



Dipartimento
di Amministrazione, Finanza e Controllo

Cattedra Financial and ESG Reporting

Verso un futuro sostenibile: l'integrazione della Blockchain e dell'Intelligenza Artificiale nella redazione del Bilancio di Sostenibilità.

Simone Scettri

RELATORE

Giuseppe Mazzotta

CORRELATORE

Edoardo Rende 787741

CANDIDATO

Anno Accademico 2024/2025

INDICE

INTRODUZIONE	6
Capitolo 1.....	9
1.1 Definizione e finalità del Bilancio di Sostenibilità	9
1.2 I principi ESG (Environmental, Social, Governance).....	12
1.2.1 Environmental (Ambiente)	14
1.2.2 Social (Sociale).....	16
1.2.3 Governance	19
1.3 Normative e standard internazionali di rendicontazione (CSRD, GRI, SASB)	22
1.3.1 Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)	24
1.3.2 Global Reporting Initiative (GRI)	27
1.3.3 Sustainability Accounting Standards Board (SASB).....	29
1.3.4 Verso un'integrazione degli standard ESG.....	32
1.4 Sfide attuali nella gestione e nella trasparenza dei dati ESG	34
1.4.1 Mancanza di standardizzazione nei dati ESG	36
1.4.2 Il rischio di greenwashing e la credibilità dei dati.....	37
1.4.3 Complessità nella raccolta e gestione dei dati ESG	38
1.4.4 Pressioni normative e degli stakeholder	40
1.5 Conclusioni	42
Capitolo 2.....	44
2.1 Introduzione.....	44
2.2 La Blockchain: caratteristiche e applicazioni nella rendicontazione ESG.....	47
2.2.1 Caratteristiche fondamentali della Blockchain.....	47
2.2.2 Applicazioni della Blockchain nella rendicontazione ESG	49
2.2.3 Gli smart contract e la gestione automatizzata dei dati ESG	52
2.3 L'Intelligenza Artificiale nella rendicontazione ESG	55
2.3.1 Analisi dei dati e identificazione di pattern	55
2.3.2 Supporto alla governance e alla comunicazione ESG	57
2.4 Sinergie tra Blockchain e IA per una rendicontazione ESG integrata	62
2.5 Conclusioni	66

Capitolo 3.....	69
3.1 Introduzione.....	69
3.2 Benefici in termini di efficienza, trasparenza e riduzione del rischio di greenwashing	71
3.2.1 Maggiore efficienza e riduzione dei costi.....	71
3.2.2 Trasparenza e fiducia degli stakeholder.....	74
3.2.3 Contrasto al greenwashing	77
3.3 Automazione e sicurezza nei processi di raccolta e analisi dati ESG.....	80
3.3.1 Automatizzazione del reporting	80
3.3.2 Sicurezza e protezione dei dati	82
3.4 Impatti sulla governance aziendale e sulle politiche ESG	85
3.4.1 Nuovi modelli di governance basati sui dati	85
3.4.2 Cultura organizzativa e resistenza al cambiamento.....	88
3.5.1 Barriere tecniche e infrastrutturali	91
3.5.2 Normative in evoluzione	94
3.6 Conclusioni	97
 Capitolo 4.....	 99
4.1 Introduzione.....	99
4.2 Casi aziendali di successo nell'integrazione di Blockchain e IA.....	101
4.2.1 IBM e Walmart – Tracciabilità e fiducia nel settore alimentare.....	101
4.2.2 Nestlé – Tracciabilità responsabile con blockchain open source	104
4.2.3 Unilever – Sostenibilità e lotta alla deforestazione	108
4.2.4 TreeBlock One: un approccio tecnologico alla rendicontazione ESG	111
4.3 Innovazioni tecnologiche e scenari futuri per la sostenibilità digitale	114
4.3.1 L'evoluzione dell'intelligenza artificiale generativa	114
4.3.2 Passaporti digitali di sostenibilità (Digital Product Passport).....	114
4.3.3 Algoritmi ESG trasparenti e spiegabili (Explainable AI)	121
4.4 Possibili sviluppi futuri della ricerca	124
4.5 Conclusioni	127
 Conclusioni Finali.....	 131
 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	 135

INTRODUZIONE

Nel panorama economico e sociale contemporaneo, la sostenibilità è divenuta un imperativo strategico per le imprese, chiamate a coniugare competitività, responsabilità e trasparenza.¹

La crescente attenzione verso i criteri ambientali, sociali e di governance (ESG) ha trasformato la rendicontazione di sostenibilità da pratica volontaria a requisito normativo e reputazionale imprescindibile.

In questo scenario, il Bilancio di Sostenibilità non rappresenta più soltanto un mezzo di comunicazione verso gli stakeholder, ma si configura come un vero e proprio strumento di governance, capace di orientare le decisioni aziendali e favorire l'accesso a capitali sensibili ai criteri ESG.²

La normativa europea, attraverso la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) e i nuovi European Sustainability Reporting Standards (ESRS), ha rafforzato ulteriormente questo quadro, imponendo obblighi stringenti di disclosure e consolidando la centralità del reporting non finanziario nel processo di accountability aziendale. Allo stesso tempo, standard internazionali come i GRI e i SASB hanno contribuito a fornire linee guida comuni, seppure con approcci differenti, alimentando un dibattito che resta tutt'oggi aperto sulla necessità di maggiore convergenza.³

Nonostante i progressi, permangono criticità significative legate alla qualità dei dati, alla loro frammentazione e al rischio di greenwashing, che minano la credibilità e l'affidabilità dei bilanci di sostenibilità.

In risposta a queste sfide, le tecnologie emergenti stanno assumendo un ruolo determinante.

Tra esse, la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale si distinguono per la capacità di

¹ Doppelt, B. (2017), *Leading Change toward Sustainability*, Routledge.

² Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2018). *The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure*.

³ Global Reporting Initiative (GRI) (2021); Sustainability Accounting Standards Board (SASB) (2021).

incidere in modo diretto e sostanziale sulla trasparenza, l'affidabilità e la tempestività delle informazioni ESG.

La prima, grazie alla sua architettura decentralizzata e immutabile, consente di certificare i dati lungo l'intera catena del valore, riducendo asimmetrie informative e rafforzando la fiducia degli stakeholder.⁴

La seconda, con la sua potenza di calcolo e di analisi, permette di gestire enormi volumi di dati eterogenei, individuare pattern ricorrenti, formulare scenari predittivi e automatizzare processi complessi di rendicontazione, contribuendo a costruire una disclosure più solida e resiliente.⁵

Il percorso di ricerca intrapreso in questa tesi si muove proprio all'interno di questo crocevia tra sostenibilità e innovazione tecnologica.

In apertura, viene analizzato il ruolo del Bilancio di Sostenibilità quale strumento di governance e comunicazione extra-finanziaria, con un approfondimento sugli standard e le direttive che ne regolano la struttura e sul dibattito riguardante le difficoltà operative legate alla raccolta dei dati.

Successivamente, l'attenzione si concentra sulle caratteristiche della Blockchain e dell'Intelligenza Artificiale, esplorandone le potenzialità applicative nella rendicontazione ESG e richiamando studi concreti che dimostrano l'efficacia di queste soluzioni in diversi settori.

La trattazione prosegue con l'analisi critica delle opportunità e delle sfide connesse alla loro adozione: da un lato, i vantaggi in termini di efficienza, trasparenza e mitigazione del rischio di greenwashing; dall'altro, le barriere di natura tecnica, economica, culturale e normativa che ne ostacolano la diffusione su larga scala.

Infine, viene presentata una panoramica delle best practices e delle prospettive future, mettendo in evidenza esperienze aziendali di rilievo, come IBM Food Trust ⁶, Walmart ⁷,

⁴ Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain Revolution.

⁵ Bughin, J., & van Zeebroeck, N. (2018). Artificial Intelligence: Why a Digital Base Is Critical.

⁶ IBM (2022). IBM Food Trust: Building Transparency in the Food Supply Chain;

⁷ Walmart ESG Report (2023);

Nestlé⁸ e Unilever⁹, e strumenti innovativi come il Digital Product Passport, che aprono scenari inediti per la costruzione di una “sostenibilità digitale” sempre più integrata nei modelli di business.

L’obiettivo complessivo è quello di dimostrare come l’integrazione tra Blockchain e Intelligenza Artificiale possa contribuire a rendere la rendicontazione ESG più solida, trasparente e credibile, rafforzando al tempo stesso la fiducia degli stakeholder e sostenendo lo sviluppo di modelli d’impresa responsabili e competitivi.

