integrare, quando non a sostituire i normali processi di produzione industriale. Il tutto non deve far dimenticare che il designer opera in un contesto in cui il nuovo prodotto prende forma grazie all'ausilio di tecnologie funzionali alla gestione efficiente di singole fasi di attività ed è immerso in una rete di informazioni e di supporti digitali che consentono la consultazione di fonti in *cloud*, ma anche l'archiviazione, il trasferimento e la condivisione di documenti accelerando i tempi di esecuzione e consentendo l'operatività di più soggetti anche distanti o impegnati in punti diversi della catena del valore.

Nel linguaggio comune è ormai sempre più frequentemente usata l'espressione "*gemello digitale*", intendendo simulazioni virtuali di prodotti e processi utilizzate per testare e prototipare nuove idee nell'ambiente sicuro del dominio digitale o per monitorare le infrastrutture in maniera efficace e preventiva³⁹. Si inserisce in questo contesto il sistema *Cloud* che permette di trasferire, immagazzinare dati, accedere a capacità di calcoli in remoto.

La gestione di un flusso così articolato di informazioni come quelle che accompagnano la progettazione di una collezione non è naturalmente priva di criticità e pone problemi che attengono ad esempio alla *privacy*, alla difesa della proprietà intellettuale, alla *cyber security*, aspetti che richiedono una costante attenzione e strategie preventive e difensive.

Ruolo importante è assunto nella fase progettuale dalle tecnologie additive – *Additive Manufacturing* (AM), usate anche in contesti produttivi come un approccio di 'artigianato evoluto'. Si tratta di una modalità di produzione di un oggetto alternativa alla tecnica tradizionale basata sulla rimozione della parte di materiale eccedente la forma voluta: sulla base dei dati forniti dal CAD grafico, la macchina realizza il manufatto depositando strati di materiali alla superficie predefinita. Se nei processi *standard* si rischia di produrre un'elevata quantità di materiali di scarto, in questo caso i vantaggi si traducono in alta efficienza delle risorse, riduzione dei consumi e degli sprechi di materiali, contenimento dei consumi energetici. Un incremento

38 La Commissione Europea definisce le tecnologie abilitanti "tecnologie ad alta intensità di conoscenza e associate a elevata intensità di R&S, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati" (Horizon 2020).

39 L. Cappannari, *Metaverso 2023: che cosa cambierà nel business e nella tecnologia*, EconomyUp, 5 gennaio 2023

ulteriore al contenuto di sostenibilità di un processo di stampa additiva può essere ottenuto utilizzando materiali a basso impatto ambientale come biopolimeri⁴⁰ o materiali riciclati ottenuti anche dagli scarti dello stesso processo di stampaggio. Anche in questo caso è opportuno sottolineare come questa tecnologia, consentendo la produzione *on demand*, riduca il rischio di prodotti finiti invenduti.

❖ *Incrementare l'eco-efficacia dei sistemi produttivi*

Naturalmente le tecnologie digitali esprimono le loro potenzialità nei sistemi produttivi sia rendendo efficiente il flusso delle informazioni e dei processi, sia potenziando gli automatismi, seppure nell'industria tessile e della moda sia spesso preferito l'intervento umano a garanzia di quell'approccio artigianale-sartoriale che resta uno dei punti di forza del comparto e rende ogni capo curato nei dettagli e personalizzato.

Ci riferiamo a *Industrial IoT - Internet of Things*, contesto tecnologico-informativo in cui le macchine, attraverso le connessioni informatiche, sono in grado di interagire con altre macchine e favorire l'interscambio di dati e stimolare modalità di apprendimento. Questo rende possibile, ad esempio, azioni di monitoraggio e correzione del processo in funzione di dati e input acquisiti e trasferiti da dispositivi posti tanto sulle macchine quanto sui pezzi in lavorazione mediante Rfid, sensori, tag che controllano costantemente lo stato di avanzamento della produzione e della logistica. I vantaggi ambientali sono evidenti: il controllo costante dei flussi produttivi consente ad esempio di gestire in modo oculato la distribuzione energetica nei reparti produttivi, evitare sprechi e rilavorazioni, efficientare le operazioni di resettaggio delle macchine. I dati, aggregati in relazione alla tipologia di informazioni elaborate (performance della macchina, eventi accaduti, consumi, ecc.) e gestiti con tecniche di *Big Data Analytics* consentono di trarre informazioni utili alla valutazione del processo in corso, ai potenziali sviluppi (come nel caso della manutenzione preventiva utilizzata per anticipare malfunzionamento dell'impianto) e consentono al management di assumere le corrette decisioni.

Con l'adozione della robotica, prevalentemente nei sistemi di movimentazione e logistica, si delinea anche il ruolo delle *Advanced Manufacturing Solutions* nell'incremento del grado di sicurezza dei lavoratori grazie a macchinari in grado di svolgere mansioni in autonomia o di supportate l'operatore nell'esecuzione di operazioni rischiose o faticose (robotica collaborativa).

Agisce, invece, su più livelli la Realtà Aumentata (Augmented Reality). Grazie a dispositivi elettronici prevalentemente indossati vengono fornite all'operatore informazioni aggiuntive mentre altre, connesse alla percezione dai cinque sensi, possono essere sottratte allo scopo di consentire un'esperienza immersiva ad efficace valenza formativa o semplicemente emozionale e per questo ricopre un ruolo crescente nelle strategie di marketing. Conosciuta dal grande pubblico soprattutto nell'intrattenimento e nelle attività culturali e promozionali, è in realtà un utile strumento per la formazione e l'addestramento di tecnici e di operatori. Nei reparti di produzione può trovare prospettive particolarmente promettenti nella riparazione e nella manutenzione delle macchine anche con l'ausilio di *tutor* in remoto.

