

POLITECNICO DI TORINO



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
A.a. 2025/2026
Sessione di Laurea Luglio 2026

**La Twin Transition nella supply chain del Lusso
Europeo: analisi empirica della co-evoluzione tra
maturità digitale e sostenibilità**

Relatrice:
Prof.ssa Chiara Ravetti

Candidata:
Roberta Brivio

Indice

Indice delle figure	1
Indice delle tabelle.....	2
Abstract.....	3
Introduzione	4
1. Contesto della ricerca.....	5
1.1 La filiera B2B della moda di lusso europea	5
1.1.1 Dimensione, struttura e posizionamento della manifattura B2B.....	5
1.1.2 Architettura della supply chain: livelli produttivi e visibilità informativa	6
1.1.3 Governance asimmetrica e implicazioni sulla supply chain.....	7
1.2 Gli impatti ambientali e sociali della produzione tessile	8
1.3 Il quadro normativo europeo	9
1.4 La twin transition nella filiera B2B del lusso europeo.....	12
2. Revisione della letteratura	14
2.1 Industry 4.0: fondamenti e applicazioni nel tessile.....	14
2.1.1 Industry 4.0: principi fondativi e tecnologie abilitanti	14
2.1.2 Applicazioni delle tecnologie Industry 4.0 nel settore tessile e della moda	15
2.2 Dal paradigma Industry 4.0 a Industry 5.0	16
2.2.1 I limiti di Industry 4.0: efficienza senza finalità sociale.....	16
2.2.2 Industry 5.0: sostenibilità, centralità umana e resilienza.....	17
2.3 SSCM ed economia circolare nella filiera B2B del lusso.....	18
2.3.1 La sostenibilità nella moda: driver, risposta del settore e limiti delle strategie esistenti.....	18
2.3.2 L'economia circolare: principi e strategie applicabili alla filiera del lusso	20
2.3.3 Barriere strutturali all'implementazione della circolarità nella filiera B2B.....	21
2.4 La twin transition: definizione, ipotesi ed evidenze empiriche.....	23
2.4.1 Definizione, basi concettuali e ipotesi teoriche	23
2.4.2 Meccanismi di interazione tra digitale e sostenibile.....	24
2.4.3 Evidenza empirica di studi correlati alle domande di ricerca.....	25
2.4.4 Gap di ricerca e posizionamento della tesi	27
3. Metodologia.....	29
3.1 Disegno della ricerca.....	29
3.1.1 Approccio misto e orientamento esplorativo	29
3.1.2 Operazionalizzazione delle research questions	29

3.2 Selezione del campione	30
3.2.1 Criteri di selezione del campione	30
3.2.2 Composizione del campione per segmento di filiera e area geografica	31
3.2.3 Fonti utilizzate e procedura di assegnazione dei punteggi	33
3.2.4 Gestione delle ambiguità e dei conflitti tra documenti	34
3.3 La Smart-Sustainable Matrix	34
3.3.1 Logica costruttiva della matrice	34
3.3.2 Struttura degli indicatori Smart	35
3.3.3 Struttura degli indicatori Sustainable	36
3.3.4 Scala di codifica (0-1-2) e principio di conservatorismo	37
3.3.5 Processo di assegnazione dei punteggi	38
3.4 Giustificazione degli strumenti analitici	38
3.4.1 Adeguatezza della cluster analysis gerarchica al contesto della ricerca	38
3.4.2 Adeguatezza dello scatter plot bidimensionale al contesto della ricerca	39
3.4.3 Complementarità degli strumenti di analisi	39
3.5 Applicazione degli strumenti di analisi	39
3.5.1 Calcolo di Smart Score e Sustainable Score	39
3.5.2 Determinazione del numero ottimale di cluster	40
3.5.3 Scatter plot bidimensionale: costruzione e interpretazione	41
4. Analisi dei risultati	43
4.1 Panoramica del campione: distribuzione degli score	43
4.1.1 Distribuzione dello Smart Score: media, varianza e indicatori più discriminati	43
4.1.2 Distribuzione del Sustainable Score: media, varianza e indicatori più diffusi	44
4.1.3 L'asimmetria strutturale tra le due dimensioni	46
4.2 La relazione tra maturità digitale e maturità sostenibile	47
4.2.1 Analisi della correlazione Smart Score-Sustainable Score nel campione	49
4.2.2 Cluster Technology-Driven: profilo e collocazione nello scatter plot	50
4.2.3 Cluster Sustainability-Driven: profilo e collocazione nello scatter plot	51
4.2.4 Cluster Hybrid: profilo e collocazione nello scatter plot	52
4.2.5 Eterogeneità interna del cluster Hybrid: i due sotto-profilo	52
4.2.6 L'assenza empirica del cluster Laggard	53
4.3 Tecnologie digitali e associazione con la maturità sostenibile	55
4.3.1 Blockchain e tracciabilità di filiera (S3)	56
4.3.2 Digital Product Passport (S8)	57
4.3.3 Piattaforma di supply chain integrata (S7)	57
4.3.4 IoT, automazione e Big Data (S1, S5, S6)	58
4.3.5 Digital Twin (S2)	58

4.3.6 RFID/NFC (S4)	59
4.4 Variazione dei profili per segmento, dimensione, fase del ciclo di vita	60
4.4.1 Risultati per segmento di filiera.....	60
4.4.2 Risultati per dimensione aziendale	62
4.4.3 Risultati per fase di ciclo di vita aziendale	64
5. Evidenza qualitativa della twin transition.....	65
5.1 Tecnologie digitali e vantaggio sostenibile	65
5.2 Pattern di convergenza tra tecnologie Smart e sostenibilità.....	74
5.3 Limiti e difficoltà della twin transition nel campione.....	76
5.3.1 Il divario tra adozione dichiarata e beneficio verificato	76
5.3.2 Barriere strutturali di filiera: dimensione aziendale e governance a cascata.....	77
6. Conclusioni.....	79
6.1 Limitazioni e ricerche future	80
Bibliografia.....	82
Appendice A – Smart-Sustainable Matrix.....	92
Appendice B - Schede aziendali.....	93

Indice delle figure

Figura 3.1 - Dendrogramma Ward linkage (distanza euclidea, dati standardizzati)	40
Figura 4.1 - Distribuzione di Smart e Sustainable Score	46
Figura 4.2 - Smart-Sustainable Matrix: posizionamento delle 25 aziende e dei tre cluster.....	48
Figura 4.3 - Correlazione tra Smart Score e Sustainable Score: campione completo (n=25, sinistra) ed escluso il cluster Technology-Driven (n=22, destra).....	49
Figura 4.4 – Distribuzione attesa e osservata del campione	54
Figura 4.5 - Punteggio medio di ciascun indicatore Smart (sinistra) e Sustainable (destra) per cluster, su scala 0-2.....	56
Figura 5.1 - Adozione degli indicatori Smart e vantaggio sostenibile documentato	66

Indice delle tabelle

Tabella 3.1- Operazionalizzazione delle research questions e corrispondenza con gli strumenti analitici.....	30
Tabella 3.2- Composizione del campione per paese	31
Tabella 3.3 - Campione completo. Dim. = classe dimensionale UE.....	33
Tabella 3.4 - Indicatori Smart: codice, nome, definizione operativa e riferimento teorico	36
Tabella 3.5 - Indicatori Sustainable: codice, nome, definizione operativa e riferimento teorico	37
Tabella 4.1 - Distribuzione dei punteggi per indicatore Smart	44
Tabella 4.2 - Distribuzione dei punteggi per indicatore Sustainable	45
Tabella 4.3 - statistiche descrittive di Smart Score e Sustainable Score (n=25).....	46
Tabella 4.4 - Profilo dei tre cluster empirici (n=25)	48
Tabella 4.5 - Sotto-profilo del cluster Hybrid (n=12).....	53
Tabella 4.6 - Correlazione tra indicatori Smart (S1-S8) e Sustainable Score (n=25).....	55
Tabella 4.7 - Punteggi medi e composizione per cluster, per segmento di filiera.....	61
Tabella 4.8 - Punteggi medi per classe dimensionale EU	62
Tabella 4.9 - Punteggi medi per fase del ciclo di vita aziendale	64
Tabella 5.1 - S1 Sensori IoT: aziende e vantaggi sostenibili	67
Tabella 5.2 - S2 Digital Twin: aziende e vantaggi sostenibili.....	68
Tabella 5.3 - S3 Blockchain / Tracciabilità di filiera: aziende e vantaggi sostenibili	69
Tabella 5.4 - S4 RFID / NFC: aziende e vantaggi sostenibili	69
Tabella 5.5 - S5 Automazione avanzata: aziende e vantaggi sostenibili.....	70
Tabella 5.6 - S6 Big Data / AI: aziende e vantaggi sostenibili.....	71
Tabella 5.7 - S7 Piattaforma SC integrata: aziende e vantaggi sostenibili	73
Tabella 5.8 - S8 DPP: aziende e vantaggi sostenibili.....	74

Abstract

La filiera manifatturiera della moda di lusso europea è attraversata da due processi di trasformazione paralleli: la digitalizzazione dei processi produttivi, accelerata dai paradigmi Industry 4.0 e Industry 5.0, e la transizione verso modelli di produzione sostenibili, resa urgente da un insieme di normative europee. La politica industriale dell'Unione Europea ha ricondotto le due transizioni a un'unica categoria concettuale, la *twin transition*, partendo dal presupposto che si rafforzino reciprocamente.

La tesi si pone come obiettivo analizzare se e come maturità digitale e maturità sostenibile co-evolvano nei fornitori europei del segmento tessile-abbigliamento del lusso. A tal fine viene costruita la Smart-Sustainable Matrix, un framework a sedici indicatori che attribuisce a ciascuna impresa uno Smart Score e un Sustainable Score comparabili sulla stessa scala, applicata poi ad un campione di 25 aziende della filiera. I dati sono analizzati tramite cluster analysis gerarchica e correlazione di Pearson, con un approfondimento qualitativo su un sottoinsieme di casi rappresentativi. L'analisi produce tre profili empirici distinti: fornitori a prevalente maturità digitale, fornitori a prevalente maturità sostenibile e fornitori che combinano entrambe le dimensioni.

I risultati mostrano che la relazione tra maturità digitale e maturità sostenibile non è uniforme: dipende dalla natura dell'attività aziendale, dal segmento di filiera e dalla fase del ciclo di vita dell'impresa. Misurare le due dimensioni congiuntamente, sulla stessa scala e sullo stesso campione, consente di rilevare pattern che strumenti a singola dimensione non catturano: in particolare, l'effetto di distorsione esercitato dai fornitori di tecnologia digitale sulla correlazione aggregata, e la tendenza alla co-evoluzione che emerge con chiarezza una volta isolato quel sottogruppo.

Introduzione

La filiera manifatturiera della moda di lusso europea attraversa oggi due processi di trasformazione paralleli. Il primo è la digitalizzazione delle operazioni produttive, alimentata dalla diffusione delle tecnologie di Industry 4.0 e, più recentemente, di Industry 5.0, che ha modificato le modalità con cui le imprese progettano, producono e tracciano i propri prodotti. Il secondo è la sostenibilità, divenuta negli ultimi anni un vincolo operativo piuttosto che una scelta discrezionale, per effetto di un impianto normativo europeo sempre più stringente. La politica industriale dell'Unione Europea ha ricondotto i due processi a un'unica categoria concettuale, la *twin transition*, sul presupposto implicito che le due dimensioni procedano in modo congiunto. Se e in che misura tale congiunzione si verifichi nella pratica delle imprese manifatturiere resta tuttavia una questione empiricamente poco esplorata, soprattutto nel segmento a monte della filiera B2B.

La tesi affronta questa domanda con un obiettivo specifico: verificare se la maturità digitale e la maturità sostenibile delle imprese fornitrici del lusso europeo si sviluppino congiuntamente o secondo logiche indipendenti, e descrivere come tale relazione si configuri a livello di campione, di singola tecnologia e di segmento di filiera. Tre domande di ricerca guidano l'indagine. La prima riguarda l'esistenza e la direzione di un'associazione tra le due dimensioni di maturità a livello aggregato. La seconda riguarda il ruolo delle singole tecnologie digitali, con particolare attenzione al Digital Product Passport, quale possibile nodo di convergenza tra digitalizzazione e sostenibilità. La terza riguarda la variazione dei profili di *twin transition* in funzione di caratteristiche strutturali quali il segmento di filiera, la dimensione aziendale e la fase del ciclo di vita dell'impresa.

Per rispondere a queste domande, lo studio adotta un disegno sequenziale a metodi misti: una fase quantitativa, in cui la Smart-Sustainable Matrix, uno strumento originale composto da sedici indicatori ordinali applicati a venticinque fornitori europei distribuiti su cinque segmenti di filiera e otto paesi, viene analizzata tramite cluster analysis gerarchica e correlazione di Pearson; e una fase qualitativa successiva, in cui un sottoinsieme di casi rappresentativi viene approfondito tramite schede aziendali per illustrare i pattern emersi nella fase precedente. La scelta di un approccio esplorativo, anziché ipotetico-deduttivo, riflette l'assenza in letteratura di framework di misurazione consolidati per la *twin transition* a livello di singola impresa.

1. Contesto della ricerca

Il presente capitolo ricostruisce il contesto entro cui si colloca la ricerca. La comprensione del fenomeno studiato, la configurazione della twin transition nella filiera manifatturiera del lusso europeo, richiede preliminarmente una descrizione della struttura del settore, delle dinamiche relazionali tra i suoi attori, degli impatti ambientali che lo caratterizzano e del quadro normativo che esercita pressione crescente su tutte le imprese della catena del valore.

1.1 La filiera B2B della moda di lusso europea

La moda di lusso non costituisce una categoria merceologica omogenea, bensì un insieme di prodotti e servizi accomunati da caratteristiche specifiche: qualità eccezionale dei materiali, manifattura artigianale o semi-artigianale, esclusività distributiva e forte valenza simbolica, che si riflettono in un posizionamento di prezzo nettamente superiore alla media di mercato (MacGregor Pelikánová & Sani, 2023). Una definizione operativa consolidata individua nel lusso il segmento in cui il valore percepito del prodotto supera significativamente il suo valore funzionale, grazie alla combinazione di heritage del brand, savoir-faire produttivo e scarsità controllata (Savelli, 2011).

Ai fini della presente ricerca, il perimetro di analisi è circoscritto al versante B2B della filiera: si escludono le relazioni di vendita al consumatore finale e ci si concentra sulle transazioni e sui flussi informativi che intercorrono tra i diversi attori produttivi a monte del brand. Questa scelta è motivata da ragioni sia teoriche sia pratiche. Dal punto di vista teorico, è nelle relazioni inter-organizzative upstream che si localizza la maggior parte dell'impatto ambientale e sociale della produzione di lusso (Karaosman et al., 2020), ma anche dove si concentrano le sfide più rilevanti per l'adozione congiunta di pratiche digitali e sostenibili.

1.1.1 Dimensione, struttura e posizionamento della manifattura B2B

Il mercato mondiale dei beni personali di lusso ha raggiunto un valore di circa 362 miliardi di euro nel 2023, dopo un decennio di crescita media annua prossima al 7% (Bain & Company; Fondazione Altagamma, 2024). L'Europa ne costituisce il cuore produttivo: la quota preponderante della manifattura di fascia alta è concentrata in Francia, Italia, Svizzera, Spagna e Germania, con l'Italia che ospita oltre settantamila imprese specializzate nel tessile, nell'abbigliamento e negli accessori di lusso. Nel suo insieme, l'industria tessile e dell'abbigliamento europea impiega circa 1,3 milioni di lavoratori distribuiti in 170.000 aziende, per un fatturato complessivo di 166 miliardi di euro (Euratex, 2024). In questo comparto circa il 99,7% delle imprese sono micro, piccole o medie, meno dello 0,3% supera i 250 dipendenti.

La manifattura del lusso presenta caratteristiche strutturali che la distinguono nettamente dalla moda di massa. La produzione avviene su serie ridotte, con cicli di sviluppo del prodotto più lunghi, standard qualitativi stringenti e relazioni di fornitura spesso pluriennali, fondate su fiducia reciproca e su un patrimonio di sapere tecnico difficilmente trasferibile (Bindi et al., 2023; Shen et al., 2020a). Il posizionamento premium espone la reputazione del marchio a criticità ambientali o sociali che emergono nei segmenti a monte della filiera, poiché la percezione del valore è strettamente connessa all'autenticità, alla qualità del processo produttivo e, con crescente frequenza, alla responsabilità ambientale e sociale del produttore (Jaegler & Goessling, 2020).

1.1.2 Architettura della supply chain: livelli produttivi e visibilità informativa

La supply chain tessile è comunemente rappresentata su quattro livelli principali, cui si aggiunge un livello trasversale di controllo e distribuzione. Il Tier 4 è la coltivazione o l'estrazione delle materie prime grezze (cotone, lana, seta, fibre sintetiche). Il Tier 3 è la trasformazione delle fibre in filati. Il Tier 2 è la produzione dei materiali, tessitura, tintura, stampa, finissaggio, e rappresenta il livello a maggiore intensità idrica e chimica dell'intera filiera. Il Tier 1 è l'assemblaggio e la confezione del prodotto finito. Il Tier 0 include le attività di controllo qualità, distribuzione e logistica gestite dai marchi committenti (Fashion for Good, 2025; Textile Exchange, 2024).

Secondo il Fashion Transparency Index 2025, il 47% dei principali marchi mondiali pubblica i propri fornitori di Tier 1, ma solo l'11% arriva a tracciare il Tier 4, con un punteggio medio di disclosure che si attesta a 26 su 100 (Fashion Revolution, 2025). Tale opacità rappresenta una vulnerabilità sia sul piano della sostenibilità, poiché i rischi ambientali e sociali si concentrano nei livelli più profondi della catena, sia sul piano della tracciabilità digitale, che richiederebbe una copertura informativa estesa all'intera filiera. Come documentato da Karaosman et al. (2020), la maggior parte delle politiche di sostenibilità dei brand di lusso europei si ferma al primo livello di fornitura, lasciando sostanzialmente opachi i livelli successivi.

Nel comparto del lusso europeo, la struttura della filiera è caratterizzata da una forte concentrazione geografica in pochi poli manifatturieri: il distretto biellese e pratese in Italia per la lavorazione dei tessuti, il Veneto e la Toscana per la pelletteria e la calzatura, la regione Rhone-Alpes in Francia per la seta. Questa prossimità geografica tra brand e fornitori costituisce un elemento distintivo rispetto ad altre industrie globali e facilita la condivisione di conoscenza tacita e il controllo qualitativo diretto (Brun et al., 2008), pur non eliminando i rischi di opacità tipici delle catene di fornitura multilivello.

1.1.3 Governance asimmetrica e implicazioni sulla supply chain

Nell'ambito della filiera del lusso europeo, è utile distinguere tre tipologie principali di attori B2B. I fornitori di primo livello (first-tier suppliers) intrattengono un rapporto contrattuale diretto con il brand e sono responsabili della consegna di componenti o semilavorati finiti. I sub-fornitori operano a monte dei first-tier, spesso senza alcun rapporto diretto con il brand, e svolgono lavorazioni specializzate come la filatura o il finissaggio dei tessuti. I terzisti, infine, sono imprese che eseguono lavorazioni specifiche su commessa, come ricamo, lavaggio, stampa, spesso di dimensioni ridotte e con elevata dipendenza da pochi clienti principali. Questa articolazione multi-tier crea asimmetrie informative e di potere contrattuale significative. I brand esercitano un controllo diretto sui fornitori di primo livello, ma hanno visibilità limitata sulle pratiche dei livelli inferiori (Govindan et al., 2021).

Le relazioni tra brand di lusso e fornitori sono strutturalmente asimmetriche. I grandi gruppi detengono un potere contrattuale elevato, che si manifesta nella definizione unilaterale degli standard qualitativi, nella determinazione dei prezzi e nella facoltà di diversificare la base fornitori su scala internazionale. I fornitori, al contrario, presentano spesso un grado di dipendenza significativo da uno o pochi clienti principali, con ridotta capacità di negoziazione e margini contenuti (Bindi et al., 2023).

La pressione esercitata dai brand del lusso si limita ai fornitori di Tier 1, attraverso strumenti che comprendono codici di condotta, audit di sostenibilità, certificazioni richieste come prerequisito per l'accreditamento e programmi di sviluppo delle capacità (Franzè et al., 2024; Holmqvist & Kowalkowski, 2023). I fornitori di Tier 2 e Tier 3 ricevono la pressione in modo mediato, attraverso i Tier 1 che agiscono da intermediari. Questo meccanismo a cascata è spesso inefficace: le piccole imprese dei livelli profondi della filiera non dispongono delle risorse necessarie per rispettare gli stessi standard dei Tier 1, né i marchi hanno visibilità sufficiente per verificarne l'effettiva conformità (Garcia-Torres et al., 2024).

Questa struttura di governance ha implicazioni dirette per la twin transition. L'adozione di tecnologie digitali e pratiche sostenibili richiede investimenti che per le PMI di filiera possono essere proibitivi in assenza di incentivi o co-finanziamenti da parte del brand. Holmqvist e Kowalkowski (2023) documentano come le relazioni B2B nel lusso possano fungere da leva per il miglioramento delle pratiche etiche lungo la catena di fornitura, ma solo quando i brand assumono un ruolo attivo di governance e non si limitano a trasferire requisiti di conformità verso il basso.

1.2 Gli impatti ambientali e sociali della produzione tessile

La Strategia dell'UE per prodotti tessili sostenibili e circolari (Commissione Europea, 2022) colloca il settore tessile tra quelli a maggiore impatto ambientale in Europa: quarto per consumo di materie prime, quinto per emissioni di gas serra. Per soddisfare il consumo di abiti e calzature di ogni cittadino dell'UE, il settore utilizza in media 323 m² di suolo, 12 m³ di acqua e 523 kg di materie prime, generando 355 kg di emissioni di CO₂ per persona all'anno. A livello aggregato, i prodotti tessili consumati nell'UE producono emissioni di gas serra pari a 121 milioni di tonnellate annue (Parlamento Europeo, 2025). Sebbene tali cifre siano dominate dalla moda di massa, anche la manifattura di lusso non ne è esente: le lavorazioni chimiche del tessuto generano impatti ambientali rilevanti anche nelle produzioni di alta gamma, e la gestione del fine vita rimane il punto strutturalmente più debole dell'intero modello produttivo (Rehman et al., 2024).

Sul fronte dei rifiuti, ogni cittadino europeo smaltisce mediamente 11 kg di prodotti tessili all'anno, di cui l'87% viene incenerito o conferito in discarica (Parlamento Europeo, 2025). La quota di rifiuti tessili post-consumo effettivamente riciclata in nuove fibre tessili rimane inferiore allo 0,5%, dato che segnala un gap strutturale tra gli obiettivi di circolarità dichiarati e le capacità operative attualmente disponibili (European Environment Agency, 2025; Sandin & Peters, 2018).

Il peso ambientale dell'intero settore tessile-abbigliamento globale non è distribuito in modo uniforme tra i vari livelli, come mostrato nella Figura 1.1. Secondo le stime più recenti dell'Apparel Impact Institute (Aii), 2025, riferite all'anno 2023, il Tier 2 genera da solo il 55% delle emissioni di gas serra dell'intera filiera (516,5 Mt CO₂e su un totale settoriale di 944 Mt CO₂e), seguito dal Tier 4 con il 22% (208,7 Mt CO₂e), dal Tier 3 con il 15% (138,9 Mt CO₂e) e dal Tier 1 con l'8% (80,2 Mt CO₂e).

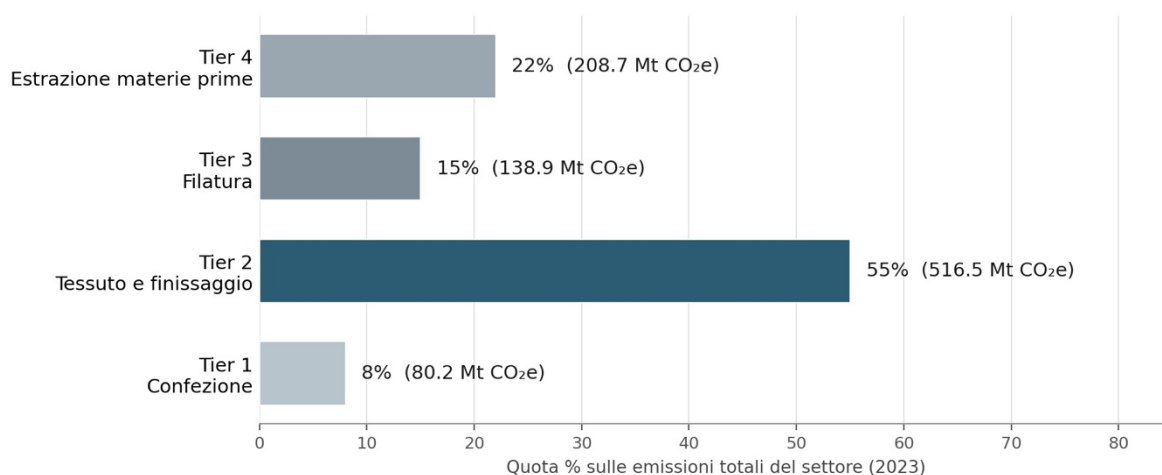


Figura 1.1 – Distribuzione di gas serra lungo la filiera tessile per Tier, 2023

Oltre agli impatti ambientali, la filiera tessile presenta rilevanti criticità sul piano sociale. Le condizioni di lavoro nei Tier 3 e 4, dove la subfornitura è più frammentata, i contratti più precari e i meccanismi di audit più radi, sono al centro della motivazione della Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), di cui si parlerà nella sezione 1.3. La dimensione sociale e quella ambientale si sovrappongono in modo particolarmente critico nelle fasi di tintura e finitura, dove l'esposizione chimica dei lavoratori si accompagna all'inquinamento idrico delle comunità circostanti. Le strategie di sostenibilità competitiva più efficaci si distinguono proprio per la capacità di estendere la gestione ambientale e sociale all'intera catena di fornitura, e non soltanto alle operazioni dirette dell'impresa (Hermundsdottir & Aspelund, 2022).

1.3 Il quadro normativo europeo

Negli ultimi anni l'Unione Europea ha introdotto una sequenza di norme che da un lato impongono obblighi di rendicontazione ambientale e di due diligence sulla catena del valore, dall'altro introducono requisiti tecnologici, quali la tracciabilità e l'identità digitale del prodotto. L'analisi di questi strumenti è necessaria al fine di comprendere le scelte strategiche delle imprese del campione.

La Figura 1.2 colloca gli strumenti su una linea del tempo e ne visualizza la sequenza di entrata in vigore, mentre la Tabella 1.1 ne sintetizza le caratteristiche secondo due criteri: la leva principale a cui fanno riferimento (digitale, sostenibile, o entrambe) e la profondità di penetrazione nella catena di fornitura.

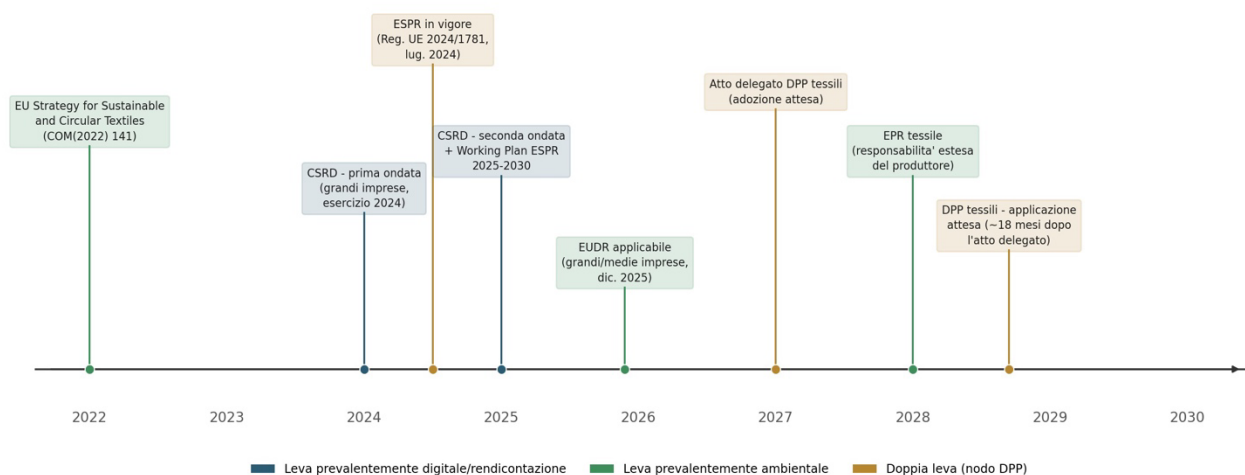


Figura 1.2 - Cronologia dei principali strumenti normativi europei rilevanti per la filiera tessile (2022-2029)

Strumento (anno)	Obiettivo primario	Leva digitale	Leva sostenibilità	Portata sui fornitori a monte
Strategia UE tessili sostenibili e circolari (Commissione Europea, 2022)	Quadro d'azione per prodotti durevoli, riparabili, riciclabili; definisce le priorità di ecodesign per il settore moda	Indiretta: anticipa i requisiti del DPP e orienta l'ecodesign digitale	Alta: circolarità, ecodesign, materie prime	Indiretta: orienta la filiera senza obblighi immediati per i fornitori
CSRD + ESRS (Direttiva (UE) 2022/2464 - CSRD 2022)	Rendicontazione di sostenibilità con doppia materialità (Scope 1-3)	Media: richiede sistemi informativi strutturati e raccolta dati di filiera	Alta: clima, acqua, biodiversità, diritti dei lavoratori, catena del valore	Effetto a cascata sui fornitori; attenuato dopo il pacchetto Omnibus
ESPR + <i>Digital Product Passport</i> (Regolamento (UE) 2024/1781 - ESPR, 2024)	Ecodesign obbligatorio e identità digitale del prodotto lungo il ciclo di vita	Alta: il prodotto porta con sé dati di filiera accessibili digitalmente lungo tutto il ciclo	Alta: materiali, durabilità, riciclabilità, tracciabilità	Diretta: coinvolge fornitori di materie prime e semilavorati
EUDR (Regolamento (UE) 2023/1115 - EUDR, 2025)	Esclusione dalla catena di fornitura delle materie prime associate a deforestazione (pelle, cotone, viscosa, legno)	Media: geolocalizzazione e tracciabilità digitale dei lotti	Alta: materie prime a rischio deforestazione e uso del suolo	Diretta sui Tier 3-4 (coltivazione ed estrazione)
CSDDD (Direttiva (UE) 2024/1760 - CSDDD, 2026)	<i>Due diligence</i> obbligatoria su diritti umani e impatti ambientali lungo la catena	Media: mappatura e monitoraggio digitale dei fornitori	Alta: impatti sociali e ambientali a monte	Diretta; soglie dimensionali elevate dopo la revisione Omnibus
Pacchetto Omnibus I / Stop-the-Clock (Direttiva (UE))	Semplificazione e rinvio degli obblighi CSRD e CSDDD per le imprese	-	Riduce l'intensità degli obblighi per le imprese sotto la	Allenta la pressione regolatoria sui fornitori PMI

2025/794 - Stop-the-Clock, 2025)	minori e per le PMI nella catena del valore		soglia dimensionale	
EPR tessile (attesa entro il 2028)	Responsabilità estesa del produttore per la gestione dei rifiuti tessili post-consumo	Media: sistemi di tracciabilità per raccolta, selezione e valorizzazione dei materiali	Alta: fine vita, circolarità, raccolta differenziata	Indiretta: pressione sulla progettazione dei materiali a monte

Tabella 1.1 - Lettura comparativa degli strumenti regolatori

Tra gli strumenti elencati, la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) merita un'analisi più approfondita per gli impatti diretti sulla filiera. Gli European Sustainability Reporting Standard (ESRS), su cui si basa la rendicontazione richiesta dalla CSRD, prevedono l'analisi di materialità lungo la catena del valore: l'impresa deve valutare gli impatti e le dipendenze non solo nelle proprie operazioni dirette ma anche nei propri fornitori e subfornitori, producendo un effetto a cascata che, in linea teorica, raggiungerebbe tutti i livelli della filiera. In pratica, il pacchetto Omnibus (Direttiva (UE) 2025/794 - Stop-the-Clock, 2025) ha aumentato le soglie dimensionali di applicazione e rinviato gli obblighi per le imprese non ancora soggette, attenuando significativamente l'effetto indiretto sulle PMI a monte. Le imprese del campione di questa ricerca, prevalentemente PMI, non sono quindi soggette in prima persona agli obblighi CSRD; tuttavia, in quanto fornitori di grandi marchi del lusso, sottoposti a tali direttive, possono riceverne le richieste informative, con conseguenze pratiche sulla struttura dei sistemi di raccolta dati.

Lo strumento con il maggiore potenziale di convergenza tra la digitalizzazione e la sostenibilità è il Digital Product Passport (DPP), introdotto nell'ambito dell'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR). Zhang e Seuring (2024) ne analizzano le implicazioni per le catene di fornitura sostenibili e circolari, mostrando come il DPP trasformi il prodotto fisico in un contenitore di informazioni che accompagna il bene lungo il suo intero ciclo di vita, dalla produzione delle materie prime alla dismissione finale. Per esistere richiede simultaneamente un'infrastruttura digitale capace di generare, trasmettere e leggere i dati, e un contenuto di sostenibilità da rendicontare: è per questo che viene identificato come l'istanza normativa in cui la twin transition smette di essere una scelta strategica e diventa un obbligo operativo concreto. Per le PMI della filiera che non hanno ancora investito in sistemi di tracciabilità digitale, il DPP rappresenta il punto in cui un eventuale ritardo digitale si tradurrà in un vincolo operativo, indipendentemente dal livello di maturità sostenibile già raggiunto.

L'EU Deforestation Regulation (EUDR) e la Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) sono gli strumenti che spingono la tracciabilità e la responsabilità più a monte, fino ai Tier 3 e 4 dove la visibilità informativa è oggi più limitata. L'EUDR, in particolare, ha implicazioni dirette per il lusso, che utilizza materie prime come pelle bovina, cashmere e alcune fibre vegetali potenzialmente associate a rischi di deforestazione o di uso del suolo non sostenibile. La risposta dell'industria del lusso a questa pressione si articola spesso attraverso l'integrazione verticale: acquisire o controllare strettamente i fornitori di Tier 2 e Tier 3 consente di gestire direttamente la documentazione richiesta anziché affidarsi a dichiarazioni di terzi.

1.4 La twin transition nella filiera B2B del lusso europeo

Le tre dimensioni descritte nelle sezioni precedenti di questo capitolo, la struttura asimmetrica della filiera B2B, le pressioni ambientali e sociali e il quadro normativo europeo in rapida evoluzione, non operano in modo indipendente. Esse convergono verso una richiesta di trasformazione simultanea su due fronti che l'agenda politica europea ha formalizzato sotto il concetto di twin transition: la digitalizzazione dei processi produttivi e delle relazioni inter-organizzative, da un lato, e la loro riconduzione entro traiettorie ambientalmente e socialmente sostenibili, dall'altro. Per la filiera B2B della moda di lusso europea, questa convergenza non è un'opzione strategica, ma una condizione strutturale imposta da molteplici forze esterne che agiscono simultaneamente e con crescente intensità.