La tesi si propone, dunque, di offrire un contributo critico e propositivo al dibattito accademico e professionale, invitando a riflettere su come la convergenza tra tecnologia e sostenibilità possa rappresentare una leva strategica per affrontare le sfide della transizione ecologica e sociale che caratterizza il nostro tempo.

⁸ Nestlé (2023). Creating Shared Value and Sustainability Report;

⁹ Unilever (2023). Compass Sustainability Progress Report.

Capitolo 1

Il Bilancio di Sostenibilità e i criteri ESG

1.1 Definizione e finalità del Bilancio di Sostenibilità

Negli ultimi decenni, il tema della sostenibilità è diventato un pilastro fondamentale per molte imprese, che hanno compreso come l'immagine aziendale ed il raggiungimento dei propri obiettivi non si limitino al solo profitto, ma si realizzino anche, e soprattutto, attraverso il modo con cui le aziende operano e comunicano il loro impatto su ambiente, società e governance.¹⁰

La crescente consapevolezza delle interconnessioni tra performance economico-finanziarie e impatti ambientali, sociali e di governance ha spinto molte organizzazioni a rivedere i propri modelli di business, orientandoli verso la generazione di valore condiviso.¹¹

Questo approccio ha permesso alle imprese di diventare sempre più flessibili e capaci di reagire ai cambiamenti di un contesto globale in costante evoluzione.

In tale quadro, la Responsabilità Sociale d'Impresa (RSI), conosciuta anche come Corporate Social Responsibility (CSR), è un modello di business avanzato, che integra all'interno delle strategie aziendali una vasta gamma di tematiche rilevanti, tra cui: la tutela ambientale, il rispetto dei diritti umani, la salvaguardia degli interessi di consumatori e investitori, la trasparenza fiscale, la concorrenza leale e la lotta alla corruzione.¹²

È quindi evidente come sia in atto un cambiamento significativo nell'approccio delle imprese verso il contesto esterno: le aziende iniziano a investire in attività che, pur non

¹⁰ Crivellaro, M. V. (2012). *Sostenibilità e rischio di greenwashing*.

¹¹ BORRI, M. C. (2024). *La sostenibilità e il mercato dei capitali*. Milano: AIFO

¹² europea, C. (2001, 07 18). *Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese*.

generando un ritorno economico immediato, rafforzano l'immagine e la reputazione dell'azienda sul mercato.

In questo contesto, il Bilancio di Sostenibilità si configura come uno strumento cruciale di comunicazione extra-finanziaria, mediante il quale l'impresa rende conto in maniera sistematica e verificabile del proprio contributo agli obiettivi di sviluppo sostenibile.¹³

L'approccio ESG (Environmental, Social, Governance), oggi pienamente integrato nelle politiche pubbliche internazionali, dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite al Green Deal europeo, impone alle imprese una valutazione continua dei propri impatti, favorendo una gestione aziendale responsabile.¹⁴

Gli aspetti ambientali, sociali e di governance sono considerati in un'ottica trasversale, che include la riduzione delle emissioni, la tutela dei diritti umani, l'etica aziendale e la trasparenza nella gestione.

Inizialmente adottata su base volontaria, la rendicontazione ESG ha rappresentato per anni un'opzione strategica per le imprese desiderose di comunicare il proprio impegno verso la sostenibilità.

Tuttavia, negli ultimi anni, la crescente attenzione da parte di investitori, istituzioni e opinione pubblica ha spinto il legislatore europeo a intervenire con un quadro normativo più strutturato e vincolante.

Con l'introduzione della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), in vigore dal 5 gennaio 2023 e destinata a sostituire gradualmente la precedente Non Financial Reporting Directive (NFRD), l'Unione Europea ha compiuto un passo decisivo verso l'obbligatorietà e l'uniformità della rendicontazione di sostenibilità.¹⁵

Elemento centrale della CSRD, come si vedrà in maniera più approfondita nei prossimi paragrafi, è il principio della doppia materialità, che impone una valutazione

¹³ CNDCEC. (2024). *Sostenibilità, governance e finanza*.

¹⁴ Parlamento Europeo. Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa, 19 maggio 2021.

¹⁵ Cfr. europeo, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

bidirezionale: da un lato, gli effetti dei fattori ESG sulla performance aziendale; dall'altro, gli impatti dell'impresa sull'ambiente e sulla società.¹⁶

Questo approccio consente di interpretare la sostenibilità come dimensione strategica integrata, piuttosto che come mero adempimento formale.

L'Informativa di Sostenibilità, dunque, non si limita a descrivere il comportamento "socialmente responsabile" dell'impresa, ma entra nel merito delle tre dimensioni fondamentali della sostenibilità: sociale, economica ed ambientale.

In concreto, fornisce una panoramica delle attività e delle iniziative intraprese, restituendo un quadro integrato che supera la semplice rendicontazione economica, includendo anche gli impatti ambientali e sociali generati.

Dal punto di vista operativo, la rendicontazione ESG si fonda su un sistema articolato di indicatori, che spaziano dalle politiche ambientali alle pratiche di governance, coinvolgendo trasversalmente le diverse funzioni aziendali.

La rendicontazione si basa su framework riconosciuti a livello internazionale, quali i GRI Standards, i SASB Standards e il TCFD¹⁷, mentre la CSRD introduce gli European Sustainability Reporting Standards (ESRS), a cura dell'EFRAG, come riferimento tecnico vincolante.¹⁸

L'adozione di un Bilancio di Sostenibilità integrato non solo risponde a requisiti normativi, ma rafforza la relazione fiduciaria con gli stakeholder, facilita l'accesso ai capitali e genera un vantaggio competitivo sostenibile.

Metriche ESG solide e affidabili contribuiscono inoltre a una valutazione creditizia più favorevole, in linea con le nuove politiche di finanza responsabile.¹⁹

¹⁶ Randazzo, R. (2024). *Corporate governance della sostenibilità*. Legance.

¹⁷ Adewale, T. (2024, 12). *Integrazione dei criteri ESG nella gestione del portafoglio basata sull'intelligenza artificiale*.

¹⁸ europea, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

¹⁹ Borri, M. C. *La sostenibilità e il mercato dei capitali*, Milano: AIFO, 2024.

In conclusione, tale documento si conferma come uno strumento strategico di accountability, gestione del rischio e posizionamento competitivo.

Tuttavia, redigere un Bilancio di Sostenibilità efficace non è privo di difficoltà. Le principali sfide comprendono l'assenza di standard di rendicontazione universalmente riconosciuti, la complessità nella misurazione e nel monitoraggio degli impatti, il rischio di greenwashing, l'affidabilità dei dati raccolti, la necessità di tecnologie avanzate e l'impegno richiesto per una raccolta sistematica delle informazioni.²⁰

In un'economia sempre più orientata alla trasparenza e alla resilienza, la sostenibilità non è più un'opzione, ma un imperativo gestionale.

1.2 I principi ESG (Environmental, Social, Governance)

Come accennato nel paragrafo precedente, l'acronimo ESG racchiude al suo interno una serie di parametri extra-finanziari che fanno riferimento alle tre dimensioni fondamentali della sostenibilità aziendale: Ambientale (Environmental), Sociale (Social) e di Governance.²¹

Tali parametri sono divenuti centrali nella valutazione delle performance aziendali, riflettendo l'evoluzione verso un'economia più etica e resiliente.²²

L'integrazione organica dei criteri ESG è oggi una priorità condivisa da imprese, investitori e autorità regolatorie.²³

Essa non solo permette di conformarsi ai requisiti normativi emergenti, ma anche di anticipare rischi sistemici e cogliere opportunità di sviluppo sostenibile.

²⁰ Crivellaro, M. V. (2012). *Sostenibilità e rischio di greenwashing*.

²¹ CNDCEC. (2024). *Sostenibilità, governance e finanza*.

²² Padini, B. (2023). *ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations*. Milano: Politecnico Milano.

²³ BORRI, M. C. (2024). *LA SOSTENIBILITÀ E IL MERCATO DEI CAPITALI*. Milano: AIFO.

In questo scenario, la sostenibilità si afferma come leva competitiva e di differenziazione strategica.²⁴

Inoltre, la crescente consapevolezza degli impatti ambientali e sociali delle attività economiche ha portato gli investitori a valutare le imprese non solo in base ai risultati finanziari, ma anche alla loro capacità di operare in modo responsabile e sostenibile.

Questa evoluzione normativa e culturale ha generato un cambiamento strutturale: sempre più organizzazioni adottano modelli di business rigenerativi e orientati al valore condiviso.²⁵

I criteri ESG non sono più interpretati come elementi accessori, bensì come componenti chiave della strategia aziendale, in grado di incidere su redditività, reputazione e solidità finanziaria.