Se queste tecnologie aprono nuove prospettive ai modelli industriali non vanno intese come aree separate, ma come alleati negli sforzi di incrementare l'eco-efficacia dei sistemi industriali. Si tratta, quindi, di non perdere di vista, ma al contrario intensificare l'adozione di tecnologie e metodi più consolidati nel comparto tessile e che possono concorrere a ridurre i consumi e gli sprechi evitando la formazione di rifiuti. E' quanto sostiene il rapporto della Commissione UE *'ERA industrial technology roadmap for circular technologies and business models in the textile, construction and energy-intensive industries'*⁴¹, pubblicato nel dicembre 2022 riferendosi, ad esempio, ai processi di nobilitazione mediante *'il deposito elettrochimico di pigmenti nei materiali riciclati per prolungarne il ciclo di vita, il recupero del colorante dalle acque reflue di tintura, i processi tintoriali senza acqua mediante CO₂ supercritica, i trattamenti al plasma, le tecnologie all'ozono'*.

40 Tanase-Opedal, M., Espinosa, E., Rodríguez, A., & Chinga-Carrasco, G. (2019). Lignin: A Biopolymer from Forestry Biomass for Biocomposites and 3D Printing. *Materials* (Basel, Switzerland), 12(18), 3006. <https://doi.org/10.3390/ma12183006>.

41 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/32f12c4b-9d89-11ed-b508-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-279513935>

In sintesi

Compito delle tecnologie non è solo quello pur importante di consentire il recupero e il riciclaggio di materia prima altrimenti destinata alla termovalorizzazione o conferita in discarica: è anche quello di supportare gli sforzi che i comparti industriali stanno compiendo per evitare la formazione stessa di rifiuti e il risparmio di materia prime e risorse idriche ed energetiche.

Un'attenzione in realtà da sempre presente nella cultura dei produttori di tecnologie per il tessile e sostenuta dalla necessità di consentire vantaggi economici ai propri clienti e che oggi trova nella sostenibilità una nuova e formidabile motivazione.

5 Le tecnologie per il riciclo dei materiali tessili

Con la crescita dei consumi globali, l'aumento della domanda di fibre da un lato e l'incremento dei rifiuti tessili di difficile gestione, pongono con urgenza la messa a punto e la diffusione di metodi e tecnologie per la cernita e il riciclo dei tessili a fine vita e degli scarti pre-consumo.

Secondo uno studio della società di ricerca McKinsey⁴² per quanto se ne avverta l'urgenza, le potenzialità del processo di riciclaggio sono di fatto limitate da fatti oggettivi, tra cui la presenza di molteplici materiali in un unico capo e spesso non facilmente separabili e l'assenza di una filiera efficiente di preparazione al riciclo. Si legge: *'lo smistamento e la pre-elaborazione delle fibre mediante processi avanzati, accurati e automatizzati non sono ancora stati sviluppati. Infine, per raggiungere il loro pieno potenziale, le tecnologie di riciclaggio da fibra a fibra devono espandere ulteriormente la loro capacità di gestire miscele di fibre, ridurre i costi e migliorare la qualità della produzione: questi colli di bottiglia impediscono il ridimensionamento dell'economia tessile circolare. La nostra analisi indica che superando queste barriere, il riciclaggio da fibra a fibra potrebbe raggiungere dal 18 al 26% dei rifiuti tessili lordi nel 2030. Per raggiungere questa scala, stimiamo che entro il 2030 sarebbero necessari investimenti in conto capitale compresi tra 6 e 7 miliardi di euro. La nostra analisi indica che questo settore potrebbe, una volta maturato e ridimensionato, diventare un settore autonomo e redditizio con un pool di profitti compreso tra 1,5 e 2,2 miliardi di euro entro il 2030'*.⁴³

Secondo questa previsione, in caso di soluzione dei vincoli tecnici e organizzativi, i risultati ambientali e sociali sarebbero decisamente positivi: *'potrebbero essere creati circa 15.000 nuovi posti di lavoro e le emissioni di CO₂ potrebbero essere ridotte di circa 4 milioni di tonnellate, equivalenti alle emissioni cumulative di un paese delle dimensioni dell'Islanda'*.

Positivi anche gli effetti sull'economia: quantificando in termini monetari diverse altre dimensioni dell'impatto come gli effetti secondari sul PIL derivanti dalla creazione di posti di lavoro, dalla riduzione delle emissioni di CO₂ e dalla riduzione dell'uso di acqua e suolo, l'industria potrebbe raggiungere i 3,5-4,5 miliardi di euro nell'impatto olistico annuo totale entro il 2030, arrivando a un ritorno sull'investimento dell'impatto olistico annuale dal 55 al 70%. Risultati, sottolinea lo studio, che devono essere sostenuti con investimenti adeguati: *'diverse parti della catena del valore devono essere costruite quasi da zero, il che richiede notevoli spese in conto capitale. La nostra analisi indica che è possibile realizzare un valore economico sufficiente a compensare il rischio richiesto. Gli investitori privati guiderebbero questo viaggio prendendo l'iniziativa per finanziare la costruzione della catena del valore'*.

La necessità di incrementare gli investimenti per la ricerca di soluzioni tecnologiche adeguate a intensificare le attività di riciclo è ribadita anche dal documento *della Commissione UE ERA Industrial technology roadmap for circular technologies: 'ipotizzando investimenti fino a 50 milioni di euro, 5-10 milioni dovrebbero essere dedicati alla ricerca sui materiali riciclati, 10-20 milioni al riciclo chimico e allo studio di soluzioni di riciclo innovative. C'è inoltre la particolare necessità di finanziare impianti pilota/piattaforme dimostrative (costo stimato: un milione di euro per struttura di ricerca), senza dimenticare l'importanza delle infrastrutture di selezione e riciclo'*.