Sul fronte della sostenibilità, i brand si trovano esposti a obblighi normativi di due diligence che si estendono ai fornitori (CSDDD), a requisiti di tracciabilità delle materie prime lungo l'intera catena (EUDR), a standard di rendicontazione che includono la filiera upstream (CSRD) e alla prospettiva di dover dotare i propri prodotti di un passaporto digitale che documenti ogni fase del processo produttivo (ESPR). A questi obblighi regolatori si affiancano pressioni di mercato e reputazionali che, nel settore del lusso, assumono un peso particolare: il posizionamento premium dei brand di fascia alta è intrinsecamente connesso alla credibilità delle dichiarazioni di qualità, autenticità e responsabilità, rendendo le criticità di filiera una vulnerabilità strategica diretta (Jaegler & Goessling, 2020).

Sul fronte della digitalizzazione, la pressione proviene tanto dalla necessità di soddisfare i nuovi requisiti informativi imposti dalle normative, che richiedono dati granulari e verificabili lungo tutta la catena di fornitura, quanto dalle opportunità competitive associate all'adozione di tecnologie Industry 4.0 e 5.0 per migliorare l'efficienza operativa, la tracciabilità e la resilienza della filiera. I principali gruppi del lusso europeo hanno avviato programmi di trasformazione digitale che

coinvolgono anche i loro fornitori, attraverso piattaforme di condivisione dei dati, sistemi di monitoraggio in tempo reale e soluzioni di autenticazione digitale (Kering, 2024; LVMH Moët Hennessy Louis Vuitton, 2025). Le iniziative volontarie di settore, come il Fashion Pact, segnalano che la trasformazione è percepita come urgente anche al di là degli obblighi normativi.

Tuttavia, la filiera B2B del lusso europeo presenta caratteristiche strutturali che rendono questa doppia trasformazione particolarmente complessa rispetto ad altri contesti manifatturieri. La prevalenza di PMI nei livelli intermedi e profondi della catena di fornitura determina una capacità di investimento e di adeguamento sistematicamente inferiore rispetto a quella dei brand. L'artigianalità che connota la produzione di lusso, e che ne costituisce un valore fondante, crea tensioni con i processi di standardizzazione e automazione richiesti dall'adozione digitale. Le asimmetrie di potere contrattuale tra brand e fornitori rischiano di scaricare i costi della transizione verso il basso della filiera, su soggetti che dispongono delle minori risorse per sostenerla. È all'interno di questo quadro di pressioni convergenti e di capacità differenziali che si inseriscono le domande di ricerca della presente tesi, che il Capitolo 2 si propone di ancorare alla letteratura esistente.

2. Revisione della letteratura

Como anticipato, la supply chain della moda di lusso europea si trova oggi all'intersezione di due traiettorie di trasformazione: la digitalizzazione dei processi produttivi e delle relazioni inter-organizzative, e la transizione verso modelli di produzione ambientalmente e socialmente sostenibili. Comprendere se e come queste due traiettorie si co-evolvano nelle relazioni B2B di filiera richiede di costruire preliminarmente un quadro teorico ed empirico articolato su più livelli. Il presente capitolo ricostruisce lo stato dell'arte su quattro aree tematiche che costituiscono il fondamento di tale quadro: la digitalizzazione della supply chain attraverso i paradigmi Industry 4.0 e Industry 5.0, la sostenibilità nelle relazioni B2B della filiera del lusso, l'interazione tra le due transizioni nel campo emergente della twin transition, e le prospettive teoriche adottate per interpretare i fenomeni osservati.

2.1 Industry 4.0: fondamenti e applicazioni nel tessile

Il paradigma Industry 4.0 rappresenta la cornice concettuale entro cui si collocano le scelte di digitalizzazione delle imprese manifatturiere europee degli ultimi quindici anni. La sua rilevanza per questa ricerca è duplice: da un lato, fornisce la base teorica per la costruzione del blocco di indicatori Smart della matrice; dall'altro, introduce i meccanismi attraverso i quali le tecnologie digitali possono operare come abilitatori della transizione sostenibile.

2.1.1 Industry 4.0: principi fondativi e tecnologie abilitanti

Il paradigma Industry 4.0 è stato formalizzato in Germania nel 2011, nell'ambito dell'iniziativa governativa Zukunftsprojekt Industrie 4.0, con l'obiettivo di preservare il vantaggio competitivo della manifattura tedesca attraverso la digitalizzazione integrale dei processi produttivi. La sua diffusione su scala globale è stata accelerata dalla formulazione della Quarta Rivoluzione Industriale, intesa come convergenza inedita di sistemi fisici, digitali e biologici che si distingue strutturalmente dalle precedenti ondate di meccanizzazione, elettrificazione e automazione (Schwab, 2016). Diversamente dalle rivoluzioni industriali precedenti, in cui l'innovazione si concentrava su una singola tecnologia di base, il tratto distintivo di Industry 4.0 risiede nell'interazione sistemica di un insieme di tecnologie tra loro complementari.

Sul piano tecnico, il paradigma poggia su un nucleo di tecnologie abilitanti identificate in modo ricorrente nella letteratura: i Sistemi Cyber-Fisici, l'Internet of Things (IoT), la Big Data analytics, il cloud computing, la robotica avanzata e collaborativa, la manifattura additiva, la realtà aumentata, la simulazione e la cybersicurezza (Hermann et al., 2016). Tali tecnologie non vanno intese come applicazioni isolate, bensì come strati di un'architettura integrata: i sensori distribuiti generano flussi

continui di dati, trasmessi e archiviati in infrastrutture cloud, poi elaborati attraverso algoritmi di apprendimento automatico e infine restituiti all'operatore tramite interfacce di visualizzazione quali digital twin o sistemi di realtà aumentata (Lu, 2017; Posada et al., 2015). La forza del paradigma risiede, dunque, nella circolazione dei dati lungo l'intero ciclo produttivo, dalla macchina fisica al sistema decisionale e ritorno.

L'elemento architettuale fondativo è il Sistema Cyber-Fisico, che integra capacità computazionali direttamente nei macchinari di produzione, abilitando il monitoraggio in tempo reale, l'auto-ottimizzazione e una forma decentralizzata di decisione operativa (Hermann et al., 2016). Strettamente connesso è il concetto di Digital Twin, ossia la replica virtuale di un oggetto o di un processo fisico mantenuta costantemente aggiornata con i dati operativi provenienti dal sistema reale, che consente di simulare modifiche e prevederne gli effetti prima di implementarle (Grieves & Vickers, 2017). La Big Data analytics fornisce lo strato che trasforma il dato grezzo in intelligenza gestionale azionabile, abilitando previsioni della domanda, manutenzione predittiva e controllo statistico di processo (Fosso Wamba et al., 2015). La blockchain, infine, introduce un meccanismo per mantenere registri distribuiti e resistenti alla manomissione delle transazioni tra partner di filiera, con implicazioni rilevanti per la tracciabilità dei materiali e per la verifica della provenienza (Kouhizadeh et al., 2021).

La diffusione di queste tecnologie nel tessuto manifatturiero è, tuttavia, disomogenea. L'indagine condotta da Zheng et al. (2019) sulla manifattura italiana rivela che l'adozione si concentra sulle tecnologie a più immediato ritorno operativo, mentre le soluzioni a maggiore contenuto di dati incontrano barriere legate alle competenze e all'integrazione dei sistemi. Per misurare il grado di maturità eterogeneo la letteratura ha sviluppato appositi modelli, tra cui l'Industry 4.0 Maturity Index di Schuh et al. (2020) e il modello di Schumacher et al. (2016), che valutano la posizione dell'impresa lungo un percorso a stadi progressivi anziché in termini binari di adozione o non adozione. La logica a stadi di questi modelli è ripresa nella scala ordinale a tre livelli adottata nella *Smart-Sustainable Matrix*, descritta nel Capitolo 3.

2.1.2 Applicazioni delle tecnologie Industry 4.0 nel settore tessile e della moda

La declinazione del paradigma nel settore moda è stata concettualizzata da Bertola e Teunissen (2018) sotto l'etichetta di *Fashion 4.0*, intesa come la convergenza di strumenti di design digitale, materiali intelligenti, manifattura avanzata e sistemi di distribuzione connessa che trasforma l'intero ciclo di sviluppo e commercializzazione del prodotto. Le applicazioni concrete documentate per il comparto comprendono i sistemi di visione artificiale impiegati per la rilevazione automatica dei difetti del tessuto, i telai connessi via IoT che trasmettono dati di produttività in tempo reale ai sistemi gestionali

centrali, e il tagging RFID che abilita la tracciabilità a livello di singolo prodotto dalla fase di tessitura fino alla consegna finale (Akram et al., 2022).

Tra le tecnologie Industry 4.0 con il maggiore potenziale per le relazioni B2B di filiera, la blockchain merita un'attenzione specifica per la sua applicabilità alla tracciabilità e alla trasparenza. (de Boissieu et al., 2021) esaminano l'adozione di blockchain nel settore del lusso per la tracciabilità dei beni lungo la catena di fornitura, documentando come questa tecnologia possa ridurre l'asimmetria informativa tra brand e fornitori e fornire garanzie di autenticità verificabili. Chen (2024) conduce una revisione sistematica delle applicazioni blockchain nella moda, distinguendo tra casi d'uso per la tracciabilità delle materie prime, per la verifica delle condizioni di lavoro presso i fornitori e per l'autenticazione del prodotto finito. I risultati evidenziano che, nonostante le promesse, l'adozione su scala rimane ostacolata dai costi di implementazione, dalla necessità di interoperabilità tra sistemi eterogenei e dalla resistenza dei fornitori a condividere dati sensibili con i brand.

Le tecnologie di intelligenza artificiale hanno conosciuto, negli anni più recenti, una diffusione particolarmente rapida nel settore. Una rassegna sistematica dedicata all'AI nella moda ne ha mappato gli ambiti di applicazione, che spaziano dalla previsione delle tendenze e della domanda alla generazione assistita del design, dalla personalizzazione dell'offerta all'ottimizzazione dei processi produttivi e logistici (Kouslis et al., 2025). L'osservazione ricorrente in tutte queste rassegne è che l'intensità dell'adozione digitale varia in modo marcato a seconda della posizione occupata nella supply chain. I fornitori di tecnologia e le imprese prossime alla logistica e alla distribuzione mostrano sistematicamente una digitalizzazione più avanzata, mentre le aziende di filatura, tessitura e confezione artigianale tipiche della manifattura di lusso presentano ritardi strutturali, vincolate dai limiti di capitale e dalla bassa standardizzazione dei processi produttivi che caratterizza la lavorazione di eccellenza (Akram et al., 2022; Dal Forno et al., 2023). Questo schema di adozione differenziata per livello di filiera costituisce una delle premesse empiriche del presente lavoro e trova riscontro, come si vedrà, nella distribuzione dei punteggi del campione analizzato.

2.2 Dal paradigma Industry 4.0 a Industry 5.0

2.2.1 I limiti di Industry 4.0: efficienza senza finalità sociale

Il paradigma Industry 4.0 ha attirato critiche sostanziali per il suo orientamento esclusivamente efficientistico. La logica di implementazione prevalente ha privilegiato i guadagni di produttività, la riduzione dei costi e l'utilizzo degli asset, lasciando in secondo piano le questioni relative all'equità sociale, all'impatto sull'occupazione e alla sostenibilità ambientale (Xu et al., 2021). Il divario tra efficienza e sostenibilità è divenuto particolarmente evidente man mano che è emerso che

digitalizzazione e automazione non riducono di per sé il consumo energetico o le emissioni di carbonio: l'impatto ambientale netto dipende in modo determinante dalla direzione verso cui viene indirizzata la maggiore capacità produttiva resa disponibile dalla tecnologia (Chiarini, 2021).

L'analisi multisettoriale condotta da Chiarini ha mostrato, in proposito, che gli effetti ambientali delle diverse tecnologie Industry 4.0 sono tutt'altro che uniformi: alcune, come il monitoraggio energetico basato su IoT, producono riduzioni misurabili delle emissioni, mentre altre, come la robotica autonoma e la manifattura additiva, presentano effetti ambientali ambigui o addirittura negativi quando si considera il consumo energetico aggiuntivo che richiedono. Questa eterogeneità mette in discussione l'assunto, implicito in molte narrazioni iniziali del paradigma, secondo cui la digitalizzazione condurrebbe automaticamente a una produzione più sostenibile.

Una seconda linea di critica riguarda il rapporto tra sistemi tecnologici e lavoratori umani. Le implementazioni di Industry 4.0 hanno spesso sostituito il giudizio umano con il controllo algoritmico, sollevando preoccupazioni relative alla dequalificazione professionale, alla riduzione dell'autonomia degli operatori e all'erosione del sapere tacito. Nel contesto della manifattura di lusso questa preoccupazione assume un peso specifico, poiché proprio le competenze artigianali e il sapere tacito costituiscono il fondamento del vantaggio competitivo e dell'identità di prodotto, e la loro sostituzione con processi interamente automatizzati rischierebbe di erodere il valore stesso che il settore intende preservare (Zizic et al., 2022).

2.2.2 Industry 5.0: sostenibilità, centralità umana e resilienza

Il concetto di Industry 5.0 è emerso come risposta diretta a tali critiche. Il documento che ne ha fornito la formulazione di riferimento, pubblicato dalla Commissione Europea nel 2021, ha proposto un paradigma manifatturiero articolato su tre pilastri tra loro complementari: centralità umana, sostenibilità e resilienza (Breque et al., 2021). La sostenibilità passa dall'essere una variabile di ottimizzazione secondaria a un vincolo strutturale: le imprese sono chiamate a documentare e ridurre gli impatti in ogni fase del ciclo di vita, processo che richiede infrastrutture digitali per la raccolta dei dati, oltre che a scelte operative orientate alla riduzione dell'impronta ambientale. La centralità umana ribalta la relazione tra operatore e macchina, concependo la tecnologia come strumento di potenziamento delle capacità umane. La resilienza, infine, affronta la vulnerabilità delle catene di approvvigionamento attraverso il monitoraggio in tempo reale, la diversificazione delle fonti e la visibilità lungo la filiera (Castillo et al., 2025).

È importante sottolineare che Industry 5.0 non costituisce una successione temporale rispetto a Industry 4.0, quanto piuttosto un riorientamento normativo del medesimo apparato tecnologico. Le

stesse tecnologie abilitanti, dall'intelligenza artificiale ai robot collaborativi fino ai gemelli digitali, vengono applicate verso obiettivi differenti, radicati nella finalità sociale e ambientale anziché nella sola performance economica. Questa lettura è stata ripresa e ampliata da una serie di contributi che hanno sistematizzato le tecnologie abilitanti del nuovo paradigma e ne hanno esplorato le potenziali applicazioni, riconoscendo nella collaborazione uomo-macchina, nell'integrazione delle energie rinnovabili e nella progettazione orientata al ciclo di vita gli assi portanti della transizione (Adel, 2022; Carayannis & Morawska-Jancelewicz, 2022; Leng et al., 2022; Maddikunta et al., 2022).

Nel contesto tessile-abbigliamento sono stati documentati casi di manifattura additiva di capi, di previsione della domanda basata su intelligenza artificiale finalizzata a ridurre la sovrapproduzione, e di processi di tintura controllati da algoritmi per minimizzare il consumo di acqua e di prodotti chimici, presentati come pratiche allineate ai principi di Industry 5.0 (Rahaman et al., 2025). La transizione non risulta, tuttavia, priva di criticità: un modello di maturità calibrato specificamente sulle piccole e medie imprese manifatturiere in transizione verso Industry 5.0 ha evidenziato come i pilastri della sostenibilità e della centralità umana restino frequentemente sottosviluppati anche nelle imprese che hanno raggiunto un grado avanzato di digitalizzazione (Latino, 2025). Questa osservazione anticipa, sul piano teorico, uno dei risultati empirici centrali del presente lavoro: ossia la possibile dissociazione tra avanzamento digitale e maturità di sostenibilità.

La transizione da Industry 4.0 a Industry 5.0 fornisce, complessivamente, il contesto teorico entro cui acquista senso il costrutto di twin transition discusso nella sezione 2.5. Nel momento in cui il quadro normativo della tecnologia industriale si sposta dalla pura efficienza verso obiettivi inclusivi della sostenibilità, la questione se la trasformazione digitale e quella ambientale co-evolvano oppure procedano in modo indipendente assume una rilevanza diretta tanto per la politica industriale quanto per la gestione d'impresa.

2.3 SSCM ed economia circolare nella filiera B2B del lusso

2.3.1 La sostenibilità nella moda: driver, risposta del settore e limiti delle strategie esistenti

L'industria della moda è tra le più inquinanti a livello globale. Il suo modello produttivo convenzionale, fondato sulla logica take-make-waste, genera impatti ambientali documentati lungo l'intera catena del valore. Il ciclo di vita di un capo di abbigliamento coinvolge coltivazione di fibre, filatura, tessitura, tintura, confezione, trasporto e smaltimento, con carichi ambientali significativi in ciascuna di queste fasi (Niinimäki et al., 2020). Rehman et al. (2024) mappano i flussi di rifiuti lungo il ciclo di vita dei capi, mostrando che la fase di produzione upstream, quella che riguarda

direttamente i fornitori B2B, è responsabile della quota più rilevante dell'impatto complessivo. L'industria tessile e dell'abbigliamento contribuisce inoltre a circa il 20% dell'inquinamento globale (Abbate et al., 2024), e le sue esternalità negative ricadono in misura sproporzionata sui paesi a basso costo del lavoro dove si concentra gran parte della produzione.

A queste pressioni ambientali si aggiungono quelle di natura sociale. Le filiere multi-tier del tessile e della moda sono storicamente caratterizzate da condizioni di lavoro precarie nei livelli più profondi della catena di fornitura, dove il controllo dei brand è più debole e la capacità contrattuale dei lavoratori è minima (Govindan et al., 2021). La crescente consapevolezza pubblica su questi temi, amplificata da inchieste giornalistiche e da campagne di organizzazioni internazionali, ha trasformato la sostenibilità sociale da questione etica a rischio reputazionale strutturale per i brand, compresi quelli del lusso (Karaosman et al., 2020).

La risposta del settore a queste pressioni si è organizzata prevalentemente attorno al framework del sustainable supply chain management (SSCM), definito da Carter e Rogers (2008) come l'integrazione degli obiettivi ambientali, sociali ed economici nella gestione delle relazioni inter-organizzative di filiera. Il SSCM valuta le performance attraverso la logica della triple bottom line, framework valutativo che considera simultaneamente le dimensioni economica, ambientale e sociale. Nella moda di lusso, l'adozione di questo framework si è tradotta in pratiche di sourcing responsabile, criteri di selezione dei fornitori su basi etiche e ambientali, programmi di audit sociale, politiche di rendicontazione estesa e impegni di riduzione dell'impatto lungo la catena (Bindi et al., 2023; Shashi et al., 2021; Shen et al., 2020b). La ricerca di García-Torres et al. (2024), condotta su 139 fornitori della moda, dimostra empiricamente che la combinazione di tracciabilità, trasparenza e collaborazione inter-organizzativa produce effettivamente performance di triple bottom line misurabili.

Le pratiche SSCM presentano, però, limiti strutturali che la letteratura ha documentato con crescente precisione. Il primo è di copertura: la maggior parte dei programmi di sostenibilità si ferma al primo livello di fornitura, lasciando di fatto opache le pratiche dei sub-fornitori dove si concentrano i rischi ambientali e sociali più elevati (Karaosman et al., 2020; Riemens et al., 2023). Il secondo è di verifica: la misurazione standardizzata delle performance di sostenibilità lungo la filiera richiede infrastrutture informative che la maggior parte delle imprese, specialmente le PMI, non possiede, rendendo difficile distinguere le dichiarazioni dalle pratiche effettive. Il framework di Okay et al. (2024), composto da 91 indicatori quantitativi di performance ambientale e sociale, è progettato proprio per colmare questo vuoto, ma la sua applicabilità dipende dalla disponibilità di dati che nella filiera attuale spesso

mancono. Il terzo limite, forse il più rilevante in prospettiva, è di natura sistemica: il SSCM gestisce in modo più responsabile un modello di produzione lineare, ma non ne supera la logica.

Non è casuale che la letteratura segnali anche un fenomeno di decoupling¹ tra le dichiarazioni di sostenibilità e le pratiche effettive dei brand. Cepêda et al. (2025), attraverso una revisione bibliometrica di 74 articoli, mostrano che il decoupling nella rendicontazione di sostenibilità è un problema sistemico in crescita, accentuato paradossalmente dalla proliferazione degli obblighi normativi, che incentivano la conformità formale più che la trasformazione sostanziale. Nel lusso, dove la reputazione è un asset strategico primario, questo rischio è particolarmente elevato: (Jestratišević et al., 2024) documentano longitudinalmente come i brand di lusso tendano a rendicontare la sostenibilità in modo più selettivo rispetto ai brand mass-market, privilegiando le dimensioni su cui le performance sono già positive e limitando la trasparenza su quelle più critiche.

2.3.2 L'economia circolare: principi e strategie applicabili alla filiera del lusso

Il passaggio dal sustainable supply chain management all'economia circolare non è una semplice evoluzione delle pratiche esistenti, ma un cambiamento di logica fondamentale. Mentre il SSCM mira a ridurre i danni di un modello produttivo lineare, l'economia circolare propone di sostituirlo con un sistema rigenerativo per design. La definizione più citata in letteratura, elaborata da Kirchherr et al. (2017) attraverso l'analisi di 114 diverse accezioni del termine, descrive l'economia circolare come un sistema economico che mira a minimizzare i rifiuti attraverso la chiusura, il rallentamento e il restringimento dei flussi di risorse ed energia, preservando il valore dei materiali il più a lungo possibile. Geissdoerfer et al. (2017) precisano ulteriormente che l'economia circolare costituisce un nuovo paradigma di sostenibilità che va oltre la sola gestione dei rifiuti per investire il design del prodotto, i modelli di business e le relazioni di filiera.

Sul piano operativo, Bocken et al. (2016) identificano tre strategie fondamentali applicabili ai prodotti e ai modelli di business: *slowing the loop*, *narrowing the loop* e *closing the loop*². Nella filiera della

¹ Il concetto di decoupling nella rendicontazione di sostenibilità designa la divergenza sistematica tra quanto un'organizzazione dichiara pubblicamente in materia di sostenibilità e quanto effettivamente pratica nei propri processi interni e nella propria filiera. La letteratura distingue tra decoupling simbolico, che riguarda l'adozione di politiche formali senza implementazione operativa, e decoupling pratico, che consiste nel perseguire obiettivi di sostenibilità con mezzi diversi da quelli dichiarati (Cepêda et al., 2025).

²La strategia *slowing the loop* mira a estendere la vita utile dei prodotti e dei materiali attraverso design durevole, riparazione e riuso. La strategia *narrowing the loop* riduce la quantità di risorse necessarie per unità di prodotto attraverso l'efficienza. La strategia *closing the loop* chiude i cicli materiali attraverso il riciclo e il recupero delle risorse a fine vita (Bocken et al., 2016).

moda, queste strategie si traducono rispettivamente in design per la durabilità e la riparabilità, ottimizzazione dell'uso delle risorse nei processi produttivi e sviluppo di sistemi di raccolta, riciclo e rigenerazione dei materiali a fine vita. Kirono e Sono (2025), attraverso una revisione sistematica di 35 documenti, mostrano che nella moda le strategie più adottate sono il riciclo, l'upcycling e l'estensione della vita utile del prodotto, mentre la simbiosi industriale tra fornitori, che consentirebbe di chiudere i cicli materiali già a livello upstream, rimane ancora marginale.

La moda di lusso presenta caratteristiche strutturali che la rendono un terreno potenzialmente favorevole per l'economia circolare. La durabilità dei materiali, la qualità della manifattura, il valore nel tempo dei prodotti e il legame emotivo tra consumatore e oggetto sono tutti attributi che si allineano con i principi del rallentamento dei cicli materiali. Il lusso è, per sua natura, il segmento che più si avvicina già all'idea di prodotto progettato per durare. L'innovazione verso la circolarità non riguarda solo il prodotto finito ma investe la filiera upstream: Franzè et al. (2024), in un caso di studio longitudinale su un fornitore B2B di primo livello nel lusso italiano, documentano come l'innovazione orientata alla sostenibilità di un'impresa di filiera sia evoluta nel tempo dalla dimensione di processo a quella di supply chain e infine a quella di prodotto, mostrando che i fornitori possono assumere un ruolo proattivo nella transizione circolare e non solo esecutivo.

La circolarità nel lusso, quando praticata, è stata finora prevalentemente orientata al prodotto finito e al consumatore finale: programmi di riparazione, seconda vita, take-back. La dimensione circolare della filiera B2B upstream, quella che riguarda il recupero dei materiali tra fornitori, la progettazione condivisa per il riciclo e la gestione collaborativa degli scarti di produzione, rimane scarsamente sviluppata sia nella pratica che nella letteratura. Questa lacuna è rilevante perché è precisamente nell'upstream che si localizzano gli impatti ambientali maggiori e dove la circolarità avrebbe il potenziale di creare più valore sistemico.

2.3.3 Barriere strutturali all'implementazione della circolarità nella filiera B2B

Il passaggio da un modello produttivo lineare a uno circolare incontra nella filiera B2B della moda di lusso ostacoli che operano su tre piani distinti ma interconnessi: il coordinamento inter-organizzativo, la disponibilità di informazioni lungo la catena e la capacità delle imprese più piccole di sostenere i costi della transizione. Nessuno di questi piani è riducibile agli altri, e la loro combinazione spiega perché la circolarità, pur concettualmente coerente con le caratteristiche del lusso europeo, rimanga ancora largamente aspirazionale nella filiera upstream.

Sul piano del coordinamento, la circolarità non è una proprietà che un'impresa può acquisire autonomamente: richiede che produttori di materie prime, trasformatori, assemblatori e brand

coordinino le loro scelte di design, produzione e fine vita in modo coerente lungo tutta la catena. Ciascun attore tende a ottimizzare localmente il proprio processo senza che la catena nel suo insieme generi circolarità. Saccani et al. (2023) attraverso un'indagine empirica nel tessile e nella moda, identificano nell'orchestrazione della circular supply chain la sfida principale: l'orchestrazione richiede che un soggetto coordini i flussi di materiali, le informazioni e gli incentivi lungo la catena in modo da rendere la circolarità economicamente conveniente per tutti gli attori. Nella filiera del lusso, il brand è il candidato naturale a questo ruolo, ma il coordinamento effettivo implica investimenti e assunzioni di rischio che i grandi gruppi tendono a evitare, preferendo trasferire i requisiti di sostenibilità verso il basso della catena senza accompagnarli con il supporto necessario (Bhandari et al., 2022). Civera et al. (2025) attraverso 35 interviste a manager di PMI tessili italiane, propongono il concetto di circularity in relationships come fattore abilitante critico: quando la collaborazione tra attori è orientata alla circolarità per design, i costi individuali di adozione si abbassano e le soluzioni sistemiche diventano accessibili anche per le imprese più piccole.

Sul piano informativo, per chiudere i cicli materiali in modo efficiente è necessario sapere cosa contiene ogni prodotto, da dove provengono le materie prime, quali trattamenti chimici ha subito il tessuto, quante fibre riciclate sono presenti. Senza queste informazioni, il recupero e la rigenerazione dei materiali a fine vita sono tecnicamente impossibili o economicamente insostenibili. Nella filiera attuale della moda, questi dati non esistono in forma strutturata e verificabile per la grande maggioranza dei prodotti. Riemens et al. (2023) sviluppano un framework analitico sulla tracciabilità nelle filiere della moda, articolato su tre dimensioni: l'ambito della copertura, la profondità delle informazioni raccolte e l'affidabilità della verifica. La maggior parte delle filiere si colloca ai livelli più bassi di questa matrice: la tracciabilità si ferma al primo fornitore diretto e la verifica indipendente è sporadica. García-Torres et al. (2022) precisano che la conoscenza della filiera da parte dei brand è spesso di tipo identitario, ossia si sa chi sono i fornitori diretti, ma non procedurale né impattistico, quindi non si sa come producono né qual è il loro impatto effettivo. García-Torres et al. (2024) dimostrano poi empiricamente che tracciabilità, trasparenza e collaborazione inter-organizzativa agiscono congiuntamente come pratiche quotidiane che producono performance di triple bottom line, e che la loro assenza non è compensabile da altri interventi.

Sul piano delle capacità, la transizione verso la circolarità richiede risorse organizzative, tecniche e finanziarie che le PMI di filiera faticano a costruire autonomamente. Coppola et al. (2023) applicando la *natural resource-based view* allo studio delle imprese tessili italiane, mostrano che la transizione circolare richiede tre tipi di capacità dinamiche: *sensing*, ossia la capacità di percepire i segnali di cambiamento nel mercato e nell'ambiente normativo; *seizing*, ossia la capacità di mobilitare risorse

per cogliere le opportunità identificate; e *reconfiguring*, ossia la capacità di riorganizzare i processi e le relazioni di filiera. Queste capacità non sono uniformemente distribuite: le imprese più grandi e quelle con maggiore accesso a reti di collaborazione esterna le sviluppano con più facilità, mentre per le PMI artigianali il percorso è più accidentato. Farrukh e Sajjad (2024), attraverso 22 interviste a manager e consulenti del settore tessile, identificano barriere interne di natura comportamentale, la resistenza al cambiamento e la cultura orientata alla produzione piuttosto che all'innovazione, tecnica, la carenza di competenze specializzate, ed economica, l'accesso limitato al capitale e i lunghi tempi di ritorno degli investimenti. Nel lusso europeo, queste barriere sono amplificate dalla tensione strutturale già richiamata: i brand richiedono standard di sostenibilità crescenti ai fornitori senza però fornire il supporto finanziario o tecnico necessario per raggiungerli, trasferendo i costi della trasformazione verso gli attori che dispongono delle minori risorse per sostenerla.

I tre piani si intrecciano in modo tale che affrontarne uno solo non risolve gli altri. Un fornitore che disponga delle capacità organizzative per la circolarità non può implementarla senza le informazioni sulla composizione dei prodotti che riceve a monte. Un sistema di tracciabilità accurato non genera circolarità se mancano i meccanismi di coordinamento che consentano di utilizzare quei dati per chiudere i cicli materiali. E nessuna forma di coordinamento tra attori di filiera regge nel tempo se le PMI non riescono a sostenere i costi di adeguamento. È questa natura sistemica delle barriere che porta alla considerazione centrale della sezione successiva: le infrastrutture necessarie per superarle sono, per definizione, digitali.

2.4 La twin transition: definizione, ipotesi ed evidenze empiriche

2.4.1 Definizione, basi concettuali e ipotesi teoriche

Con il termine twin transition si designa la convergenza tra trasformazione digitale e trasformazione sostenibile, perseguita come obiettivo unitario piuttosto che come somma di due traiettorie parallele. La nozione si è consolidata nel quadro del Green Deal europeo e nel documento di Industry 5.0 (Breque et al., 2021), dove le due transizioni vengono presentate come processi da integrare, non da sequenzializzare. Il problema teoricamente rilevante, però, è che questa convergenza è codificata come aspirazione programmatica prima ancora che come fatto empiricamente documentato. Gao (2025) lo argomenta con chiarezza: le due transizioni possono procedere in modo allineato, indipendente o in tensione reciproca, e quale delle tre configurazioni prevalga dipende da condizioni che la sola dichiarazione di intenti politici non è in grado di garantire. La letteratura empirica conferma questo scarto tra retorica e dati: D'Adamo et al. (2025) mostrano che gli studi disponibili hanno identificato le condizioni in cui la complementarità si verifica, ma raramente le hanno verificate

su osservazioni dirette di filiera. Nel comparto moda, le analisi di (Colasante et al., 2025) restituiscono un quadro coerente con questa cautela: le preoccupazioni ambientali e la trasformazione digitale convergono in alcune imprese, ma i percorsi di co-evoluzione rimangono eterogenei e non riconducibili a un unico modello.

La letteratura ha formalizzato l'incertezza sulla relazione tra le due transizioni in tre ipotesi alternative. La prima è l'ipotesi di complementarità, secondo cui le tecnologie digitali abilitano direttamente il miglioramento della sostenibilità: l'automazione, la data analytics e la connettività riducono gli sprechi di risorse, ottimizzano il consumo energetico, abilitano il recupero dei materiali a fine vita e rendono gli impatti della supply chain misurabili e quindi gestibili. In questa prospettiva, maturità digitale e maturità sostenibile co-evolvono e si rinforzano reciprocamente, manifestando una correlazione positiva (Junaid et al., 2024; Kristoffersen et al., 2020).

La seconda è l'ipotesi di indipendenza, secondo cui la trasformazione digitale e quella ambientale sono strutturalmente disaccoppiate. Le imprese si digitalizzerebbero per ragioni competitive ed efficientistiche in larga misura estranee alle motivazioni ambientali, mentre le pratiche di sostenibilità verrebbero adottate in risposta a pressioni regolamentari e ad aspettative degli stakeholder a loro volta indipendenti dalle decisioni di investimento digitale. L'evidenza empirica coerente con questa ipotesi mostrerebbe l'assenza di una correlazione sistematica tra le due dimensioni di maturità.

La terza è l'ipotesi di trade-off, meno frequentemente sostenuta ma logicamente coerente, secondo cui l'investimento digitale potrebbe competere con l'investimento in sostenibilità per l'attenzione manageriale e per i budget di capitale, entrambi scarsi, oppure le tecnologie digitali potrebbero generare effetti rimbalzo capaci di annullare i guadagni di efficienza conseguiti. (Luoma et al., 2023) documentano questa tensione proprio nel settore tessile, mostrando come lo sfruttamento dei dati per finalità circolari possa generare conflitti con altri obiettivi aziendali.

2.4.2 Meccanismi di interazione tra digitale e sostenibile

La letteratura che esamina i meccanismi attraverso cui il digitale agisce sulla sostenibilità converge su una conclusione articolata: l'effetto esiste ma non è automatico, e dipende dalla tecnologia, dal contesto e dalle scelte organizzative. Tra i vettori digitali esaminati, la blockchain è quello per cui il legame con la sostenibilità è maggiormente documentato. Sul piano teorico, la tracciabilità basata su registri distribuiti riduce le asimmetrie informative che altrimenti impedirebbero decisioni di approvvigionamento sostenibile, fornendo agli acquirenti una verifica credibile delle caratteristiche dei materiali e dei processi a monte (Kouhizadeh et al., 2021). Sul piano empirico, l'esame di casi di adozione della blockchain nelle supply chain della moda ha mostrato un miglioramento misurabile

nella copertura degli audit ai fornitori e nella verifica della provenienza dei materiali in diverse implementazioni (Chen, 2024). La capacità della blockchain di creare meccanismi di impegno credibile per le dichiarazioni di sostenibilità, riducendo il rischio di greenwashing³ tanto per gli acquirenti quanto per i fornitori, è stata inoltre formalizzata da Cui et al. (2024) e Chod et al. (2020) in analisi dedicate alla progettazione della trasparenza di filiera.

Il Digital Product Passport, definito dal regolamento ESPR, rappresenta la convergenza istituzionalizzata tra infrastruttura digitale e requisiti informativi di sostenibilità. Una rassegna dei casi d'uso del passaporto digitale di prodotto nei diversi contesti di supply chain ha concluso che un'implementazione efficace richiede simultaneamente la capacità digitale di raccogliere, mantenere e trasmettere i dati di prodotto e la maturità di gestione della sostenibilità necessaria a definire quali informazioni siano effettivamente significative (Zhang & Seuring, 2024). Per il settore moda, in particolare, il DPP è stato individuato come l'intersezione operativamente più rilevante tra trasformazione digitale e di sostenibilità nell'orizzonte regolatorio di breve termine, in quanto rende la convergenza tra le due dimensioni un requisito ineludibile piuttosto che una scelta strategica (Carvalho, Silva, et al., 2025).