L'adozione di politiche ESG non rappresenta più soltanto una scelta etica da parte delle aziende, ma si configura come un vero e proprio vantaggio competitivo.

A sostegno di ciò, numerosi studi confermano che le imprese ESG-Oriented evidenziano una maggiore capacità di resilienza agli shock, minori rischi reputazionali e un accesso facilitato a strumenti di finanziamento agevolato, in linea con i programmi europei per la transizione sostenibile.²⁶

Nonostante i numerosi spunti positivi evidenziati dall'utilizzo di questi criteri ESG, la misurazione e l'implementazione di tali parametri presentano ancora numerose sfide, tra cui, in particolare, la carenza di affidabilità, dovuta principalmente dalla difficoltà di raccolta dati e dalla necessità di standard comuni ed universali per la rendicontazione.

²⁴ europea, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

²⁵ Compact, G. (s.d.). *Che cosa è il Global Compact delle Nazioni Unite?*

²⁶ PADRINI, B. (2023). *ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations*. Milano.

In risposta, le tecnologie digitali emergenti, in particolare Intelligenza Artificiale e Blockchain, stanno contribuendo a rendere la rendicontazione più precisa, automatizzata e verificabile.²⁷

L'utilizzo congiunto di queste soluzioni come sarà evidenziato successivamente, consente di rafforzare la qualità e la trasparenza dei dati ESG, riducendo i margini di errore e i rischi di greenwashing.²⁸

L'intersezione tra sostenibilità, innovazione tecnologica e quadro normativo rappresenta oggi una nuova frontiera della governance aziendale.

Essa apre scenari inediti per una gestione più integrata e responsabile, in linea con le aspettative di una società orientata a criteri di equità, inclusione e sviluppo durevole.

1.2.1 Environmental (Ambiente)

Il pilastro ambientale dei criteri ESG si colloca al centro del dibattito globale, poiché rappresenta la risposta più concreta del sistema economico alla crisi climatica in atto.²⁹ I cambiamenti climatici, manifestati attraverso eventi estremi, scarsità idrica e perdita di biodiversità, influenzano profondamente le catene del valore, imponendo un ripensamento dei modelli produttivi in ottica di sostenibilità.

L'Unione Europea ha delineato una strategia ambiziosa con il Green Deal, che prevede il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050.³⁰

A supporto di questo obiettivo, sono stati introdotti strumenti regolatori fondamentali, come la Tassonomia UE, il Regolamento SFDR e la Direttiva CSRD, che impongono alle imprese specifici obblighi di disclosure e tracciabilità in materia ambientale, sociale e di governance.

Questi strumenti mirano a orientare i flussi di capitale verso attività sostenibili, migliorare

²⁷ Burnaev, E. (2023, 06 15). *Casi pratici di intelligenza artificiale per risolvere le sfide ESG*.

²⁸ Rose-Collins, F. (2024, 11 20). *Il ruolo dell'intelligenza artificiale nella rendicontazione dei dati ESG*.

²⁹ CNDCEC (2024), *Sostenibilità, governance e finanza*.

³⁰ Parlamento Europeo. (2021, 05 19). *Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa*.

la trasparenza delle informazioni ESG e rafforzare la responsabilità delle imprese nei confronti degli impatti generati.³¹

Nel contesto aziendale, le principali aree di intervento ambientale si articolano su più fronti.

La decarbonizzazione delle attività rappresenta una priorità, con l'obiettivo di ridurre le emissioni lungo tutta la catena del valore, attraverso l'adozione di tecnologie pulite, la revisione dei processi produttivi e l'elettrificazione dei consumi.

L'economia circolare si afferma come paradigma di riferimento per limitare lo spreco di risorse, incentivando il riutilizzo, il riciclo e la progettazione di prodotti più duraturi e sostenibili.

A ciò si affianca la salvaguardia degli ecosistemi naturali, intesa come protezione della biodiversità, delle risorse idriche e dei territori, con una particolare attenzione all'impatto ambientale delle attività industriali.

Infine, l'impiego di energie rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica costituiscono leve cruciali per ridurre la dipendenza dalle fonti fossili e contenere i consumi, in un'ottica di transizione energetica giusta e resiliente.

Attraverso questo insieme integrato di azioni e strumenti, il Green Deal europeo intende promuovere un nuovo modello di sviluppo economico compatibile con i limiti planetari, favorendo l'innovazione sostenibile e la competitività a lungo termine delle imprese.

Il raggiungimento di tali obiettivi richiede investimenti consistenti e un approccio data-driven.

In questo senso, la combinazione di Intelligenza Artificiale e Blockchain offre strumenti potenti per monitorare, ottimizzare e certificare le performance ambientali.³²

L'IA consente di elaborare modelli previsionali sulle emissioni e sull'utilizzo delle risorse, mentre la Blockchain assicura la tracciabilità e l'integrità dei dati lungo l'intera supply chain.

³¹ Commissione Europea. (2022, 12 14). Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo.

³² Intellico (2024), *AI e sostenibilità: il ruolo dell'Intelligenza Artificiale negli ESG*.

Esempi applicativi di queste tecnologie sono i progetti IBM Food Trust e SAP-Unilever, che, come si vedrà nei prossimi capitoli, implementano soluzioni di tracciabilità digitale per garantire trasparenza nelle filiere agroalimentari, favorendo pratiche produttive più sostenibili.^{33 34}

Tali iniziative si inseriscono nel quadro del Digital Product Passport europeo, che prevede la creazione di un'identità digitale per ogni prodotto, contenente informazioni complete sulla sua sostenibilità.³⁵

L'adozione di queste soluzioni non solo consente alle imprese di soddisfare requisiti normativi, ma contribuisce a ridurre inefficienze ambientali e rischi sanzionatori, rafforzando la resilienza organizzativa e la reputazione.

Inoltre, strumenti finanziari innovativi come i green bond, la cui diffusione è in costante crescita a livello globale, si configurano come un'opportunità strategica per canalizzare capitali verso progetti a elevato impatto ambientale.³⁶

Tali strumenti consentono di sostenere investimenti finalizzati alla transizione ecologica, promuovendo la decarbonizzazione, l'efficienza energetica, la mobilità sostenibile e lo sviluppo delle energie rinnovabili.

Allo stesso tempo, rispondono alla crescente sensibilità degli investitori verso tematiche ESG, offrendo rendimenti competitivi e, al contempo, contribuendo alla creazione di valore condiviso.

I green bond, pertanto, non solo rappresentano una leva di finanziamento alternativa, ma si pongono anche come veicoli di cambiamento, in grado di coniugare obiettivi economici e benefici ambientali in un'ottica di sviluppo sostenibile e responsabile.

1.2.2 Social (Sociale)

Il pilastro "Social" degli standard ESG evidenzia l'importanza della dimensione umana nelle strategie aziendali, sottolineando il ruolo delle imprese nella promozione dei diritti fondamentali, della coesione sociale e del benessere collettivo.

³³ IBM, *7 vantaggi di IBM Food Trust*, disponibile su: ibm.com

³⁴ Unilever (2022), *SAP, Unilever pilot blockchain technology*, disponibile su: unilever.com

³⁵ ESG360 (2025), *Digital Product Passport (DPP)*, disponibile su: esg360.it

³⁶ BORRI, M. C. (2024). *La sostenibilità e il mercato dei capitali*. Milano: AIFO.

In un'economia globale sempre più interconnessa, l'impatto sociale delle attività aziendali si estende ben oltre il perimetro organizzativo, coinvolgendo lavoratori, comunità locali e catene di fornitura internazionali.

Le principali aree di azione nel campo della sostenibilità sociale riguardano il miglioramento delle condizioni di lavoro, un ambito che include la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, nonché il rafforzamento delle politiche di welfare aziendale, con l'obiettivo di garantire ambienti lavorativi più equi e protetti. Allo stesso tempo, si sta diffondendo una crescente attenzione verso la promozione della diversità, dell'equità e dell'inclusione (DE&I), elementi ormai considerati imprescindibili per costruire contesti organizzativi realmente inclusivi e capaci di valorizzare ogni individuo, indipendentemente da genere, etnia, orientamento o disabilità.

Parallelamente, si afferma con forza l'esigenza di rispettare i diritti umani lungo tutta la catena del valore, assicurando che nessuna fase del processo produttivo, dalla fornitura di materie prime alla distribuzione finale, sia compromessa da pratiche abusive o discriminatorie.³⁷

In quest'ottica si inserisce anche il dialogo attivo con le comunità territoriali, volto a costruire relazioni stabili e trasparenti con gli stakeholder locali e a generare un impatto positivo e duraturo sui territori in cui l'impresa opera.