Nel frattempo, si registra la nascita di progetti finalizzati a sviluppare, testare e implementare modelli tecnologici e organizzativi per la gestione ottimale del recupero e del riciclo di rifiuti tessili sia sul fronte privato, sia utilizzando anche i programmi di finanziamento messi a disposizione della stessa UE.

⁴² 'Aumentare il riciclo dei tessuti trasformando i rifiuti in valore', 2022

⁴³ <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>

5.1 Le tecnologie digitali a sostegno di azioni di sistema

Le tecnologie avranno un ruolo importante tanto nel prevenire la formazione di rifiuti, quanto ovviamente nel riciclo. Avranno anche un ruolo nel contrasto ai comportamenti illegali e scorretti, ad esempio nel supporto all'individuazione delle discariche tessili abusive. La dispersione illegale di materiale tessile nell'ambiente richiede, infatti, interventi mirati coerenti con il principio lanciato dalla UE 'chi inquina paga'. In Italia il contrasto a questo fenomeno richiederà investimenti tecnologici avanzati, tenendo sotto controllo il territorio anche con satelliti, droni e sistemi di intelligenza artificiale⁴⁴, un'esperienza già testata, seppur in modo occasionale in specifici progetti ambientali finalizzati ad intercettare l'abbandono di plastica sulle spiagge.

Ma è nei processi produttivi che le tecnologie digitali sono destinate ad assumere un ruolo molto importante. Ad esempio nelle fasi di raccolta, cernita e selezione dei materiali da destinare a riuso e riciclo ed in particolare:

- ❖ nella realizzazione di piattaforme a sostegno di programmi di simbiosi industriale finalizzati a favorire l'incontro tra offerta e domanda di scarti tessili: la formula è già sperimentata in programmi sostenuti dalla UE come nel caso della piattaforma **Material Match Making** realizzata da UNIVA e Centrocot, insieme a partner aziendali nell'ambito del programma Life M3P;
- ❖ Nel monitoraggio dei flussi di raccolta e trasformazione dei materiali destinati al riciclo rendendo efficiente e documentato il processo di lavorazione stesso, anche allo scopo di attribuire valori affidabili alle percentuali indicati la componente da riciclo presenti in nuovi prodotti e alle relative dichiarazioni ambientali;
- ❖ Nello sviluppo di modelli di business basati sulla circolarità e sulla condivisione del bene: dalla sharing economy alla vendita di capi ed accessori usati life on line;
- ❖ Nelle attività di sensibilizzazione e coinvolgimento attivo dei consumatori nell'assunzione di comportamenti responsabili dalla fase di acquisto alla dismissione del bene.

5.2 Raccolta e preparazione al riciclo

In sintesi, le fasi che un rifiuto tessile deve attraversare per entrare nella filiera del riuso possono essere così sintetizzate⁴⁵:

- raccolta frazione tessile (effettuata mediante raccolta a domicilio o contenitori stradali);
- eventuale deposito/stoccaggio temporaneo;
- prima selezione: ovvero apertura dei sacchetti depositati dagli utenti e prima cernita per tipologia di articolo;
- seconda selezione, per la maggior parte effettuata manualmente da personale specializzato che separa per tipologia e qualità gli indumenti con l'obiettivo di estrarre la frazione di maggior valore e a creare lotti omogenei di prodotti riutilizzabili;
- igienizzazione del prodotto avviato a riutilizzo.

La parte dei rifiuti tessili urbani scartata dalla selezione perché non adatta al riuso viene a sua volta selezionata per tipo di materiale ed avviata a:

- produzione di pezzame a uso industriale utilizzato per la pulizia e la manutenzione (stracci e strofinacci assorbenti e di lavaggio) in ambito metalmeccanico, tipografico e per la protezione di pavimenti;
- riciclo tessile;
- in alternativa al riciclo incenerimento/termovalorizzazione.

Sulla fase della cernita e della selezione dei materiali si è concentrata una parte importante della ricerca tecnologica. L'obiettivo è di sostituire o almeno integrare la cernita manuale con soluzioni tecniche che velocizzino e rendano più affidabile l'attività aiutando così il comparto a transitare da modalità di lavoro manuali-artigianali a più modelli industriali. Si tratta prevalentemente di sistemi di lettura dei materiali mediante spettroscopia infrarossa (NIR) che consente di identificare colore e composizione dei prodotti tessili, in quanto ogni tessuto ha caratteristiche spettrali che possono essere utilizzate per la classificazione. Fibre naturali,

⁴⁴ Decreto del 27 gennaio 2023 Riallocazione nelle linee di intervento B e C relative all'investimento PNRR M2 C1 I 1.2 delle risorse residue non assegnate a valere sulle linee di intervento A, B, e D relative all'investimento medesimo. (23A01536)

⁴⁵ Ecomondo, 2022 <https://www.ecomondo.com/blog/20917792/prevenzione-rifiuti-tessili>

artificiali o sintetiche hanno, infatti, strutture chimiche e molecolari differenziate che reagiscono in modo diverso alle onde elettromagnetiche. Solitamente le macchine dedicate a questo scopo presentano un nastro trasportatore su cui vengono collocati i materiali da sottoporre a visione ottica e nastri separatori che indirizzano il materiale verso aggregazioni coerenti per tipologia al fine di procedere al riciclo.