Sull'intelligenza artificiale e sull'analisi dei big data il profilo che emerge è non lineare. L'effetto positivo sulla riduzione delle emissioni esiste, ma si manifesta con forza solo oltre una certa soglia di maturità digitale: a livelli intermedi l'impatto è ambiguo (Han et al., 2024; Kwilinski, 2024). Luqman et al. (2024) mostrano che il legame tra AI e neutralità carbonica è condizionato dalla governance, non dalla sola adozione tecnologica, e Pricopoaia et al. (2025) confermano che la pressione dei mercati finanziari modera significativamente questi effetti. La tecnologia, in altri termini, non produce sostenibilità da sola: il risultato dipende dal contesto organizzativo e istituzionale in cui opera, l'innovazione digitale contribuisce alle transizioni sostenibili soprattutto dove si inserisce in sistemi di innovazione settoriale già orientati in quella direzione.

2.4.3 Evidenza empirica di studi correlati alle domande di ricerca

Un numero crescente di lavori empirici misura la co-evoluzione tra maturità digitale e maturità di sostenibilità, ma pochi operano a livello di singola impresa e nessuno riguarda le supply chain B2B del lusso europeo. Mappare questi studi serve a stabilire quali domande siano già state affrontate, in quali contesti e con quali esiti. Il riferimento più vicino è una revisione sistematica della twin

³ Il greenwashing designa la pratica attraverso cui un'organizzazione comunica pubblicamente un impegno verso la sostenibilità ambientale superiore a quello effettivamente perseguito nelle proprie attività e nella propria filiera (Westerveld, 1986)

transition nel tessile, basata su quarantasette contributi pubblicati tra il 2015 e il 2024, da cui risulta che le due transizioni sono state studiate quasi sempre separatamente, i lavori sulla loro co-evoluzione sono rari e confinati a sottosettori tecnologicamente avanzati, e che essi si fermano per lo più all'adozione delle tecnologie senza misurarne gli effetti ambientali. Nessuno studio, fino a quel momento, aveva valutato le imprese manifatturiere tessili su entrambe le dimensioni di maturità in parallelo (Hassan et al., 2025).

Una revisione comparabile su digitalizzazione e strategie green nel tessile, abbigliamento e moda, fondata su ottantatré contributi del periodo 2016-2024, giunge a una conclusione affine. Nel settore gli sforzi di digitalizzazione e di sostenibilità restano in larga parte sequenziali: le imprese sviluppano per prime le capacità digitali, sotto la spinta della concorrenza e della domanda dei clienti, e adottano le pratiche di sostenibilità solo dopo, sotto la pressione normativa e reputazionale. Questa sequenza si avvicina più all'ipotesi di indipendenza che a quella di complementarità (Abbate et al., 2024; Orisadare et al., 2025).

A scala aggregata, gli effetti ambientali della twin transition sono stati stimati su dati regionali NUTS-2 per l'intera Unione: la relazione tra performance digitale e ambientale è positiva ma disomogenea, con effetti di complementarità che si concentrano nelle regioni dai sistemi di innovazione più maturi e svaniscono in quelle meno sviluppate (Bianchini et al., 2023). Sui dati della Community Innovation Survey italiana, l'associazione tra adozione di tecnologie digitali e introduzione di innovazioni di processo a finalità ambientale risulta positiva, ma significativa solo per le imprese che digitalizzano con un esplicito orientamento all'efficienza nelle risorse (Montresor & Vezzani, 2023). Entrambi i lavori operano su dati aggregati a livello regionale o di sistema e non isolano il punteggio della singola impresa su ciascuna dimensione.

Il precedente più prossimo, per disegno di ricerca, alla logica di questa tesi si fonda sui dati della European Investment Bank Investment Survey per imprese non finanziarie europee e statunitensi. Le aziende vengono ripartite in quattro profili secondo gli investimenti verdi e digitali realizzati, ossia green only, digital only, twinning e neither, una griglia che ricalca i quattro quadranti della Smart×Sustainable Matrix. Il divario tra le due aree è marcato: nel manifatturiero le imprese che combinano transizione verde e digitale sono il 35% in Europa contro il 18% negli Stati Uniti, e le imprese twinning sono in media più grandi, concentrate nel manifatturiero e dotate di pratiche gestionali migliori (Veugelers et al., 2023). Come in questo lavoro, l'analisi è correlazionale e non causale; la griglia a quattro profili coincide, ma il campione è cross-settoriale e le variabili misurano l'investimento dichiarato, non un punteggio di maturità per indicatore riferito a uno specifico segmento di filiera.

Sempre a livello di impresa, ma in un contesto diverso, la twin transition è stata analizzata sui dati della Korean Innovation Survey per il manifatturiero. Anche qui la stima degli effetti del perseguimento simultaneo di eco-innovazioni e innovazioni digitali risulta scarsa e concentrata su Europa, Cina e Stati Uniti, per via della disponibilità di dati a livello di impresa; le aziende che adottano congiuntamente le due dimensioni mostrano un effetto positivo significativo sulle vendite (Choi & Kim, 2025). Lo studio misura la performance della co-adozione, non la distribuzione delle due maturità lungo i livelli di una filiera.

Il quadro complessivo è coerente. La twin transition è ben teorizzata e sempre più studiata a livello aggregato, regionale o di sistema, e in un caso a livello di impresa con una griglia a quattro profili; resta invece poco indagata la dimensione di supply chain, e in particolare il segmento manifatturiero B2B a monte. Tra gli studi esaminati nessuno misura insieme la maturità digitale e quella di sostenibilità a livello di singola impresa su un campione di fornitori del lusso europeo distribuiti su più livelli di filiera, così da analizzarne la variazione interna. L'intersezione con il lusso accentua il vuoto: le supply chain del lusso vengono studiate per le strategie di marca e per la loro distintività culturale, quasi mai per come le capacità operative, digitali o di sostenibilità, si distribuiscono tra le imprese che ne formano la base produttiva.

2.4.4 Gap di ricerca e posizionamento della tesi

Il quadro teorico della ricerca poggia su tre filoni teorici distinti. Il costrutto di twin transition definisce l'oggetto di analisi: la co-evoluzione tra maturità digitale e maturità sostenibile, trattata come fenomeno unitario piuttosto che come somma di due traiettorie parallele; La letteratura sui modelli di maturità di Industry 4.0 e 5.0, ricostruita nelle sezioni 2.1 e 2.2, fornisce la base operativa per costruire gli indicatori della Smart-Sustainable Matrix; il framework della gestione sostenibile della supply chain colloca l'analisi in una struttura multilivello, in cui le pressioni normative e le capacità di adozione si distribuiscono in modo diseguale. Da questi tre filoni emergono due vuoti distinti.

Il primo riguarda la misurazione. Gli strumenti disponibili per valutare la twin transition misurano di norma una dimensione alla volta, raramente entrambe sulla stessa scala e sullo stesso campione. Gli studi esistenti operano su dati aggregati, su proxy della digitalizzazione o su esiti indiretti come l'innovazione verde, senza mai costruire una valutazione parallela delle due maturità impresa per impresa. Il secondo vuoto è di contesto: il segmento manifatturiero a monte resta sistematicamente sottorappresentato negli studi di sostenibilità della moda, e la letteratura che tenta di collegare tecnologie ed esiti di sostenibilità nel tessile resta frammentaria. Non risulta uno studio che valuti i singoli fornitori B2B del lusso europeo su una base combinata Smart-Sustainable e che legga la

convergenza o la divergenza tra le due dimensioni distinguendo per livello di filiera e tipologia di attività.

Le tre domande di ricerca del Capitolo 1 si collocano in questo spazio: l'esistenza di un'associazione tra le due maturità a livello di campione, la struttura dei profili che emergono per cluster. La Smart-Sustainable Matrix risponde al vuoto metodologico con una misurazione congiunta, ordinale e verificabile su fonti pubbliche, applicata a venticinque fornitori manifatturieri su sedici indicatori ripartiti tra le due dimensioni. La scelta del lusso manifatturiero B2B risponde al vuoto tematico, spostando l'attenzione sul segmento dove gli impatti si concentrano ma la ricerca non arriva.

C'è però una ragione in più per cui il lusso è il contesto giusto in cui cercare la convergenza: è il segmento dove la pressione verso la trasparenza di filiera è simultaneamente più alta sul fronte normativo, con ESPR, EUDR e CSDDD che richiedono tracciabilità a monte, e su quello di mercato, con le iniziative di settore come il Fashion Pact e la crescente richiesta di documentazione da parte delle piattaforme.

3. Metodologia

Il capitolo illustra il disegno della ricerca, i criteri di costruzione del campione, lo strumento di misurazione originale sviluppato per questa tesi e le procedure di analisi quantitativa adottate. La struttura risponde a tre esigenze: la trasparenza e la replicabilità del processo di codifica, la coerenza argomentata tra le scelte metodologiche e le research questions, e il riconoscimento dei limiti dello studio prima di presentarne i risultati.

3.1 Disegno della ricerca

3.1.1 Approccio misto e orientamento esplorativo

La presente ricerca adotta un approccio qualitativo-quantitativo misto (mixed method), strutturata in due fasi sequenziali. La prima, quantitativa, è caratterizzata dalla costruzione della Smart-Sustainable Matrix: si tratta di una matrice di valutazione che combina 25 aziende con un indice bidimensionale originale, in modo da poter definire per ciascuna un punteggio di maturità digitale, che rifletta il livello di adozione delle tecnologie di Industry 4.0 e 5.0, chiamato quindi Smart, e un punteggio di maturità sostenibile, Sustainable. I risultati ottenuti vengono, quindi, sottoposti ad analisi tramite cluster analysis gerarchica e scatter plot con l'obiettivo di identificare empiricamente le configurazioni prevalenti di twin transition nella supply chain del lusso europeo. La ricerca si conclude con la seconda fase qualitativa, in cui, tramite schede aziendali, vengono analizzati i casi maggiormente significativi, selezionati per la loro capacità illustrativa dei pattern emergenti dalla fase precedente. La fase qualitativa viene strutturata da quella precedente seguendo la logica della sequential exploratory mixed methods design (Creswell & Creswell, 2018). La co-evoluzione tra maturità digitale e maturità sostenibile nella filiera manifatturiera del lusso europeo è un fenomeno empiricamente poco esplorato, in cui sono assenti framework di misurazione consolidati e basi teoriche sufficienti per formulare ipotesi deducibili in modo rigoroso; per questa ragione l'orientamento esplorativo si impone come scelta naturale (Eisenhardt, 1989).

3.1.2 Operazionalizzazione delle research questions

L'obiettivo della ricerca è comprendere come si configura la twin transition nella filiera europea del lusso textile-apparel, e se le dimensioni digitale e sostenibile si sviluppano congiuntamente o separatamente. A partire da questo obiettivo, sono state sviluppate tre Research Questions (RQ), ciascuna collegata a specifici strumenti analitici, come illustrato nella Tabella 3.1.

RQ	Domanda	Strumento analitico	Output atteso
RQ1	Come si distribuisce la maturità digitale e sostenibile nel campione? Esiste una correlazione tra Smart Score e Sustainable Score?	Correlazione di Pearson; analisi descrittiva degli score; scatter plot bidimensionale	Mappa della relazione tra le due dimensioni; identificazione dei profili dominanti
RQ2	Quali tecnologie digitali sono più associate a una maggiore maturità sostenibile? Il DPP emerge come nodo di convergenza?	Analisi per indicatore	Identificazione degli indicatori 'ponte' tra dimensione smart e sostenibile
RQ3	In che modo i profili di twin transition variano in funzione del segmento di filiera, della dimensione aziendale e della fase del ciclo di vita dell'impresa?	Cluster analysis gerarchica (Ward); analisi per segmento, dimensione, età aziendale	Tassonomia empirica dei profili di twin transition; pattern settoriali

Tabella 3.1- Operazionalizzazione delle research questions e corrispondenza con gli strumenti analitici

3.2 Selezione del campione

3.2.1 Criteri di selezione del campione

Il campione delle aziende è stato costruito seguendo la logica di purposive sampling (Patton, 2002): l'obiettivo primario è, infatti, quello di massimizzare la varianza teoricamente rilevante dei casi e testare empiricamente la plausibilità di profili distinti di twin transition, piuttosto che mirare ad una rappresentazione statistica della realtà.

La selezione è stata basata su tre criteri operativi:

- **Collocazione geografica:** limita il perimetro di selezione, includendo aziende la cui sede operativa principale (produzione o sviluppo tecnologico) è collocata in uno dei Paesi dell'Unione Europea o nel perimetro EFTA (Svizzera inclusa). Il criterio esclude aziende con mera presenza commerciale in Europa ma produzione localizzata al di fuori del contesto regolatorio comunitario, garantendo la coerenza con il framework normativo (CSRD, ESPR, EUDR) che costituisce uno degli assi interpretativi principali della ricerca.

- **Posizionamento B2B con esposizione al lusso:** il principale cliente dell'azienda deve essere un brand della moda di lusso e del premium fashion, direttamente o attraverso aggregatori di filiera. Sono esclusi dalla selezione brand finali (B2C) e retailer, la cui logica di adozione tecnologica e sostenibile risponde a pressioni di visibilità e comunicazione verso il consumatore finale, sostanzialmente diverse da quelle del fornitore B2B.
- **Disponibilità di fonti pubbliche verificabili:** è necessario che siano facilmente accessibili fonti pubbliche e verificabili, come report di sostenibilità, sito istituzionale, relazioni annuali, comunicati stampa, database brevettuali, che siano sufficienti ad alimentare la codifica di almeno 12 dei 16 indicatori. La redazione di un report GRI è stata utilizzata come criterio di qualità delle fonti disponibili, non come indicatore di performance sostenibile.

3.2.2 Composizione del campione per segmento di filiera e area geografica

Il campione finale comprende 25 aziende, distribuite su cinque livelli della filiera e otto paesi europei. La composizione è stata progettata per garantire varianza sia verticale (diversi stadi della supply chain) sia orizzontale (diversi profili attesi di twin transition) evitando la concentrazione su un singolo segmento o paese. La distribuzione geografica è presentata nella Tabella 3.2.

Paese	n	Aziende
Italia	15	Temera, Prima Industrie, Framis Italia, Aquafil, Successori Reda, Candiani Denim, Manteco, Albini Group, Orange Fiber, Vegea, Marzotto Group, Zegna Baruffa, Ratti Group, Gruppo Florence, Pattern Group
Francia	3	Lectra, Aura Blockchain Consortium, Chargeurs PCC
Finlandia	2	Spinnova, Infinited Fiber Company
Austria	1	Lenzing Group
Svizzera	1	Schoeller Textil
Spagna	1	Recover
Belgio	1	Resortecs
Francia / EU	1	Fairbrics
Totale	25	8 paesi europei

Tabella 3.2- Composizione del campione per paese

La Tabella 3.3 riporta il campione completo con le informazioni di segmento, dimensione aziendale e cluster atteso. Quest'ultimo è stato formulato a priori sulla base delle caratteristiche note delle aziende al momento della costruzione del campione, prima della codifica: il confronto tra cluster atteso e cluster empiricamente assegnato dall'analisi costituisce uno degli elementi di validazione interna del framework.

Azienda	Paese	Segmento	Dim.	Cluster atteso
Tech Provider				
Temera	IT	Tech Provider	Small	Technology-Driven
Lectra	FR	Tech Provider	Large	Technology-Driven
Aura Blockchain	FR/EU	Tech Provider	Micro	Technology-Driven
Prima Industrie	IT	Machinery	Large	Technology-Driven
Framis Italia	IT	Tech Provider	Small	Technology-Driven
Fibra e Filatura				
Lenzing Group	AT	Fibra MMCF	Large	Hybrid
Aquafil	IT	Fibra nylon	Large	Hybrid
Zegna Baruffa	IT	Filatura	Small	Laggard
Spinnova	FI	Next-gen fiber	Small	Sustainability-Driven
Infinited Fiber Company	FI	Next-gen fiber	Small	Sustainability-Driven
Orange Fiber	IT	Bio-materiale	Micro	Sustainability-Driven
Vegea	IT	Bio-materiale	Micro	Sustainability-Driven
Fairbrics	FR	Next-gen fiber	Micro	Sustainability-Driven
Recover	ES	Fibra riciclata	Medium	Sustainability-Driven
Tessuto e Finitura				
Schoeller Textil	CH	Tessuto tecnico	Medium	Hybrid

Successori Reda	IT	Tessuto lana	Medium	Hybrid
Candiani Denim	IT	Denim	Medium	Hybrid
Manteco	IT	Tessuto lana riciclata	Small	Hybrid
Albini Group	IT	Tessuto camiceria	Large	Hybrid
Marzotto Group	IT	Tessuto lana/multi	Large	Laggard
Ratti Group	IT	Seta/jacquard	Medium	Laggard
Resortecs	BE	Disassembly tech	Micro	Sustainability-Driven
Chargeurs PCC	FR	Interfodera	Large	Hybrid
Confezione e Manifattura				
Gruppo Florence	IT	Confezione luxury	Large	Hybrid
Pattern Group	IT	Confezione/Ingegneria	Medium	Hybrid
Totale	25 aziende, 8 paesi europei, 5 segmenti di filiera			

Tabella 3.3 - Campione completo. Dim. = classe dimensionale UE

3.2.3 Fonti utilizzate e procedura di assegnazione dei punteggi

Le fonti utilizzate per la codifica appartengono a sei categorie: (1) report di sostenibilità e bilanci integrati pubblicati dalle aziende, con preferenza per quelli redatti secondo gli standard GRI o CSRD/ESRS; (2) relazioni annuali e prospetti informativi per le società quotate; (3) siti istituzionali aziendali, con particolare attenzione alle sezioni dedicate a innovazione, sostenibilità e prodotti; (4) comunicati stampa, casi studio e white paper di settore; (5) articoli di stampa specializzata (Sourcing Journal, FashionUnited, TextileWorld, Just Style); (6) database pubblici di certificazioni (SBTi registry, GRS/Textile Exchange, bluesign partner list, EcoVadis public directory). Complessivamente, la raccolta documentale ha interessato 47 report di sostenibilità e bilanci non finanziari (di cui 19 redatti secondo gli standard GRI, 6 con dichiarazioni CDP, 5 allineati ai framework CSRD/ESRS), 25 siti istituzionali analizzati sistematicamente, e un numero variabile per azienda di comunicati stampa e fonti integrative, per un totale stimato di circa 3.400 pagine di materiale analizzato.

3.2.4 Gestione delle ambiguità e dei conflitti tra documenti

Una questione metodologica rilevante riguarda le discrepanze tra documenti prodotti in anni diversi dalla stessa azienda: un'azienda che nel 2021 descriveva una tecnologia come in fase sperimentale può averla integrata sistematicamente entro il 2023, oppure può aver ridimensionato un'iniziativa comunicata con enfasi in passato. Per gestire queste ambiguità in modo sistematico, sono stati adottati due principi complementari. Il principio di priorità temporale stabilisce che, in caso di informazioni contrastanti tra documenti di anni diversi, viene data precedenza alla fonte più recente disponibile. Questo principio riflette l'obiettivo di fotografare lo stato attuale della twin transition nelle aziende del campione, non la sua traiettoria storica. Il principio di conservatorismo metodologico stabilisce che, in caso di ambiguità residua, dichiarazioni non corroborate da dati quantitativi, evidenze riferite a singole linee produttive in assenza di estensione al core business, o piloting non ancora a regime, il punteggio assegnato è quello inferiore tra i due plausibili. Questo principio riduce il rischio di sovrastima sistematica delle performance, specificamente acuto nel contesto della comunicazione corporate di sostenibilità, dove la distanza tra dichiarazioni e implementazione effettiva è spesso consistente.

3.3 La Smart-Sustainable Matrix

3.3.1 Logica costruttiva della matrice

L'apporto originale alla ricerca si concretizza nella Smart-Sustainable Matrix, strumento di misurazione bidimensionale progettato per operationalizzare simultaneamente il livello di maturità digitale, indicato tramite Smart Score e il livello di maturità sostenibile, Sustainable Score, di ciascuna azienda del campione. La logica costruttiva si ispira ai modelli di maturità industriale, in particolare all'Industrie 4.0 Maturity Index elaborato da Schuh et al. (2020), con una sostanziale differenza: la logica dimensionale viene estesa da una a due dimensioni, consentendo di integrare la sostenibilità come asse concorrente e simmetrico rispetto alla digitalizzazione.

Tre aspetti differenziano la matrice prodotta dai modelli di maturità esistenti:

- Simmetria dimensionale: i due blocchi di indicatori (Smart e Sustainable) sono strutturati in modo parallelo, con lo stesso numero di indicatori (8 ciascuno) e la stessa scala di codifica (0-1-2), in questo modo i due score risultano direttamente comparabili e aggregabili in un unico spazio bidimensionale.
- Contesto Industry 5.0: il blocco Smart incorpora indicatori relativi al Digital Product Passport e alle piattaforme di supply chain integrata, allineandosi al framework della Commissione

Europea di Breque, De Nul e Petridis (2021) che estende Industry 4.0 con i pilastri di sostenibilità, human-centricity e resilienza.

- Copertura ESG: il blocco Sustainable copre tutte e tre le dimensioni ESG, garantendo coerenza con gli standard di rendicontazione CSRD/ESRS.

3.3.2 Struttura degli indicatori Smart

Il blocco degli indicatori Smart si articola in due sotto-blocchi: il primo (S1- S6) copre le tecnologie abilitanti di Industry 4.0 identificate da Schwab (2016) e Zheng et al. (2021) come fondative del paradigma: connettività IoT, simulazione tramite Digital Twin, visibilità della supply chain, identificazione digitale tramite RFID/NFC, automazione avanzata e intelligenza artificiale. Il secondo sotto-blocco (S7-S8) incorpora le dimensioni proprie di Industry 5.0 (Breque et al., 2021): la capacità di costruire ecosistemi digitali collaborativi di filiera (S7 - Piattaforma SC integrata) e l'adozione del Digital Product Passport, strumento cardine dell'ESPR che rappresenta il punto di convergenza tra trasformazione digitale e requisiti normativi di sostenibilità. La Tabella 3.4 riporta la definizione operativa di ciascun indicatore e i riferimenti teorici di ancoraggio.

Cod.	Nome indicatore	Definizione operativa	Riferimento teorico
Industry 4.0 (S1-S6)			
S1	Sensori IoT e connettività	Sensori IoT integrati nei processi produttivi per il monitoraggio in tempo reale; connettività M2M o verso sistemi cloud	(Schwab, 2016; Zheng et al., 2021)
S2	Digital Twin	Repliche digitali di prodotti o processi per simulazione, ottimizzazione e monitoraggio predittivo	(Grieves & Vickers, 2017; Zheng et al., 2021)
S3	Visibilità real-time della supply chain	Tracciatura e monitoraggio in tempo reale di flussi di materiali e ordini lungo la filiera; include blockchain applicata alla tracciabilità	(Christopher, 2016; Kouhizadeh et al., 2021)
S4	RFID/NFC e identificazione digitale	Tecnologie di identificazione automatica (RFID, NFC, QR) applicate a prodotti, componenti o materiali nella filiera	(Ustundag & Cevikcan, 2018)

S5	Automazione avanzata e robotica	Sistemi robotici, cobot o automazione avanzata nei processi produttivi core; esclude automazione convenzionale	(Posada et al., 2015; Schwab, 2016)
S6	Big Data Analytics e AI	Algoritmi di machine learning, AI o analisi di grandi dataset per ottimizzazione, previsione della domanda o quality control	(Fosso Wamba et al., 2015; Zheng et al., 2021)
Industry 5.0 (S7-S8)			
S7	Piattaforma integrata SC	Piattaforma digitale condivisa con fornitori e clienti (PLM, MES, ERP esteso, marketplace B2B); abilita collaborazione e co-progettazione di filiera	(Breque et al., 2021)
S8	Digital Product Passport (DPP)	Passaporto digitale di prodotto con informazioni su composizione, origine, processo produttivo e fine vita; richiesto dall'ESPR (UE)	(Commissione Europea, 2022) (Carvalho, Abreu, et al., 2025)

Tabella 3.4 - Indicatori Smart: codice, nome, definizione operativa e riferimento teorico

3.3.3 Struttura degli indicatori Sustainable

Il blocco degli indicatori Sustainable copre le dimensioni ambientali e sociali della sostenibilità, strutturati in coerenza con il framework dell'Ellen MacArthur Foundation (2017) per l'economia circolare applicata al tessile, con gli standard SBTi (2021) per la decarbonizzazione e con il quadro normativo europeo CSRD/ESRS. Gli indicatori T1-T7 coprono la dimensione ambientale: circolarità dei materiali, gestione idrica, certificazioni, target climatici verificati, approvvigionamento responsabile, energia rinnovabile ed ecodesign. L'indicatore T8, benessere dei lavoratori, si ancora al pilastro human-centric di Industry 5.0 di Breque, De Nul e Petridis (2021) e alla completezza della copertura ESG, garantendo la presenza del pilastro sociale. La struttura completa è riportata nella Tabella 3.5.

Cod.	Nome indicatore	Definizione operativa	Riferimento teorico
Environmental (T1-T7)			
T1	Materiali circolari e gestione rifiuti	Utilizzo di materiali riciclati, riciclabili o bio-based certificati; sistemi di riduzione dei rifiuti industriali con target documentati	(Ellen MacArthur Foundation,

			2017);(Kirchherr et al., 2017)
T2	Processi a ciclo chiuso e gestione idrica	Processi a basso consumo idrico, sistemi closed-loop di trattamento acque; riduzione documentata dell'intensità idrica	(ZDHC Foundation, 2020); (Ellen MacArthur Foundation, 2017)
T3	Certificazioni ambientali	Certificazioni di terza parte: ISO 14001, GOTS, GRS, bluesign®, Oeko-Tex, C2C, B Corp, EcoVadis Gold/Platinum	
T4	Target SBTi verificati	Adesione alla SBTi con target Committed o Approved in linea con lo scenario 1,5°C	(SBTi, 2021)
T5	Approvvigionamento responsabile	Politiche formalizzate di responsible sourcing: codice fornitori, audit, tracciabilità materie prime, conformità EUDR e CSDDD	(Commissione Europea, European Union, 2024)
T6	Energia rinnovabile	Quota di energia da fonti rinnovabili (fotovoltaico, GO/REC, PPA); target di copertura con roadmap documentata	(IEA, 2025)
T7	Design per la circolarità	Ecodesign integrato: progettazione per riparabilità, disassemblaggio, riciclabilità o estensione della vita del prodotto	(Bocken et al., 2016) (Ellen MacArthur Foundation, 2017) (Commissione Europea, 2022)
Social / Human-Centric (T8)			
T8	Benessere dei lavoratori	Politiche strutturate per salute, sicurezza e welfare: ISO 45001, SA8000, programmi welfare, parità di genere, dialogo sindacale	(International Labour Organization, 2019) (Breque et al., 2021; Commissione Europea, 2022)

Tabella 3.5 - Indicatori Sustainable: codice, nome, definizione operativa e riferimento teorico

3.3.4 Scala di codifica (0-1-2) e principio di conservatorismo

Ciascun indicatore è stato codificato su una scala ordinale a tre livelli: 0 (assenza di evidenze verificabili), 1 (evidenza parziale, sperimentale o in corso di implementazione), 2 (implementazione piena, sistematica e documentata da fonti verificabili). La scelta di una scala a tre livelli rispetto ad

una binaria o continua è stata dettata dalla necessità di esplicitare le differenze qualitative tra assenza, adozione parziale e adozione matura, e dalla natura delle fonti disponibili, non sufficienti ad effettuare una misurazione con grado di precisione maggiore. L'approccio è coerente con la logica adottata nei principali modelli di maturità Industry 4.0 (De Carolis et al., 2017; Schuh et al., 2020).

3.3.5 Processo di assegnazione dei punteggi

La codifica è stata eseguita tramite una procedura standardizzata divisa in tre fasi: raccolta sistematica delle evidenze disponibili per l'indicatore in oggetto; valutazione dell'evidenza rispetto alla rubrica di codifica e applicazione del principio di conservatorismo in caso di ambiguità; documentazione delle fonti in una scheda per indicatore allegata alla matrice. Questo processo è stato applicato a ciascuna azienda, indicatore per indicatore, così da poter tracciare ogni punteggio assegnato. Il risultato è uno Smart Score e un Sustainable Score per ogni azienda selezionata, ottenuto tramite somma dei punteggi degli 8 indicatori, che si traduce in due scale simmetriche a intervallo [0,16]. La scelta dell'aggregazione additiva, piuttosto che una media ponderata, è dettata dall'assunzione che gli indicatori contribuiscono in egual misura al punteggio finale. Questa decisione, discussa nella sezione 3.6 sui limiti metodologici, è in linea con la logica dei modelli di maturità orientata all'esplorazione (Schuh et al., 2020).

3.4 Giustificazione degli strumenti analitici

3.4.1 Adeguatezza della cluster analysis gerarchica al contesto della ricerca

Il primario strumento di classificazione utilizzato è la cluster analysis gerarchica con metodo di Ward, selezionata per ragioni strettamente legate alle caratteristiche del dataset:

- Compatibilità con campioni di piccola dimensione: data la ridotta dimensione del campione di aziende in analisi ($n = 25$) metodi partitivi come k-means hanno un'altra probabilità di produrre risultati instabili e sensibili alle condizioni iniziali; la cluster analysis gerarchica, operando attraverso fusioni sequenziali, è maggiormente indicata per ricerche esplorative con numerosità campionarie analoghe (Everitt et al., 2011; Hair et al., 2019).
- Determinazione empirica del numero ottimale di cluster: in assenza di ipotesi teoriche consolidate sul numero atteso di profili la struttura gerarchica permette di identificare il numero k ottimale attraverso l'analisi del dendogramma e degli indici di validità interna (Silhouette, Davies-Bouldin, CalinskiHarabasz).
- Minimizzazione della varianza intra-cluster: il metodo di Ward (1963) facilita l'interpretazione dei profili emergenti, dal momento che produce cluster compatti e ben

separati. I dati sono stati standardizzati tramite z-score prima del clustering, per eliminare l'effetto di scala pur in presenza di due dimensioni già omogenee (entrambe su scala [0, 16]). La standardizzazione è una buona prassi consolidata nella cluster analysis gerarchica e garantisce che nessuna delle due dimensioni eserciti un peso artificialmente maggiore per via di differenze di varianza campionaria. La distanza euclidea è stata utilizzata come metrica di distanza, coerentemente con il metodo di Ward.

3.4.2 Adeguatezza dello scatter plot bidimensionale al contesto della ricerca

Lo scatter plot bidimensionale Smart-Sustainable assolve una funzione analitica distinta dalla mera visualizzazione descrittiva: è lo strumento in grado di rendere esplicita la struttura della twin transition nel campione. La posizione di ciascuna azienda nello spazio bidimensionale sintetizza simultaneamente il suo livello di maturità digitale e sostenibile: dalla distribuzione dei punti si leggono direttamente i pattern di co-evoluzione, divergenza e specializzazione unidimensionale. La suddivisione dello spazio in quadranti tramite le linee di mediana (mediana Smart = 7; mediana Sustainable = 11,64) permette di classificare le aziende in quattro profili teorici: alta maturità digitale e sostenibile (quadrante superiore destro, Hybrid avanzato), alta maturità digitale e bassa sostenibile (quadrante inferiore destro, Technology-Driven), bassa maturità digitale e alta sostenibile (quadrante superiore sinistro, SustainabilityDriven), bassa maturità in entrambe le dimensioni (quadrante inferiore sinistro, potenziale Laggard).

3.4.3 Complementarità degli strumenti di analisi

Cluster analysis e scatter plot sono strumenti complementari, non alternativi. La cluster analysis produce una classificazione discreta delle aziende in gruppi omogenei, ottimizzata per la separazione statistica tra cluster; lo scatter plot mostra la distribuzione continua degli score e la posizione relativa di ciascuna azienda: cattura sfumature e posizioni intermedie che la natura discreta dei cluster non è in grado di restituire. In particolare, permette di visualizzare l'eterogeneità interna di ciascun cluster, specifica per il cluster Hybrid, il più numeroso e internamente differenziato, e di identificare casi che si posizionano vicino ai confini tra cluster, con implicazioni interpretative che la sola cluster analysis non consentirebbe di cogliere.

3.5 Applicazione degli strumenti di analisi

3.5.1 Calcolo di Smart Score e Sustainable Score

Lo Smart Score di ciascuna azienda è calcolato come somma dei punteggi (0, 1 o 2) assegnati agli indicatori S1-S8, producendo una scala a intervallo [0, 16]. Analogamente, il Sustainable Score è la

somma dei punteggi sugli indicatori T1-T8, sulla medesima scala [0, 16]. Le due scale sono strutturalmente simmetriche e comparabili: a parità di punteggio, il contributo di un indicatore Smart e di un indicatore Sustainable al rispettivo score è identico. Questa simmetria è una proprietà costruttiva della matrice, non un risultato empirico, ed è una condizione necessaria per l'utilizzo dello scatter plot come spazio bidimensionale omogeneo.

3.5.2 Determinazione del numero ottimale di cluster

La cluster analysis è stata eseguita tramite Ward linkage su dati standardizzati (z-score), utilizzando la distanza euclidea come metrica. Il metodo di Ward aggrega, a ogni passo, le due osservazioni o i due gruppi la cui fusione produce il minore incremento della varianza intra-cluster totale (criterio della minimum variance). Questa proprietà tende a produrre cluster di dimensioni simili e internamente compatti, il che lo rende particolarmente adatto a contesti esplorativi con campioni piccoli in cui si desidera massimizzare l'interpretabilità dei gruppi emergenti. L'intera pipeline analitica (standardizzazione, clustering, calcolo degli indici di validità, produzione di dendrogramma e scatter plot) è stata implementata in Python (versione 3) utilizzando le librerie NumPy, SciPy e scikit-learn. Il numero ottimale di cluster è stato determinato attraverso due criteri complementari. Il primo è l'analisi visiva del dendrogramma, che evidenzia i salti di distanza Ward tra fusioni consecutive: un grande salto indica che la fusione ha unito due gruppi marcatamente differenti, suggerendo che il taglio debba essere effettuato prima di quella fusione. Il dendrogramma mostra un salto di distanza particolarmente pronunciato tra la fusione che riduce il numero di cluster da 4 a 3 e quella che riduce da 3 a 2, indicando $k = 3$ come soluzione preferibile, come illustrato nella Figura 3.1.