Un ulteriore fronte riguarda infine l'accessibilità ai beni e ai servizi essenziali, intesa come capacità di rispondere ai bisogni fondamentali della popolazione attraverso un'offerta inclusiva e sostenibile.

A fronte di scandali legati allo sfruttamento lavorativo e all'emergere di disuguaglianze sistemiche, le istituzioni internazionali hanno promosso un insieme di iniziative normative e multilaterali per guidare e responsabilizzare le imprese.³⁸ Tra queste si annovera la Direttiva europea sulla Due Diligence, che impone alle aziende obblighi di identificazione, prevenzione e mitigazione degli impatti negativi sui diritti

³⁷ Compact, G., "Che cosa è il Global Compact delle Nazioni Unite?".

³⁸ europeo, P., "Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa", Parlamento europeo, 19 maggio 2021

umani e sull'ambiente lungo le proprie catene globali del valore.³⁹ A supporto di tali disposizioni si affiancano le linee guida dell'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO) e i principi promossi dal Global Compact delle Nazioni Unite, strumenti fondamentali per orientare le strategie aziendali verso modelli di business più etici, tracciabili e socialmente responsabili.

L'adozione di politiche socialmente responsabili si traduce in benefici tangibili: le imprese più inclusive e attente al capitale umano godono di una reputazione più solida, attraggono talenti qualificati e mostrano una maggiore resilienza nei contesti di crisi. La fiducia degli stakeholder si rafforza attraverso pratiche trasparenti e orientate alla responsabilità sociale.

Anche in questo ambito, l'innovazione tecnologica offre un contributo significativo. La Blockchain consente di verificare il rispetto degli standard etici nella catena di fornitura⁴⁰, mentre l'Intelligenza Artificiale può monitorare in tempo reale potenziali violazioni dei diritti⁴¹, disuguaglianze interne o anomalie reputazionali. Tali strumenti rendono possibile una valutazione oggettiva anche di aspetti tradizionalmente qualitativi, come il clima aziendale o l'impatto sociale territoriale.⁴²

Esempi concreti includono piattaforme digitali per la tracciabilità dei prodotti agricoli e tessili, che garantiscono condizioni eque di lavoro e certificano l'origine etica dei beni. Questi sistemi aumentano la trasparenza lungo la filiera, promuovendo la fiducia dei consumatori e dei partner commerciali.

In parallelo, cresce l'interesse verso strumenti finanziari dedicati all'impatto sociale, come i social bond.⁴³

³⁹ Cfr. europeo, C., "Via libera definitivo del Consiglio alla direttiva relativa alla comunicazione societaria sulla sostenibilità", 28 novembre 2022

⁴⁰ ItaliaInTesta, "La blockchain nel settore alimentare: tracciabilità, sicurezza e sostenibilità", 26 marzo 2024

⁴¹ Witzel, M. (2023). *Rischio correlato all'intelligenza artificiale: i vantaggi di un approccio alla supervisione basato sui fattori ESG*.

⁴² Scialanga, L. (2020). *TRACCIABILITÀ E BLOCKCHAIN PER LA COMUNICAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ*. Roma: LUISS Guido Carli.

⁴³ Paola, B., "La sostenibilità, ESG, Impact Investing e Filantropia Strategica", Milano: AIFO, 2025.

Si tratta di obbligazioni emesse con l'obiettivo specifico di raccogliere capitali destinati al finanziamento di iniziative che generano benefici tangibili per la collettività, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e le politiche di inclusione sociale.⁴⁴

I progetti sostenuti da tali strumenti possono riguardare, ad esempio, la costruzione di alloggi a prezzi accessibili, il potenziamento dei servizi sanitari e assistenziali, il sostegno al microcredito per favorire l'imprenditorialità in contesti svantaggiati o il miglioramento dell'accesso all'istruzione e alla formazione.

Tali finalità, sebbene eterogenee per ambito di intervento, sono accomunate da un intento comune: generare un impatto sociale misurabile, che vada oltre la sola redditività finanziaria.

L'interesse crescente verso i social bond riflette una più ampia evoluzione culturale e strategica del mercato finanziario, sempre più orientato verso forme di investimento responsabile.

L'attenzione alla sostenibilità sociale viene così riconosciuta come un fattore strategico nella creazione di valore condiviso, capace di rafforzare il legame fiduciario tra emittenti, investitori e stakeholder, e di contribuire, nel medio-lungo periodo, alla resilienza del sistema economico e sociale nel suo complesso.

1.2.3 Governance

Il pilastro "Governance" rappresenta la dimensione strutturale e sistemica dei criteri ESG, in quanto determina il livello di responsabilità, trasparenza e integrità con cui un'organizzazione prende decisioni e ne gestisce l'attuazione.

Una governance efficace non solo garantisce il rispetto delle normative, ma costituisce anche un acceleratore di innovazione, resilienza e reputazione nel lungo periodo.⁴⁵

Gli elementi cardine di una buona governance in ottica ESG si fondano su principi di indipendenza, trasparenza e responsabilità.

⁴⁴ BORRI, M. C., "La sostenibilità e il mercato dei capitali", Milano: AIFO, 2024.

⁴⁵ Randazzo, R. (2024). *Corporate governance della sostenibilità*. Legance.

Una governance efficace prevede innanzitutto la presenza, all'interno degli organi societari, di membri indipendenti e con profili diversificati per competenze, esperienze e formazione, così da garantire una visione plurale e una maggiore capacità di presidiare i rischi connessi alla sostenibilità.

Fondamentale è anche la gestione dei conflitti di interesse, attraverso procedure e presidi che ne prevenivano l'insorgenza e assicurino decisioni imparziali e coerenti con l'interesse dell'impresa e degli stakeholder.⁴⁶

La trasparenza costituisce un altro pilastro abilitante: essa si riflette nella chiarezza dei processi decisionali, nella tracciabilità delle responsabilità e nell'efficacia dei sistemi di controllo interno, che devono essere strutturati in modo da monitorare in modo sistemico i rischi ESG e supportare un reporting affidabile.

A questo si aggiunge l'integrazione della sostenibilità all'interno della strategia aziendale, con obiettivi chiari e misurabili che si traducono in KPI coerenti con le priorità ambientali, sociali e di governance dell'impresa.

Una buona governance in ottica ESG richiede, inoltre, l'adozione di policy strutturate in materia di etica, anticorruzione e prevenzione delle frodi, che contribuiscano a consolidare una cultura aziendale improntata all'integrità e alla legalità.

In questo quadro, la normativa europea rafforza e orienta l'evoluzione delle pratiche di governance.

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), congiuntamente alla Tassonomia UE e al Regolamento SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation), impone alle imprese l'integrazione della sostenibilità nei sistemi di governo societario. In particolare, le imprese sono chiamate a includere competenze ESG nei consigli di amministrazione e a strutturare sistemi di monitoraggio avanzati per garantire l'allineamento tra obiettivi strategici e impatti di sostenibilità.⁴⁷

⁴⁶ Padini, B. (2023). *ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations*. Milano: Politecnico Milano.

⁴⁷ europea, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

Questo approccio normativo mira a consolidare un modello di governance che non solo sia conforme agli obblighi regolatori, ma che costituisca anche un reale fattore abilitante per la creazione di valore sostenibile nel lungo periodo.

Inoltre, le tecnologie digitali giocano un ruolo crescente in questo ambito. La Blockchain, per esempio, consente la registrazione sicura e trasparente delle decisioni strategiche, delle approvazioni e delle metriche ESG, garantendo ‘auditabilità’ e accountability.⁴⁸

L’Intelligenza Artificiale, invece, supporta il monitoraggio predittivo dei rischi, l’identificazione di anomalie e la definizione di strategie di controllo automatizzate.⁴⁹

Uno strumento innovativo in questa direzione, che sarà affrontato successivamente, è il Digital Product Passport (DPP), che raccoglie informazioni verificabili sull’origine, gli impatti e le prestazioni ambientali e sociali dei prodotti.⁵⁰

Tale sistema, oltre a favorire decisioni di acquisto consapevoli, contribuisce a rafforzare la responsabilità lungo le filiere e a migliorare la compliance normativa.

Una governance ESG credibile si traduce anche nella capacità dell’impresa di comunicare le proprie performance in modo chiaro, tempestivo e verificabile. La digitalizzazione dei processi di rendicontazione, attraverso piattaforme basate su tecnologie distribuite e intelligenza artificiale, rappresenta un’evoluzione fondamentale per garantire coerenza tra impegni dichiarati e risultati ottenuti.⁵¹

In sintesi, la governance non è solo una dimensione tecnica, ma rappresenta il fondamento dell’orientamento strategico verso la sostenibilità.