A titolo esemplificativo citiamo due esperienze recenti: SIPTex, un consorzio svedese guidato da IVL, l'istituto svedese di ricerca ambientale, ha sviluppato un impianto pilota con un sistema di cernita che utilizza tecnologie NIR e VIS che consente di riconoscere e separare i tessuti per tipologia di fibra prevalente e colore e invia mediante un sistema ad aria compressa a aree di raccolta designate. La pratese Next Technology Tecnotessile ha sviluppato un prototipo di macchina semiautomatica in grado di riconoscere i materiali che scorrono su un nastro automatico in base alla struttura (maglia, tessuto ortogonale, indemagliabile), al colore (sono stati individuati sette colori di riferimento) e alla composizione fibrosa. La macchina è costituita da una stazione di rilevamento con telecamere evolute che sfruttano la tecnologia iperspettrale nel vicino infrarosso assistita da un sistema di intelligenza artificiale con algoritmi di auto-apprendimento e memorizzazione delle immagini spettrali acquisite, da un nastro trasportatore e da cestelli di raccolta dei capi.

Prima di procedere alle fasi di riciclaggio, se già non è stato fatto, è, inoltre, necessario provvedere alla rimozione delle parti che possono rappresentare un problema in fase di riciclo, siano esse plastificazioni morbide o elementi metallici come bottoni e zip. Mentre le componenti morbide/gommose possono legarsi alla fibra in fase di riciclaggio rendendola non utilizzabile, le parti dure possono danneggiare le macchine durante la lavorazione. Queste ultime rappresentano anche un potenziale rischio di incendio: una scintilla causata da una parte metallica come un bottone a pressione che colpisce le parti della macchina può, infatti, causare l'accensione di fibre facilmente infiammabili come il cotone.

IV. The post-industrial textile recycling value chain

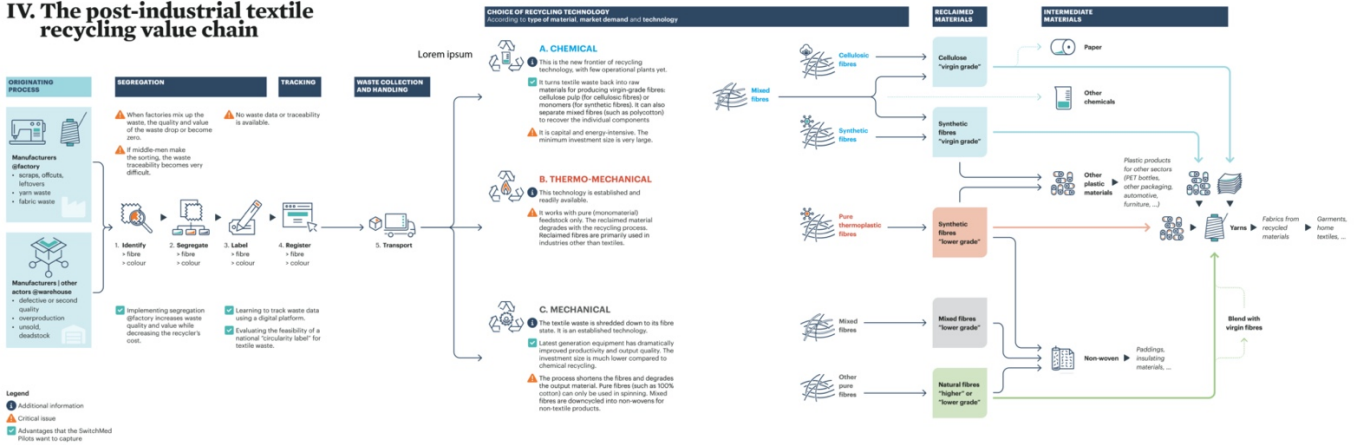


Figura 3: schema processo di riciclo di scarti pre-consumo, fonte Blumine per progetto Unido

- Breve glossario del riciclo
- ❖ Riciclo a circuito chiuso: il materiale viene riciclato in un prodotto più o meno identico alla tipologia trattata.
 - ❖ Riciclo a ciclo aperto: il materiale viene riciclato in un'altra categoria del prodotto anche con integrazione di materia prima vergine
 - ❖ *Upcycling*: il prodotto ottenuto da materiali riciclati ha un valore superiore rispetto al prodotto originale.
 - ❖ *Downcycling*: il materiale riciclato ha un valore inferiore rispetto al prodotto originale.

5.3 Il riciclo

In questo capitolo del rapporto consideriamo le diverse tipologie di riciclo tessile. Allo scopo sarà fatto riferimento alle tipologie di riciclo indicate dalla Commissione Europea nel documento '*Studio sull'efficacia tecnica, normativa, economica e ambientale del riciclo delle fibre tessili*⁴⁶': riciclo meccanico, termo-meccanico, termo-chimico e chimico.

❖ Il riciclo meccanico

Il riciclo meccanico vanta una lunga storia. E', infatti, una tecnologia adottata da decenni soprattutto nella lavorazione di tessuti di lana come insegna il distretto pratese. Si tratta, dunque, di un processo consolidato. Una volta liberati da eventuali parti metalliche e fodere i tessuti sono selezionati in base a composizione fibrosa e tonalità cromatica (questo consentirà di ridurre o addirittura evitare l'uso di coloranti sul filato riciclato). Nel caso di tessuti lanieri è previsto il carbonizzo, trattamento chimico che consente di eliminare le eventuali fibre cellulosiche presenti che comprometterebbero la qualità del prodotto rigenerati. I materiali sono sottoposti a stracciatura e sfibratura, trattamenti meccanici finalizzati a districare e liberare le fibre. Il materiale ottenuto è, quindi, pronto per la carda, cioè la macchina che ha la funzione di parallelizzazione delle fibre e allinearle in nastri che saranno poi trasformati in filato mediante stiro e torsione. La colorazione del filato finale può essere ottenuta selezionando e mischiando i tessuti in base alla tonalità cromatica già presente o mediante processi di nobilitazione che possono essere adottati sia sui materiali pre-filatura che sul prodotto a fine ciclo. Questo sistema di rigenerazione dei materiali può essere impiegato tanto per produrre filati pronti per il reinserimento sul mercato quanto come fase preparatoria a successivi trattamenti termico o chimico. In caso di fibre miste o di bassa qualità è impiegato per sfilacciare i materiali allo scopo di ottenere imbottiture, materiale da riempimento e rinforzo per i compositi.