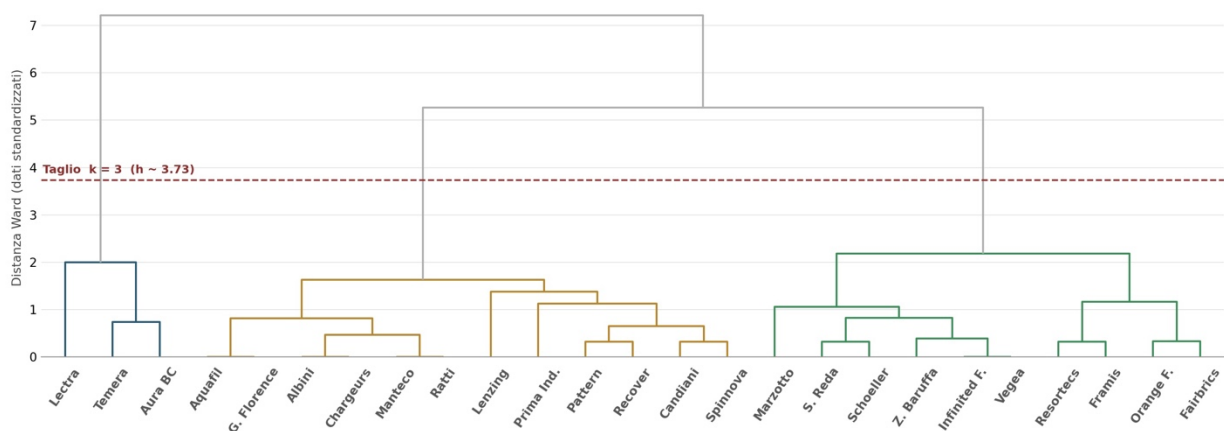


Figura 3.1 - Dendrogramma Ward linkage (distanza euclidea, dati standardizzati)

Il secondo criterio è la valutazione di tre indici di validità interna su un range $k = 2 \dots 7$:

- **Silhouette score (1987):** misura la coesione intra-cluster e la separazione intercluster su scala $[-1, +1]$; valori più alti indicano cluster meglio definiti. Per $k = 3$, il Silhouette score è pari a 0,513, il secondo valore più alto dopo $k = 2$ (0,614), ma $k = 2$ produce una soluzione con scarsa interpretabilità teorica (un unico mega-cluster vs. tre aziende technology-driven).
- **Davies-Bouldin index (1979):** misura la similitudine media tra ciascun cluster e il cluster più simile; valori più bassi indicano cluster meglio separati. Per $k = 3$, il Davies-Bouldin index è pari a 0,672, il valore minimo sull'intero range $k = 2 \dots 7$ fatta eccezione per $k = 2$.
- **Calinski-Harabasz index (1974):** rapporto tra dispersione inter-cluster e intracluster; valori più alti indicano cluster più densi e separati. Il valore massimo si registra per $k = 3$ (43,50), con un netto calo per $k = 4$. La convergenza dei tre indici, unitamente all'interpretabilità teorica della soluzione triforme (Technology-Driven, Hybrid, Sustainability-Driven), giustifica la selezione di $k = 3$ come numero ottimale di cluster.

k	Silhouette ↑	Davies-Bouldin ↓	Calinski-Harabasz ↑	Nota
2	0,614	0,531	24,98	Alta separazione ma scarsa interpretabilità teorica
3	0,513	0,577	43,50	Selezionato: convergenza indici + interpretabilità
4	0,444	0,672	38,39	
5	0,425	0,548	38,65	
6	0,345	0,692	39,33	
7	0,351	0,603	40,38	$n/k = 3,6$: non interpretabile con $n = 25$

Tabella 3.6 - Indici di validità interna del clustering per $k = 2 \dots 7$

3.5.3 Scatter plot bidimensionale: costruzione e interpretazione

Lo scatter plot è stato costruito utilizzando come coordinate di ciascuna azienda lo Smart Score (asse x) e il Sustainable Score (asse y), su una scala comune $[0, 16]$. Il colore e la forma dei marker sono stati differenziati per cluster di appartenenza (rosso/diamante per Technology-Driven; verde

acqua/cerchio per Hybrid; arancio/quadrato per Sustainability-Driven). Le linee di mediana (Smart=7; Sustainable=11,64) sono state tracciate come riferimento per la suddivisione in quadranti. I centroidi di ciascun cluster sono stati marcati con un simbolo "+" grigio. Tutte le aziende sono state etichettate con un'abbreviazione del nome e una linea di collegamento al punto.

4. Analisi dei risultati

Il presente capitolo espone i risultati emersi dall'applicazione della Smart-Sustainable Matrix al campione di 25 aziende della filiera B2B del lusso europeo descritto nel Capitolo 3. A partire da una panoramica descrittiva della distribuzione dei punteggi nel campione nella sezione 4.1 si passa alla struttura dei tre cluster emersi dall'analisi gerarchica e alle loro caratteristiche (sezione 4.2), per poi affrontare in sequenza le tre domande di ricerca: la relazione tra maturità digitale e sostenibile nella sezione 4.3, l'associazione tra singole tecnologie digitali e maturità sostenibile nella sezione 4.4 e la variazione dei profili per segmento di filiera, dimensione aziendale e fase del ciclo di vita nella 4.5.

4.1 Panoramica del campione: distribuzione degli score

Prima di affrontare la struttura dei cluster e le relazioni tra le due dimensioni della twin transition, è utile osservare come lo Smart Score e il Sustainable Score si distribuiscono nel campione complessivo delle 25 aziende. Questa panoramica descrittiva costituisce il punto di partenza per le analisi successive e consente di verificare empiricamente, su dati aggregati, l'asimmetria tra le due dimensioni.

4.1.1 Distribuzione dello Smart Score: media, varianza e indicatori più discriminati

Lo Smart Score presenta, sul campione di 25 aziende, una media di 7,00 punti su una scala [0, 16], con una mediana coincidente (7,0) e una deviazione standard di 3,18. Il punteggio minimo osservato è 2 e il massimo è 14, per un range di 12 punti, pari a tre quarti dell'intera scala teorica. La distribuzione, riportata nel pannello sinistro della *Figura 4.1*, non è unimodale in senso stretto: si osserva un addensamento principale attorno al valore 7 (6 aziende), un secondo addensamento attorno al valore 4 (5 aziende, prevalentemente riconducibili al segmento Next-gen/Bio-materiali) e una coda superiore isolata nell'intervallo 12-14, occupata dalle tre aziende successivamente identificate come cluster Technology-Driven. Questa struttura a più addensamenti anticipa, a livello descrittivo, la tripartizione che la cluster analysis individuerà in modo formale nella sezione 4.2.

A livello di singolo indicatore, la variabilità campionaria, misurata attraverso la varianza dei punteggi 0-1-2, non è omogenea. Gli indicatori S2 (Digital Twin) e S3 (Blockchain/SC) presentano la varianza più elevata del blocco Smart (rispettivamente 0,68 e 0,66), seguiti da S6 (Big Data/AI) con 0,58: si tratta degli indicatori più “discriminanti”, la loro distribuzione è più polarizzata tra aziende che li adottano in modo avanzato (punteggio 2) e aziende che ne sono completamente prive (punteggio 0). Per S2, ad esempio, 17 aziende su 25 ottengono punteggio 0 e 5 ottengono punteggio 2, con un'occupazione quasi nulla del valore intermedio. All'estremo opposto si collocano S5

(Automazione) e S1 (IoT), con varianze più contenute (0,46 e 0,31) e una distribuzione concentrata sui valori 1 e 2: per S5, 22 aziende su 25 ottengono almeno punteggio 1, segno di una diffusione già ampia dell'automazione di base nella filiera indipendentemente dal profilo complessivo di twin transition. La Tabella 4.1 riporta, per ciascun indicatore Smart, la distribuzione dei punteggi e la varianza campionaria.

Indicatore	Punt. 0	Punt. 1	Punt. 2	Media	Varianza
S1 - IoT	2	17	6	1,16	0,31
S2 - Digital Twin	17	3	5	0,52	0,68
S3 - Blockchain/SC	14	6	5	0,64	0,66
S4 - RFID/NFC	20	3	2	0,28	0,38
S5 - Automazione	3	12	10	1,28	0,46
S6 - Big Data/AI	10	10	5	0,80	0,58
S7 - Piattaforma SC integrata	2	12	11	1,36	0,41
S8 - Digital Product Passport	5	16	4	0,96	0,37

Tabella 4.1 - Distribuzione dei punteggi per indicatore Smart

4.1.2 Distribuzione del Sustainable Score: media, varianza e indicatori più diffusi

Il Sustainable Score presenta una media di 11,64 punti su 16, una mediana di 12,0 e una deviazione standard di 3,08, sensibilmente più contenuta in termini relativi rispetto a quella dello Smart Score. Il punteggio minimo è 3 e il massimo è 16 (il valore massimo teorico, raggiunto da Lenzing Group), per un range di 13 punti. La distribuzione, riportata nel pannello destro della *Figura 4.1*, risulta marcatamente asimmetrica verso i valori alti: 19 aziende su 25 (il 76% del campione) si collocano nell'intervallo 11-16, con un addensamento massimo in corrispondenza del valore 14 (5 aziende). Il valore minimo, pari a 3, è un'osservazione isolata e corrisponde ad Aura Blockchain, l'unica azienda del campione il cui profilo combina un punteggio di sostenibilità estremamente basso con un punteggio digitale tra i più elevati.

Anche per il blocco Sustainable la variabilità tra indicatori non è uniforme, ma con un pattern opposto a quello osservato per gli indicatori Smart: gli indicatori a varianza più bassa sono anche quelli a

media più alta, e rappresentano pratiche ormai largamente diffuse nel campione. T7 (Design per la circolarità) presenta la varianza minima dell'intera matrice (0,19) e la media più elevata (1,88 su 2): 23 aziende su 25 ottengono il punteggio massimo. Seguono T5 (Approvvigionamento responsabile) con media 1,80 e varianza 0,25 (21 aziende su 25 a punteggio 2) e T2 (Gestione dei processi chiusi/idrici) con media 1,76 e varianza 0,27 (20 aziende su 25 a punteggio 2). All'estremo opposto si trova T6 (Energia rinnovabile), l'indicatore Sustainable a varianza più elevata (0,67) e a media più contenuta (1,00), con una distribuzione quasi equamente ripartita tra i tre livelli di punteggio (8 aziende a 0, 9 a 1, 8 a 2): si tratta dell'indicatore che più differenzia le aziende all'interno della dimensione Sustainable. Un caso particolare è rappresentato da T4 (SBTi verificati), che presenta la media più bassa in assoluto tra tutti i 16 indicatori della matrice (0,28): 20 aziende su 25 non hanno ancora ottenuto una verifica SBTi dei propri obiettivi climatici, a indicare che, a fronte di una diffusione ampia delle pratiche di circolarità e approvvigionamento responsabile, la formalizzazione e la verifica esterna degli obiettivi di decarbonizzazione restano un passaggio compiuto da una minoranza del campione. La Tabella 4.2 riporta la distribuzione completa per gli indicatori Sustainable.

Indicatore	Punt. 0	Punt. 1	Punt. 2	Media	Varianza
T1 - Materiali circolari	2	3	20	1,72	0,38
T2 - Processi chiusi/gestione idrica	1	4	20	1,76	0,27
T3 - Certificazioni	2	5	18	1,64	0,41
T4 - SBTi verificati	20	3	2	0,28	0,38
T5 - Approvvigionamento responsabile	1	3	21	1,80	0,25
T6 - Energia rinnovabile	8	9	8	1,00	0,67
T7 - Design per la circolarità	1	1	23	1,88	0,19
T8 - Benessere lavoratori	2	7	16	1,56	0,42

Tabella 4.2 - Distribuzione dei punteggi per indicatore Sustainable

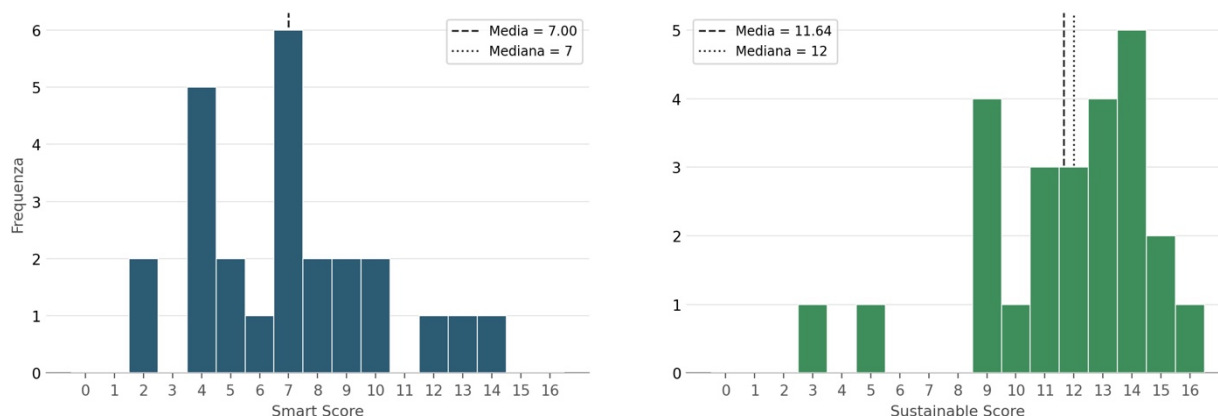


Figura 4.1 - Distribuzione di Smart e Sustainable Score

4.1.3 L'asimmetria strutturale tra le due dimensioni

Il confronto diretto tra le due distribuzioni, riassunto nella Tabella 4.3, evidenzia un divario medio di 4,64 punti a favore della dimensione Sustainable (11,64 contro 7,00), corrispondente a circa un quarto dell'intera scala [0, 16]. Lo stesso divario si osserva, in misura quasi identica, confrontando le mediane (12,0 contro 7,0).

Statistica	Smart Score	Sustainable Score
Media	7,00	11,64
Mediana	7,0	12,0
Deviazione standard	3,18	3,08
Minimo	2	3
Massimo	14	16
Range	12	13

Tabella 4.3 - statistiche descrittive di Smart Score e Sustainable Score (n=25)

Come discusso nel Capitolo 3 (sezione 3.5.1), le due scale sono costruite in modo strutturalmente simmetrico: entrambe risultano dalla somma di otto indicatori ordinali con la stessa rubrica di codifica 0-1-2, sullo stesso intervallo [0, 16], e a ciascun indicatore è attribuito lo stesso peso implicito all'interno del proprio score. La simmetria costruttiva delle due scale implica che il divario osservato non possa essere ricondotto a un artefatto della procedura di misurazione, ma rappresenti un risultato

empirico a tutti gli effetti: nel campione analizzato, la maturità sostenibile delle aziende della filiera B2B del lusso europeo si attesta, in media, su un livello sistematicamente più avanzato rispetto alla maturità digitale.

Questa asimmetria strutturale costituisce uno dei risultati empirici più rilevanti dell'intera analisi. Una possibile lettura riconduce questo pattern alla diversa maturità dei due quadri di riferimento esterni rispetto al campione: gli obblighi normativi europei in materia di sostenibilità (CSRD/ESRS, EU Textile Strategy, e i relativi standard di settore come GRS, GOTS e bluesign) sono in vigore o in fase di applicazione già da alcuni anni, mentre gli strumenti normativi a maggiore componente digitale (come ad esempio il Digital Product Passport previsto dall'ESPR) sono ancora in fase di definizione tecnica. Va tuttavia osservato, in un'ottica di cautela interpretativa, che l'asimmetria non è uniforme nel campione: come emergerà nella sezione 4.2, essa è particolarmente marcata nei cluster Hybrid e Sustainability-Driven, mentre si inverte, con segno negativo, nel cluster Technology-Driven, la cui composizione e le cui implicazioni sono discusse nella sezione 4.2.2.

4.2 La relazione tra maturità digitale e maturità sostenibile

La prima research question riguarda l'esistenza, a livello di campione, di un'associazione tra maturità digitale, (Smart Score) e maturità sostenibile (Sustainable Score). La sezione 4.1 ha mostrato che le due dimensioni presentano, in media, livelli sistematicamente differenti (asimmetria strutturale); questa sezione affronta la questione distinta, e logicamente successiva, di come le due dimensioni si relazionino nei profili emersi dall'analisi.

Come illustrato nel Capitolo 3, l'applicazione della cluster analysis gerarchica con metodo di Ward, su dati standardizzati e distanza euclidea, individua in $k = 3$ il numero ottimale di cluster, sulla base della convergenza tra l'analisi visiva del dendrogramma e i tre indici di validità interna. I tre cluster ricevono un'etichettatura teorica in base alla posizione dei rispettivi centroidi nello spazio Smart-Sustainable: **Technology-Driven** (Smart elevato, Sustainable basso), **Hybrid** (Smart e Sustainable entrambi medio-alti) e **Sustainability-Driven** (Smart basso, Sustainable medio-alto). La Tabella 4.4 ne riassume le caratteristiche principali, mentre la Figura 4.2 ne mostra la collocazione nello scatter plot bidimensionale.

Cluster	n	Smart medio (std)	Sustainable medio (std)	Divario Sus - Smart
Technology-Driven	3	13,00 (1,00)	5,67 (3,06)	-7,33

Cluster	n	Smart medio (std)	Sustainable medio (std)	Divario Sus - Smart
Hybrid	12	8,00 (1,21)	13,75 (1,29)	+5,75
Sustainability-Driven	10	4,00 (1,25)	10,90 (1,66)	+6,90

Tabella 4.4 - Profilo dei tre cluster empirici (n=25)

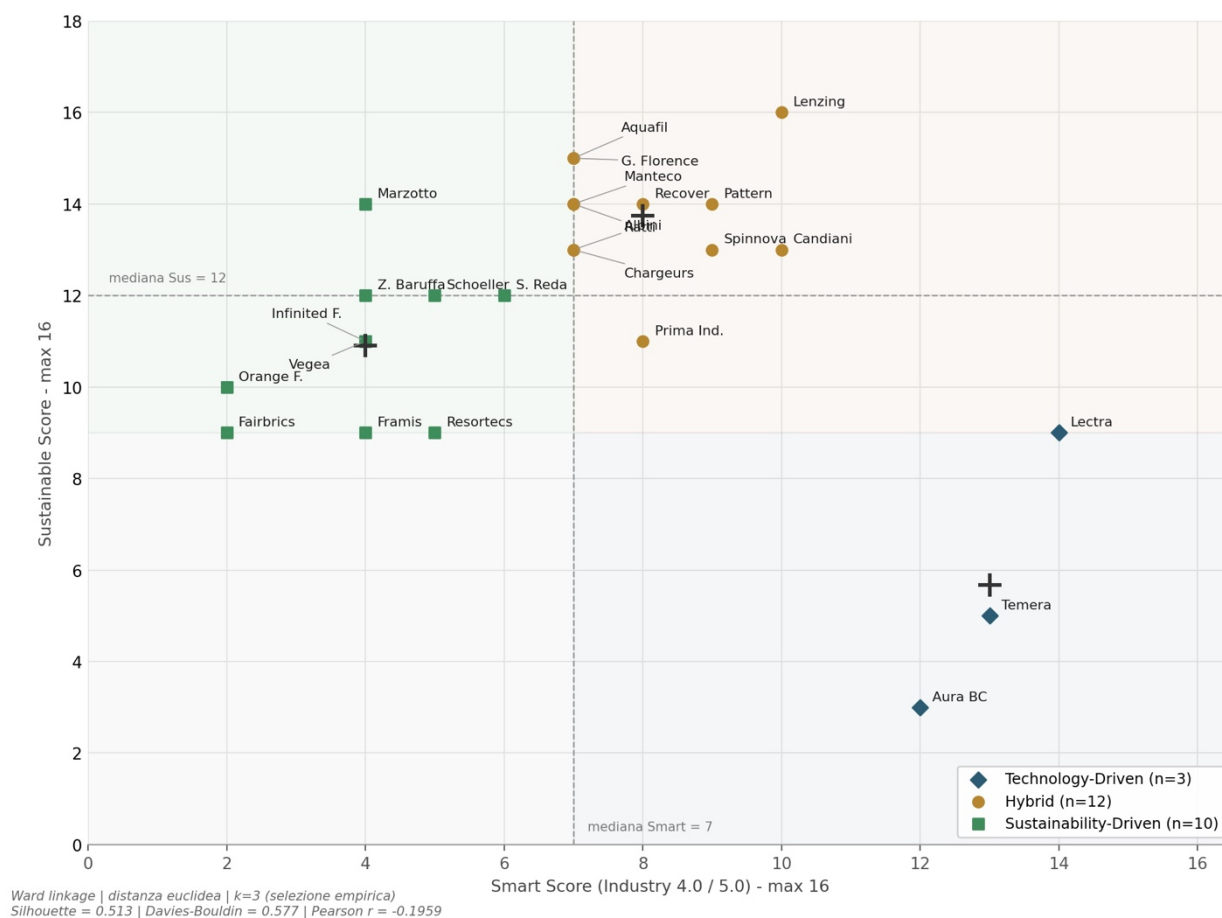


Figura 4.2 - Smart-Sustainable Matrix: posizionamento delle 25 aziende e dei tre cluster

Un primo elemento che emerge dalla Tabella 4.4 è che il cluster Hybrid presenta il punteggio medio di sostenibilità più elevato dei tre, non il Sustainability-Driven (13,75 contro 10,90). Il nome “Sustainability-Driven” attribuito al terzo cluster va dunque inteso in senso relativo, come descrizione del profilo interno del cluster, caratterizzato da uno scarto ampio e a favore della componente Sustainable rispetto alla componente Smart, e non come indicazione di un primato assoluto nella maturità sostenibile del campione. Questo punto è approfondito nelle sezioni 4.2.2 e 4.2.3.

Prima di esaminare nel dettaglio i tre cluster nelle sezioni 4.2.2-4.2.5, vale la pena segnalare un elemento che emerge dal confronto tra il quadro teorico a quattro quadranti del Capitolo 3 e la cluster

analysis empirica: nessuno dei tre cluster individuati corrisponde al quarto profilo teorico ipotizzato, a bassa maturità su entrambe le dimensioni (“Laggard”). Si tratta di un’assenza non scontata, le cui possibili letture sono discusse in modo specifico, alla luce dei punteggi delle singole aziende nei tre cluster, nella sezione 4.2.6.

4.2.1 Analisi della correlazione Smart Score-Sustainable Score nel campione

Sul campione completo ($n=25$), il coefficiente di correlazione di Pearson tra Smart Score e Sustainable Score è pari a $r = -0,1959$ ($p = 0,3479$): un valore debolmente negativo e statisticamente non significativo. Preso isolatamente, questo risultato suggerirebbe l’assenza di un’associazione lineare tra le due dimensioni, o persino una leggera relazione inversa. Tuttavia, il pannello sinistro della Figura 4.3 mostra che questo coefficiente è fortemente influenzato dalla posizione delle tre aziende del cluster Technology-Driven, che si collocano nell’angolo in basso a destra del grafico (Smart elevato, Sustainable basso) e tirano la retta di regressione verso il basso.

Escludendo le tre aziende Technology-Driven ($n=22$), il coefficiente di correlazione cambia segno e diventa $r = 0,6930$ ($p = 0,0003$): una correlazione positiva, di intensità elevata e statisticamente significativa a un livello di confidenza ben superiore al 99%. Il pannello destro della Figura 4.3 mostra come, all’interno di questo sotto-campione, le aziende si distribuiscano lungo una traiettoria coerente in cui punteggi Smart più elevati si associano, in media, a punteggi Sustainable più elevati.

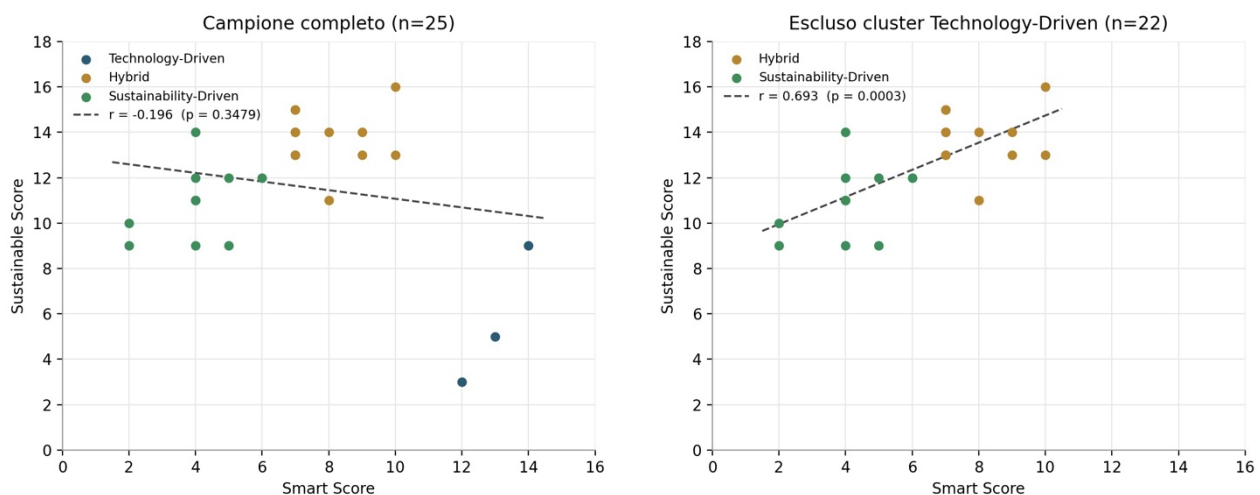


Figura 4.3 - Correlazione tra Smart Score e Sustainable Score: campione completo ($n=25$, sinistra) ed escluso il cluster Technology-Driven ($n=22$, destra)

Sul campione completo non emerge un’associazione lineare significativa tra le due dimensioni; questo risultato, tuttavia, è prodotto in misura determinante dall’effetto leva (leverage) esercitato da un sottogruppo di soli tre casi con un profilo strutturalmente opposto a quello del resto del campione.

Una volta isolato questo sottogruppo, la relazione tra le due dimensioni nel restante 88% del campione è positiva, forte e statisticamente significativa. Le tre sezioni seguenti approfondiscono separatamente i tre pattern che, nel loro insieme, compongono questo quadro.

Questo risultato, per quanto nitido, va letto con una cautela statistica che è opportuno rendere esplicita. Il coefficiente $r = 0,6930$ calcolato sul sottocampione di 22 aziende è comunque ottenuto escludendo a posteriori un sottogruppo di soli tre casi individuato sulla base della stessa cluster analysis che si intende poi interpretare alla luce di questo coefficiente: si tratta di una procedura che, se da un lato è giustificata dalla necessità di isolare l'effetto leva, dall'altro introduce un margine di circolarità tra la fase di clustering e la fase di verifica della correlazione, e non equivale a una conferma indipendente della relazione su un campione esterno. I risultati presentati in questa sezione vanno dunque considerati come descrittivi ed esplorativi, utili a caratterizzare il campione analizzato, più che come stime robuste generalizzabili a un universo più ampio di aziende della filiera B2B del lusso.

4.2.2 Cluster Technology-Driven: profilo e collocazione nello scatter plot

Il cluster Technology-Driven è composto da sole tre aziende, Temera, Lectra e Aura Blockchain Consortium, tutte appartenenti al segmento Tech provider/Machinery, ossia ad aziende il cui core business consiste nella fornitura di tecnologie digitali (software di progettazione, piattaforme di tracciabilità blockchain, sensoristica) al resto della filiera, piuttosto che nella produzione di materiali o capi finiti. Si tratta del cluster più piccolo e, sul piano dello Smart Score, il più omogeneo (deviazione standard 1,00 contro 1,21 e 1,25 degli altri due cluster), con punteggi compresi tra 12 e 14 su 16.

Il profilo per indicatore, riportato nella Figura 4.3, mostra una saturazione quasi completa su S2 (Digital Twin), S3 (Blockchain/SC), S6 (Big Data/AI), S7 (Piattaforma SC integrata) e S8 (Digital Product Passport), tutti a punteggio medio 2,00: si tratta, in larga misura, delle stesse tecnologie che queste aziende sviluppano e commercializzano per conto terzi, e che dunque adottano internamente quasi per definizione. Fa eccezione S5 (Automazione), su cui il cluster Technology-Driven registra il punteggio medio più basso tra i tre cluster (0,67): le aziende di questo segmento, operando prevalentemente nello sviluppo software o nella fornitura di tecnologie a basso volume produttivo proprio, mostrano un livello di automazione dei processi interni inferiore a quello delle aziende manifatturiere vere e proprie.

Sul lato Sustainable, il cluster presenta il punteggio medio più basso dei tre (5,67) ma con un'eterogeneità interna non trascurabile (deviazione standard 3,06, la più elevata tra i tre cluster):

Lectra raggiunge un punteggio di 9 su 16, sensibilmente superiore a quello di Temera (5) e di Aura Blockchain Consortium (3). A livello di indicatore, anche il cluster Technology-Driven presenta un punteggio relativamente elevato su T7 (Design per la circolarità, media 1,67), in linea con la diffusione generale di questo indicatore nel campione, mentre risulta sistematicamente basso su T1 (Materiali circolari), T3 (Certificazioni), T4 (SBTi) e T6 (Energia rinnovabile), tutti a media 0,33.

4.2.3 Cluster Sustainability-Driven: profilo e collocazione nello scatter plot

Il cluster Sustainability-Driven è il secondo per numerosità (n=10) e comprende Framis Italia, Schoeller Textil, Successori Reda, Infinited Fiber, Orange Fiber, Vegea, Fairbrics, Resortecs, Marzotto Group e Zegna Baruffa. Si tratta del cluster con il divario relativo più ampio tra le due dimensioni (+6,90 punti, contro +5,75 dell'Hybrid e -7,33 del Technology-Driven), risultante dalla combinazione del punteggio Smart più basso dei tre cluster (4,00) con un punteggio Sustainable intermedio (10,90).

Sul piano compositivo, il cluster è costituito in misura prevalente da aziende del segmento Next-gen/Bio-materiali (cinque delle dieci aziende: Infinited Fiber, Orange Fiber, Vegea, Fairbrics, Resortecs), tipicamente startup o scale-up di piccole e micro dimensioni il cui modello di business si fonda sulla sostituzione di materiali convenzionali con alternative a minore impatto (fibre rigenerate, cuoio vegetale, materiali da scarti agricoli), e da un secondo gruppo di aziende più tradizionali del segmento Tessuto/Filatura (Schoeller Textil, Successori Reda, Marzotto Group, Zegna Baruffa) con una storia operativa più lunga ma un grado di digitalizzazione contenuto.

Il profilo per indicatore (Figura 4.3) mostra valori particolarmente elevati su T7 (Design per la circolarità, media 2,00, il valore massimo) e su T1 e T5 (entrambi a 1,80): la proposta di valore di queste aziende è sostenibilità e circolarità in senso stretto, spesso come elemento distintivo del prodotto stesso piuttosto che come pratica accessoria. Sul lato Smart il cluster registra valori nulli su S2 (Digital Twin) e S6 (Big Data/AI), le due tecnologie più “avanzate” del blocco Smart, e un valore contenuto su S4 (RFID/NFC, 0,10), mentre S5 (Automazione, 1,20) e S1 (IoT, 1,00) mostrano una diffusione di base non trascurabile anche in questo cluster. Anche sul lato Sustainable, tuttavia, il cluster non è uniformemente avanzato: T4 (SBTi verificati) si attesta a 0,00, il valore più basso tra i tre cluster, e T6 (Energia rinnovabile) a 0,50, indicando che la sostenibilità “di prodotto” (materiali, design circolare) non si accompagna necessariamente, in queste aziende, a una sostenibilità “di processo” pienamente verificata sul piano energetico e degli obiettivi climatici.

Questi risultati stabiliscono che è possibile, nel contesto della filiera del lusso europeo, raggiungere un livello di maturità sostenibile pari o superiore alla mediana campionaria con un livello di maturità

digitale ben inferiore alla mediana, suggerendo che le due traiettorie non sono necessariamente sequenziali nella direzione “digitale prima, sostenibile dopo”, quanto piuttosto, almeno per un sottoinsieme non marginale del campione (10 aziende su 25), nella direzione opposta.

4.2.4 Cluster Hybrid: profilo e collocazione nello scatter plot

Il cluster Hybrid è il più numeroso (n=12) e comprende Prima Industrie, Lenzing Group, Aquafil, Candiani Denim, Manteco, Albini Group, Spinnova, Recover, Ratti Group, Gruppo Florence, Pattern Group e Chargeurs PCC. Come anticipato nella sezione 4.2, è questo il cluster con il punteggio Sustainable medio più elevato in assoluto (13,75), oltre a un punteggio Smart medio (8,00) leggermente superiore alla mediana campionaria (7,00): il divario medio tra i due score (+5,75) è inferiore a quello del cluster Sustainability-Driven, ma in termini assoluti il cluster Hybrid combina i livelli più alti su entrambe le dimensioni contemporaneamente.

Il profilo per indicatore (Figura 4.3) mostra punteggi saturati (media 2,00) su T1 (Materiali circolari), T5 (Approvvigionamento responsabile) e T8 (Benessere lavoratori), e il valore più alto tra i tre cluster su S7 (Piattaforma SC integrata, 1,67) e su S1 (IoT, 1,33): si tratta del cluster in cui le due dimensioni della twin transition risultano complessivamente più compresenti. Tuttavia, la deviazione standard dello Smart Score all'interno del cluster (1,21) non è trascurabile, segnala una variabilità interna che la sola media non rende visibile: i punteggi Smart dei dodici componenti del cluster vanno infatti da 7 a 10.

4.2.5 Eterogeneità interna del cluster Hybrid: i due sotto-profilo

Per esplorare l'eterogeneità interna del cluster Hybrid si è adottata una suddivisione descrittiva basata sul punteggio Smart, utilizzando come soglia il valore 8 (il punteggio medio del cluster). Ne risultano due sottogruppi e un'osservazione di confine, riassunti nella Tabella 4.5.

Sotto-profilo	n	Aziende	Smart medio	Sustainable medio
Hybrid avanzato (Smart $\geq$ 8 e Sus $\geq$ 13)	5	Lenzing Group, Candiani Denim, Spinnova, Recover, Pattern Group	9,20	14,00
Hybrid sostenibilità-first (Smart < 8)	6	Aquafil, Manteco, Albini Group, Ratti Group, Gruppo Florence, Chargeurs PCC	7,00	14,00

Sotto-profilo	n	Aziende	Smart medio	Sustainable medio
Caso di confine	1	Prima Industrie	8,00	11,00

Tabella 4.5 - Sotto-profilo del cluster Hybrid (n=12)

Il dato più rilevante che emerge dal confronto tra i due sotto-profilo è che entrambi convergono esattamente sullo stesso punteggio Sustainable medio (14,00), pur differenziandosi in modo netto sul piano dello Smart Score (9,20 contro 7,00, con il sotto-profilo sostenibilità-first che presenta peraltro un punteggio Smart identico, pari a 7, per tutte e sei le aziende che lo compongono). In altri termini, all'interno del cluster Hybrid la maturità sostenibile appare relativamente omogenea e già prossima al proprio livello massimo, mentre la dimensione lungo la quale le aziende del cluster si differenziano è quella digitale. Questo risultato suggerisce una lettura più cauta dell'etichetta "Hybrid" rispetto a una co-evoluzione bilanciata e simmetrica delle due dimensioni a livello di singola azienda: per sei delle dodici aziende del cluster, l'appartenenza al gruppo Hybrid sembra derivare principalmente da un livello di maturità sostenibile già elevato (analogo a quello del sotto-profilo avanzato) accompagnato da una maturità digitale più contenuta, piuttosto che da un avanzamento equilibrato su entrambi i fronti. Solo il sotto-profilo "avanzato" (5 aziende su 25, il 20% del campione) rappresenta empiricamente una condizione di co-evoluzione bilanciata ad alta intensità su entrambe le dimensioni.

Il caso di Prima Industrie (Smart=8, Sus=11) è trattato separatamente in quanto, pur soddisfacendo la soglia sullo Smart Score, presenta un Sustainable Score inferiore alla mediana campionaria (12): si tratta dell'unica azienda del cluster Hybrid il cui punteggio Sustainable è inferiore a quello di entrambi i sotto-profilo appena descritti, collocandosi in una posizione di confine sia rispetto al cluster Hybrid sia, nello spazio Smart-Sustainable, rispetto al quadrante a bassa sostenibilità occupato dal cluster Technology-Driven (Figura 4.2).