Senza un’effettiva integrazione dei principi ESG nella struttura decisionale e nei meccanismi di controllo, qualsiasi iniziativa ambientale o sociale rischia di restare marginale o inefficace.

⁴⁸ Bellini (2022, 09 28). *Blockchain: perché è così importante*.

⁴⁹ Wyser. (2024, 05 30). *Obiettivi ESG: in che modo l’IA può aiutare le aziende a raggiungerli*.

⁵⁰ ESG360, R. (2025, 02 11). *Digital Product Passport (DPP), come garantire e comunicare tracciabilità e sostenibilità*.

⁵¹ Rose-Collins, F. (2024, 11 20). *Il ruolo dell’intelligenza artificiale nella rendicontazione dei dati ESG*.

Una governance solida è dunque la condizione necessaria per rendere la sostenibilità un elemento strutturale e duraturo del successo aziendale.

1.3 Normative e standard internazionali di rendicontazione (CSRD, GRI, SASB)

Negli ultimi anni, la rendicontazione di sostenibilità si è imposta come componente strategica della comunicazione aziendale, nonché come requisito essenziale per soddisfare le aspettative di trasparenza da parte degli stakeholder. In un contesto caratterizzato da emergenze climatiche, disuguaglianze sociali e trasformazioni regolatorie, la necessità di disporre di informazioni ESG affidabili e comparabili è divenuta sempre più impellente.

Affinché tali informazioni risultino realmente utili per investitori, autorità e altri attori interessati, è fondamentale che siano elaborate secondo standard riconosciuti, che ne garantiscano la coerenza metodologica, la verificabilità e la comparabilità. In questo quadro si inseriscono le principali normative e i framework internazionali di riferimento: la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), i Global Reporting Initiative Standards (GRI) e i Sustainability Accounting Standards Board Standards (SASB).⁵²

La CSRD, approvata nel 2022, rappresenta un punto di svolta nella regolamentazione europea della disclosure non finanziaria.

Essa estende significativamente il numero di imprese soggette a obblighi di rendicontazione, includendo non solo le grandi imprese, ma anche le PMI quotate e le filiali europee di gruppi extra-UE.

⁵² Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione Europea. (2022, 14 dicembre). *Direttiva (UE) 2022/2464 relativa alla comunicazione societaria sulla sostenibilità*.

Tra le novità principali vi sono l'obbligo di utilizzare gli European Sustainability Reporting Standards (ESRS), sviluppati dall'EFRAG, e la previsione di un assurance esterno sui dati ESG, volto a garantirne l'affidabilità.⁵³

Accanto alla CSRD, il framework GRI offre da oltre vent'anni un approccio modulare e orientato agli stakeholder, che consente alle imprese di rendicontare i propri impatti materiali in termini ambientali, sociali ed economici.

I GRI Standards si distinguono per la loro flessibilità e per l'attenzione alla doppia materialità, rendendoli particolarmente adatti alla costruzione di una rendicontazione trasparente e completa.⁵⁴

Il SASB, invece, si concentra sulla materialità finanziaria e fornisce metriche ESG settoriali pensate per rispondere alle esigenze informative degli investitori. La sua struttura, fondata su standard per oltre 70 settori industriali, consente una valutazione mirata delle informazioni ESG più rilevanti dal punto di vista del rischio-rendimento.⁵⁵

Questi tre strumenti non sono tra loro alternativi, bensì complementari. Le imprese più avanzate nella rendicontazione adottano soluzioni ibride, integrando i principi GRI, le metriche SASB e i requisiti CSRD in un unico impianto informativo. Tale approccio consente di soddisfare le aspettative di una platea eterogenea di stakeholder, mantenendo al contempo un elevato grado di aderenza normativa.

L'adozione rigorosa di standard internazionali contribuisce anche alla prevenzione del greenwashing, offrendo un quadro oggettivo per valutare la coerenza tra dichiarazioni e risultati.

In questo contesto, le tecnologie digitali, tra cui Blockchain, Intelligenza Artificiale e

⁵³ Italia ESG, "Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede", 1° febbraio 2024.

⁵⁴ AIFO Academy, *Finanza sostenibile: ESG ed SRI*, Milano, 2019.

⁵⁵ Paola, B. (2025). *La sostenibilità, ESG, Impact Investing e Filantropia Strategica*. Milano: AIFO.

sistemi avanzati di data analytics, rappresentano strumenti abilitanti per garantire tracciabilità, integrità e tempestività delle informazioni ESG.⁵⁶

In sintesi, la convergenza tra standard globali, normativa europea e soluzioni tecnologiche avanzate sta contribuendo a definire un nuovo paradigma per la rendicontazione di sostenibilità.

Un paradigma fondato su trasparenza, accountability e integrazione tra dimensione finanziaria e non finanziaria, destinato a trasformare in profondità i modelli informativi aziendali.

1.3.1 Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), approvata dall'Unione Europea nel 2022 e in vigore dal 1° gennaio 2024, rappresenta il principale intervento normativo europeo in materia di rendicontazione non finanziaria.⁵⁷

Essa segna un'evoluzione sostanziale rispetto alla precedente Non-Financial Reporting Directive (NFRD), con l'obiettivo di promuovere una comunicazione più estesa, standardizzata e affidabile delle performance di sostenibilità delle imprese europee.

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) rappresenta una riforma di portata significativa nel panorama della rendicontazione non finanziaria, ampliando considerevolmente il numero di imprese soggette a obblighi di reporting ESG.

Se con la precedente direttiva NFRD erano circa 11.000 le aziende coinvolte, la CSRD estende il perimetro a oltre 50.000 imprese, includendo non solo le grandi aziende, ma anche le piccole e medie imprese quotate e le filiali di gruppi extra-UE che operano stabilmente all'interno del mercato europeo.⁵⁸

⁵⁶ ESG360, R. (2023, 10 23). "Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento".

⁵⁷ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio, 14 dicembre 2022.

⁵⁸ Italia, E. (2024, 02 01). *Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede*.

Questo ampliamento ha l'obiettivo di uniformare il livello di trasparenza delle informazioni ambientali, sociali e di governance, rafforzando la fiducia degli stakeholder e migliorando la capacità delle imprese di attrarre capitali orientati alla sostenibilità.

Tra le innovazioni più rilevanti introdotte dalla direttiva vi è l'obbligo di adottare gli *European Sustainability Reporting Standards* (ESRS), sviluppati dall'EFRAG, che forniscono criteri armonizzati per la disclosure delle performance ESG. Tali standard mirano a garantire coerenza, comparabilità e affidabilità delle informazioni pubblicate, favorendo così un'informazione più chiara e accessibile per investitori, istituzioni e società civile.⁵⁹

La CSRD introduce inoltre un sistema di *assurance* esterna sui dati rendicontati. Inizialmente, tale verifica sarà realizzata sotto forma di *limited assurance*, ma l'intenzione del legislatore è quella di evolvere progressivamente verso una forma di *reasonable assurance*, rafforzando così il grado di attendibilità dei dati ESG comunicati dalle imprese.

Un altro elemento centrale della nuova direttiva è rappresentato dall'applicazione del principio della *doppia materialità*.

Questo approccio impone alle imprese di analizzare non solo l'impatto dei fattori ESG sulla propria situazione economico-finanziaria, ma anche, in senso inverso, gli effetti che le proprie attività esercitano sull'ambiente, sulle persone e sulla società nel suo complesso.

Si tratta di un cambiamento paradigmatico che estende la prospettiva aziendale oltre i confini della sola performance economica, includendo dimensioni di impatto che fino a pochi anni fa venivano considerate marginali o residuali.

Dal punto di vista tecnico, la CSRD introduce anche l'obbligo di presentare la rendicontazione ESG in un formato digitale e leggibile da macchina (XHTML corredato

⁵⁹ CNDCEC. (2024). Sostenibilità, governance e finanza.

da una *taxonomy*), in linea con i principi di interoperabilità e integrazione dei sistemi informativi europei.

Questa scelta facilita l'automazione nell'analisi dei dati e promuove l'integrazione della sostenibilità nei processi decisionali finanziari.⁶⁰

In un contesto più ampio, la direttiva si colloca all'interno del disegno strategico dell'Unione Europea volto a riformare in chiave sostenibile l'intero sistema finanziario.⁶¹ In tal senso, la CSRD agisce in sinergia con strumenti regolatori come il Regolamento Tassonomia, che classifica le attività economiche sostenibili, l'SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation), che disciplina la trasparenza della finanza sostenibile, e la proposta di regolamento sull'intelligenza artificiale, che incide sulle tecnologie di supporto alla raccolta e gestione dei dati ESG.