Se la lana trattata meccanicamente mantiene un buon livello qualitativo, maggiori criticità riguardano il trattamento di altre fibre. Agendo in maniera meccanica le proprietà della fibra rimangono, infatti, immutate, ma si può registrare una perdita di qualità della stessa, tanto da richiedere inserimento di fibre vergini per elevare il livello qualitativo del filato prodotto. La conservazione di coloranti ed additivi chimici nel materiale ottenuto mediante riciclo meccanico è caratteristica che può essere interpretata come un vantaggio (selezionando il flusso dei rifiuti per colore si evitano processi tintoriali), ma che può rappresentare un problema per la presenza di contaminanti indesiderati tanto che può risultare difficile rivendicare la conformità del materiale ottenuto con i parametri del regolamento REACH. Il riciclo meccanico consente comunque, seppur in una logica downcycling di trattare un'ampia gamma di materiali e di tessuti che non sono riciclabili tramite altre tecnologie. Si tratta infine di un processo a basso consumo energetico (vengono utilizzati tra 0,3 e 0,5 kW per kg di materiale in ingresso) e a basso consumo di acqua, limitato se necessario a un processo di pulizia come pretrattamento. Rispetto al riciclo chimico il riciclaggio meccanico necessita di investimenti più contenuti e di un livello medio di competenza tecnica degli addetti.

La ricerca tecnologica si concentra soprattutto sul miglioramento degli standard di qualità dei materiali ottenuti e sulla riconfigurazione delle macchine in funzione delle successive fasi di trattamento termico e chimico partendo da una più efficace selezione dei materiali in ingresso. Secondo lo studio citato le imprese europee che adottano questa tipologia di riciclo hanno capacità produttive variabili da 5.000 a 10.000 tonn/anno, ma in alcuni casi possono arrivare alle 36.000 tonn/anno.

❖ Il riciclo termo-meccanico

Come il riciclo meccanico, quello termo-meccanico è considerato un processo a costi contenuti e consolidato. Basato sulla macinazione e sulla fusione dei materiali, è particolarmente interessante per il riciclaggio degli scarti di produzione di fibre *man made* e di alcuni specifici rifiuti di consumo raccolti in centri specializzati (ad esempio bottiglie di plastica), ma non è adatto a polimeri termoindurenti. L'eventuale presenza di polimeri incompatibili con il processo di riciclaggio può causare problemi nella lavorazione e penalizzare la qualità dell'output, pertanto, la selezione accurata del materiale in ingresso è un prerequisito importante.

La ricerca relativa a questa tipologia di riciclo è focalizzata sulla riduzione dell'immiscibilità delle miscele polimeriche. Lo stesso vale per il colore poiché i pigmenti rimangono insieme ad altri contaminanti come

46 Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling, 2021

residui di lavaggio, ritardanti di fiamma, rivestimenti, ecc., presenti nella o sulla fibra o sul tessuto (potenzialmente in contrasto con il regolamento REACH).

Occorre, inoltre, tenere presente che le proprietà del polimero/fibra si deteriorano dopo ogni ciclo. Pertanto, nonostante le somiglianze con la lavorazione a fusione di materie plastiche vergini o di scarto, sono necessarie apparecchiature o componenti specializzati per garantire un processo stabile e continuo e non alterazioni nel grado di vischiosità del polimero ottenuto. Inoltre, poiché i coloranti rimangono nel materiale polimerico, è possibile ottenere solo colori scuri, a meno che l'input non sia selezionato per colore e non si sfrutti la capacità di alcuni coloranti termocromici, di modificare colore ad una certa temperatura.

❖ Riciclo termo-chimico

Il processo utilizza la reazione di ossidazione parziale dei polimeri o il calore per degradare i polimeri in monomeri che possono essere utilizzati come materia prima per l'industria chimica, ed è una tecnologia utile alla riduzione di rifiuti tessili non trattabili con altre metodologie, ma non al recupero da fibra a fibra. È considerata una tecnologia matura, anche se gli sviluppi per consentire la produzione di materie prime per l'industria chimica in alternativa al recupero di energia o alla produzione di combustibili sono molto recenti. L'output principale del processo, il syngas, ha molte possibilità di applicazione nelle reazioni di sintesi chimica che portano a un'intera gamma di prodotti.

Il fabbisogno energetico per il riciclaggio termo-chimico è elevato. Nei processi di riciclo termochimico pirolisi e gassificazione la combustione avviene a temperature variabili comprese tra 800 e 1200 °C con sufficiente ossigeno per ossidare completamente il materiale. I prodotti in uscita (gas e petrolio) generati dalla gassificazione e dalla pirolisi possono essere utilizzati per scopi termici ed energetici. Tuttavia, con successive fasi di purificazione/upgrading, possono anche essere convertiti in intermedi chimici e, quindi, servire come materia prima per l'industria chimica.