4.2.6 L'assenza empirica del cluster Laggard

Il quadro teorico a quattro quadranti presentato nel Capitolo 3 (sezione 3.4.2), basato sulla suddivisione mediana dello scatter plot (mediana Smart = 7; mediana Sustainable = 12), prevede un quarto profilo, il quadrante a bassa maturità su entrambe le dimensioni, indicato come potenziale "Laggard", che la cluster analysis a tre gruppi non isola come cluster distinto. È utile chiedersi se questa assenza rifletta semplicemente l'accorpamento del quadrante Laggard all'interno di un cluster più ampio, oppure una sua effettiva assenza empirica nel campione.

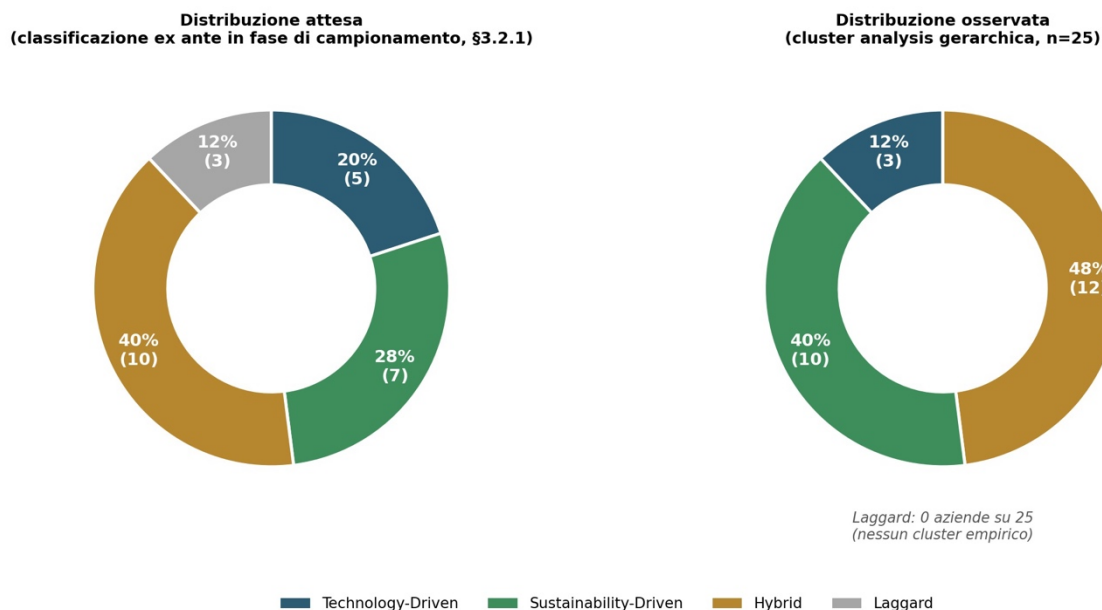


Figura 4.4 – Distribuzione attesa e osservata del campione

In termini di posizionamento relativo rispetto alle mediane, sei aziende del campione (Framis Italia, Infinited Fiber, Orange Fiber, Vegea, Fairbrics e Resortecs) si collocano effettivamente nel quadrante Smart < 7 e Sustainable < 12, e tutte appartengono al cluster Sustainability-Driven. Tuttavia, se si osservano i punteggi Sustainable di queste sei aziende in termini assoluti, e non relativi alla mediana campionaria, essi si collocano in un intervallo compreso tra 9 e 11 su 16, ossia tra il 56% e il 69% del punteggio massimo teorico. Il punteggio Sustainable minimo dell'intero campione (3 su 16, il 19% del massimo) appartiene invece ad Aura Blockchain, un'azienda con Smart Score elevato (12): nessuna azienda del campione combina un punteggio Sustainable prossimo al minimo teorico con un punteggio Smart altrettanto basso.

In altri termini, un quadrante “basso-basso” definito in senso relativo (rispetto alle mediane campionarie) esiste ed è popolato, ma un profilo “Laggard” definito in senso assoluto, ossia un'azienda con punteggi prossimi allo zero su entrambe le dimensioni, non è presente nel campione analizzato. Le sei aziende del quadrante basso-basso relativo mantengono, sul lato Sustainable, un livello che si potrebbe definire un “pavimento” di sostenibilità di poco inferiore alla mediana, ma comunque pari a oltre la metà della scala disponibile. Una possibile spiegazione potrebbe riguardare la pressione normativa europea sulla sostenibilità della filiera tessile, in vigore, a vari livelli di coerenza, per tutte le aziende del campione indipendentemente dalla loro dimensione o dal loro grado di digitalizzazione, che avrebbe prodotto un effetto di livellamento verso l'alto (“floor” normativo) che rende statisticamente improbabile, in questo specifico segmento e in questo specifico momento storico, l'emergere di un profilo aziendale a bassa sostenibilità in termini assoluti. Tuttavia, è

opportuno segnalare, a titolo di cautela metodologica, che questa lettura rimane un'interpretazione dei dati piuttosto che una conclusione direttamente testata: il campione di 25 aziende è stato costruito, come indicato nel Capitolo 3, garantendo varianza sui profili attesi di twin transition, e non si può escludere che la composizione del campione stesso, orientata a aziende già attive sul fronte della sostenibilità o della digitalizzazione, contribuisca, insieme alla pressione normativa, all'assenza empirica di un profilo Laggard in senso assoluto.

4.3 Tecnologie digitali e associazione con la maturità sostenibile

La seconda research question riguarda l'esistenza di un'associazione tra l'adozione di singole tecnologie digitali (gli otto indicatori S1-S8) e il livello complessivo di maturità sostenibile (Sustainable Score), al fine di verificare se alcune tecnologie risultino più strettamente correlate alla sostenibilità rispetto ad altre. La Tabella 4.6 riporta, per ciascun indicatore Smart, il coefficiente di correlazione di Pearson con il Sustainable Score e il relativo livello di significatività, calcolati sul campione completo (n=25).

Indicatore	r (Sustainable Score)	p-value	Significatività
S1 - IoT	0,3038	0,1398	non significativa
S2 - Digital Twin	-0,3506	0,0858	marginale ($p < 0,10$)
S3 - Blockchain/SC	-0,2544	0,2198	non significativa
S4 - RFID/NFC	-0,5175	0,0081	significativa ($p < 0,01$)
S5 - Automazione	0,3095	0,1322	non significativa
S6 - Big Data/AI	-0,1381	0,5102	non significativa
S7 - Piattaforma SC integrata	0,1536	0,4636	non significativa
S8 - Digital Product Passport	-0,2957	0,1512	non significativa

Tabella 4.6 - Correlazione tra indicatori Smart (S1-S8) e Sustainable Score (n=25)

Dalla Tabella 4.6 emerge un quadro caratterizzato da associazioni deboli: su otto indicatori, sette presentano un coefficiente di correlazione non significativo al livello convenzionale ($p < 0,05$) e solo uno, S4 (RFID/NFC), raggiunge la significatività statistica, con segno negativo ($r = -0,5175, p =$

0,0081). Questo risultato non indica, nel suo complesso, che l'adozione di tecnologie digitali specifiche sia un buon predittore della maturità sostenibile delle aziende del campione. Le sottosezioni seguenti esaminano gli indicatori, presentando sia i risultati a livello di campione sia, dove rilevante, pattern descrittivi.

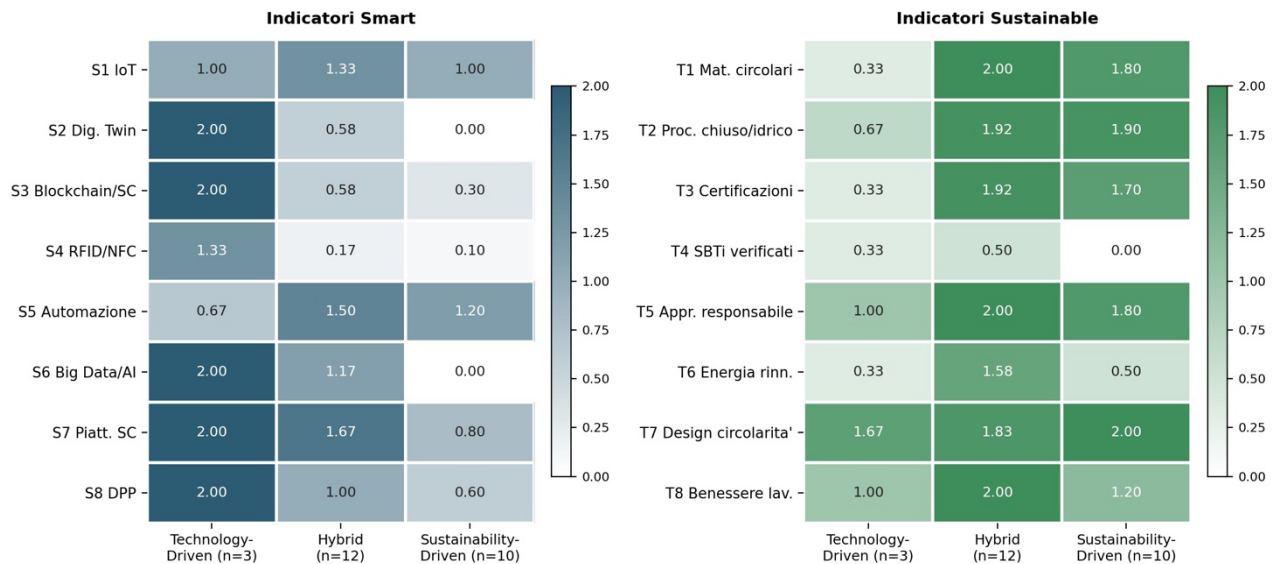


Figura 4.5 - Punteggio medio di ciascun indicatore Smart (sinistra) e Sustainable (destra) per cluster, su scala 0-2

4.3.1 Blockchain e tracciabilità di filiera (S3)

A livello di campione completo, l'indicatore S3 (Blockchain/SC) presenta una correlazione debole e negativa con il Sustainable Score ($r = -0,2544, p = 0,2198$), non significativa. Questo risultato è in larga misura riconducibile al cluster Technology-Driven: le tre aziende di questo cluster presentano il punteggio S3 massimo (media 2,00) ma il Sustainable Score più basso del campione, generando un effetto di leva che spinge il coefficiente verso valori negativi.

All'interno del cluster Hybrid, tuttavia, le due aziende con punteggio S3 massimo, Lenzing Group e Candiani Denim, presentano un Sustainable Score medio di 14,50, contro 13,60 delle restanti dieci aziende del cluster con punteggio S3 pari a 0 o 1, per uno scarto descrittivo di +0,90 punti. Entrambe integrano la blockchain in sistemi di tracciabilità delle fibre, in cui la tecnologia documenta impegni di sostenibilità già operativi, senza costituirne la causa. La blockchain, in questi casi, non genera maturità sostenibile: la rende visibile e verificabile per interlocutori esterni

Nel complesso, i dati a disposizione non permettono di affermare che la blockchain e la tracciabilità di filiera siano, nel campione analizzato, l'indicatore digitale più associato alla sostenibilità: l'associazione a livello di campione è debole e di segno negativo, e l'unico elemento a supporto di

una relazione positiva è uno scarto descrittivo di entità modesta all'interno di un singolo cluster, basato su due sole osservazioni.

4.3.2 Digital Product Passport (S8)

Il Digital Product Passport (DPP), introdotto dall'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) come strumento destinato a integrare informazioni su materiali, processi produttivi e impatti ambientali dei prodotti, presenta nel campione un punteggio medio ancora basso (0,96 su 2): solo 4 aziende su 25 ottengono il punteggio massimo, tra cui le tre Technology-Driven, mentre 5 aziende non presentano alcuna evidenza di adozione.

La correlazione tra S8 e il Sustainable Score è debole e di segno negativo ($r = -0,2957, p = 0,1512$), non significativa. All'interno del cluster Hybrid, l'unica azienda con punteggio S8 massimo è Candiani Denim, con un Sustainable Score di 13, inferiore alla media delle restanti undici aziende del cluster (13,82): lo scarto descrittivo, in questo caso, è negativo (-0,82 punti).

Al momento della rilevazione, l'obbligo di DPP introdotto dall'ESPR si trovava in una fase di definizione tecnica iniziale, l'adozione nel campione risulta determinata principalmente da posizionamento competitivo e partecipazione a progetti pilota di settore piuttosto che da un livello di maturità sostenibile già consolidato. L'assenza di correlazione significativa non è, qui, evidenza di indipendenza tra le due dimensioni: è il segnale che la convergenza normativa descritta dalla letteratura non si è ancora tradotta in un pattern empirico osservabile nel campione. Con l'entrata a regime degli obblighi ESPR, ci si può aspettare che questa relazione si strutturi, tuttavia i dati attuali non lo mostrano.

4.3.3 Piattaforma di supply chain integrata (S7)

L'indicatore S7 (Piattaforma SC integrata) è, tra gli otto indicatori Smart, quello con la media campionaria più elevata (1,36 su 2) e tra quelli con la varianza più contenuta (0,41): solo due aziende su 25 non presentano alcuna evidenza di adozione, a indicare una diffusione già ampia di soluzioni di integrazione informativa di filiera nel campione.

A livello di campione completo, la correlazione tra S7 e il Sustainable Score è debolmente positiva ($r = 0,1536, p = 0,4636$), ma non significativa. All'interno del cluster Hybrid, tuttavia, le otto aziende con punteggio S7 massimo (Lenzing Group, Aquafil, Candiani Denim, Manteco, Albini Group, Recover, Ratti Group, Gruppo Florence) presentano un Sustainable Score medio di 14,25, contro 12,75 delle restanti quattro aziende del cluster con punteggio S7 pari a 1 (Prima Industrie, Spinnova, Pattern Group, Chargeurs PCC), per uno scarto descrittivo di +1,50 punti: il più ampio tra gli indicatori esaminati.

Si tratta, tuttavia, di confronto descrittivo, non di test di significatività. L'interpretazione più plausibile è che l'integrazione informativa di filiera, ovvero la condivisione strutturata di dati su materiali, processi e fornitori, rappresenti una preconditione organizzativa per pratiche di sostenibilità che richiedono visibilità sui livelli upstream della catena: la tracciabilità dei materiali (T1) e la verifica delle certificazioni dei fornitori (T3) dipendono, operativamente, dall'esistenza di canali di scambio dati che una piattaforma integrata abilita.

4.3.4 IoT, automazione e Big Data (S1, S5, S6)

I tre indicatori S1 (IoT), S5 (Automazione) e S6 (Big Data/AI) presentano tutti correlazioni con il Sustainable Score non significative al livello convenzionale: S1 $r = 0,3038$ ($p = 0,1398$), S5 $r = 0,3095$ ($p = 0,1322$), entrambe debolmente positive, e S6 $r = -0,1381$ ($p = 0,5102$), debolmente negativa, nessuna delle tre raggiunge la soglia $p < 0,05$.

Il profilo per cluster di S6 (Big Data/AI) è il più polarizzato dei tre: media 2,00 nel cluster Technology-Driven, 1,17 nel cluster Hybrid e 0,00 nel cluster Sustainability-Driven, un gradiente che ricalca più la distribuzione generale della maturità digitale tra i cluster che una relazione specifica con la sostenibilità. Il caso di S5 (Automazione) è in parte controintuitivo: il cluster Technology-Driven, che presenta i punteggi più elevati su quasi tutti gli altri indicatori Smart, registra su S5 il valore medio più basso dei tre cluster (0,67), inferiore sia a quello del cluster Hybrid (1,50) sia a quello del cluster Sustainability-Driven (1,20): l'automazione dei processi produttivi propri è, evidentemente, meno rilevante per aziende il cui core business è lo sviluppo di tecnologia per conto terzi.

Nel complesso, l'etichetta "impatto neutro" appare empiricamente fondata, nessuno dei tre indicatori presenta un'associazione lineare statisticamente significativa con il Sustainable Score nel campione analizzato. Questo non implica che IoT, automazione e Big Data siano irrilevanti per la sostenibilità delle aziende della filiera, ad esempio, l'automazione e l'IoT possono contribuire all'efficienza energetica e idrica dei processi produttivi in modi che la matrice di indicatori utilizzata non cattura direttamente, ma indica che, sulla base dei soli punteggi aggregati S1, S5 e S6, non è possibile stabilire una relazione predittiva con il livello di maturità sostenibile complessiva.

4.3.5 Digital Twin (S2)

L'indicatore S2 (Digital Twin) presenta uno dei coefficienti di correlazione con il Sustainable Score più elevato in valore assoluto ($r = -0,3506$, $p = 0,0858$): un valore negativo, marginalmente non significativo al livello convenzionale ($0,05 < p < 0,10$), che lo collocherebbe, qualora il campione fosse più ampio, tra i candidati più prossimi alla significatività statistica.

Il profilo per cluster è il più netto di tutta la matrice: media 2,00 nel cluster Technology-Driven, 0,58 nel cluster Hybrid e 0,00 nel cluster Sustainability-Driven. A livello di distribuzione, 17 aziende su 25 ottengono punteggio 0 su questo indicatore, e le 5 aziende con punteggio massimo (2) appartengono in larga parte al cluster Technology-Driven. Il Digital Twin è una tecnologia ad alta intensità di investimento, concentrata nelle aziende a più elevata maturità digitale generale, che nel campione coincidono in larga parte con il cluster a più bassa sostenibilità.

Su questo indicatore emerge tuttavia un limite specifico dei dati quantitativi a disposizione, che vale la pena rendere esplicito. Il punteggio S2 registra se un'azienda utilizza tecnologie di gemello digitale, ma non distingue tra finalità di utilizzo profondamente diverse: un digital twin può essere impiegato per ottimizzare la resa produttiva e i tempi di set-up di una linea (uso orientato all'efficienza produttiva in senso stretto), oppure per simulare l'impatto ambientale di un processo, di un materiale o di una scelta di design prima della sua implementazione fisica (uso orientato alla sostenibilità, ad esempio nella valutazione preventiva di scenari di economia circolare). I dati aggregati della Smart-Sustainable Matrix non permettono di distinguere queste due finalità, e di conseguenza non permettono di stabilire se la correlazione negativa osservata rifletta un'assenza di applicazioni del digital twin orientate alla sostenibilità, oppure semplicemente la concentrazione dell'indicatore in un cluster a bassa sostenibilità per ragioni indipendenti dall'uso specifico della tecnologia.

4.3.6 RFID/NFC (S4)

L'indicatore S4 (RFID/NFC) presenta la correlazione con il Sustainable Score più elevata in valore assoluto tra tutti gli otto indicatori Smart ($r = -0,5175, p = 0,0081$), ed è l'unico a raggiungere la significatività statistica convenzionale ($p < 0,01$). Il segno è negativo: nel campione analizzato, le aziende con punteggi più elevati su S4 tendono ad avere punteggi Sustainable più bassi.

La distribuzione dei punteggi rende immediatamente leggibile il meccanismo sottostante: 20 aziende su 25 ottengono punteggio 0 su questo indicatore, mentre le 5 con punteggio 1 o 2 si concentrano prevalentemente nel cluster Technology-Driven (media 1,33), con valori contenutissimi nel Hybrid (0,17) e nel Sustainability-Driven (0,10). Il risultato è quindi, in larga misura, una conseguenza della stessa struttura già osservata per S2, S3 e S6: la concentrazione dell'indicatore nelle tre aziende Technology-Driven, che hanno il Sustainable Score più basso del campione, trascina il coefficiente verso valori negativi, indipendentemente da qualunque relazione causale tra RFID/NFC e sostenibilità.

Rispetto agli altri indicatori con segno negativo, tuttavia, S4 presenta una particolarità che vale la pena rendere esplicita: a differenza di S2 (Digital Twin) o S6 (Big Data/AI), tecnologie ad alta

intensità di sviluppo il cui uso è quasi per definizione concentrato nei tech provider, il tagging RFID e NFC è una tecnologia relativamente accessibile e a basso costo unitario, diffusa anche nei processi logistici e di autenticazione del prodotto finito nella moda di lusso (Akram et al., 2022). La sua quasi-assenza nei cluster Hybrid e Sustainability-Driven, manifattori di materiali e tessuti che potrebbero in linea teorica adottarla per la tracciabilità interna, non è quindi una conseguenza ovvia della specializzazione settoriale, come lo è invece per il Digital Twin. Una lettura plausibile è che l'adozione di RFID/NFC nei fornitori B2B sia storicamente guidata dalla domanda dei brand, implementata su richiesta del cliente finale per la tracciabilità del prodotto finito, non per iniziativa propria del fornitore, e che in assenza di tale richiesta esplicita resti al di fuori delle priorità di investimento, indipendentemente dal livello di maturità sostenibile dell'azienda.

In ogni caso, la correlazione negativa significativa di S4 non va interpretata come evidenza che l'identificazione digitale sia in conflitto con la sostenibilità, quanto piuttosto come riflesso della distribuzione del campione: con soli 5 aziende su punteggio positivo, concentrate in un cluster a bassa sostenibilità, il coefficiente non è robusto rispetto alla composizione del campione e difficilmente generalizzabile oltre il perimetro osservato.

4.4 Variazione dei profili per segmento, dimensione, fase del ciclo di vita

La terza research question riguarda la possibilità che il posizionamento delle aziende nello spazio Smart-Sustainable, e la relativa appartenenza ai tre cluster individuati nella sezione 4.2, varino in modo sistematico in funzione di caratteristiche strutturali delle aziende non direttamente incluse nella matrice degli indicatori: il segmento di filiera in cui operano, la loro dimensione e la fase del ciclo di vita. Le quattro sottosezioni seguenti esaminano ciascuna di queste dimensioni separatamente.

4.4.1 Risultati per segmento di filiera

La Tabella 4.7 riporta, per cinque segmenti di filiera individuati nel campione, il punteggio medio Smart e Sustainable e la composizione in termini di cluster di appartenenza.

Segmento	n	Smart medio	Sus medio	Divario Sus-Smart	Composizione per cluster
Tech Provider / Machinery	5	10,20	7,40	-2,80	3 Technology-Driven, 1 Hybrid, 1 Sustainability-Driven
Fibra e Filatura	3	7,00	14,33	+7,33	2 Hybrid, 1 Sustainability-Driven

Segmento	n	Smart medio	Sus medio	Divario Sus-Smart	Composizione per cluster
Tessuto e Finitura	7	6,57	13,14	+6,57	4 Hybrid, 3 Sustainability-Driven
Next-gen / Bio-materiali	7	4,86	11,00	+6,14	2 Hybrid, 5 Sustainability-Driven
Confezione e Manifattura	3	7,67	14,00	+6,33	3 Hybrid

Tabella 4.7 - Punteggi medi e composizione per cluster, per segmento di filiera

Il pattern più evidente che emerge dalla Tabella 4.7 è una relazione tra la posizione del segmento nella filiera e il profilo Smart-Sustainable delle aziende che lo compongono. Il segmento Tech Provider/Machinery, a monte della filiera in senso funzionale (fornisce tecnologie e macchinari al resto del sistema), presenta il punteggio Smart medio più elevato (10,20) e il punteggio Sustainable medio più basso (7,40), ed è il solo segmento in cui il cluster Technology-Driven è prevalente (3 aziende su 5). All'estremo opposto, il segmento Next-gen/Bio-materiali presenta il punteggio Smart medio più basso dell'intero campione (4,86) e una composizione a prevalenza Sustainability-Driven (5 aziende su 7).

Il segmento Tessuto e Finitura presenta una composizione per cluster relativamente equilibrata (4 Hybrid e 3 Sustainability-Driven), pur restando a prevalenza Hybrid. Questo equilibrio interno è coerente con il punteggio Sustainable medio del segmento (13,14), intermedio tra quello del cluster Hybrid (13,75) e quello del cluster Sustainability-Driven (10,90): il segmento Tessuto e Finitura non rappresenta, nel campione, un blocco omogeneo dal punto di vista del profilo di twin transition, ma una popolazione eterogenea in cui coesistono aziende con profili diversi pur condividendo la stessa posizione funzionale nella filiera.

I segmenti Fibra e Filatura e Confezione e Manifattura, sebbene numericamente piccoli (3 aziende ciascuno), presentano entrambi i punteggi Sustainable medi più elevati tra i cinque segmenti (14,33 e 14,00 rispettivamente) e una composizione interamente o quasi interamente Hybrid, confermando il pattern generale secondo cui i segmenti collocati nelle fasi intermedie della tendono a presentare i profili di sostenibilità più avanzati del campione, indipendentemente dal livello di digitalizzazione.

Una prima lettura, di tipo funzionale, riconduce la posizione di un segmento nello spazio Smart-Sustainable al ruolo che esso occupa nella catena del valore: i Tech Provider vendono digitalizzazione come prodotto, e la usano internamente quasi per definizione, ma non sono esposti in prima persona

alla pressione normativa e di mercato sulla sostenibilità dei materiali (CSRD, EU Textile Strategy) che grava invece sui segmenti a valle, produttori di fibre e tessuti. Una seconda lettura, di tipo dimensionale, osserva che il segmento Next-gen/Bio-materiali è anche, come emerge dalla sezione 4.4.2, il segmento a più alta concentrazione di aziende di piccola e micro dimensione: il suo basso punteggio Smart potrebbe riflettere un vincolo di risorse comune alle startup più che una caratteristica specifica del segmento in quanto tale. Le due letture non sono alternative: nel campione analizzato, l'appartenenza settoriale e la dimensione aziendale sono parzialmente sovrapposte, e i dati descrittivi qui presentati non permettono di isolare l'effetto specifico dell'una al netto dell'altra. Va aggiunto un terzo elemento, di natura più strategica: per le aziende Next-gen/Bio-materiali, la proposta di valore centrale è il materiale stesso (la fibra rigenerata, il cuoio vegetale), non il processo produttivo digitalizzato che lo genera; è plausibile che, a parità di risorse disponibili, queste aziende destinino la gran parte degli investimenti alla ricerca e sviluppo del materiale e alla sua certificazione, piuttosto che alla digitalizzazione dei processi interni, riflettendo una scelta di posizionamento competitivo oltre che un vincolo di risorse.

4.4.2 Risultati per dimensione aziendale

La Tabella 4.8 per classe dimensionale, secondo la classificazione adottata nel capitolo 3 (Tabella 3.3): Micro (meno di 10 dipendenti), Small (meno di 50 dipendenti), Medium (meno di 250 dipendenti), Large (più di 250 dipendenti).

Classe dimensionale	n	Smart medio	Sus medio	Divario Sus-Smart	Composizione per cluster
Large	8	8,00	13,25	+5,25	1 Technology-Driven, 6 Hybrid, 1 Sustainability-Driven
Medium	6	7,50	13,17	+5,67	4 Hybrid, 2 Sustainability-Driven
Small	6	6,83	10,67	+3,83	1 Technology-Driven, 2 Hybrid, 3 Sustainability-Driven
Micro	5	5,00	8,40	+3,40	1 Technology-Driven, 4 Sustainability-Driven

Tabella 4.8 - Punteggi medi per classe dimensionale EU

Il punteggio Smart medio e il punteggio Sustainable medio decrescono in modo monotono al diminuire della dimensione aziendale, da 8,00 e 13,25 per le aziende Large fino a 5,00 e 8,40 per le aziende Micro. Aziende di dimensione maggiore dispongono, in media, di maggiori risorse

organizzative, finanziarie e di competenze interne da destinare sia agli investimenti in digitalizzazione sia all'implementazione e certificazione di pratiche di sostenibilità.

Il divario tra le due dimensioni, tuttavia, non segue lo stesso andamento monotono: è massimo per la classe Medium (5,67) e minimo per la classe Micro (3,40), con Large e Small in posizione intermedia (5,25 e 3,83). Le aziende Micro presentano dunque i punteggi assoluti più bassi su entrambe le dimensioni, ma il divario relativo più contenuto: una lettura possibile è che, per le aziende di dimensione minore del campione, in larga parte coincidenti con il segmento Next-gen/Bio-materiali e con il cluster Sustainability-Driven, l'investimento limitato in risorse si traduca in punteggi contenuti su entrambe le dimensioni in misura relativamente proporzionale, mentre per le aziende di dimensione media il vantaggio sul fronte della sostenibilità non si accompagna ancora a un vantaggio equivalente sul fronte digitale, producendo il divario relativo più ampio del campione.

Il quadro dimensionale qui descritto trova riscontro in un filone consolidato di letteratura sul cosiddetto “digital divide” delle piccole e medie imprese, secondo cui i costi fissi di adozione di tecnologie avanzate pesano proporzionalmente di più su organizzazioni con minore capacità di investimento e competenze tecniche interne limitate, un meccanismo che il campione analizzato riproduce fedelmente nel gradiente Large-Medium-Small-Micro dello Smart Score. Meno immediata è la spiegazione del pattern non monotono osservato per il divario Sustainable-Smart, che non decresce linearmente con la dimensione ma raggiunge il massimo nella classe Medium. Una possibile lettura è che le aziende Medium del campione abbiano superato la soglia dimensionale che rende sostenibili i costi di certificazione e di reportistica sulla sostenibilità, spesso richiesti contrattualmente dai brand clienti anche a fornitori di dimensioni contenute, senza aver ancora raggiunto la soglia di investimento organizzativo necessaria per una trasformazione digitale strutturata, che nel campione risulta più tipica delle aziende Large. Le aziende Micro, all'estremo opposto, presentano il divario relativo più contenuto non perché prossime a un equilibrio tra le due dimensioni, ma perché entrambe restano strutturalmente basse: un risultato che andrebbe distinto, nella lettura, da quello delle aziende Medium, per le quali il divario ampio segnala piuttosto un disallineamento specifico tra le due traiettorie di maturità. Va infine ricordato, a titolo di cautela, che ciascuna classe dimensionale conta tra le 5 e le 8 aziende: un numero sufficiente a suggerire un pattern descrittivo ma non a testarne la significatività statistica, e la classificazione EU per soglie di addetti (Tabella 3.3) non distingue, all'interno di ciascuna classe, aziende con strutture di governance e proprietà molto diverse, ad esempio PMI familiari indipendenti e filiali di gruppi più grandi, che potrebbero rispondere diversamente agli stessi vincoli dimensionali.

4.4.3 Risultati per fase di ciclo di vita aziendale

La Tabella 4.9 riporta i punteggi medi per le tre fasi del ciclo di vita aziendale individuate nel campione: aziende storiche (operative da più di vent'anni), aziende in fase di scale-up e aziende early-stage (startup recenti).

Fase del ciclo di vita	n	Smart medio	Sus medio	Divario Sus-Smart	Composizione per cluster
Storica	11	7,18	12,82	+5,64	1 Technology-Driven, 6 Hybrid, 4 Sustainability-Driven
Scale-up	7	8,29	12,00	+3,71	1 Technology-Driven, 5 Hybrid, 1 Sustainability-Driven
Early-stage	7	5,43	9,43	+4,00	1 Technology-Driven, 1 Hybrid, 5 Sustainability-Driven

Tabella 4.9 - Punteggi medi per fase del ciclo di vita aziendale

La Tabella 4.9 mette in evidenza l'indipendenza del punteggio medio dalla fase del ciclo di vita: le aziende in fase di scale-up presentano il punteggio Smart medio più alto del campione (8,29), superiore anche a quello delle aziende storiche (7,18), ma un punteggio Sustainable medio (12,00) inferiore a quello delle aziende storiche (12,82). Le aziende storiche, a loro volta, presentano il divario Sustainability-Smart più ampio tra le tre fasi (5,64).

Questo pattern suggerisce una possibile lettura in termini di accumulazione: la maturità sostenibile delle aziende storiche può riflettere certificazioni, processi e relazioni di filiera consolidati nel corso di una lunga storia operativa, mentre la loro maturità digitale, pur non bassa in assoluto (7,18, superiore alla mediana campionaria), risulta relativamente meno avanzata rispetto a quella delle aziende in fase di scale-up, le quali, trovandosi in una fase di investimento attivo e di crescita, sembrano destinare a tale crescita una quota maggiore di risorse digitali rispetto a un livello di maturità sostenibile ancora in fase di consolidamento. Le aziende early-stage presentano i punteggi più bassi su entrambe le dimensioni (5,43 e 9,43), con un divario (4,00) intermedio tra quello delle aziende storiche e quello delle aziende in scale-up: anche per queste aziende, come osservato per la classe dimensionale Micro nella sezione 4.4.2, il vincolo di risorse appare incidere su entrambe le dimensioni in misura relativamente proporzionale.

5. Evidenza qualitativa della twin transition

Il presente capitolo approfondisce, in chiave qualitativa, i risultati quantitativi del Capitolo 4, con particolare attenzione alla seconda domanda di ricerca. L'analisi adotta una prospettiva trasversale per tecnologia: per ciascuno degli otto indicatori Smart della matrice (sezione 5.1) vengono documentati, attraverso i progetti concreti delle aziende del campione, i casi in cui l'adozione della tecnologia è associata a un vantaggio sostenibile effettivamente verificabile nelle fonti consultate, distinguendo gli impatti diretti da quelli indiretti o assenti. La sezione 5.2 sintetizza questo quadro distinguendo tre gruppi di indicatori in base al meccanismo di convergenza osservato, e discute la posizione del Digital Product Passport rispetto all'ipotesi di nodo di convergenza tra le due transizioni. I profili descrittivi delle 25 aziende del campione, organizzati per cluster di appartenenza, sono riportati integralmente in Appendice B.

5.1 Tecnologie digitali e vantaggio sostenibile

La presente sezione riprende gli otto indicatori Smart della matrice (S1-S8) e verifica, per ciascuno, quanti dei casi di adozione già registrati nelle schede aziendali in appendice corrispondano anche a un progetto concreto con un vantaggio sostenibile effettivamente documentato nel perimetro operativo dell'azienda, e non solo a un punteggio positivo nella matrice. Si tratta di un passaggio necessario perché l'adozione formale di una tecnologia, così come codificata nella matrice, non implica automaticamente un beneficio ambientale verificabile: le due condizioni vanno distinte, ed è proprio questa distinzione, applicata sistematicamente indicatore per indicatore, a essere rilevante per la seconda domanda di ricerca della tesi, che indaga quali tecnologie digitali mostrano la maggiore associazione con la maturità sostenibile.

La Figura 5.1 rende visibile l'ampiezza di questo scarto sull'intero campione: per ciascun indicatore, il totale della barra corrisponde al numero di aziende con adozione documentata in Appendice B, mentre il segmento verde isola il sottoinsieme per cui è verificabile anche il vantaggio sostenibile. In nessun indicatore il segmento verde raggiunge la metà del totale. Le otto sottosezioni che seguono esaminano questo sottoinsieme caso per caso, riportando per ciascuna azienda il progetto specifico e il vantaggio ottenuto.

Sono escluse dal segmento verde le applicazioni in cui il beneficio ambientale si realizza esclusivamente nel perimetro del brand cliente, come nel caso del cluster Technology-Driven (tech provider paradox): per queste aziende la tecnologia è uno strumento venduto a terzi, non un fattore di

miglioramento della propria performance ambientale, e la loro adozione, pur registrata in Appendice B, non viene quindi ricondotta al segmento verde della Figura 5.1.