La CSRD, pertanto, non si limita a rappresentare un adempimento formale di carattere normativo, ma costituisce un vero e proprio strumento strategico per orientare i flussi di capitale verso attività in linea con gli obiettivi europei di transizione ecologica, coesione sociale e sviluppo sostenibile.⁶²

L'impatto atteso della CSRD è duplice: da un lato, elevare la qualità e la credibilità delle informazioni ESG pubblicate dalle imprese; dall'altro, rafforzare la governance e l'integrazione della sostenibilità nei processi decisionali aziendali. Per raggiungere tali obiettivi, le organizzazioni saranno chiamate a investire in sistemi informativi avanzati, competenze interne specialistiche e strumenti tecnologici capaci di supportare una rendicontazione ESG accurata, tempestiva e verificabile.

In prospettiva, l'attuazione della CSRD avverrà in modo graduale, secondo un calendario definito che tiene conto della dimensione e della natura giuridica delle imprese. È inoltre prevista l'introduzione progressiva di standard settoriali e tematici, che renderanno la rendicontazione sempre più specifica, dettagliata e rilevante per i diversi ambiti economici.

⁶⁰ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*.

⁶¹ CONSOB. (2018, 03). *Il piano di azione per la finanza sostenibile*.

⁶² Europea, C. (2022, 03 30). Proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio.

La CSRD rappresenta, in definitiva, una leva trasformativa che rafforza il legame tra sostenibilità, responsabilità d'impresa e competitività, collocando la trasparenza informativa al centro del modello europeo di sviluppo sostenibile.

1.3.2 Global Reporting Initiative (GRI)

La Global Reporting Initiative (GRI) rappresenta uno degli standard di rendicontazione di sostenibilità più diffusi e consolidati a livello internazionale. Nato nel 1997 come iniziativa congiunta tra il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) e la Coalition for Environmentally Responsible Economies (CERES), il GRI si è evoluto nel tempo per diventare un framework modulare e multilivello, in grado di supportare organizzazioni di ogni dimensione e settore.⁶³

L'approccio del GRI si fonda sul principio della doppia materialità, invitando le imprese a considerare sia gli impatti che subiscono dai fattori ESG (materialità finanziaria), sia quelli che generano su ambiente, società ed economia (materialità d'impatto). Questo orientamento lo rende particolarmente adatto a soddisfare le esigenze informative degli stakeholder interni ed esterni.⁶⁴

I GRI Standards si articolano in tre serie principali, ognuna delle quali risponde a esigenze specifiche nella rendicontazione di sostenibilità.

Gli Standard Universali rappresentano il nucleo comune e definiscono i principi fondamentali e i requisiti generali per la redazione del bilancio non finanziario, applicabili a qualsiasi organizzazione, indipendentemente dal settore di appartenenza o dalla localizzazione geografica.

Gli Standard Settoriali, invece, offrono indicazioni mirate per ambiti industriali specifici, riconoscendo che ogni settore presenta impatti economici, ambientali e sociali peculiari che meritano un trattamento differenziato.

⁶³ Global Reporting Initiative, *GRI Standards*.

⁶⁴ Randazzo, R. (2024). Corporate governance della sostenibilità. Legance.

Infine, gli Standard Tematici si concentrano su aspetti trasversali della sostenibilità, come il cambiamento climatico, i diritti umani o la lotta alla corruzione, approfondendo tematiche ESG rilevanti per una vasta gamma di organizzazioni.⁶⁵

Attraverso questo approccio modulare e articolato, il GRI promuove un modello di disclosure trasparente, coerente e comparabile, finalizzato a rafforzare la credibilità dell'impresa e a consolidare il dialogo con gli stakeholder.

L'adozione degli standard GRI consente alle imprese di standardizzare la rendicontazione ESG, rendendo più agevole il confronto tra aziende e settori diversi e facilitando la valutazione delle performance non finanziarie da parte di investitori, clienti, istituzioni e altri soggetti interessati. Inoltre, contribuisce a migliorare la qualità e la fruibilità delle informazioni pubblicate, rendendole più chiare, accessibili e affidabili.⁶⁶

Un altro elemento distintivo dell'approccio GRI è il suo contributo alla prevenzione del rischio di greenwashing.

Attraverso l'adozione di criteri oggettivi, verificabili e documentabili, il framework GRI aiuta le imprese a comunicare le proprie performance in modo credibile e fondato, evitando dichiarazioni generiche o fuorvianti che potrebbero compromettere la fiducia degli stakeholder.

Al tempo stesso, l'integrazione degli aspetti ESG nella struttura di rendicontazione favorisce l'inclusione della sostenibilità nei processi decisionali aziendali, contribuendo a una gestione più consapevole e orientata al lungo termine.⁶⁷

Un ulteriore punto di forza dei GRI Standards è rappresentato dalla loro interoperabilità con altri standard e iniziative internazionali, come la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), l'International Sustainability Standards Board (ISSB) e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) promossi dalle Nazioni Unite.⁶⁸

⁶⁵ CNDCEC. (2024). Sostenibilità, governance e finanza.

⁶⁶ ESG360, R. (2023, 10 23). Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento.

⁶⁷ Crivellaro, M. V. (2012). Sostenibilità e rischio di greenwashing.

⁶⁸ europeo, C. (2022, 12 14). DIRETTIVA (UE) 2022/2464 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO.

Questa compatibilità favorisce l'integrazione dei GRI in contesti normativi e strategici differenti, promuovendo una visione globale e sistemica della responsabilità d'impresa e offrendo alle organizzazioni uno strumento efficace per rispondere in modo coordinato alle richieste del mercato, della regolazione e della società civile.

Nonostante la sua ampia diffusione, il GRI è stato oggetto di alcune critiche, in particolare per il carattere volontario dell'adesione e per la complessità di implementazione, che può rappresentare un ostacolo per le PMI.

Per rispondere a queste esigenze, l'organizzazione ha sviluppato versioni semplificate dei propri standard e programmi di capacity building dedicati alle imprese meno strutturate.⁶⁹

In prospettiva, il ruolo del GRI è destinato a rafforzarsi, soprattutto grazie alla cooperazione avviata con l'ISSB e all'allineamento con gli ESRS europei.⁷⁰ Tale evoluzione ne consolida la funzione di ponte tra rendicontazione finanziaria e non finanziaria, in un'ottica integrata di performance aziendale sostenibile.

1.3.3 Sustainability Accounting Standards Board (SASB)

Il Sustainability Accounting Standards Board (SASB) rappresenta uno dei principali riferimenti per la rendicontazione ESG orientata al mercato dei capitali.⁷¹ Fondato nel 2011, il SASB ha sviluppato una serie di standard specifici per settore, pensati per individuare e misurare gli aspetti ESG in grado di influenzare in modo rilevante la performance economico-finanziaria di un'impresa.

A differenza del GRI, che si focalizza sull'impatto dell'impresa sulla società e sull'ambiente, il SASB adotta un approccio incentrato sulla materialità finanziaria, rispondendo principalmente alle esigenze informative degli investitori. La logica sottostante è quella di fornire dati ESG comparabili, affidabili e pertinenti al contesto operativo di ciascun settore industriale.

⁶⁹ Paola, B. (2025). La sostenibilità, ESG, Impact Investing e Filantropia Strategica. Milano: AIFO.

⁷⁰ Padroni, B. (2023). ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations. Milano: Politecnico Milano.

⁷¹ Adewale, T. (2024). Integrazione dei criteri ESG nella gestione del portafoglio basata sull'intelligenza artificiale. ResearchGate.

Gli standard elaborati dal Sustainability Accounting Standards Board (SASB) coprono 77 settori economici e sono progettati con l'obiettivo di individuare, per ciascun comparto, i temi ESG maggiormente rilevanti in termini di rischi e opportunità finanziarie. Il focus settoriale consente di delineare con precisione quali aspetti ambientali, sociali e di governance risultino materialmente significativi per le aziende operanti nello stesso ambito, favorendo così una rendicontazione più mirata e utile per gli stakeholder finanziari.⁷²

Uno degli elementi distintivi del SASB risiede nella sua capacità di promuovere la comparabilità delle informazioni ESG tra imprese simili.