❖ Riciclo chimico

Utilizza la dissoluzione chimica o reazioni chimiche per disassemblare le fibre usate, estrarre i polimeri per nuovi usi o scomporli nei monomeri costituenti per la ricostruzione in nuove strutture fibre polimeriche.

Lo studio citato indica tre casi in cui questa tecnologia di riciclaggio è applicata e identifica tre tecnologie principali.

- ❖ Il riciclo del cotone per ottenere pasta cellulosa utilizzabile nella produzione di fibre cellulosiche (viscose, lyocell) mediante processo a base solfato, solfito e senza zolfo. La selezione dei rifiuti tessili utilizzati è molto importante: per ottimizzare il processo è necessaria un'alta presenza di cotone (non meno del 50%). La tolleranza ai tessuti tinti dipende dal processo, ma la maggior parte delle tecnologie include una fase di decolorazione e/o candeggio. La pasta di cellulosa ottenuta può essere miscelata con pasta di legno prima di procedere alla filatura.
- ❖ Il riciclaggio dei monomeri di PA6 e PET è un processo di depolimerizzazione in cui le catene polimeriche vengono scomposte in monomeri tramite diverse tecnologie e varie condizioni di reazione (temperature/pressione/tempo/catalizzatori). I solventi applicati sono tipicamente acqua (cioè, idrolisi, usata per la PA6), alcoli (cioè, metanolisi) o glicoli. Per il PET possono essere utilizzati tutti e tre i meccanismi di reazione, sebbene la glicolisi sia la più comune. Oltre ai tre metodi citati di solvolisi, recentemente si è reso disponibile un quarto metodo, vale a dire una reazione di depolimerizzazione enzimatica. In questo caso la reazione chimica è mediata da un catalizzatore biologico. Sebbene l'output finale dipenda dal reagente, PTA (acido tereftalico) e MEG (glicole etilenico) sono i monomeri tradizionali ottenuti dal PET che possono essere ripolimerizzati per ottenere polimero vergine di elevata purezza, mentre per PA6 l'output è il caprolattame che può essere ripolimerizzato in PA6 vergine. L'efficienza del riciclaggio chimico delle fibre sintetiche dipende fortemente dalla purezza del materiale in ingresso. Per ragioni economiche, il contenuto di PET o PA dell'input dovrebbe essere intorno all'80-90%, motivo per cui si tende a ottenere fibra di poliestere dal riciclo di rifiuti di imballaggio e industriali PET. L'utilizzo del PET per la produzione di fibre tessili sottrae però polimero al ciclo del riciclaggio ripetuto non essendo il poliestere facilmente riciclabile ed è, quindi, scoraggiato dalla Commissione UE che sollecita l'adozione di riciclo da fibra a fibra. La poliammide è, invece, solitamente ottenuta da pavimentazioni tessili, reti da pesca e da altri scarti plastici, con un recupero stimato intorno al 65% sul totale del flusso in ingresso.

❖ **Il caso poly-cotton**

Mediante processi di dissoluzione e filtrazione a base di solventi è possibile separare i diversi materiali ed estrarre i componenti desiderati: la cellulosa recuperata può essere sottoposta al processo precedentemente descritto per la produzione di *man made* cellulosiche mentre i polimeri del PET rimangono in gran parte intatti e possono essere trasformati in filamenti, anche se nella pratica odierna, vengono inceneriti per il recupero di energia. Un secondo tipo di tecnologia consiste in un approccio idrotermico per degradare (parzialmente) il cotone o il PET o entrambi. È effettuato mediante bagno in acqua, pressione, temperatura e chimica. Un terzo approccio si concentra sulla degradazione parziale attraverso un trattamento enzimatico che consente di ottenere glucosio (che può essere destinato ad altri processi industriali), polvere di cellulosa e PET. Per ottenere fibre di PET attraverso un processo di filatura a fusione adatte per applicazioni tessili, è però necessario integrare PET vergine per migliorarne la qualità.

❖ **Il riciclo mediante biotecnologie**

Il ciclo biologico si basa su risorse che possono decomporsi e costruire nutrienti da trasformare in nuove risorse rinnovabili. I processi possono essere distinti in: biologico, ovvero decomposizione biologica di fine vita in cui i microrganismi metabolizzano i materiali tessili in molecole semplici (compost e digestione anaerobica), biochimico, ovvero depolimerizzazione enzimatica che utilizza enzimi per decostruire il tessuto polimeri in monomeri e fermentazione mediante microrganismi.

I rifiuti tessili possono essere visti come una materia prima ricca di cellulosa per la bioraffineria di seconda generazione in un processo di riciclaggio a circuito aperto (da cotone a *man made* cellulosiche) per quanto contaminanti eventualmente presenti elastomero e sostanze chimiche utilizzate per la tintura e il finissaggio, oltre all'elevata cristallinità delle fibre di cotone, possono rappresentare un vincolo al riciclo stesso. Lana e seta sono costituite da cheratina, una proteina il cui riciclaggio è stato studiato nel contesto dell'industria del food per il recupero di biopolimeri da piumaggio post-macellazione, ma i severi costi associati e gli impatti ambientali negativi hanno al momento scoraggiato questo filone di ricerca. Sono in corso studi per il riciclo enzimatico del PET anche se difficilmente questo approccio è oggi applicabile a materiali tessili. Si va diffondendo, comunque, l'idea che metodologie sviluppate nell'ambito della gestione biotecnologica di materiali da fonte rinnovabili e non rinnovabile possano rappresentare una strada da approfondire o essere funzionali ai processi di riciclo chimico, ad esempio, nella fase di preparazione pre-riciclaggio. È questo uno dei fronti più innovativi della ricerca sul riciclo dei materiali tessili anche se ancora poco scalabile a livello industriale.