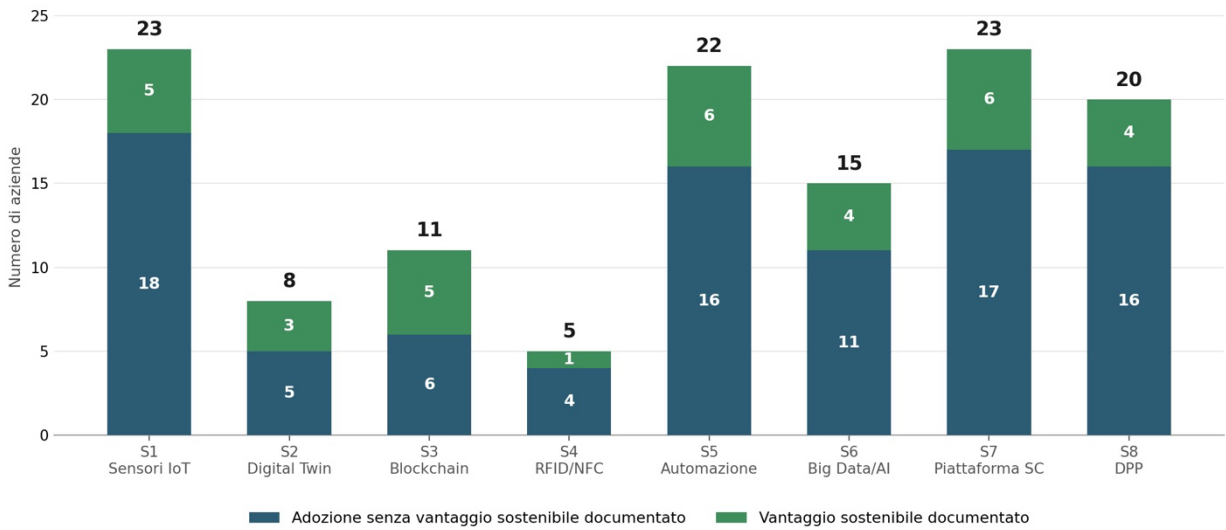


Figura 5.1 - Adozione degli indicatori Smart e vantaggio sostenibile documentato

S1 - Sensori IoT

Nel campione, 23 aziende su 25 (92%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore, a prescindere dal livello di implementazione: è la tecnologia Smart più diffusa insieme alla piattaforma SC integrata, tuttavia, solo nei cinque casi riportati in Tabella 5.1 l'adozione dei sensori IoT è associata a un vantaggio sostenibile effettivamente documentato.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Lenzing Group	Visibilità real-time delle spedizioni via nave con project44 (2024)	Monitoraggio continuo delle emissioni logistiche Scope 3 (emissioni indirette della catena di fornitura), che alimentano la rendicontazione degli obiettivi SBTi verificati
Recover™	Sensori IoT sul processo di riciclo per il monitoraggio della qualità delle fibre in ingresso	Ottimizzazione del mix di rifiuti tessili selezionati a monte; riduzione degli scarti di lavorazione e del consumo energetico per tonnellata di fibra prodotta
Prima Industrie	IoT integrato nei sistemi laser Laser Genius+ e Platino Fiber per il monitoraggio remoto degli impianti dei clienti (framework Green Means)	I clienti ottengono efficienza wall-plug superiore al 40% e risparmio gas fino al 40% rispetto alle tecnologie tradizionali grazie al monitoraggio in tempo reale

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Chargeurs PCC	Sensori IoT integrati negli impianti produttivi per il controllo qualità in tempo reale delle interfodere	Riduzione degli scarti di produzione e ottimizzazione del consumo di materie prime; minore tasso di rilavorazione
Resortecs	Monitoraggio termico dei forni di disassemblaggio Smart Disassembly™ con sistema a ciclo chiuso	Recupero del calore generato dal processo termico di disassemblaggio; riduzione del consumo energetico dell'operazione e ottimizzazione della temperatura di scioglimento degli Smart Stitch™

Tabella 5.1 - S1 Sensori IoT: aziende e vantaggi sostenibili

Le cinque applicazioni documentate in tabella mostrano un indicatore prevalentemente ausiliario: i sensori IoT (Internet of Things) non generano da soli un vantaggio sostenibile autonomo, ma abilitano la misurazione di un beneficio prodotto altrove, nel processo di riciclo di Recover, nei sistemi laser di Prima Industrie, nei forni di Resortecs. L'unico caso in cui il monitoraggio IoT alimenta direttamente una rendicontazione climatica formale è quello di Lenzing, dove i dati di spedizione confluiscono negli obiettivi SBTi verificati. Si tratta quindi di un indicatore che funziona come livello abilitante per altre tecnologie, più che come fonte autonoma di impatto.

S2 - Digital Twin

Nel campione, 8 aziende su 25 (32%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore, la Tabella 5.2 illustra i casi in cui l'adozione del digital twin è associata a un vantaggio sostenibile effettivamente documentato.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Spinnova	Digital twin del processo di filatura sviluppato con Siemens Xcelerator per ottimizzare e trasferire la tecnologia a nuovi impianti	La tecnologia SPINNOVA® (filatura meccanica senza solventi chimici) viene replicata con coerenza qualitativa tra siti distinti senza nuovi cicli di sperimentazione fisica; il digital twin è lo strumento di scalabilità di un processo circolare per definizione
Pattern Group	Digital twin di prodotto nel laboratorio D-house per la prototipazione dei capi prima della realizzazione fisica	Riduzione dei campionari fisici e degli scarti di sviluppo prodotto; il progetto UNI.CO con Framis Italia utilizza il digital twin per progettare un capo 100% riciclabile ottimizzando la composizione dei materiali prima di produrre qualsiasi prototipo fisico
Gruppo Florence	Digital twin parziale del prodotto nel portale di tracciabilità per monitorare avanzamento ordini e	Visibilità in tempo reale della performance sostenibile distribuita nei laboratori; consente ai

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
	performance ambientale dei 36 laboratori partner	brand di verificare le credenziali ambientali dei singoli laboratori senza audit fisici

Tabella 5.2 - S2 Digital Twin: aziende e vantaggi sostenibili

Solo tre aziende del campione mostrano un'applicazione documentata di digital twin con vantaggio sostenibile diretto, e i tre casi seguono logiche diverse tra loro: in Spinnova il gemello digitale è lo strumento di scalabilità di un processo produttivo già intrinsecamente sostenibile; in Pattern Group è uno strumento di prototipazione che evita la realizzazione fisica dei campioni; in Gruppo Florence è una funzione parziale del portale di tracciabilità, non un vero digital twin di processo. La scarsità di casi conferma che questo indicatore, nel campione, resta marginale rispetto ad altre tecnologie Smart.

S3 - Blockchain / Tracciabilità di filiera

11 aziende del campione su 25 (44%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore. Nei cinque casi riportati in Tabella 5.3 l'adozione della blockchain è associata a un vantaggio sostenibile effettivamente documentato; nelle restanti sei aziende l'indicatore compare nella matrice spesso come programma pilota o iniziativa parziale, senza un progetto specifico, in cui la tracciabilità digitale produca un beneficio ambientale rintracciabile nelle fonti consultate.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Candiani Denim	Product DNA Platform (blockchain, dal 2021): mappa la filiera dal cotone al tessuto finito	Tracciabilità verificabile della provenienza del cotone; monitoraggio della quota di cotone rigenerativo Regenagri® (dal 30% al 40% tra 2024 e 2025); pre-compilazione automatica dei dati per il DPP; base per la reportistica CSRD e CSDDD
Lenzing Group	TextileGenesis™ con token Fibercoin™: blockchain di filiera connessa a 7.000+ attori, ceduta a Lectra nel 2023	Verifica dell'autenticità delle fibre TENCEL™, ECOVERO™ e REFIBRA™ lungo la catena di trasformazione; riduzione del rischio di greenwashing per i brand acquirenti; doppia assurance digitale (token) + forense (E-Branding)
Successori Reda	Pilota blockchain con UNECE e Giorgio Armani (2023) per la tracciabilità della lana merino rigenerativa ZQRX	Unico caso nel campione di collaborazione verticale diretta brand-fornitore su tracciabilità: la lana merino rigenerativa dalla fattoria al tessuto finito diventa verificabile per il brand finale
Recover™	Pilota TextileGenesis/Lectra con tecnologia Fibercoin™ (giugno 2025, post-	La circolarità già presente nel processo fisico (FiberSync™ senza ri-tintura) diventa verificabile digitalmente lungo la catena

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
	rilevazione) per la tracciabilità delle fibre riciclate	verso i brand acquirenti; prepara la conformità al DPP prevista per il 2027-2028
Albini Group	Programma blockchain Edafos per il cotone supima americano e Oritain per la verifica dell'origine del cotone egiziano (2024)	Certificazione scientifica della provenienza geografica del cotone: riduce il rischio di sostituzione fraudolenta della materia prima e rafforza le credenziali di approvvigionamento responsabile verso i brand clienti

Tabella 5.3 - S3 Blockchain / Tracciabilità di filiera: aziende e vantaggi sostenibili

Le cinque applicazioni in tabella sono le più numerose e le più omogenee per meccanismo tra tutti gli indicatori Smart: in ciascun caso la blockchain non produce la sostenibilità della materia prima, ma la rende verificabile lungo la catena di custodia. Il caso Recover mostra inoltre un limite temporale rilevante: il pilota Fibercoin è stato avviato dopo la rilevazione della matrice, segnalando come questo indicatore sia particolarmente sensibile allo sfasamento tra raccolta dati e velocità di adozione tecnologica nel settore.

S4 - RFID / NFC

Solo 5 aziende su 25 (20%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore: è, insieme al digital twin, tra le tecnologie Smart meno diffuse. Di queste cinque, solo Successori Reda mostra un'applicazione con vantaggio sostenibile documentato nel proprio perimetro, come illustrato nella Tabella 5.4; nelle altre quattro l'RFID/NFC è presente nella matrice ma associato a funzioni di autenticazione o tracciamento del prodotto i cui benefici, quando esistono, ricadono nel perimetro dei brand clienti.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Successori Reda	RFID integrato nel sistema Tailoor/Lanieri	Monitoraggio del ciclo di vita del tessuto dall'ordine alla consegna; riduzione degli errori di picking e degli sprechi logistici nel canale digitale di vendita su misura

Tabella 5.4 - S4 RFID / NFC: aziende e vantaggi sostenibili

Con una sola applicazione documentata, S4 è l'indicatore meno popolato della sezione. Il caso Reda riguarda la logistica del canale Tailoor, non la produzione tessile in senso stretto, e il vantaggio sostenibile è indiretto (riduzione di errori e sprechi nella consegna). La scarsità di casi conferma quanto osservato nella sezione 6.1: la maggior parte delle applicazioni RFID/NFC nel campione, come quelle di Temera, produce benefici nel perimetro dei brand clienti e non compare quindi in questa mappatura.

S5 - Automazione avanzata

L'88% del campione (22 su 25 aziende) presentana un punteggio positivo su questo indicatore. Nei sei casi riportati in Tabella 5.5 l'automazione è associata a un vantaggio sostenibile documentato; nelle restanti 16 aziende l'indicatore è presente nella matrice come automazione generica di processo, senza che emerga un progetto specifico con impatto ambientale verificabile.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Recover™	FiberSync™ (color-matching senza ri-tintura) e RMix (riciclo di tessuti blended senza pre-separazione, impianto Vietnam 10.000 t/anno dal 2025)	FiberSync™ elimina la fase di tintura per ogni tonnellata di fibra riciclata: riduzione diretta del consumo idrico e chimico del processo. RMix amplia la base di rifiuti tessili trattabili industrialmente, aumentando il volume di materiale recuperato da flussi precedentemente non riciclabili
Resortecs	Smart Disassembly™: prima linea termale di disassemblaggio industriale al mondo, automatizzata, capacità 3.000 t/anno (Belgio, 2025)	Recupero del doppio del contenuto tessile del prodotto rispetto ai metodi tradizionali, a 15x maggiore velocità, con purezza del feedstock >90%; tecnologia e circolarità sono inseparabili: rimuovere l'automazione significa rimuovere il riciclo stesso
Spinnova	Automazione del processo di filatura meccanica senza solventi, scalata tramite digital twin Siemens Xcelerator	Il processo automatizzato produce fibra tessile senza solventi chimici, senza scarti significativi e con materiali biodegradabili; l'automazione è il vettore attraverso cui la sostenibilità del processo viene replicata su scala industriale
Candiani Denim	Candiani Custom: micro-factory on-demand che produce solo su ordine confermato (ITMA Sustainable Innovation Award 2023)	Eliminazione dell'overstock e dei campionari fisici in eccesso; la produzione su richiesta riduce strutturalmente il volume di capi invenduti e i relativi impatti ambientali
Ratti Group	Automazione avanzata dei sistemi di stampa e finissaggio tessile nello stabilimento di Guanzate (Como)	Ottimizzazione del consumo di coloranti e sostanze chimiche nel processo di stampa; riduzione degli scarti di produzione; il percorso di decarbonizzazione riconosciuto come Climate Leader 2025 dal Financial Times è in parte attribuibile all'efficienza dei processi automatizzati
Prima Industrie	Sistemi laser automatizzati Laser Genius+ e Platino Fiber per il taglio della lamiera (framework Green Means, dal 1998)	Utilizzo della lamiera fino al 96%, riducendo gli scarti di taglio; efficienza wall-plug superiore al 40% riduce il consumo energetico per metro tagliato

Tabella 5.5 - S5 Automazione avanzata: aziende e vantaggi sostenibili

Le sei applicazioni in tabella si dividono in due gruppi distinti. In Recover, Candiani, Ratti e Prima Industrie l'automazione migliora l'efficienza di un processo già esistente, riducendone in modo misurabile gli scarti o i consumi. In Resortecs e Spinnova, invece, l'automazione è il processo circolare stesso: non esiste una versione non automatizzata della tecnologia che produca lo stesso risultato ambientale. Questa seconda categoria è la più rilevante per la seconda domanda di ricerca: rappresenta i casi in cui la co-evoluzione tra le due dimensioni non è una scelta organizzativa ma una condizione strutturale della tecnologia.

S6 - Big Data / AI

15 aziende su 25 (60%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore. Nei quattro casi riportati in Tabella 5.6, viene descritto come l'uso di Big Data/AI è associato a un vantaggio sostenibile; nelle restanti 11 aziende l'indicatore compare nella matrice senza un progetto specifico in cui l'analisi dei dati produca un beneficio ambientale rintracciabile nelle fonti consultate.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Candiani Denim	Big Data per il monitoraggio della composizione dell'approvvigionamento e la gestione delle rotazioni varietali del cotone rigenerativo Blue Seed × Madh	Tracciamento in tempo reale della quota di cotone rigenerativo Regenagri® nell'approvvigionamento (dal 30% al 40% tra 2024 e 2025); ottimizzazione delle rotazioni varietali per massimizzare la resa del cotone non-OGM riducendo l'uso di fitofarmaci
Aquafil	Big Data per l'ottimizzazione dei processi produttivi dell'ECONYL® Regeneration System	Ottimizzazione della resa del processo di rigenerazione del nylon da rifiuti eterogenei (reti da pesca, carpet, scarti industriali); riduzione degli scarti di processo e del consumo energetico per tonnellata di ECONYL® prodotto
Recover™	Analytics per il monitoraggio degli impatti ambientali a livello di prodotto e processo (Environmental and Social Management System - ESMS)	Misurazione continua dell'impronta ambientale per tonnellata di fibra riciclata prodotta; base dati per la certificazione Higg/Cascale e per la futura conformità al DPP
Prima Industrie	Big Data per l'ottimizzazione dei processi produttivi degli stabilimenti e il monitoraggio remoto delle macchine installate presso i clienti	Riduzione dei fermi macchina e ottimizzazione del consumo energetico degli impianti; il monitoraggio in tempo reale consente interventi predittivi che prolungano la vita utile delle macchine

Tabella 5.6 - S6 Big Data / AI: aziende e vantaggi sostenibili

Le quattro applicazioni documentate convergono su una stessa funzione: l'ottimizzazione di un processo fisico già orientato alla circolarità. Candiani usa i dati per tracciare l'approvvigionamento di cotone rigenerativo, Aquafil e Recover per ottimizzare la resa dei rispettivi processi di rigenerazione e riciclo, Prima Industrie per ridurre i fermi macchina e i consumi degli impianti venduti ai clienti. In nessuno dei quattro casi il Big Data genera da sé una pratica sostenibile: la affina, riducendo gli scarti residui di un sistema già circolare.

S7 - Piattaforma SC integrata

Il 92% del campione (23 su 25) presentana un punteggio positivo su questo indicatore: insieme a S1, è la tecnologia Smart più diffusa in assoluto. In Tabella 5.7 vengono riportati i casi in cui la piattaforma integrata è effettivamente associata a un vantaggio sostenibile documentato; nelle restanti 17 aziende l'indicatore è presente nella matrice come funzione di coordinamento di filiera generica, senza che emerga un nesso esplicito con la performance ambientale.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Lenzing Group	TextileGenesis™ + Lenzing E-Branding: piattaforma integrata connessa a 7.000+ partner di filiera	I brand ricevono doppia assurance — token blockchain + certificato analitico — che le fibre nel prodotto finito corrispondano a quelle dichiarate come sostenibili; riduce le asimmetrie informative e il rischio di greenwashing lungo tutta la catena
Candiani Denim	Sustainable Brand Platform (SBP): piattaforma SC che automatizza Carbon Footprint, LCA e reportistica CSRD/CSDDD generata dai dati di filiera	Reportistica di sostenibilità generata automaticamente dai dati di filiera senza inserimento manuale; notifica automatica ai partner degli stadi ad alta emissione; pre-compilazione del DPP con i dati reali di provenienza e impatto
Manteco	MSystem/MTrace/MData: piattaforma proprietaria di tracciabilità della filiera km0 di 56 fornitori toscani, con reportistica ambientale sviluppata con le università di Milano e Torino	MTrace rende misurabile e verificabile la sostenibilità della filiera corta certificata km0; MData produce la rendicontazione ambientale che ha valso a Manteco il Premio Bilancio di Sostenibilità (marzo 2026)
Aquafil	Piattaforma e-shop ECONYL® integrata con filtri di sostenibilità, connessa a oltre 2.500 brand clienti (dal 2021)	Accesso diretto alla fibra riciclata certificata per brand di piccola-media dimensione che non avrebbero accesso ai volumi minimi di fornitura tradizionali; i filtri di sostenibilità rendono la circolarità un criterio esplicito e verificabile nella scelta del materiale
Gruppo Florence	Portale di tracciabilità e sostenibilità che connette i	Visibilità in tempo reale della performance sostenibile distribuita nei laboratori; la

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
	36 laboratori partner e consente ai brand di monitorare avanzamento ordini e credenziali ambientali di ciascun laboratorio	trasparenza digitale supporta la governance della sostenibilità standardizzata su tutto il polo industriale, rendendo verificabili gli obiettivi SBTi di gruppo
Ratti Group	Piattaforma SC integrata per la gestione logistica end-to-end dei brand clienti (stampa, finissaggio, consegna)	Ottimizzazione dei flussi logistici e riduzione dei trasporti ridondanti; la visibilità end-to-end supporta la riduzione delle emissioni Scope 3 documentata nel riconoscimento come Climate Leader 2025

Tabella 5.7 - S7 Piattaforma SC integrata: aziende e vantaggi sostenibili

Con sei applicazioni documentate, è l'indicatore più diffuso della sezione e quello con la funzione più uniforme: rendere visibile e verificabile, a beneficio dei brand acquirenti, una performance sostenibile distribuita su più nodi della filiera. Lo si osserva sia in contesti di filiera lunga e internazionale (Lenzing, Aquafil) sia in filiere corte e locali (Manteco), sia in aggregazioni industriali strutturate per natura (Gruppo Florence). Il fatto che Candiani e Lenzing compaiano sia in questa tabella sia in quella della blockchain conferma che, nei casi più maturi del campione, S3 e S7 operano in modo integrato piuttosto che come tecnologie separate.

S8 – DPP

Nel campione, 20 aziende su 25 (80%) presentano un punteggio positivo su questo indicatore, quasi sempre codificato come DPP in sviluppo o in fase preparatoria. Nei quattro casi riportati in Tabella 5.8 il DPP è associato a un'applicazione concreta e a un vantaggio sostenibile direttamente o indirettamente documentato; nelle restanti 16 aziende l'indicatore riflette un'intenzione dichiarata di conformità futura, senza un progetto operativo rintracciabile.

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Candiani Denim	Sustainable Brand Platform (SBP) come DPP: passaporto digitale pre-compilato con dati reali di provenienza del cotone rigenerativo e certificazioni Regenagri®	Il DPP rende comunicabile e verificabile la sostenibilità già presente nella filiera: i brand acquirenti trasmettono ai consumatori finali le credenziali certificate del denim in formato conforme a ESPR, CSRD e CSDDD senza lavoro aggiuntivo
Lenzing Group	Integrazione dei token Fibercoin™ come evidenza verificabile nel DPP dei brand clienti	I dati di tracciabilità TextileGenesis™ alimentano direttamente il DPP dei brand, garantendo che le dichiarazioni ambientali sul prodotto finito siano ancorate a dati di filiera verificati e non auto-dichiarati

Azienda	Progetto / Applicazione	Vantaggio sostenibile
Successori Reda	DPP in sviluppo nell'ambito del pilota blockchain UNECE/Armani (2023) per la tracciabilità della lana merino rigenerativa	Il pilota costruisce l'infrastruttura dati necessaria per il DPP della lana merino ZQRX, rendendo la tracciabilità dalla fattoria al tessuto conforme agli standard europei emergenti
Resortecs	DPP in sviluppo per integrare le informazioni sugli Smart Stitch™ nel passaporto del prodotto, segnalando la riciclabilità del capo a fine vita	Il DPP diventa lo strumento con cui l'informazione sulla riciclabilità abilitata dagli Smart Stitch™ raggiunge il consumatore finale e i sistemi di raccolta a fine vita; senza questa informazione digitale, il potenziale di riciclo non sarebbe attivabile su scala

Tabella 5.8 - S8 DPP: aziende e vantaggi sostenibili

Le sole quattro applicazioni operative o in fase avanzata confermano che, al momento della rilevazione, il DPP è più un orizzonte regolatorio imminente che una pratica diffusa nel campione. In tre casi su quattro (Candiani, Reda, Resortecs) il DPP si appoggia a un'infrastruttura blockchain già esistente, segnalando che gli indicatori S3 e S8 tendono a maturare in sequenza, con la tracciabilità come preconditione. Il caso Lenzing è l'unico in cui il collegamento tra token digitali e DPP dei brand clienti è esplicitamente descritto come canale di alimentazione diretta dei dati.

5.2 Pattern di convergenza tra tecnologie Smart e sostenibilità

La seconda domanda di ricerca indaga se le singole tecnologie digitali risultino associate alla maturità sostenibile, con particolare attenzione al Digital Product Passport come possibile nodo di convergenza. Sul campione completo, sette degli otto indicatori Smart non raggiungono la significatività statistica nella correlazione con il Sustainable Score; solo S4 (RFID/NFC) è significativo, con segno negativo riconducibile alla concentrazione nel cluster Technology-Driven (Sezione 4.3.6).

I dati qualitativi esposti nel capitolo permettono di affinare questo quadro aggregato distinguendo, all'interno degli otto indicatori, tre gruppi con comportamento diverso. Il primo comprende gli indicatori per cui esiste un meccanismo di convergenza osservabile, anche in assenza di significatività statistica a livello di campione: S7 (Piattaforma SC integrata) e S3 (Blockchain). Le sei applicazioni documentate di S7 confermano che la piattaforma integrata rende verificabile ai brand una sostenibilità già distribuita in filiera; S3 mostra un pattern analogo, a conferma che la tecnologia non genera la sostenibilità della materia prima, ma la rende tracciabile lungo la catena di custodia. La sovrapposizione tra le aziende che compaiono sia nella mappatura di S3 sia in quella di S7, Candiani

e Lenzing in particolare, indica che nei casi più maturi del campione le due tecnologie operano in modo integrato, non come alternative.

Il secondo gruppo comprende gli indicatori ad alta diffusione ma a impatto sostenibile non verificabile su base sistematica: S1 (IoT), S5 (Automazione) e S6 (Big Data/AI). Tra l'88% e il 92% delle aziende presenta un punteggio positivo su questi tre indicatori, ma le applicazioni per cui è documentato un vantaggio sostenibile diretto restano una minoranza. In quasi tutti i casi documentati la tecnologia non genera la pratica sostenibile osservata, ma la ottimizza: il Big Data affina processi già orientati alla circolarità, i sensori IoT misurano un beneficio ambientale prodotto altrove più che generarlo autonomamente. Fanno eccezione Resortecs e Spinnova, in cui l'automazione coincide strutturalmente con il processo circolare: è l'evidenza più diretta di co-evoluzione presente nel campione, e proprio per questo un'eccezione, non un pattern replicabile su richiesta.

Il terzo gruppo comprende gli indicatori il cui segnale statistico negativo non va letto in chiave causale: S2 (Digital Twin) e S4 (RFID/NFC). Per entrambi, la correlazione negativa con il Sustainable Score riflette la concentrazione dell'indicatore nelle tre aziende Technology-Driven, non un conflitto sostanziale tra la tecnologia e la sostenibilità: sono le aziende, non gli indicatori, a produrre il segno negativo. Per S2 sono comunque documentate applicazioni con vantaggio sostenibile diretto, a conferma che la tecnologia, se applicata a scopi diversi dall'ottimizzazione produttiva in senso stretto, può contribuire alla sostenibilità pur restando marginale nel campione. Per S4 il quadro qualitativo è più povero: l'indicatore compare quasi esclusivamente come componente di tracciabilità interna al segmento Tech Provider, senza casi in cui emerga un uso orientato alla sostenibilità paragonabile a quello di S2, un'asimmetria che a questo stadio della ricerca resta più una lacuna di evidenza che un risultato negativo consolidato.

Per quanto riguarda il Digital Product Passport, identificato dalla letteratura come possibile punto di raccordo della transizione digitale e della transizione sostenibile, i risultati mostrano che la correlazione con il Sustainable Score è debole e di segno negativo, non significativa (Sezione 4.3.2), e solo quattro aziende su venticinque presentano un'applicazione documentata con vantaggio sostenibile riconoscibile, a fronte di un'adozione dichiarata nell'80% del campione. In tre di questi quattro casi, il DPP si appoggia a un'infrastruttura blockchain preesistente, segnalando che blockchain e DPP tendono a maturare in sequenza piuttosto che in modo indipendente, dunque quest'ultimo non emerge, al momento della rilevazione, come nodo di convergenza empiricamente verificato tra digitalizzazione e sostenibilità, ma come orizzonte regolatorio imminente non ancora tradotto in pratica diffusa.

Il primo gruppo di indicatori mostra un meccanismo di convergenza osservabile nei casi qualitativi, pur non raggiungendo la significatività statistica sul campione completo; il secondo e il terzo gruppo mostrano invece un divario sistematico tra adozione dichiarata e beneficio sostenibile verificato, l'adozione formale di una tecnologia, anche quando ampiamente diffusa, non è condizione sufficiente per un impatto di sostenibilità verificabile. Questo risultato non implica che le tecnologie digitali siano irrilevanti per la sostenibilità della filiera: implica che il beneficio, quando esiste, dipende dal modo specifico in cui la tecnologia è integrata in un processo già orientato alla circolarità o alla riduzione dell'impatto, piuttosto che dalla tecnologia in sé.

5.3 Limiti e difficoltà della twin transition nel campione

5.3.1 Il divario tra adozione dichiarata e beneficio verificato

Il limite più immediato emerso dall'analisi per indicatore (Sezione 5.1) è quantitativo prima ancora che qualitativo: per ciascuno degli otto indicatori Smart, la quota di aziende che dichiara un punteggio positivo supera sistematicamente quella per cui è documentato un vantaggio sostenibile verificabile. Il divario è ampio per gli indicatori a maggiore diffusione, S1 (23 aziende su 25, cinque applicazioni verificate), S5 (22 su 25, sei verificate), S7 (23 su 25, sei verificate) e soprattutto S8 (20 su 25, quattro verificate), mentre si restringe, senza annullarsi, per gli indicatori meno diffusi, S2 (8 su 25, tre verificate) e S3 (11 su 25, cinque verificate). Solo S4 mostra un rapporto pressoché di uno a uno tra adozione e verifica (cinque aziende, una verificata), ma per la ragione opposta: è l'indicatore stesso a essere marginale nel campione.

Questo pattern richiama la nozione di decoupling già introdotta a proposito della rendicontazione di sostenibilità (Cepêda et al., 2025): così come le dichiarazioni pubbliche di sostenibilità possono divergere sistematicamente dalle pratiche interne, l'adozione dichiarata di una tecnologia Smart nella matrice può divergere dal suo impatto ambientale effettivamente rintracciabile nelle fonti.

Un secondo limite, di natura metodologica più che empirica, deriva dalla stessa fonte dei dati. La Smart-Sustainable Matrix è costruita su fonti pubbliche verificabili: report di sostenibilità, comunicati stampa, siti aziendali. Questa scelta garantisce la verificabilità del punteggio assegnato, ma introduce un bias sistematico verso la sovra-rappresentazione delle iniziative comunicate e la sotto-rappresentazione di quelle non divulgate: è possibile che alcune aziende del campione abbiano adottato pratiche sostenibili collegate alle tecnologie Smart senza averle rese pubbliche in modo tracciabile, nel qual caso il divario descritto in questa sezione sovrastimerebbe, in una quota non quantificabile, la reale distanza tra digitalizzazione e sostenibilità nella filiera.

5.3.2 Barriere strutturali di filiera: dimensione aziendale e governance a cascata

Il secondo ordine di difficoltà emerge dalla relazione tra dimensione aziendale e maturità di twin transition, già descritta in termini descrittivi nella sezione 4.4.2. La Tabella 4.8 mostra che il punteggio Smart medio e il punteggio Sustainable medio decrescono entrambi in modo monotono al diminuire della classe dimensionale, da 8,00 e 13,25 per le aziende Large a 5,00 e 8,40 per le aziende Micro. Questa sezione legge lo stesso dato come evidenza di una barriera, non solo come un pattern di variazione: la twin transition richiede risorse organizzative, tecniche e finanziarie che le imprese di dimensione minore del campione, in prevalenza concentrate nel segmento Next-gen/Bio-materiali e nel cluster Sustainability-Driven, faticano strutturalmente a mobilitare su entrambe le dimensioni contemporaneamente.

La letteratura discussa nella sezione 2.3.3 anticipa questo risultato su basi teoriche. Coppola et al. (2023), applicando la natural resource-based view alle imprese tessili italiane, mostrano che le capacità dinamiche necessarie alla transizione circolare, sensing, seizing e reconfiguring, non sono uniformemente distribuite: le imprese di maggiore dimensione e con accesso a reti di collaborazione esterna le sviluppano con più facilità, mentre per le PMI artigianali il percorso resta più accidentato..

A questa barriera di risorse si sovrappone una barriera di governance, già descritta nella sezione 1.1.3: la pressione dei brand di lusso verso pratiche sostenibili e digitali si esercita in modo diretto solo sui fornitori di Tier 1, e si trasmette ai livelli successivi in modo mediato e spesso inefficace (Garcia-Torres et al., 2024). Bhandari et al. (2022) osservano che i grandi gruppi tendono a trasferire i requisiti di sostenibilità verso il basso della catena senza accompagnarli con il supporto finanziario o tecnico necessario a soddisfarli; Holmqvist e Kowalkowski (2023) mostrano tuttavia che le relazioni B2B nel lusso possono funzionare in senso opposto, come leva di miglioramento, quando il brand assume un ruolo attivo di governance anziché limitarsi a trasferire requisiti di conformità verso il basso. Il caso Successori Reda, unico esempio nel campione di collaborazione verticale diretta brand-fornitore su tracciabilità (pilota UNECE/Armani, Tabella 5.3), è coerente con questa lettura: è anche una delle aziende Medium del campione con profilo Hybrid consolidato, a suggerire che il coinvolgimento diretto del brand possa compensare, almeno parzialmente, il vincolo dimensionale osservato nella Tabella 4.8. Si tratta tuttavia di un solo caso, che la ricerca non consente di generalizzare oltre l'osservazione descrittiva.

Il Digital Product Passport rende quantitativamente concreta questa barriera. L'obbligo, previsto per il settore tessile nel 2027-2028 (Regolamento (UE) 2024/1781 - ESPR), richiede la raccolta e la verifica di dati di filiera che, per i fornitori Tier 2/3/4 del campione, in gran parte Micro e Small, comporta costi di implementazione difficilmente sostenibili senza un coinvolgimento economico del

brand a monte. Il fatto che, nel campione, solo quattro aziende su venticinque presentino un'applicazione DPP concreta, e che tre di queste si appoggino a un'infrastruttura blockchain preesistente, è coerente con un percorso di adozione che le PMI prive di questa infrastruttura difficilmente possono permettersi di percorrere in autonomia entro i tempi previsti dal regolamento.

6. Conclusioni

La presente tesi ha sviluppato e applicato la Smart-Sustainable Matrix, uno strumento di misurazione originale composto da sedici indicatori ordinali, otto relativi alla dimensione digitale e otto alla dimensione sostenibile, codificati su una scala 0-1-2, a un campione di venticinque aziende fornitrici B2B della filiera del lusso europeo, distribuite su cinque segmenti di filiera e otto paesi. L'obiettivo era indagare la relazione tra maturità digitale e maturità sostenibile nella twin transition di questo specifico contesto industriale, un ambito in cui la letteratura sulla co-evoluzione delle due transizioni resta in gran parte teorica e priva di verifica empirica sistematica a livello di filiera.

I risultati mostrano, in primo luogo, un'asimmetria strutturale sistematica tra le due dimensioni: la maturità sostenibile media del campione (11,64 su 16) supera quella digitale (7,00 su 16) di 4,64 punti, un divario non riconducibile a un artefatto della procedura di misurazione, dato che le due scale condividono la stessa struttura e lo stesso peso implicito per indicatore. In secondo luogo, l'analisi cluster individua tre profili, Technology-Driven, Hybrid e Sustainability-Driven, e non conferma l'esistenza di un quarto profilo a bassa maturità su entrambe le dimensioni ipotizzato in sede teorica: anche le aziende collocate nel quadrante relativamente più basso del campione mantengono un punteggio sostenibile assoluto superiore alla metà della scala, un pattern coerente con l'ipotesi di un effetto di livellamento prodotto dalla pressione normativa europea, sebbene questa lettura resti un'interpretazione plausibile più che una relazione causale direttamente testata. In terzo luogo, e questo è il risultato più rilevante della tesi, la relazione complessiva tra le due dimensioni non è né di complementarità né di indipendenza né di trade-off in senso assoluto, ma condizionale al segmento di appartenenza delle imprese: sul campione completo la correlazione tra Smart Score e Sustainable Score è debole e non significativa ($r = -0,1959$), ma diventa positiva, forte e statisticamente significativa ($r = 0,6930$, $p = 0,0003$) escludendo le tre aziende del cluster Technology-Driven, tutte appartenenti al segmento dei fornitori di tecnologia, per le quali la sostenibilità abilitata nei clienti non si traduce in un avanzamento della maturità sostenibile propria. Quanto al ruolo delle singole tecnologie digitali, incluso il Digital Product Passport indicato dalla letteratura come possibile punto di raccordo tra le due transizioni, i dati non mostrano un'associazione generalizzata: solo la piattaforma di supply chain integrata e, in misura minore, la blockchain presentano un meccanismo di convergenza osservabile, mentre il DPP, all'epoca della rilevazione, resta un orizzonte regolatorio più che una pratica diffusa, con applicazioni operative documentate in appena quattro aziende su venticinque. Infine, il posizionamento nello spazio Smart-Sustainable varia in modo sistematico per caratteristiche strutturali delle imprese: il segmento funzionale di filiera è il principale determinante del profilo Technology-Driven, mentre il divario tra le due dimensioni non decresce in modo lineare

con la dimensione aziendale: è minimo nelle Micro, dove il vincolo di risorse sembra comprimere in proporzione entrambi i punteggi, ed è massimo nelle Medium, dove il vantaggio già acquisito sul fronte della sostenibilità non si accompagna ancora a un avanzamento digitale equivalente, una lettura coerente con i dati ma che, vista la ridotta numerosità di ciascuna classe dimensionale, condivide la stessa cautela interpretativa già segnalata per il cluster Technology-Driven.