Questo approccio consente agli investitori di effettuare analisi coerenti e affidabili, valutando il posizionamento delle aziende in base a metriche comuni e pertinenti al settore di riferimento. In tal modo, il SASB diventa uno strumento fondamentale per supportare decisioni di investimento responsabile, facilitando l'integrazione dei fattori ESG nei modelli di valutazione del rischio-rendimento.⁷³

Un ulteriore punto di forza dello standard SASB è rappresentato dalla sua predisposizione a favorire l'integrazione dei dati ESG all'interno del bilancio d'esercizio, contribuendo alla convergenza tra rendicontazione finanziaria e non finanziaria. Questo orientamento risulta particolarmente utile in un contesto in cui cresce la domanda di trasparenza e accountability da parte dei mercati e degli organismi regolatori, sempre più attenti alla qualità delle informazioni ambientali, sociali e di governance.

Il SASB gode di un ampio riconoscimento da parte dei gestori patrimoniali e degli investitori istituzionali, i quali fanno ampio uso dei suoi standard per analizzare il profilo ESG dei portafogli e valutarne l'aderenza a criteri di sostenibilità.⁷⁴

La sua impostazione orientata alla materialità finanziaria, unita alla struttura settoriale, ne fa uno strumento efficace per coniugare performance economica e impatto ESG.

⁷² ESG360, R. (2023). Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento. ESG360.

⁷³ Bellini (2022). ESG e banking: il digitale al servizio di misurazione e rendicontazione. Network360.

⁷⁴ Ground, J. (2024). L'ascesa dell'IA e dell'ESG. Capital Group.

Infine, il SASB è oggi parte integrante dell'architettura dell'International Sustainability Standards Board (ISSB), con cui è in corso un processo di armonizzazione a livello globale.

Questa convergenza mira a costruire un linguaggio comune per la rendicontazione ESG, capace di rispondere alle esigenze informative di investitori, aziende e autorità regolatrici in un'ottica di coerenza, trasparenza e comparabilità a livello internazionale.⁷⁵

Inoltre, l'integrazione degli standard SASB con strumenti digitali evoluti, come l'intelligenza artificiale e la blockchain, consente di migliorare la qualità dei dati, automatizzare la raccolta e l'analisi delle informazioni e favorire un reporting più tempestivo e coerente.

Alcune piattaforme, come TreeBlock One, utilizzano algoritmi predittivi e tecnologie distribuite per mappare e monitorare le metriche ESG definite dal SASB.⁷⁶

Tuttavia, non mancano criticità.

L'approccio esclusivamente finanziario del SASB è stato oggetto di osservazioni da parte di coloro che ritengono necessario un bilanciamento con prospettive più inclusive, orientate anche agli impatti ambientali e sociali di lungo periodo.⁷⁷

In questo senso, la combinazione dei framework SASB e GRI può rappresentare una soluzione efficace per coniugare esigenze regolatorie, informative e di stakeholder engagement.

In definitiva, il SASB si configura come uno strumento indispensabile per integrare la sostenibilità nei processi di reporting finanziario e nelle strategie di investimento, contribuendo alla costruzione di un sistema economico più trasparente, responsabile e resiliente.

⁷⁵ AIFO Academy. (2019). Finanza sostenibile: ESG ed SRI. Milano.

⁷⁶ ESGNews, TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale, 9 ottobre 2024, disponibile su: <https://esgnews.it/advisor/treeblock-one-il-software-che-ridefinisce-la-gestione-esg-con-lintelligenza-artificiale/>

⁷⁷ Padini, B. (2023). ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations. Politecnico di Milano.

1.3.4 Verso un'integrazione degli standard ESG

Negli ultimi anni, si è progressivamente consolidata una tendenza verso l'armonizzazione e l'integrazione dei diversi standard di rendicontazione ESG, sia a livello europeo che internazionale. La coesistenza di molteplici framework, tra cui GRI, SASB, TCFD, IIRC e CDSB, ha storicamente generato frammentazione, ostacolando la comparabilità e la coerenza delle informazioni ESG fornite dalle imprese.

Per rispondere a questa esigenza di allineamento, l'International Financial Reporting Standards Foundation ha istituito l'International Sustainability Standards Board (ISSB), con l'obiettivo di sviluppare un set unico di standard globali per la rendicontazione della sostenibilità, basato sul principio della materialità finanziaria.⁷⁸

L'ISSB ha incorporato sia il SASB che il CDSB, con l'intento di fornire agli investitori informazioni ESG rilevanti e comparabili a livello globale.

Parallelamente, l'Unione Europea ha promosso la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), che introduce gli European Sustainability Reporting Standards (ESRS) elaborati da EFRAG.⁷⁹

Questi standard si basano sul principio della doppia materialità e sono concepiti per rispondere sia alle esigenze degli stakeholder finanziari sia a quelle della società civile, valorizzando l'impatto sociale e ambientale dell'attività d'impresa.

Questa duplice convergenza, verticale (tra standard globali) e orizzontale (tra materialità finanziaria e di impatto), punta a costruire un linguaggio comune per la disclosure ESG. L'obiettivo è evitare duplicazioni, semplificare i processi di rendicontazione e facilitare l'interoperabilità tra diversi sistemi di reporting.

A supporto di questa convergenza, ISSB e GRI hanno avviato una collaborazione per promuovere la complementarità tra i rispettivi framework.⁸⁰

⁷⁸ Adewale, T. (2024) – *Integration of ESG Criteria into AI-Based Portfolio Management*.

⁷⁹ Europea, C. (2022, 12 14). Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo.

⁸⁰ Italia, E. (2024, 02 01). *Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede*.

L'adozione di report modulari, orientati agli investitori da un lato e agli stakeholder dall'altro, consente alle imprese di rispondere in modo efficace alle diverse esigenze informative, garantendo coerenza metodologica e completezza dei contenuti.

Un ulteriore elemento chiave introdotto dalla CSRD è l'obbligo di assurance esterna sui dati ESG, che rafforza l'affidabilità delle informazioni divulgate e avvicina la rendicontazione non finanziaria agli standard di rigore tipici dell'informativa contabile.

La convergenza tra standard sta inoltre favorendo lo sviluppo di infrastrutture digitali integrate per la raccolta, l'analisi e la divulgazione dei dati ESG. Tecnologie come la blockchain assicurano tracciabilità e immutabilità dei dati, mentre l'intelligenza artificiale consente di automatizzare processi complessi, migliorare la qualità informativa e supportare decisioni strategiche basate su evidenze.⁸¹

Piattaforme come TreeBlock One⁸² o IBM Food Trust⁸³ dimostrano come l'integrazione tra digitalizzazione e standard ESG possa aumentare la credibilità della rendicontazione e semplificare l'accesso a dati tempestivi, verificabili e fruibili da una molteplicità di stakeholder.

In conclusione, l'integrazione degli standard ESG rappresenta un passaggio fondamentale per rafforzare l'efficacia, l'efficienza e la rilevanza della rendicontazione di sostenibilità. Essa costituisce la base per una governance più trasparente, per un mercato dei capitali più informato e per una transizione equa e responsabile verso un'economia sostenibile.

⁸¹ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento.*

⁸² ESGNews. (2024, 10 9). *TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale.*

⁸³ IBM. (s.d.). *7 vantaggi di IBM Food Trust.*

1.4 Sfide attuali nella gestione e nella trasparenza dei dati ESG

Nonostante i progressi compiuti a livello normativo e l'adozione crescente dei criteri ESG da parte delle imprese, la gestione e la rendicontazione dei dati di sostenibilità continuano a presentare numerose criticità operative.

Tali sfide compromettono la qualità informativa dei report ESG e la capacità delle imprese di soddisfare le esigenze di trasparenza e accountability richieste dal mercato e dalle autorità di regolazione.

Una prima questione riguarda l'assenza di una standardizzazione completa nelle metriche e nei formati utilizzati per la raccolta e la divulgazione dei dati ESG.⁸⁴ Questa frammentazione rende difficile il confronto tra imprese appartenenti a settori o paesi diversi e ostacola l'analisi da parte di investitori, analisti e stakeholder istituzionali. Sebbene la CSRD e gli ESRS rappresentino un passo avanti in termini di armonizzazione, permane un elevato livello di eterogeneità nell'adozione e nell'interpretazione degli standard, specialmente tra le PMI.

Un secondo nodo critico è rappresentato dal rischio di greenwashing.⁸⁵ In assenza di sistemi di controllo robusti e verifiche indipendenti, alcune imprese potrebbero enfatizzare iniziative di sostenibilità prive di riscontri oggettivi o certificabili. Questo mina la fiducia nel sistema di reporting e può generare effetti reputazionali negativi e implicazioni legali.

Le autorità europee stanno rispondendo a tale rischio attraverso l'introduzione di obblighi di assurance sui dati ESG e sanzioni per dichiarazioni ingannevoli.

Inoltre, la gestione dei dati ESG risulta spesso complessa e frammentata, specie nelle organizzazioni di medie e grandi dimensioni.