6 Note conclusive

Che la domanda di fibre da riciclo cresca è un dato di fatto. Sono molti i brand che indicano nel proprio bilancio di sostenibilità l'obiettivo di incrementare la materia prima seconda nelle proprie collezioni e la UE ha dato un contributo importante sollecitando gli enti appaltanti a inserire nei CAM – Criteri Ambientali Minimi, proprio la componente second life. In uno studio volto a misurare la ricorrenza delle parole chiave riconducibili al tema della sostenibilità utilizzate da un campione di 12 marchi globali della moda nei propri bilanci di sostenibilità, le voci 'riciclato' e 'riciclabile' sono tra le più ricorrenti a conferma dell'importanza assunta dal tema nelle strategie dei brand.⁴⁷

Un trend che trova conferma in fiere di tessuti come *Premiere Vision* e *Milano Unica*. Quest'ultima fornisce ad ogni edizione dati sui trend di innovazione sostenibile caratterizzanti i materiali selezionati ed esposti nell'apposita area sostenibilità. I campioni esposti con l'etichetta "materiali da riciclo" all'edizione di febbraio 2023 sono stati quasi 500, ben il 42% del totale. Colpisce inoltre che oltre il 73% dei 166 espositori che hanno partecipato al progetto, abbiano presentato almeno un campione contenente materiali da riciclo, contro il 71 % dell'anno precedente⁴⁸.

Ma la circolarità non si improvvisa. Materiali e prodotti devono essere progettati innanzitutto per durare a lungo e, una volta esaurita la loro funzione, per essere facilmente riciclati. Devono essere chimicamente sicuri, se composti in materiali diversi questi devono essere compatibili nelle operazioni di riciclo o facilmente separabili. La domanda di materiali riciclati deve essere tale da incentivare gli investimenti necessari a produrli e l'offerta deve garantire le performance tecniche ed estetiche richieste ed i volumi necessari ad alimentare i flussi industriali. Inoltre, aspetto non marginale, le informazioni che accompagnano i prodotti acquisiti devono basarsi su dati certi e documentati scientificamente e questo richiede un coinvolgimento attivo di tutta la filiera.

Siamo di fronte a un cambiamento epocale che chiama in causa soggetti diversi dalla cui capacità di collaborazione dipende l'efficacia dei risultati conseguiti: i produttori di materiali e articoli finiti, le imprese per la raccolta e la cernita dei rifiuti, i riciclatori, la logistica, gli enti di ricerca, i laboratori di testing, gli enti di normazione e certificazione. E naturalmente i produttori di impianti e macchine di processo.

In questo scenario un contributo fondamentale è atteso, infatti, dalle tecnologie. I produttori di macchine impianti, strumentazioni e software sono chiamati a fornire alla nuova e complessa filiera tanto le tecnologie da applicare alle singole fasi di processo (dal riconoscimento dei materiali alla loro separazione, dalla preparazione al riciclo al riciclo stesso, dalla filatura alla costruzione delle superfici e ai finissaggi, dalla logistica alla tracciabilità), quanto al supporto alla costruzione stessa dei network e alla gestione dei dati di filiera. Il tutto adottando quelle logiche ottimizzazione di energia e risorse che rendono un processo di lavorazione non solo ambientalmente efficace, ma anche economicamente sostenibile. Ma su una cosa non sembrano esservi dubbi: il mercato avrà sempre più bisogno di tecnologie per la gestione e la trasformazione dei rifiuti. Secondo stime di Euratex entro il 2030 saranno necessari in Europa oltre 200 impianti di riciclaggio in aggiunta a quelli già attivi che dovranno comunque essere aggiornati e potenziati.

Ci si attende, dunque, un approccio, di ricerca, sperimentazione e produzione, in grado di coinvolgere l'intera filiera e garantire le necessarie connessioni tra le fasi operative.

Più in concreto si tratta in primo luogo di superare i limiti oggettivi alla crescita della pratica industriale del riciclo a partire dalla ancor limitata diffusione di sistemi per il riconoscimento e la selezione di materiali di diversa tipologia fibrosa e colore.

Per quanto riguarda la fase specifica del riciclo, si evince dalle informazioni raccolte che seppur il riciclo meccanico sia una tecnologia 'matura' come dimostrano le attività che il distretto pratese svolge da 100 anni, non dovranno mancare gli interventi volti ad efficientare i processi e a renderli più versatili, in grado, cioè di gestire materiali diversi garantendo il livello qualitativo dei risultati. Tra le tecnologie più promettenti è considerata la pirolisi, cioè una delle tecnologie di depolimerizzazione termica che consente di ottenere una miscela di idrocarburi o monomeri e si presta a trattare efficacemente le fibre poliolefine. Ma è soprattutto il riciclo chimico ad essere al centro di crescente interesse in quanto, oltre ad essere efficace nel trattamento delle fibre *man made*, rappresenta una valida alternativa al riciclaggio di rifiuti misti laddove il riciclo meccanico rischia di provocare un deterioramento delle fibre stesse. Su questo fronte la ricerca dovrà accelerare lo

⁴⁷ Blumine, 2023: Indicatori di sostenibilità nelle strategie dei marchi globali della moda

⁴⁸ <https://www.milanounica.it/it/i-materiali-da-riciclo-pi-utilizzati-nel-tessile>

sviluppo di tecnologie capaci di trattare volumi importanti di rifiuti e di consentire la trasformazione dei materiali in nuovi filamenti.