L'interpretazione che questi risultati suggeriscono, nel loro insieme, è che le due transizioni della filiera del lusso europeo procedono secondo una logica di co-evoluzione condizionale piuttosto che secondo un percorso lineare e generalizzato: la tecnologia digitale, per generare un avanzamento di sostenibilità verificabile, deve integrarsi in processi già orientati alla circolarità, non sostituirli, e questa condizione si verifica sistematicamente solo in un sottoinsieme delle tecnologie e delle imprese osservate. I fornitori il cui core business è la tecnologia stessa, il cosiddetto paradosso del fornitore tecnologico, rappresentano l'eccezione più marcata a questo pattern.

6.1 Limitazioni e ricerche future

I risultati presentati in questo capitolo sono soggetti a limiti riconducibili a tre aspetti distinti dello studio: il campione, l'impianto metodologico e la finestra temporale dell'osservazione. Sul piano del campione, le venticinque aziende sono state selezionate per varianza teorica, non per rappresentatività statistica della popolazione di fornitori europei del tessile-abbigliamento luxury: i risultati aspirano quindi a una generalizzabilità analitica, l'identificazione di pattern verificabili su campioni più ampi, non a una generalizzabilità statistica. Entro questo limite, il cluster Technology-Driven, composto da sole tre aziende, resta un sottogruppo fragile la cui composizione potrebbe alterare sensibilmente sia la collocazione del centroide sia il segno della correlazione aggregata, e la concentrazione geografica del campione in Italia, per quanto coerente con la struttura reale del distretto tessile-luxury, riduce la possibilità di isolare il contesto normativo europeo dalle specificità nazionali.

Sul piano metodologico, la scala di codifica ordinale 0-1-2, aggregata per somma semplice come se fosse cardinale, condivide un'assunzione di proporzionalità comune ai modelli di maturità ma non formalmente garantita. La dipendenza da fonti secondarie espone inoltre la matrice al rischio di greenwashing, poiché un punteggio elevato può riflettere la qualità della comunicazione aziendale più che la pratica sottostante, un rischio attenuato ma non eliminato dal principio di conservatorismo adottato nella codifica (Yin & Campbell, 2018). Permane infine una componente di giudizio soggettivo nella valutazione di evidenze ambigue, e i casi discussi nel Capitolo 5 illustrano meccanismi specifici piuttosto che un censimento esaustivo delle applicazioni presenti nel campione.

Sul piano temporale, la matrice fotografa lo stato delle aziende al 2025, in un fenomeno in rapida evoluzione: il caso di Recover, il cui punteggio blockchain nullo riflette un pilota avviato dopo la rilevazione, illustra concretamente questo limite. La natura cross-sezionale del disegno impedisce inoltre di distinguere se la relazione condizionale osservata tra le due maturità rifletta una dinamica di co-evoluzione nel tempo o uno stato di equilibrio fotografato in un unico momento storico.

Questi tre ordini di limiti indicano altrettante direzioni di ricerca futura. Un disegno longitudinale, ripetendo la rilevazione a distanza di alcuni anni sullo stesso campione, permetterebbe di sciogliere l'ambiguità temporale appena descritta e di verificare se la relazione condizionale identificata in questa tesi si consolidi con la piena entrata a regime degli obblighi ESPR, o si trasformi in una relazione più uniforme una volta ridotto lo scarto di maturità istituzionale tra i due quadri normativi. Un ampliamento del campione, in particolare del cluster Technology-Driven, oggi limitato a tre casi, consentirebbe di verificare se il paradosso del fornitore tecnologico regga a una numerosità maggiore o sia in parte un effetto della composizione ridotta del sottogruppo, e un ampliamento del perimetro geografico oltre la concentrazione italiana permetterebbe di distinguere più nettamente l'effetto della regolamentazione europea da quello di specificità nazionali. Sul piano metodologico, l'integrazione di dati primari, interviste o questionari alle aziende del campione, ridurrebbe la dipendenza da fonti secondarie e il conseguente rischio di greenwashing nella codifica, mentre l'impiego di un secondo codificatore indipendente permetterebbe di quantificare l'affidabilità inter-soggettiva della procedura. Infine, l'applicazione della Smart-Sustainable Matrix a settori manifatturieri europei diversi dal lusso permetterebbe di stabilire se la relazione condizionale tra le due dimensioni sia una caratteristica specifica di questa filiera o un pattern più generale della twin transition industriale.

Bibliografia

- Abbate, S., Centobelli, P., Cerchione, R., Nadeem, S. P., & Riccio, E. (2024). Sustainability trends and gaps in the textile, apparel and fashion industries. In *Environment, Development and Sustainability* (Vol. 26, Numero 2, pagg. 2837–2864). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02887-2>
- Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. In *Journal of Cloud Computing* (Vol. 11, Numero 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>
- Akram, S. V., Malik, P. K., Singh, R., Gehlot, A., Juyal, A., Ghafoor, K. Z., & Shrestha, S. (2022). Implementation of Digitalized Technologies for Fashion Industry 4.0: Opportunities and Challenges. *Scientific Programming*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7523246>
- Apparel Impact Institute (Aii). (2025). *Taking Stock of Progress Against the Roadmap to Net Zero 2025*. <https://apparelimpact.org/wp-content/uploads/2025/07/Taking-Stock-2025.pdf>
- Bain & Company; Fondazione Altagamma. (2024). *Luxury Goods Worldwide Market Study. 23rd Edition*. <https://www.bain.com/insights/luxury-in-transition-securing-future-growth/>
- Bertola, P., & Teunissen, J. (2018). Fashion 4.0. Innovating fashion industry through digital transformation. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 352–369. <https://doi.org/10.1108/RJTA-03-2018-0023>
- Bhandari, N., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., Kumar, A., Naz, F., & Joshi, R. (2022). Barriers to sustainable sourcing in the apparel and fashion luxury industry. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 220–235. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.007>
- Bianchini, S., Damioli, G., & Ghisetti, C. (2023). The environmental effects of the “twin” green and digital transition in European regions. *Environmental and Resource Economics*, 84(4), 877–918. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00741-7>
- Bindi, B., Bandinelli, R., Fani, V., & Pero, M. E. P. (2023). Supply chain strategy in the luxury fashion industry: impacts on performance indicators. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 72(5), 1338–1367. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2021-0079>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

- Breque, Maija., De Nul, Lars., & Petridis, Athanasios. (2021). *Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union.
- Brun, A., Caniato, F., Caridi, M., Castelli, C., Miragliotta, G., Ronchi, S., Sianesi, A., & Spina, G. (2008). Logistics and supply chain management in luxury fashion retail: Empirical investigation of Italian firms. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 554–570. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.02.003>
- Carayannis, E. G., & Morawska-Jancelewicz, J. (2022). The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(4), 3445–3471. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2>
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387. <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>
- Carvalho, C., Abreu, M. J. A. M., & Silva, C. J. (2025). The Integration of the Digital Product Passport (DPP) in the Textile Industry: A Systematic Literature Review. In *Advances in Fashion and Design Research III* (pagg. 480–489). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83185-0_44
- Carvalho, C., Silva, C. J., & Abreu, M. J. (2025). Circular Economy: Literature Review on the Implementation of the Digital Product Passport (DPP) in the Textile Industry. *Sustainability*, 17(5), 1802. <https://doi.org/10.3390/su17051802>
- Castillo, C., Otero-Romero, T., & Alvarez-Palau, E. J. (2025). Navigating the transition to industry 5.0: advancing sustainability, resilience, and human-centricity in Spanish supply chain management. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01190-0>
- Cepêda, C., Monteiro, A. P., & Aibar-Guzmán, B. (2025). Decoupling in Sustainability Reporting: A Systematic Literature Review. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 32(3), 2988–3007. <https://doi.org/10.1002/csr.3114>
- Chen, Y. (2024). How blockchain adoption affects supply chain sustainability in the fashion industry: a systematic review and case studies. *International Transactions in Operational Research*, 31(6), 3592–3620. <https://doi.org/10.1111/itor.13273>
- Chiarini, A. (2021). Industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: Are we sure they are all relevant for environmental performance? *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3194–3207. <https://doi.org/10.1002/bse.2797>

- Chod, J., Trichakis, N., Tsoukalas, G., Aspegren, H., & Weber, M. (2020). On the Financing Benefits of Supply Chain Transparency and Blockchain Adoption. *Management Science*, 66(10), 4378–4396. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2019.3434>
- Choi, J., & Kim, Y. J. (2025). The impact of twin transition on firms' business performance: Empirical evidence from Korean manufacturing firms. *Energy Economics*, 149, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108765>
- Christopher, Martin. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson Education.
- Civera, C., Santoro, G., & Chiaudano, V. (2025). Do Not Stop the Loop: Driving Circular Textiles With Technology and Stakeholder Engagement. *Business Strategy and the Environment*, 34(5), 5317–5335. <https://doi.org/10.1002/bse.4250>
- Colasante, A., D'Adamo, I., Desideri, S., Iannilli, M., & Mangani, V. (2025). Environmental Concerns in the Fashion Industry: A Twin Transition With the Digital Product Passport. *Business Strategy and the Environment*, 34(7), 9242–9256. <https://doi.org/10.1002/bse.70078>
- Commissione Europea. (2022). *Strategia dell'UE per prodotti tessili sostenibili e circolari*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52022DC0141>
- Coppola, C., Vollero, A., & Siano, A. (2023). Developing dynamic capabilities for the circular economy in the textile and clothing industry in Italy: A natural-resource-based view. *Business Strategy and the Environment*, 32(7), 4798–4820. <https://doi.org/10.1002/bse.3394>
- Creswell, J. W. ., & Creswell, J. David. (2018). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications, Inc.
- Cui, Y., Gaur, V., & Liu, J. (2024). Supply Chain Transparency and Blockchain Design. *Management Science*, 70(5), 3245–3263. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4851>
- D'Adamo, I., Fratocchi, L., Grosso, C., & Tavana, M. (2025). An Integrated Business Strategy for the Twin Transition: Leveraging Digital Product Passports and Circular Economy Models. *Business Strategy and the Environment*, 34(7), 9008–9022. <https://doi.org/10.1002/bse.70065>
- Dal Forno, A. J., Bataglini, W. V., Steffens, F., & Ulson de Souza, A. A. (2023). Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review. *Research Journal of Textile and Apparel*, 27(1), 95–117. <https://doi.org/10.1108/RJTA-08-2021-0106>
- de Boissieu, E., Kondrateva, G., Baudier, P., & Ammi, C. (2021). The use of blockchain in the luxury industry: supply chains and the traceability of goods. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(5), 1318–1338. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2020-0471>

- De Carolis, A., Macchi, M., Kulvatunyoo, B., Brundage, M. P., & Terzi, S. (2017). *Maturity Models and Tools for Enabling Smart Manufacturing Systems: Comparison and reflections for future developments*.
- Direttiva (UE) 2022/2464 — CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) (2022). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj>
- Direttiva (UE) 2024/1760 — CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive) (2026). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02024L1760-20260318>
- Direttiva (UE) 2025/794 — Stop-the-Clock (2025). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/794/oj>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550. <https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385>
- Euratex. (2024). *Facts & key figures of the European textile and clothing industry. Edition 2024*.
- European Environment Agency. (2025). *Circularity of the EU Textiles Value Chain in Numbers*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/circularity-of-the-eu-textiles-value-chain-in-numbers>
- Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). *Cluster Analysis*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470977811>
- Farrukh, A., & Sajjad, A. (2024). Drivers for and barriers to circular economy transition in the textile industry: A developing economy perspective. *Sustainable Development*, 32(6), 7309–7329. <https://doi.org/10.1002/sd.3088>
- Fashion for Good. (2025). *Textile Processing Guide*. https://www.fashionforgood.com/our_news/what-is-textile-processing-understanding-the-fashion-supply-chain-and-its-environmental-impact/
- Fashion Revolution. (2025). Fashion Transparency Index 2025. In *Fashion Revolution*. <https://www.fashionrevolution.org/about/transparency/>
- Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., & Gnanzou, D. (2015). How ‘big data’ can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.031>
- Franzè, C., Paolucci, E., & Ravetti, C. (2024). A dynamic view of strategic innovation for sustainability: A longitudinal case study of a luxury fashion engineering company. *Creativity and Innovation Management*, 33(4), 603–619. <https://doi.org/10.1111/caim.12609>

- Garcia-Torres, S., Rey-Garcia, M., & Sáenz, J. (2024). Enhancing sustainable supply chains through traceability, transparency and stakeholder collaboration: A quantitative analysis. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 7607–7629. <https://doi.org/10.1002/bse.3884>
- Govindan, K., Shaw, M., & Majumdar, A. (2021). Social sustainability tensions in multi-tier supply chain: A systematic literature review towards conceptual framework development. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123075>
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (pagg. 85–113). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
- Hair, J. F. ., Black, W. C. ., Babin, B. J. ., & Anderson, R. E. . (2019). *Multivariate data analysis Joseph F. Hair, Jr. (University of South Alabama), William C. Black (Louisiana State University), Barry J. Babin (Louisiana Tech University), Rolph E. Anderson (Drexel University)*. Cengage.
- Han, Y., Li, Z., Feng, T., Qiu, S., Hu, J., Yadav, K. K., & Obaidullah, A. J. (2024). Unraveling the impact of digital transformation on green innovation through microdata and machine learning. *Journal of Environmental Management*, 354. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120271>
- Hassan, R., Acerbi, F., Terzi, S., & Rosa, P. (2025). Enabling the twin transition of the textile industry: A systematic literature review. *Waste Management*, 195, 294–307. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.02.025>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hermundsdottir, F., & Aspelund, A. (2022). Competitive sustainable manufacturing - Sustainability strategies, environmental and social innovations, and their effects on firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 370. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133474>
- Holmqvist, J., & Kowalkowski, C. (2023). Traceability in luxury: Harnessing B2B relationships to enhance ethical practices in the luxury industry. *Industrial Marketing Management*, 111, 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2023.04.008>
- Jaegler, A., & Goessling, T. (2020). Sustainability concerns in luxury supply chains: European brand strategies and French consumer expectations. *Business Strategy and the Environment*, 29(6), 2715–2733. <https://doi.org/10.1002/bse.2531>

- Jestratijevic, I., Uanhoro, J. O., & Rana, M. R. I. (2024). Transparency of sustainability disclosures among luxury and mass-market fashion brands: Longitudinal approach. *Journal of Cleaner Production*, 436, 140481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140481>
- Junaid, M., Du, J., Mubarik, M. S., & Shahzad, F. (2024). Creating a sustainable future through <scp>Industry</scp> 4.0 technologies: Untying the role of circular economy practices and supply chain visibility. *Business Strategy and the Environment*, 33(6), 5753–5775. <https://doi.org/10.1002/bse.3777>
- Karaosman, H., Perry, P., Brun, A., & Morales-Alonso, G. (2020). Behind the runway: Extending sustainability in luxury fashion supply chains. *Journal of Business Research*, 117, 652–663. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.09.017>
- Kering. (2024). *Universal Registration Document 2023 — Sustainability Report*. <https://www.kering.com/en/finance/regulated-information/>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kirono, C. S., & Sono, M. G. (2025). Application of Circular Economy in Sustainable Supply Chain Management in the Fashion Industry. *West Science Business and Management*, 3(01), 63–68. <https://doi.org/10.58812/wsbm.v3i01.1755>
- Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>
- Kouslis, E., Papachristou, E., Stavropoulos, T. G., Papazoglou Chalikias, A., Chatzilari, E., Nikolopoulos, S., & Kompatsiaris, I. (2025). AI in fashion: a literature review. *Electronic Commerce Research*, 25(5), 4071–4102. <https://doi.org/10.1007/s10660-024-09872-z>
- Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P., & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 120, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>
- Kwilinski, A. (2024). Understanding the nonlinear effect of digital technology development on CO₂ reduction. *Sustainable Development*, 32(5), 5797–5811. <https://doi.org/10.1002/sd.2964>

- Latino, M. E. (2025). A maturity model for assessing the implementation of Industry 5.0 in manufacturing SMEs: learning from theory and practice. *Technological Forecasting and Social Change*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124045>
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279–295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Luoma, P., Penttinen, E., Tapio, P., & Toppinen, A. (2023). Paradoxical tensions in exploiting data to implement circular economy in the textile industry. *Ambio*, 52(8), 1400–1413. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01865-w>
- Luqman, A., Zhang, Q., Talwar, S., Bhatia, M., & Dhir, A. (2024). Artificial intelligence and corporate carbon neutrality: A qualitative exploration. *Business Strategy and the Environment*, 33(5), 3986–4003. <https://doi.org/10.1002/bse.3689>
- LVMH Moët Hennessy Louis Vuitton. (2025). *Social and Environmental Responsibility Report 2024*. <https://www.lvmh.com/en/investors/publications-and-regulated-information/annual-report/>
- MacGregor Pelikánová, R., & Sani, M. (2023). Luxury, slow and fast fashion: A case study on the (un)sustainable creating of shared values. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 18(3), 813–851. <https://doi.org/10.24136/eq.2023.026>
- Maddikunta, P. K. R., Pham, Q.-V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- Montresor, S., & Vezzani, A. (2023). Digital technologies and eco-innovation. Evidence of the twin transition from Italian firms. *Industry and Innovation*, 30(7), 766–800. <https://doi.org/10.1080/13662716.2023.2213179>
- Orisadare, E. A., Achukwu, O. E., Ogunyemi, A. A., Adedeji, D. O., Diyaolu, I. J., Ugwu, E. I., Oluwatope, A. O., Bakare, K. O., & Awoyelu, I. O. (2025). Digitalisation and Green Strategies: A Systematic Review of the Textile, Apparel and Fashion Industries. In *Circular Economy and Sustainability* (Vol. 5, Numero 4, pagg. 2775–2827). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00555-x>

- Parlamento Europeo. (2025). *L'impatto della produzione e dei rifiuti tessili sull'ambiente*.
<https://www.europarl.europa.eu/topics/it/article/20201208STO93327/l-impatto-della-produzione-e-dei-rifiuti-tessili-sull-ambiente-infografica>
- Patton, M. Quinn. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage Publications.
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., de Amicis, R., Pinto, E. B., Eisert, P., Dollner, J., & Vallarino, I. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2), 26–40.
<https://doi.org/10.1109/MCG.2015.45>
- Pricopoaia, O., Cristache, N., Lupașc, A., & Iancu, D. (2025). The implications of digital transformation and environmental innovation for sustainability. *Journal of Innovation & Knowledge*, 10(3), 100713. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100713>
- Rahaman, Md. T., Pranta, A. D., & Ahmed, S. (2025). Transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0 for Sustainable and Additive Manufacturing of Clothing: Framework, Case Studies, Recent Advances, and Future Prospects. *Materials Circular Economy*, 7(1).
<https://doi.org/10.1007/s42824-025-00176-7>
- Regolamento (UE) 2023/1115 — EUDR (EU Deforestation Regulation) (2025). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1115-20251226>
- Regolamento (UE) 2024/1781 — ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) (2024).
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj>
- Rehman, M., Petrillo, A., Ortíz-Barrios, M., Forcina, A., Baffo, I., & De Felice, F. (2024). Sustainable fashion: Mapping waste streams and life cycle management. *Journal of Cleaner Production*, 444, 141279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141279>
- Riemens, J., Lemieux, A.-A., Lassagne, M., & Lamouri, S. (2023). Apprehending traceability implementation in support of sustainable value chains: A novel analysis framework for the fashion industry. *Journal of Cleaner Production*, 414, 137501.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137501>
- Saccani, N., Bressanelli, G., & Visintin, F. (2023). Circular supply chain orchestration to overcome Circular Economy challenges: An empirical investigation in the textile and fashion industries. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 469–482.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.020>

- Sandin, G., & Peters, G. M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353–365. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266>
- Savelli, E. (2011). Role of Brand Management of the Luxury Fashion Brand in the Global Economic Crisis: A Case Study of Aeffe Group. *Journal of Global Fashion Marketing*, 2(3), 170–179. <https://doi.org/10.1080/20932685.2011.10593095>
- Schuh, G., Scheuer, T., Nick, G., Szaller, Á., & Várgedo, T. (2020). A two-step digitalization level assessment approach for manufacturing companies. *Procedia Manufacturing*, 54, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.005>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schwab, Klaus. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Shashi, Centobelli, P., Cerchione, R., & Mittal, A. (2021). Managing sustainability in luxury industry to pursue circular economy strategies. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 432–462. <https://doi.org/10.1002/bse.2630>
- Shen, B., Minner, S., Chan, H.-L., & Brun, A. (2020a). Logistics and supply chain management in the luxury industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 143, 102095. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102095>
- Shen, B., Minner, S., Chan, H.-L., & Brun, A. (2020b). Logistics and supply chain management in the luxury industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 143, 102095. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102095>
- Textile Exchange. (2024). *Supply Chain Taxonomy for the Textile, Apparel, and Fashion Industry*. <https://textileexchange.org/>
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>
- Veugelers, R., Faivre, C., Rückert, D., & Weiss, C. (2023). The Green and Digital Twin Transition: EU vs US Firms. *Intereconomics*, 58(1), 56–62. <https://doi.org/10.2478/ie-2023-0010>
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

- Zhang, A., & Seuring, S. (2024). Digital product passport for sustainable and circular supply chain management: a structured review of use cases. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27(12), 2513–2540. <https://doi.org/10.1080/13675567.2024.2374256>
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922–1954. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085>
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., & Zanardini, M. (2019). The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1085–1115. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0269>
- Zizic, M. C., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*, 15(14), 5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>

Appendice A – Smart-Sustainable Matrix

Azienda	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Smart Score	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Sus Score	Cluster
Temera	1	2	2	2	0	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	2	1	1	Technology-Driven
Lectra	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0	1	1	1	2	1	1	2	2	Technology-Driven
Aura Blockchain	0	2	2	2	0	2	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	Technology-Driven
Prima Industrie	2	1	0	0	2	2	1	0	0	2	2	2	0	2	1	0	2	2	Hybrid
Framis Italia	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	2	0	2	0	2	1	1	Sustainability-Driven
Lenzing Group	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Hybrid
Aquafil	1	0	0	0	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	Hybrid
Schoeller Textil	2	0	1	0	1	0	1	0	0	2	2	2	0	2	1	2	1	1	Sustainability-Driven
Successori Reda	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	0	2	1	2	2	2	Sustainability-Driven
Candiani Denim	1	0	2	0	2	1	2	2	2	2	2	2	0	2	1	2	2	2	Hybrid
Manteco	1	0	1	1	0	1	2	1	1	2	2	2	0	2	2	2	2	2	Hybrid
Albini Group	1	0	1	0	1	1	2	1	1	2	1	2	0	2	2	2	2	2	Hybrid
Spinnova	2	2	0	0	2	1	1	1	1	2	2	2	0	2	1	2	2	2	Hybrid
Infinited Fiber	1	0	0	0	1	0	1	1	1	2	2	2	0	2	0	2	1	1	Sustainability-Driven
Orange Fiber	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	2	1	0	2	0	2	1	1	Sustainability-Driven
Vegea	1	0	0	0	1	0	1	1	1	2	2	2	0	2	0	2	1	1	Sustainability-Driven
Fairbribs	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	0	2	0	2	0	0	Sustainability-Driven
Resortecs	1	0	0	0	2	0	1	1	1	2	2	1	0	1	0	2	1	1	Sustainability-Driven
Recover	2	0	0	0	2	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	Hybrid
Marzotto Group	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	2	2	0	2	2	2	2	2	Sustainability-Driven
Zegna Baruffa	1	0	0	0	1	0	1	1	1	2	2	2	0	1	1	2	2	2	Sustainability-Driven
Ratti Group	1	0	0	0	2	1	2	1	1	2	2	2	0	2	2	2	2	2	Hybrid
Gruppo Florence	1	1	0	0	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	Hybrid
Pattern Group	1	2	1	0	2	1	1	1	1	2	2	2	0	2	2	2	2	2	Hybrid
Chargeurs PCC	2	0	0	0	2	1	1	1	1	2	2	2	0	2	1	2	2	2	Hybrid

Appendice B - Schede aziendali

1. Temera - Technology-Driven (Smart 13 · Sus 5)

Impresa italiana fondata nel 2009 con sede a Scarperia (Firenze), controllata dal 2022 dal gruppo brasiliano Beontag (BTG Pactual), specializzata nell'identificazione digitale del prodotto e nella tracciabilità di filiera per il settore moda-lusso. Opera come tech provider a valle dei produttori tessili e a monte dei brand, fornendo infrastrutture hardware e software, come tag NFC, sistemi RFID, piattaforme blockchain e Digital Product Passport che i brand integrano nei propri prodotti finiti. Il collegamento con il lusso è diretto: l'85% dei clienti sono maison di fascia alta come Tod's, MCM, Acne Studios e Pinko, che richiedono soluzioni di autenticazione e tracciabilità compatibili con i requisiti del DPP europeo.

Temera progetta e implementa soluzioni chiavi in mano di identificazione digitale per conto di brand terzi. I ricavi derivano da contratti di progetto e da accordi di licenza o manutenzione delle piattaforme. Tra i casi documentati, il DPP per Tod's Di Bag (2023) ha integrato un tag NFC nella suola della calzatura, collegando il prodotto al CRM (Customer Relationship Management, sistema di gestione della relazione con il cliente) del brand e abilitando autenticazione, tracciabilità e rivendita certificata del prodotto usato. Il progetto MCM × Harper Collective (2024) ha aggiunto la dimensione circolare, tracciando via blockchain la provenienza di plastica oceanica recuperata come materiale del prodotto.

Temera è assegnata al cluster Technology-Driven: Smart Score 13 e Sustainable Score 5. Il punteggio Sustainable non riflette disattenzione ambientale ma l'inapplicabilità strutturale di diversi indicatori a un'azienda priva di filiera produttiva fisica: gli indicatori relativi a materiali circolari, gestione idrica e approvvigionamento responsabile sono codificati 0 perché Temera non acquista materie prime né gestisce processi produttivi propri.

2. Lectra - Technology-Driven (Smart 14 · Sus 9)

Impresa francese quotata alla Borsa di Parigi (Euronext), fondata nel 1973 e con sede a Cestas (Bordeaux), produce sistemi software e hardware per l'automazione del processo di sviluppo e produzione di capi d'abbigliamento e accessori, occupa una posizione di tech provider trasversale rispetto alla supply chain: le sue soluzioni, sistemi di taglio automatizzato, PLM (Product Lifecycle Management, sistema di gestione dell'intero ciclo di vita del prodotto dalla progettazione alla produzione), piattaforma di tracciabilità TextileGenesis (acquisita nel 2023), strumento di benchmarking AI Retviews, servono brand e produttori a tutti i livelli della filiera. Il collegamento

con il lusso avviene indirettamente: Lectra fornisce infrastruttura digitale a brand come Kering, H&M e Bestseller, e a produttori come Lenzing e Recover, entrambi presenti nel campione.

Il modello di business è Software as a Service (SaaS, il software è erogato come servizio in abbonamento) e hardware integrato: ricavi ricorrenti da licenze software, da vendita e manutenzione di sistemi di taglio automatizzati, e da abbonamenti alla piattaforma TextileGenesis. L'acquisizione di TextileGenesis nel 2023 ha spostato Lectra da fornitore di automazione di produzione a fornitore di infrastruttura per la trasparenza di filiera. L'integrazione tra Kubix Link e TextileGenesis, annunciata nel marzo 2025, consente ai brand di trasmettere automaticamente i dati di sostenibilità dal PLM al DPP, eliminando il doppio inserimento manuale. L'integrazione con Ecobalyse, strumento sviluppato dall'ADEME (Agenzia francese per la transizione ecologica) per la stima dell'impatto ambientale in fase di progettazione, consente ai clienti di calcolare il footprint del prodotto direttamente nel PLM. Come per Temera, la sostenibilità abilitata è quella dei clienti: Lectra produce l'infrastruttura, i brand ne raccolgono i benefici ambientali. Le transizione digitale e quella sostenibile sono strutturalmente disaccoppiate nel perimetro di Lectra.

3. Aura Blockchain Consortium - Technology-Driven (Smart 12 · Sus 3)

Aura Blockchain Consortium è un'associazione no-profit fondata nel 2021 con sede in Lussemburgo da LVMH, Prada Group, Richemont e OTB, con l'obiettivo di gestire un'infrastruttura blockchain condivisa per l'autenticazione e la tracciabilità dei prodotti di lusso. Opera come organizzazione di micro-piccola dimensione, priva di qualunque attività produttiva manifatturiera, al livello di tech provider di infrastruttura per i brand fondatori e per i brand che vi aderiscono. Il collegamento con il lusso è strutturale: Aura è stata creata dal segmento più alto del mercato mondiale del lusso per rispondere alla necessità di autenticare i prodotti e abilitare il DPP su scala industriale.

I brand fondatori finanziano l'infrastruttura e in cambio accedono alla piattaforma per criptare i propri prodotti e implementare i propri DPP. Nel 2025 sono stati superati il milione di prodotti criptati per il gruppo OTB (Marni, Maison Margiela, Jil Sander) e circa tre milioni totali dal 2022. Aura partecipa ai working group CIRPASS-2 della Commissione Europea, contribuendo alla definizione degli standard tecnici del DPP europeo, e ha avviato una partnership con Bain & Company come knowledge partner per la ricerca sul mercato del lusso e sulla twin transition.

L'assenza di produzione fisica propria rende inapplicabili gli indicatori relativi a materiali circolari, certificazioni di prodotto, target SBTi, approvvigionamento responsabile, energia rinnovabile e benessere dei lavoratori nella forma in cui sono codificati nella matrice. Le due transizioni sono completamente disaccoppiate: Aura è la tecnologia, non il beneficiario ambientale. Questa

osservazione, insieme a Temera e Lectra, genera l'inversione della correlazione nel campione completo ($r = -0,196$ vs $r = +0,693$ nel sotto-campione $n=22$).

4. Prima Industrie - Hybrid (Smart 8 · Sus 11)

Impresa italiana quotata a Milano (Euronext Milan), fondata nel 1977 e con sede a Collegno (Torino), progetta e produce sistemi laser e macchine utensili per la lavorazione della lamiera, opera nel segmento machinery della filiera, a monte dei produttori di tessuto e accessori: i suoi sistemi di taglio e marcatura laser sono adottati da aziende tessili e metalmeccaniche come strumenti di produzione. Il collegamento con il lusso è indiretto: le macchine Prima sono acquistate da fornitori della filiera moda-lusso per ottimizzare i processi di taglio e incisione, e il posizionamento del marchio punta esplicitamente sull'efficienza e sulla qualità del Made in Italy industriale.

I ricavi provengono dalla vendita di sistemi laser (Laser Genius+ e Platino Fiber, modelli di punta della gamma) e da contratti di manutenzione e aggiornamento software. La sostenibilità è un attributo tecnico del prodotto venduto, non una caratteristica della filiera del produttore: il framework Green Means, sviluppato dal 1998, quantifica i guadagni di efficienza energetica che i clienti ottengono adottando i sistemi Prima rispetto alle tecnologie tradizionali: efficienza wall-plug superiore al 40%, risparmio gas fino al 40%, utilizzo della lamiera fino al 96% nei modelli più recenti. Nel marzo 2025 Prima ha ceduto Prima Additive, la divisione di additive manufacturing (produzione additiva, tecnologia di fabbricazione strato per strato come la stampa 3D industriale), alla società giapponese Sodick, riducendo il proprio perimetro in questo segmento.

Il punteggio Smart è trainato da IoT integrato nei sistemi di monitoraggio degli impianti, automazione avanzata di prodotto e Big Data per l'ottimizzazione dei processi, con blockchain e DPP assenti. Il Sus Score di 11 deriva da gestione dei rifiuti, efficienza energetica e certificazioni di prodotto, mentre l'assenza di target SBTi e l'utilizzo solo parziale di energia rinnovabile limitano il punteggio.

5. Lenzing Group - Hybrid (Smart 10 · Sus 16)

Impresa austriaca quotata alla Borsa di Vienna (LSS), fondata nel 1892 e con sede a Lenzing (Alta Austria), specializzata nella produzione di fibre cellulosiche di origine biologica, principalmente TENCEL™ (lyocell e modal, fibre cellulosiche prodotte da legno con processo a ciclo chiuso) e ECOVERO™ (viscosa a basso impatto ambientale), da legno proveniente da foreste certificate, opera al livello Tier 3 della filiera (produzione di fibre), fornendo il materiale base a filatori e tessitori della moda di lusso e del fast fashion sostenibile. Il collegamento con il lusso è diretto: i brand di fascia alta adottano le fibre Lenzing come alternativa sostenibile alla viscosa convenzionale, e le

certificazioni di prodotto (REFIBRA™, GRS e FSC) sono esplicitamente valorizzate nei DPP dei clienti.

Ricava dalla vendita di fibre cellulosiche a filatori e tessitori, con un premium price giustificato dalle certificazioni di sostenibilità e dalla tracciabilità garantita dalla piattaforma TextileGenesis™, sviluppata internamente dal 2020 e poi ceduta a Lectra nel 2023. TextileGenesis, basata su token Fibercoin™ (gettoni digitali emessi in proporzione alle spedizioni fisiche di fibre certificate, che consentono ai brand di verificare l'autenticità della provenienza), connette oltre 7.000 attori della filiera e consente ai clienti di verificare in tempo reale la provenienza della fibra dal fornitore al prodotto finito. In questo caso la twin transition si configura come digitalizzazione al servizio di una sostenibilità già matura.

6. Aquafil - Hybrid (Smart 7 · Sus 15)

Impresa italiana con sede ad Arco (Trento), quotata in Borsa (Euronext Milan), fondata nel 1965, specializzata nella produzione di filato di nylon, sia vergine sia riciclato, per l'industria tessile, della moquette e della calzatura, opera al livello Tier 3 (produzione di fibra/filato), con stabilimenti in Italia, Slovenia, Germania, Scozia, Croazia, Tailandia e Cambogia. Il collegamento con il lusso avviene tramite il filato riciclato ECONYL® Regeneration, adottato da brand di fascia alta come Prada e Gucci come alternativa al nylon vergine: il filato è prodotto interamente da rifiuti pre- e post-consumo (reti da pesca, scarti industriali, carpet usati) recuperati globalmente.

Il modello di business di Aquafil combina la produzione tradizionale di filato di nylon (reddito stabile) con l'economia circolare dell'ECONYL® Regeneration System, che nel 2025 supera il 60% dei ricavi da fibre. La piattaforma e-shop ECONYL®, lanciata nel 2021 e rivolta a brand di dimensioni medio-piccole, connette oltre 2.500 clienti con un portafoglio di filati con filtri di sostenibilità. Il progetto Passage Patterns, realizzato nel maggio 2025 con Lenzing, Parsons School of Design e IOM/ONU, trasforma dati di migrazione in tessuto REFIBRA™/ECONYL®, dimostrando l'utilizzo della fibra circolare in un contesto narrativo e artistico.

La maturità sostenibile, documentata da EPD verificata DNV, GRS, certificazione DNV, si è costruita a partire dal 2011 attraverso il sistema ECONYL®, prima della disponibilità delle tecnologie digitali di tracciabilità oggi associate alla twin transition. La digitalizzazione presente (Big Data per ottimizzazione di processo, piattaforma SC) non ha contribuito a costruire la maturità sostenibile: ha riguardato la gestione operativa. La coesistenza nel cluster Hybrid non implica co-evoluzione.