Segnali importanti arrivano dall'industria chimica (anche) nel nostro Paese. È il caso di NextChem, la controllata di Maire Tecnimont che opera nel campo della chimica verde e delle tecnologie per la transizione energetica, che nel 2022 ha avviato il progetto DEMETO, cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020, con l'obiettivo di riciclare chimicamente il PET e il poliestere delle fibre tessili di scarto e ottenere monomeri puri da utilizzare nei processi industriali per produrre nuovi polimeri⁴⁹. Altra tecnologia interessante è stato sviluppato dal Gruppo giapponese Teijin⁵⁰ e riguarda l'utilizzo di nuovo sistema di catalizzatori di depolimerizzazione capace di scomporre chimicamente il poliestere trasformandolo in materia prima intermedia BHET prima di essere ripolimerizzato. Il processo di produzione è ritenuto più semplice rispetto all'utilizzo di dimetil tereftalato (DMT), quindi, comporta minor consumo energetico, inoltre la nuova tecnologia riutilizza risorse come acque reflue, liquidi di scarto e catalizzatori di depolimerizzazione.

Un'ulteriore barriera allo sviluppo del riciclo tessile su scala industriale rappresentata dalla presenza nei materiali in ingresso di sostanze chimiche non conformi con il regolamento Reach può rappresentare un limite alla loro riciclabilità. Mentre è in atto a livello europeo l'aggiornamento del Regolamento cresce la consapevolezza che la documentazione relativa al prodotto e alle sue caratteristiche (passaporto digitale) non abbia solo la funzione di informare in modo esaustivo il consumatore, ma anche quella di fornire le informazioni per una corretta e sicura gestione dell'articolo a fine vita.

La letteratura tecnica e le informazioni rese dalla stampa specializzata danno giustamente rilievo a sperimentazioni applicati a tipologie di prodotti particolarmente complessi come i compositi, gli spalmati, i tessuti in cui sono presenti elastomeri⁵¹, ma anche articoli di uso comune come materassi e geotessili, prodotti il cui orizzonte è prevalentemente quello del *downcycling*⁵².

In conclusione:

Certamente la cultura della sostenibilità offre ai produttori di tecnologie l'occasione di inserire la propria capacità progettuale e produttiva in una catena del valore globale. Con la domanda di materiale riciclato è destinata a crescere anche quella di tecnologie in grado di gestire i processi e non mancheranno in futuro finanziamenti a sostegno della ricerca tecnologica volta a rimuovere le criticità e i limiti che rappresentano una barriera all'efficientamento del riciclo a ciclo chiuso, 'da tessile a tessile'. Nel sistema integrato finalizzato a gestire la transizione circolare del comparto tessile e che chiama in causa soggetti diversi, dalle aziende di recupero, preparazione e riciclo alle imprese tessili, dagli enti di ricerca agli enti di certificazione, spetterà proprio ai produttori di macchine, impianti e software l'obiettivo di 'mettere a terra', trasformandole in processi industriali istanze oggi ancora in parte sperimentali.

49 <https://www.industrychemistry.com/primo-impianto-di-riciclo-chimico-di-pet-e-poliestere-da-tessuti-in-italia/>

50 <https://www.teijinamid.com/en/sustainability/recycling-and-circularity/index.html>

51 La sperimentazione svolta dalla società di ricerca pratese Next Technology Tecnotessile per la separazione dell'elastomero da tessuti di cotone sviluppata nel 2022 rappresenta un interessante avanzamento nella soluzione del problema. Si segnala anche il progetto svedese Re:mi che punta a rendere efficiente il riciclo chimico di materiali *man made*.

52 L'Italia ha in attivo soluzioni interessanti che dimostrano come si possa intervenire concretamente nella trasformazione dei rifiuti in nuovi materiali. È ad esempio il caso del polo di trattamento dei rifiuti di Spresiano⁵² dove è presente il primo impianto industriale al mondo sviluppato in collaborazione con Fatersmart in grado di riciclare completamente pannolini usati e trasformarli in cellulosa, plastica e polimeri, che possono essere utilizzati in diversi processi produttivi.

7 Bibliografia essenziale

- Agenzia europea dell'ambiente (AEA), Textiles and the environment in a circular economy, 2019
- Ellen MacArthur Foundation (EMF), A New Textiles Economy, [2017](#)
- Euratex, ReHubs A joint initiative for industrial upcycling of textile waste streams & circular materials, 2020
- Interreg North-West Europe, [Fibersort Recycled post-consumer textiles an industry perspective](#), 2020
- Ispra, Rapporto Rifiuti Urbani, Edizione 2022
- Journal of Cleaner Production, A.V Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles , 2021
- Journal of Cleaner Production, Circular economy perspectives in the EU Textile sector, 2021
- Laboratorio Ref Ricerca, I tessuti verso una nuova responsabilità, 2023
- Magni A. in Economia circolare e management, Milano, Guerrini Next Editore, 2021
- Magni A. La sostenibilità dei sistemi economici industriali in Sostenibilità, impresa e stakeholder a cura di P.Tettamanzi Giuffrè Francis Lefebvre, 2023
- McKinsey, Scaling Textile recycling in Europe, 2022
- Ricchetti M. Neo materiali nell'economia circolare. Mod. Edizioni Ambiente, 2017
- Textile Exchange, Materiali, standard e certificazioni <https://textileexchange.org/>
- [UE](#), Transition pathway for the textiles ecosystem, 2023
- UE, Prodotti sostenibili, dall'eccezione alla regola, Bruxelles, 2022
- UE, Proposta della Commissione Europea. Strategia per il Tessile Sostenibile e Circolare; Bruxelles, 30 marzo 2022.
- UE, Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods, 2021 <https://ec.europa.eu/>
- UE, Circular economy for textiles: taking responsibility to reduce, reuse and recycle textile waste and boosting markets for user textiles, 2023