7. Candiani Denim - Hybrid (Smart 10 · Sus 13)

Candiani Denim è un'impresa italiana a conduzione familiare (quarta generazione), fondata nel 1938 e con sede a Robecchetto con Induno (Milano), specializzata nella produzione di denim di fascia alta per brand di lusso e premium, opera al livello Tier 2 (produzione di tessuto). Il collegamento con il lusso è diretto: Candiani è fornitore storico di maison internazionali e brand premium che richiedono denim con caratteristiche di qualità, sostenibilità e tracciabilità superiori allo standard di mercato. L'azienda si definisce esplicitamente come uno dei produttori di denim più sostenibili al mondo, ed è l'unico produttore di denim del campione.

Il modello di business è quello di un tessitore specializzato verticalmente integrato: controllo dell'intera filiera dal filato al tessuto finito, con un premium price giustificato dalla qualità del materiale, dalle certificazioni e dalla tracciabilità digitale. La Product DNA Platform, implementata dal 2021 tramite blockchain, mappa la catena di produzione e consente ai brand acquirenti di verificare la provenienza del denim dal campo al tessuto finito. Candiani ha lanciato nel 2024 la Sustainable Brand Platform (SBP) traduce i dati della Product DNA in formato compatibile con CSRD, e i requisiti del DPP europeo, generando la reportistica automaticamente. Sul lato materiale, il cotone rigenerativo Blue Seed × Madh (2024), una varietà non-OGM sviluppata con il produttore svedese Madh e coltivata in Andalusia secondo i criteri Regenagri® (standard per l'agricoltura rigenerativa), porta la quota di cotone rigenerativo al 40% dell'approvvigionamento nel 2025. Candiani Custom è una micro-factory on-demand che produce solo su ordine confermato, eliminando overstock e campionari fisici, riconosciuta con il ITMA Sustainable Innovation Award 2023.

Il profilo documenta l'unico caso nel campione in cui la digitalizzazione della filiera (Product DNA/blockchain) e l'innovazione del materiale (cotone rigenerativo, COREVA®, denim biodegradabile con elasticità in gomma naturale invece di elastan sintetico) procedono in modo esplicito e coevo, una co-evoluzione che la letteratura sulla twin transition assume come meccanismo teorico ma che i dati mostrano essere molto meno frequente nella pratica.

8. Manteco - Hybrid (Smart 7 · Sus 14)

Impresa italiana a conduzione familiare (Mantellassi), fondata nel 1941 e con sede a Montemurlo (Prato), specializzata nella produzione di tessuti di lana di alta qualità per la moda di lusso e il prêt-à-porter, opera al livello Tier 2 (tessuto). Il collegamento con il lusso è consolidato: Manteco fornisce tessuti a maison internazionali e brand premium, posizionandosi sul binomio qualità manifatturiera-sostenibilità certificata come elemento differenziante rispetto ai produttori di lana convenzionale.

Il modello di business integra la produzione di tessuto con un sistema proprietario di gestione e tracciabilità della filiera locale: MSystem è la rete certificata di 56 fornitori toscani a km0, regolata da una Carta degli Impegni di Filiera che definisce gli standard qualitativi e ambientali a cui tutti i

partner devono aderire. MTrace è il software proprietario che traccia il processo produttivo dalla materia prima al finissaggio, integrato con i sistemi di controllo qualità. MData gestisce la reportistica e l'analisi ambientale, sviluppata in collaborazione con le università di Milano e Torino per misurare l'impatto ambientale della filiera. Nel 2023-2025 Manteco ha acquisito e decarbonizzato il lanificio Casentino Lane con una riduzione del 50% delle emissioni di CO₂ attraverso l'adozione di energia rinnovabile certificata. Nel marzo 2026 ha ricevuto il Premio Bilancio di Sostenibilità, motivato esplicitamente dal contributo di MTrace e MData alla misurabilità della performance ambientale.

La twin transition è caratterizzata da indipendenza funzionale tra le due dimensioni, con la digitalizzazione che svolge un ruolo di rendicontazione ma non di generazione della performance ambientale.

9. Albini Group - Hybrid (Smart 7 · Sus 13)

Impresa italiana a proprietà familiare (quinta generazione), fondata nel 1876 ad Albino (Bergamo), produce filati e tessuti per camiceria e moda d'alta gamma. È il principale produttore europeo di tessuti per camicia di lusso, con circa 1.900 dipendenti, stabilimenti in Italia, Egitto, Repubblica Ceca e Ungheria. Il collegamento con il lusso è strutturale: Albini è fornitore di riferimento di Armani, Prada, Kering e dei principali brand internazionali di camiceria sartoriale.

Il modello di business è quello di un tessitore verticalmente integrato e fortemente orientato al B2B di lusso: ricavi dalla vendita di tessuti finiti a brand e camiciai, con posizionamento premium basato sulla qualità del cotone egiziano e supima, sull'innovazione di finissaggio e sulla trasparenza della filiera. Albini Next, il laboratorio di innovazione fondato nel 2019, sviluppa progetti su nuove fibre (kapok, fibra naturale dall'albero tropicale omonimo), coloranti naturali da batteri e microrganismi, cotone biologico Biofusion (cotone da agricoltura rigenerativa) e tracciabilità: nel 2024 ha avviato un programma di tracciabilità per il cotone supima americano con tecnologia blockchain Edafos, e un programma di verifica scientifica dell'origine del cotone egiziano con Oritain (tecnologia di analisi chimica per verificare la provenienza geografica delle materie prime). Il progetto rePAPER (con la startup Nicefiller) trasforma scarti della carta in coloranti tessili, brevettato nel 2024.

La twin transition è in una fase di avvicinamento progressivo: la sostenibilità è matura e certificata (GOTS, OEKO-TEX, Woolmark, cotone biologico), la digitalizzazione della filiera è in costruzione come risposta alla pressione normativa del DPP piuttosto che come scelta strategica anticipatoria. Le due transizioni non sono ancora connesse operativamente in modo sistematico.

10. Spinnova - Hybrid (Smart 9 · Sus 13)

Piccola impresa finlandese quotata al Nasdaq First North Growth Market di Helsinki, fondata nel 2015 a Jyväskylä, in fase di scale-up, che ha sviluppato una tecnologia brevettata per produrre fibre tessili da polpa di legno o da scarti (cuoio, tessili, scarti agricoli) attraverso un processo meccanico che non utilizza solventi chimici, opera nel segmento next-gen fiber. Il collegamento con il lusso avviene tramite i brand partner: Tommy Hilfiger, Adidas e Bestseller hanno già sviluppato prodotti con fibra SPINNOVA® in collezioni limitate o commerciali.

Il modello di business ha subito una revisione strategica profonda nel 2024: Spinnova ha abbandonato la produzione diretta di fibre per adottare un modello capital-light (a basso impiego di capitale) basato su licenze tecnologiche, vendita di attrezzature e servizi di engineering per la costruzione di impianti da parte di terzi. Il digital twin del processo produttivo, sviluppato con Siemens Xcelerator (piattaforma di digital twin industriale di Siemens), è centrale nel modello: consente di ottimizzare e trasferire la tecnologia di filatura a nuovi impianti garantendo la coerenza qualitativa tra siti di produzione distinti. La collaborazione con Valmet per la fornitura delle attrezzature principali e il consorzio internazionale in costruzione completano l'approccio ecosistemico alla scalabilità.

Le due transizioni non sono separate: Spinnova è nata come soluzione tecnologica a un problema ambientale, e il digitale è strumento di scalabilità del processo sostenibile. Il ricavo ancora molto limitato e la fase di scale-up spiegano i punteggi sostenibili non massimi nonostante le credenziali ambientali della tecnologia.

11. Recover™ - Hybrid (Smart 8 · Sus 14)

Impresa spagnola con sede a Banyeres de Mariola (Valencia), fondata nel 1947 e orientata verso la fibra riciclata con l'ingresso di investitori privati (tra cui H&M e Bestseller) a partire dal 2020, specializzata nella produzione di fibre di cotone riciclato da rifiuti tessili pre- e post-consumo, opera al livello Tier 3 (produzione di fibra riciclata). Il collegamento con il lusso avviene tramite i clienti B2B: Recover fornisce fibre e filati riciclati a marchi Ralph Lauren, che li integrano in collezioni sostenibili.

Il modello di business si basa sulla tecnologia FiberSync™, un sistema proprietario di color-matching (abbinamento del colore) per le fibre riciclate che consente di abbinare il colore dei rifiuti tessili in ingresso al colore target del filato in uscita senza fase di ri-tintura, riducendo significativamente il consumo idrico e chimico del processo. I ricavi derivano dalla vendita di fibre e filati riciclati ai produttori tessili. Nel giugno 2025 Recover ha avviato un pilota con TextileGenesis/Lectra (tecnologia Fibercoin) per la tracciabilità delle fibre riciclate lungo la catena, in preparazione alla conformità al DPP prevista per il 2027-2028. Nel giugno 2026 ha lanciato Recover™ Yarns, un portfolio curato di filati pronti all'uso che elimina il passaggio intermedio di filatura per i brand clienti.

Il punteggio blockchain pari a 0 documenta l'assenza di questa tecnologia al momento della rilevazione, il pilota Fibercoin è stato avviato nel giugno 2025, successivamente alla raccolta dati. Questo sfasamento temporale illustra un limite strutturale delle misurazioni statiche della matrice in un settore in rapida evoluzione. Le due transizioni sono sequenzialmente connesse: la sostenibilità si è sviluppata prima e autonomamente (FiberSync, LCA, Higg/Cascale); la digitalizzazione della tracciabilità arriva in un secondo momento come risposta normativa per rendere verificabile la circolarità già esistente.

12. Group - Hybrid (Smart 7 · Sus 14)

Impresa italiana con sede a Guanzate (Como), fondata nel 1945, parte del Gruppo Marzotto dal 2010, che produce tessuti stampati, uniti, tinti in filo e jacquard, oltre ad accessori finiti (foulard, cravatte, sciarpe), per brand di lusso e prêt-à-porter internazionali. Opera al livello Tier 2 (finissaggio e stampa di tessuto), gestendo l'intero processo dalla progettazione alla rifinitura in uno stabilimento di 50.000 m². Dal 2021 Ratti ha adottato la forma giuridica di Società Benefit, impegnandosi formalmente a perseguire benefici ambientali e sociali oltre al profitto. Il collegamento con il lusso è diretto: l'azienda lavora con le principali maison di moda internazionali, e il sito di Como è storicamente associato alla seta di alta qualità.

Il modello di business è quello di un trasformatore specializzato verticalmente integrato: ricavi dalla vendita di tessuti finiti e accessori a brand di lusso e prêt-à-porter, con un portafoglio di circa 600.000 disegni e tessuti d'archivio come asset creativo distintivo. Sul lato digitale, l'azienda utilizza automazione avanzata nei processi di stampa e finissaggio e una piattaforma di supply chain integrata per la gestione logistica end-to-end dei brand clienti. Il riconoscimento tra i Climate Leaders 2025 del Financial Times (per la riduzione delle emissioni Scope 1 e 2) e tra gli Italy Sustainability Leaders 2025 del Sole 24 Ore documenta il percorso di decarbonizzazione in corso.

Lo Smart Score è trainato dall'automazione di produzione e dalla piattaforma di filiera, che gestisce la logistica end-to-end per i clienti brand. L'assenza di digital twin, blockchain e RFID riflette una digitalizzazione orientata all'efficienza di processo piuttosto che alla tracciabilità di prodotto, coerente con il posizionamento di Ratti come trasformatore, non come produttore di materiale grezzo da rendicontare attraverso la catena di custodia. Le due transizioni sono sostanzialmente indipendenti: la componente Smart è di processo e logistica, quella Sus di gestione ambientale certificata.

13. Gruppo Florence - Hybrid (Smart 7 · Sus 15)

Grande impresa italiana, nata nel 2020 e con sede a Milano, controllata dal fondo di private equity Permira (che ne ha acquisito la maggioranza nel 2023 a una valutazione superiore al miliardo di euro).

Riunisce 36 laboratori manifatturieri specializzati distribuiti in 9 regioni italiane, con oltre 4.500 dipendenti. Opera al livello Tier 1 (confezione e assemblaggio), fornendo servizi di sviluppo prodotto e produzione a oltre 70 brand internazionali di lusso come Gucci e Bottega Veneta. Il collegamento con il lusso è centrale alla ragione d'essere del gruppo: Gruppo Florence è stato costituito esplicitamente come piattaforma di aggregazione per preservare e valorizzare la manifattura artigianale italiana di lusso.

Il modello di business è quello di un polo industriale aggregatore: Gruppo Florence non produce autonomamente ma coordina e standardizza le capacità produttive dei laboratori partner, offrendo ai brand clienti un interlocutore unico dalla prototipazione alla produzione su scala, con standard qualitativi e di sostenibilità omogenei. Il progetto Sinergia 01 (aprile 2024) è un'iniziativa di ricerca tecnica per lo sviluppo di nuove tecnologie di produzione e processo tra i laboratori partner. Il portale di tracciabilità e sostenibilità, basato su piattaforma digitale integrata e su un sistema di digital twin parziale del prodotto, consente ai brand di monitorare lo stato di avanzamento degli ordini e le credenziali di sostenibilità dei singoli laboratori. L'hub Auxilium supporta i laboratori nell'implementazione di strumenti digitali e certificazioni ambientali.

Le due dimensioni della twin transition sono connesse, poiché la tracciabilità digitale rende visibile la performance sostenibile distribuita nei laboratori. Il percorso è però ancora in costruzione: non esiste un progetto documentato di DPP o blockchain operativa a livello di filiera.

14. Pattern Group - Hybrid (Smart 9 · Sus 14)

Impresa italiana media quotata a Euronext Growth Milan (PAT), fondata nel 2000 e con sede a Calderara di Reno (Bologna), con 13 stabilimenti in 7 regioni, attiva nella progettazione ingegneristica e nella produzione di abbigliamento e accessori di lusso, opera al livello Tier 1 (confezione e ingegneria di prodotto). Include il polo di innovazione Dyloan con il laboratorio D-house a Chieti. Il collegamento con il lusso è diretto: Pattern fornisce servizi di ingegneria di prodotto e produzione a maison internazionali, ed è la prima azienda italiana di moda certificata SA8000 (standard internazionale per la responsabilità sociale nelle imprese, che garantisce il rispetto dei diritti dei lavoratori) nel 2013 e B Corp (certificazione che attesta l'equilibrio tra profitto e impatto sociale e ambientale).

Il modello di business combina l'ingegneria di prodotto (sviluppo tecnico dei capi dalla specifica al prototipo), la produzione (confezione di serie limitate ad alto contenuto tecnico) e l'innovazione di materiale e processo attraverso Dyloan D-house. La collaborazione con Swarovski e Stratasys (2025-2026) per la stampa 3D di castoni su tessuto, la prima applicazione globale documentata di questo tipo, che deposita direttamente i cristalli sul tessuto senza incollaggio, e il progetto europeo MY-FI

(che trasforma il micelio, la parte radicale dei funghi, in fibra tessile per applicazioni fashion e automotive) documentano un approccio all'innovazione che integra manifattura avanzata e nuovi materiali. Il progetto UNI.CO con Framis Italia (altra azienda del campione, cluster Sustainability-Driven) produce un capo 100% riciclabile che combina le capacità di termosaldatura di Framis con le capacità di prototipazione di Dyloan.

La certificazione ISO 14001/45001 per cinque realtà del gruppo e la B Corp documentano un percorso di formalizzazione della gestione della sostenibilità che si affianca, non si sostituisce, all'innovazione tecnologica. Le due transizioni sono connesse solo nel progetto UNI.CO (digital twin abilitante per la circolarità del capo) e in MY-FI (dati di crescita biologica per ottimizzare le proprietà della fibra).

15. Chargeurs PCC - Hybrid (Smart 7 · Sus 13)

Impresa, divisione della holding francese Compagnie Chargeurs Invest (quotata a Euronext Paris, controllo della famiglia Fribourg), con sede a Parigi, ed è il principale produttore mondiale di interfodere per l'abbigliamento, componenti invisibili ma strutturali dei capi (colletti, polsini, corpetti, strutture di giacca) che determinano la tenuta della forma e la qualità costruttiva del prodotto. Il collegamento con il lusso è dichiarato nel posizionamento del marchio: tra i clienti figurano le principali maison di haute couture e i brand di lusso europei e americani, che richiedono interfodere su misura per ogni costruzione.

I ricavi provengono dalla vendita di interfodere in diverse grammature e con diverse tecnologie di incollaggio, con un portafoglio di innovazione che include le interfodere ZeroWater (tinte con processo senza acqua, sviluppate su richiesta della clientela couture per eliminare il consumo idrico della tintura), le PROEARTH™ biodegradabili e la collaborazione con NATIVA™ (lana proveniente da allevamenti rigenerativi argentini con blockchain tracking della provenienza) per la fornitura di padding a Gucci. La partnership con CLO Virtual Fashion ha portato gli asset digitali di Chargeurs PCC nel marketplace 3D CLO-SET (piattaforma per la prototipazione virtuale dei capi), abilitando la simulazione delle interfodere nei software di prototipazione virtuale dei brand clienti.

Le due transizioni convergono nella partnership CLO Virtual Fashion e NATIVA™, pur essendo ancora parzialmente indipendenti a livello complessivo: la maturità sostenibile (ZeroWater, PROEARTH™, gestione ZDHC) si è costruita indipendentemente dalla digitalizzazione.

16. Framis Italia - Sustainability-Driven (Smart 4 · Sus 9)

Impresa italiana fondata nel 1979 con sede a Busto Arsizio (Varese), specializzata nello sviluppo e nella produzione di nastri termoadesivi in poliuretano, applicazioni termosaldanti e macchine termosaldatrici per l'industria dell'abbigliamento attraverso la tecnologia proprietaria NoSo® Bonding

Technology (sistema di giunzione senza ago che sostituisce le cuciture tradizionali con legami termoadesivi), opera al livello di tech provider/componenti al Tier 1: le sue soluzioni sostituiscono cuciture tradizionali nei capi di lusso e sportswear, abilitando costruzioni senza ago. Il collegamento con il lusso avviene attraverso la fornitura di componenti termoadesivi ad alto contenuto tecnologico a brand che richiedono qualità costruttiva e innovazione di design superiori allo standard industriale.

Il modello di business è quello di un produttore di componenti tecnici specializzati: ricavi dalla vendita di nastri, film termoadesivi e macchine termosaldatrici a confezionisti e laboratori. Tra i progetti più rilevanti attuati da Framis risultano: il progetto Green Match (con l'Università di Milano, IMA Srl e Centrocot) sviluppa poliuretani senza solventi organici pericolosi come alternativa agli attuali processi chimici; il progetto GRECALE BIOPASS (2026) studia materiali bio-based e sostenibili come base per i futuri prodotti termoadesivi; il progetto UNI.CO con Dyloan/D-house (Pattern Group) produce un capo 100% riciclabile in cui la tecnologia NoSo® di Framis, eliminando le cuciture fisiche, facilita il disassemblaggio e quindi la riciclabilità del capo.

Il profilo di Framis è significativo per l'analisi perché documenta il caso di un'azienda classificata Sustainability-Driven non per maturità sostenibile particolarmente elevata in termini assoluti, ma per l'assenza di infrastruttura digitale avanzata combinata con una base sostenibile solida nei domini in cui opera.

17. Successori Reda - Sustainability-Driven (Smart 6 · Sus 12)

Impresa italiana a conduzione familiare (famiglia Reda), fondata nel 1865 e con sede a Valdilana (Biella), che produce tessuti di lana merino di alta qualità per la moda maschile e femminile di lusso, opera al livello Tier 2 (produzione di tessuto). Il collegamento con il lusso è storico: Reda è uno dei lanifici biellesi di riferimento per le maison sartoriali internazionali, con una reputazione di qualità consolidata su 160 anni di attività. Nel 2020 ha acquisito Lanieri, piattaforma di e-commerce sartoriale online che consente la configurazione e l'acquisto di abiti su misura, aggiungendo un canale B2C/B2B di digitalizzazione dell'esperienza d'acquisto.

Il modello di business combina la produzione tradizionale di tessuto di lana (B2B verso brand e sartorie) con il canale digitale Lanieri, ribattezzato Tailoor (configuratore 3D online per abiti su misura, analytics di backend). Il programma ZQRX con The New Zealand Merino Company introduce standard di allevamento rigenerativo e benessere animale nella catena di approvvigionamento della lana merino, con tracciabilità dalla fattoria al tessuto. Il pilota blockchain con UNECE (Commissione economica delle Nazioni Unite per l'Europa) e Giorgio Armani (2023) è l'unico caso nel campione di collaborazione verticale diretta tra un fornitore B2B e un brand finale su un progetto di tracciabilità congiunta della lana. Il programma From Sheep to Shop (2025) e The

GOAT Club (in occasione del 160° anniversario, 2025) completano un posizionamento che integra heritage, sostenibilità certificata e canale digitale.

La twin transition è parzialmente connessa nel pilota UNECE/Armani, indipendente nel profilo generale.

18. Infinited Fiber - Sustainability-Driven (Smart 4 · Sus 11)

Impresa finlandese con sede a Espoo, fondata nel 2016, in fase di scale-up, che ha sviluppato una tecnologia per produrre fibra cellulosica (Infinna™) da scarti tessili ricchi di cotone attraverso un processo chimico (carbamatazione della cellulosa) che trasforma il cotone in un liquido e poi in nuova fibra con le stesse proprietà del cotone vergine, opera nel segmento next-gen fiber.

Il modello di business è quello di un produttore di fibra cellulosica next-gen: ricavi da accordi di pre-vendita e co-sviluppo con brand (off-take agreements, contratti di fornitura anticipata), e in prospettiva dalla vendita della fibra Infinna™ ai filatori una volta a regime il primo impianto commerciale a Kemi (Finlandia), con una capacità progettata di 30.000 tonnellate annue. La tecnologia è protetta da brevetti e l'azienda si posiziona come alternativa sostenibile alla viscosa convenzionale. La sostenibilità del processo è documentata da analisi del ciclo di vita (LCA, Life Cycle Assessment, valutazione dell'impatto ambientale lungo tutto il ciclo di vita del prodotto) che mostrano un impatto di CO₂ significativamente inferiore alla viscosa, con riciclo dell'acqua in ciclo chiuso e utilizzo di reagenti recuperati. Infinna™ è biodegradabile, priva di microplastiche e riciclabile nel medesimo processo produttivo.

La digitalizzazione presente (automazione del reattore, piattaforma SC elementare, DPP in sviluppo) non ha contribuito a costruire la performance ambientale: questa deriva dalla tecnologia chimica di riciclo. La fabbrica in costruzione utilizza AFRY Smart Services per ottimizzare e connettere virtualmente i processi, un primo caso in cui un digital twin di processo potrebbe abilitare la scalabilità del processo circolare. Al momento della rilevazione le due transizioni sono però ancora indipendenti.

19. Orange Fiber - Sustainability-Driven (Smart 2 · Sus 10)

Micro-impresa italiana con sede a Catania, fondata nel 2014, in fase di crescita, produce tessuto cellulosico da scarti della lavorazione degli agrumi (pastazzo, il sottoprodotto solido che rimane dalla spremitura del succo d'arancia siciliano), opera nel segmento biomat (biomateriali) con un modello di licensing della tecnologia brevettata e di produzione in partnership con filatori e tessitori selezionati. Il collegamento con il lusso avviene attraverso le collaborazioni con brand come Ferragamo, H&M Conscious Collection e Lenzing (TENCEL™ x Orange Fiber, altra azienda del

campione): Orange Fiber fornisce il filato cellulosico da agrumi che i brand integrano in collezioni sostenibili di fascia alta.

Il modello di business è quello di una deep-tech di materiale: Orange Fiber possiede il brevetto della tecnologia di estrazione della cellulosa dagli agrumi e la concede in licenza o sviluppa partnership produttive con operatori tessili più grandi. I ricavi derivano principalmente da accordi di co-sviluppo con brand e da finanziamenti di ricerca, tra cui quelli dell'EIB Institute (Istituto della Banca europea degli investimenti). La partnership con Lenzing per la linea TENCEL™ x Orange Fiber è il caso di collaborazione più consolidato: la fibra da agrumi viene miscelata con il lyocell TENCEL per produrre un tessuto con doppia credenziale di circolarità. La dimensione aziendale molto ridotta spiega la mancanza di infrastrutture digitali proprie e la dipendenza da partner produttivi per l'implementazione dei processi.

Orange Fiber presenta il punteggio Smart più basso del campione (2/16): automazione minima nei processi di estrazione e DPP in fase di sviluppo per le collaborazioni con brand; tutti gli altri indicatori Smart sono a 0. Il Sus Score di 10 riflette una maturità sostenibile concettualmente robusta, ma limitata nella documentazione certificata dai vincoli dimensionali. Le due transizioni sono strutturalmente indipendenti: la circolarità non dipende dalla digitalizzazione.

20. Vegea - Sustainability-Driven (Smart 4 · Sus 11)

Micro-impresa italiana con sede a Milano, fondata nel 2016, in fase di industrializzazione, produce materiali tessili e pellami di origine vegetale da vinacce (scarti della produzione vinicola) attraverso una tecnologia brevettata che trasforma questi scarti in fibra cellulosica e in materiale composito analogo alla pelle, opera nel segmento biomat. Il collegamento con il lusso è diretto: Gucci, Karl Lagerfeld, LVMH e Stella McCartney hanno collaborato con Vegea per lo sviluppo di collezioni o accessori. La tecnologia è protetta da brevetti europei e internazionali.

Il modello di business è simile a quello di Orange Fiber: licensing della tecnologia e produzione in partnership con operatori tessili, con ricavi da accordi di co-sviluppo con brand. Vegea non produce a scala industriale propria, ma lavora con partner manifatturieri per trasformare la vinaccia in filato e poi in tessuto o pellame. La sostenibilità del materiale è documentata da LCA che mostrano un'impronta carbonica significativamente inferiore alla pelle bovina convenzionale, con utilizzo di un rifiuto agricolo come materia prima a costo quasi nullo.

La digitalizzazione è ancora elementare (automazione di base, piattaforma SC parziale, DPP in sviluppo) e non connessa a impatti sostenibili.

21. Fairbrics - Sustainability-Driven (Smart 2 · Sus 9)

Micro-impresa francese con sede a Parigi, fondata nel 2020, in fase pre-commerciale (deep-tech startup), sviluppa una tecnologia per produrre fibre sintetiche (PET, polietilene tereftalato, la plastica da cui è prodotto il poliestere convenzionale) utilizzando CO₂ catturata dalle emissioni industriali come materia prima, opera nel segmento biomat/next-gen in fase di sviluppo pre-commerciale.

Il modello di business è quello di una deep-tech in fase seed/early stage: Fairbrics non produce ancora a scala commerciale ma sviluppa la tecnologia di sintesi del PET da CO₂, protetta da brevetti, con l'obiettivo di cederla in licenza o di costruire un impianto dimostrativo che attiri investitori industriali. I ricavi sono pressoché assenti, sostituiti da finanziamenti pubblici (tra cui grant dell'EU EIC, European Innovation Council, il programma europeo di supporto alle deep-tech) e da investimenti privati. La sostenibilità del processo, cattura del carbonio come materia prima, è il principale valore proposto, ma la documentazione certificata è ancora limitata dalla fase pre-industriale.

Fairbrics presenta, insieme a Orange Fiber, il punteggio Smart più basso del campione (2/16): monitoraggio IoT del processo di laboratorio e automazione del reattore di sintesi; tutti gli altri indicatori Smart sono a 0. Il Sus Score di 9 riflette una maturità sostenibile ancora in costruzione. Le due transizioni sono indipendenti nel senso convenzionale: non c'è infrastruttura digitale connessa alla performance ambientale. La sostenibilità è nella chimica del processo, non nella digitalizzazione.

22. Resortecs -Sustainability-Driven (Smart 5 · Sus 9)

Micro-impresa belga con sede a Bruxelles, fondata nel 2017, in fase di scale-up, ha sviluppato la tecnologia Smart Disassembly™: fili termoplastici (Smart Stitch™, filati che si sciolgono a temperature precise sotto riscaldamento controllato) intrecciati nel capo durante la produzione pensati per sciogliersi a fine vita del prodotto, consentendo di separare automaticamente i componenti (tessuto, cerniere, elastici, etichette) senza deteriorarli in modo da facilitarne il riciclo ad alta purezza. Con circa 20-30 dipendenti e un fatturato di circa 1-3 milioni di euro, opera nel segmento disassembly tech, una categoria emergente nella filiera circolare. Il collegamento con il lusso avviene attraverso i clienti: la tecnologia è stata sviluppata con Sioen Industries (Belgio) e sta diffondendosi verso brand del lusso sostenibile che vogliono integrare il design for disassembly nella produzione.

Il modello di business si basa sulla fornitura dei filati Smart Stitch™ ai confezionisti (ricavi da fornitura di materiale) e sulla gestione delle linee di disassemblaggio a fine vita del prodotto (ricavi da servizio). Nel novembre 2025 Resortecs ha chiuso un round Serie A da 6 milioni di euro con Goldwin Play Earth Fund e il fondo sovrano belga SFPIM, per finanziare l'installazione di cinque linee di disassemblaggio decentralizzate in Europa, con una capacità proiettata a 3.000 tonnellate annue entro il 2027. La partnership con AMANN Group (aprile 2026) per l'industrializzazione del

design-for-disassembly amplia il perimetro applicativo dalla fase di fine vita alla fase di progettazione del prodotto.

Il punteggio automazione pari a 2 è il più alto tra gli indicatori Smart del profilo, coerente con il fatto che la tecnologia Smart Disassembly™ è essa stessa un'innovazione di processo automatizzato: non esiste separazione tra innovazione tecnologica e beneficio ambientale. La traiettoria post-rilevazione, Serie A, espansione europea, partnership AMANN, suggerisce che entrambi i punteggi potrebbero essere significativamente diversi in una rilevazione condotta dopo il 2027.

23. Marzotto Group - Sustainability-Driven (Smart 4 · Sus 14)

Impresa familiare italiana (famiglia Marzotto), con sede a Valdagno (Vicenza), fondata nel 1836, specializzata nella produzione di tessuti di lana, lino e cotone di alta qualità per la moda di lusso e il prêt-à-porter, opera al livello Tier 2 (produzione di tessuto e confezione). Il Linificio e Canapificio Nazionale è la prima filatura liniera e canapiera certificata B Corp in Italia. Il collegamento con il lusso è storico e consolidato: Marzotto è fornitore di riferimento delle principali maison italiane e internazionali per tessuti di alta fascia.

Il modello di business è quello di un produttore tessile verticalmente integrato e diversificato: ricavi dalla vendita di tessuti di lana (cardata e pettinata), lino e cotone a brand di lusso e prêt-à-porter, con una struttura a divisioni specializzate per ciascuna fibra. Il gruppo ha avviato un percorso di decarbonizzazione che include l'adozione di energie rinnovabili e la riduzione dell'impronta idrica dei processi di tintura e finissaggio. L'integrazione di materiali riciclati nelle collezioni e la partecipazione a iniziative di circolarità del settore tessile documentano l'orientamento verso l'economia circolare. La rendicontazione di sostenibilità è allineata agli standard ESRS (European Sustainability Reporting Standards, standard europei per la rendicontazione di sostenibilità) in preparazione alla CSRD.

La maturità sostenibile si è costruita su un orizzonte pluridecennale: impianto fotovoltaico da 630 kW con sistemi di recupero del calore, programma ZDHC per l'eliminazione delle sostanze chimiche pericolose esteso a tutta la filiera di fornitura tramite Restricted Substances List, linea Herbarium Tincturae con coloranti naturali da piante. La digitalizzazione (automazione standard, piattaforma SC elementare) non ha contribuito alla costruzione della performance sostenibile. Le due transizioni sono strutturalmente indipendenti: la sostenibilità deriva da pratiche gestionali istituzionalizzate da decenni.

24. Zegna Baruffa - Sustainability-Driven (Smart 4 · Sus 12)

Impresa italiana con sede a Valdilana (Biella), fondata nel 1850, specializzata nella filatura di lana merino di alta qualità per la moda di lusso, opera al livello Tier 3 (filatura), ed è uno dei pochi filatori full-cycle (controlla l'intera filatura dalla fibra al filato finito) con tutta la produzione in Italia. Il collegamento con il lusso è intrinseco: Baruffa fornisce filati di lana merino di altissima qualità a marchi di lusso e sartorie internazionali, ed è stata la prima azienda italiana di filati a pubblicare un Bilancio di Sostenibilità certificato secondo gli standard GRI.

Il modello di business è quello di un filatoio specializzato: ricavi dalla vendita di filati di lana merino a filatura in conto terzi e a marchio proprio. La sostenibilità è garantita da un sistema di approvvigionamento responsabile della lana che include audit agli allevatori, tracciabilità della provenienza e selezione di forniture con standard di benessere animale certificati (RWS, Responsible Wool Standard). Nel 2024 lo stabilimento di Borgosesia ha installato un impianto fotovoltaico da 1.060 kW, in grado di produrre circa 1.033.933 kWh annui, e ha completato un LED relamping integrale, con una riduzione stimata dei consumi idrici del 17% rispetto al 2023. La collaborazione con Spiber (bioventure giapponese specializzata in proteine strutturali sintetiche) annunciata nel 2024 esplora l'uso di bio-based protein fibers come integrazione al portafoglio di filati.

La sostenibilità è costruita su pratiche di gestione ambientale sistematizzate nel tempo, la digitalizzazione (automazione di base, piattaforma SC elementare, DPP in sviluppo) non è connessa a impatti sostenibili. La collaborazione Spiber potrebbe in futuro introdurre un nesso tra l'adozione di un nuovo materiale bio-based e la tracciabilità digitale, ma al momento rimane in fase esplorativa. Le due transizioni sono, quindi, indipendenti.

25. Schoeller Textil - Hybrid (Smart 5 · Sus 12)

Impresa familiare svizzera fondata nel 1867, con sede a Sevelen (San Gallo), specializzata nella produzione di tessuti tecnici e funzionali per l'abbigliamento sportivo, outdoor e professionale nonché per segmenti di lusso premium, opera al livello Tier 2 (produzione di tessuto), fornendo soluzioni di nicchia ad alto valore aggiunto. Il collegamento con il lusso avviene tramite il segmento lifestyle e le collaborazioni con brand di lusso outdoor-tech, in cui la qualità del tessuto è un attributo di posizionamento del capo.

Schoeller non è riuscita a reggere la combinazione di pressioni strutturali che ha investito il settore dei tessuti tecnici tra il 2024 e il 2026: lo svantaggio di costo rispetto ai produttori asiatici per la produzione di base, la debolezza prolungata della domanda nell'abbigliamento outdoor dopo il boom post-pandemico e l'erosione dei margini sulle linee di prodotto meno differenziate. Nel febbraio 2026 la società ha comunicato la chiusura dello stabilimento produttivo di Sevelen con circa 170 esuberi; in agosto 2025 la divisione tecnologie tessili era già stata ceduta a Textilcolor AG.

Il profilo nella matrice riflette una struttura ibrida asimmetrica verso la sostenibilità: Smart Score 5 (sensori IoT per il controllo qualità, automazione di produzione parziale, piattaforma di filiera elementare; assenza di blockchain, digital twin e RFID) e Sus Score 12 (gestione dei rifiuti, efficienza energetica, certificazioni di prodotto e approvvigionamento responsabile documentano una maturità sostenibile solida, mentre l'assenza di target SBTi e un utilizzo energetico rinnovabile parziale limitano il punteggio). La chiusura produttiva del 2025-2026 rende questo profilo una fotografia storica di un'azienda che non è riuscita a monetizzare la propria maturità tecnica e sostenibile in un contesto di mercato sfavorevole.