Le informazioni rilevanti sono distribuite tra diverse funzioni aziendali, raccolte con strumenti eterogenei e archiviate in sistemi non interoperabili.

⁸⁴ europea, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

⁸⁵ Crivellaro, M. V. (2012). *Sostenibilità e rischio di greenwashing*.

Ciò comporta un onere elevato in termini di risorse umane, tempo e costi, nonché un rischio crescente di incoerenze, errori e duplicazioni.

Le imprese sono dunque chiamate a adottare soluzioni tecnologiche avanzate in grado di digitalizzare e integrare i processi di raccolta, elaborazione e comunicazione dei dati ESG.⁸⁶ Tecnologie emergenti come l'intelligenza artificiale e la blockchain si stanno affermando come strumenti abilitanti per una rendicontazione più tempestiva, tracciabile e affidabile.

L'IA può automatizzare la classificazione e l'analisi dei dati, identificare anomalie e supportare la produzione di report predittivi; la blockchain, invece, garantisce l'integrità e la verificabilità delle informazioni, facilitando audit e verifiche da parte di terzi.

Esempi concreti di applicazione includono piattaforme come TreeBlock One, che integrano AI e DLT per il monitoraggio continuo delle metriche ESG, o i Digital Product Passport⁸⁷ promossi in ambito europeo, che tracciano l'intero ciclo di vita dei prodotti in ottica di economia circolare.⁸⁸

In sintesi, affrontare le sfide attuali nella gestione dei dati ESG richiede un cambiamento strutturale che coinvolga processi, tecnologie e competenze.

Solo attraverso un approccio integrato sarà possibile garantire l'affidabilità e l'efficacia della rendicontazione, rafforzando la fiducia degli stakeholder e contribuendo al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

⁸⁶ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*.

⁸⁷ ESG360, R. (2025, 02 11). Digital Product Passport (DPP), come garantire e comunicare tracciabilità e sostenibilità. Tratto da <https://www.esg360.it/agrifood/digital-product-passport-garantire-e-comunicare-la-sostenibilita/>

⁸⁸ ESGNews. (2024, 10 9). *TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale*.

1.4.1 Mancanza di standardizzazione nei dati ESG

Una delle principali barriere all'efficace integrazione dei criteri ESG nelle strategie aziendali è rappresentata dalla persistente mancanza di standardizzazione nella raccolta, elaborazione e rendicontazione dei dati.⁸⁹

Sebbene esistano diversi framework riconosciuti a livello internazionale, come GRI, SASB e CSRD, le imprese continuano a utilizzare approcci eterogenei, con differenze significative nelle metriche adottate, nella periodicità di aggiornamento e nei criteri di rilevazione.⁹⁰

Questa disomogeneità metodologica ostacola la comparabilità tra imprese e settori, generando ambiguità interpretative e indebolendo l'affidabilità delle analisi ESG condotte da investitori e agenzie di rating.

In particolare, mentre alcuni indicatori ambientali risultano relativamente standardizzati (es. emissioni di CO₂), altre dimensioni, come il benessere organizzativo o la governance etica, sono più difficili da misurare in modo oggettivo e replicabile.

La Commissione Europea, con l'introduzione degli European Sustainability Reporting Standards (ESRS), ha cercato di ridurre questa frammentazione, proponendo uno schema uniforme e vincolante per le imprese soggette alla CSRD.⁹¹

Gli ESRS rappresentano un passo significativo verso l'armonizzazione, promuovendo una maggiore trasparenza, coerenza e comparabilità delle informazioni ESG lungo tutta la catena del valore.

Tuttavia, l'implementazione pratica degli standard risulta ancora disomogenea, soprattutto tra le PMI e nei settori meno maturi dal punto di vista della sostenibilità. L'effettiva standardizzazione richiede, oltre alla norma, un investimento sistematico in formazione, strumenti digitali e governance dei dati.

⁸⁹ CNDCEC, *Sostenibilità, governance e finanza*, 2024.

⁹⁰ Commissione Europea, Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo, 14 dicembre 2022.

⁹¹ ESG Italia, Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede, 1° febbraio 2024.

In prospettiva, la piena adozione di standard condivisi potrà facilitare l'integrazione dei fattori ESG nei modelli di valutazione del rischio e nella definizione delle strategie di investimento sostenibile.

Ciò permetterà non solo una maggiore comparabilità, ma anche una rendicontazione più solida e credibile, rafforzando il ruolo dei dati ESG all'interno dei processi decisionali aziendali e finanziari.

1.4.2 Il rischio di greenwashing e la credibilità dei dati

Uno dei rischi più rilevanti nell'ambito della rendicontazione ESG è rappresentato dal greenwashing, ovvero dalla comunicazione ingannevole o non supportata da evidenze concrete riguardo alle pratiche di sostenibilità aziendale.⁹²

Questo fenomeno può manifestarsi sotto diverse forme: dall'enfaticizzazione di iniziative marginali rispetto al core business, alla diffusione di claim ambientali generici, fino alla presentazione selettiva dei dati per mascherare impatti negativi.

Il greenwashing mina profondamente la fiducia degli stakeholder, in particolare di investitori, consumatori e autorità di vigilanza, compromettendo la trasparenza del mercato e l'efficacia complessiva della transizione verso un'economia sostenibile. Inoltre, genera distorsioni concorrenziali, penalizzando le imprese realmente impegnate nella sostenibilità e premiando chi adotta comportamenti opportunistici.

Le autorità europee hanno iniziato a contrastare in modo più strutturato questo rischio, introducendo obblighi di assurance sui dati ESG e promuovendo definizioni chiare e criteri di misurazione condivisi.⁹³

⁹² Crivellaro, M. V. (2012). Sostenibilità e rischio di greenwashing.

⁹³ europeo, C. (2022, 12 14). *DIRETTIVA (UE) 2022/2464 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO*. Tratto da eur-lex.europa.eu

In ambito regolatorio, la CSRD e la Tassonomia UE rappresentano strumenti chiave per delimitare il perimetro della sostenibilità e rendere più difficile l'abuso di etichette ambientali e sociali prive di fondamento.⁹⁴

Esempi di greenwashing sono stati osservati in settori ad alta esposizione mediatica, come la moda e l'agroalimentare, dove claim come "green", "eco-friendly" o "a km zero" sono stati utilizzati senza il supporto di metriche verificabili o certificazioni indipendenti. Tali episodi hanno portato a un rafforzamento delle aspettative da parte dei consumatori, che richiedono sempre più spesso trasparenza e tracciabilità lungo l'intera filiera.

In risposta, l'adozione di tecnologie come la blockchain può contribuire a contrastare il fenomeno, offrendo una prova immutabile delle pratiche dichiarate e aumentando la fiducia nei dati divulgati.⁹⁵ Allo stesso modo, l'intelligenza artificiale può svolgere un ruolo cruciale nell'analisi dei dati ESG, rilevando incongruenze, anomalie o tentativi di manipolazione comunicativa.⁹⁶

In sintesi, rafforzare la credibilità della rendicontazione ESG riduce il rischio strategico per il sistema economico e finanziario.

Superare il greenwashing significa promuovere una cultura della trasparenza, responsabilizzare le imprese e creare le condizioni per un reale allineamento tra sostenibilità dichiarata e pratiche operative.

1.4.3 Complessità nella raccolta e gestione dei dati ESG

La gestione dei dati ESG si presenta spesso come un'attività complessa, soprattutto per le imprese di medie e grandi dimensioni.

⁹⁴ Italia, E. (2024, 02 01). *Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede*. Tratto da esgitalia.it

⁹⁵ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*. Tratto da esg360.it

⁹⁶ Rose-Collins, F. (2024, 11 20). *Il ruolo dell'intelligenza artificiale nella rendicontazione dei dati ESG: Trasformare la sostenibilità e la responsabilità*. Tratto da ranktracker.com

A differenza dei dati economico-finanziari, le informazioni ambientali, sociali e di governance sono per loro natura eterogenee, spesso qualitative e distribuite tra diverse funzioni aziendali.

Questo comporta sfide significative in termini di identificazione delle fonti informative, affidabilità delle metriche e coerenza dei flussi informativi.

Molte imprese si affidano ancora a strumenti manuali o a sistemi non integrati, con conseguente frammentazione dei dati, duplicazioni, errori e ritardi nella comunicazione. Questa situazione ostacola non solo la qualità della rendicontazione, ma anche la capacità dell'organizzazione di rispondere tempestivamente alle richieste di stakeholder, autorità di vigilanza e investitori istituzionali.

La complessità è accentuata dal fatto che i requisiti normativi in materia ESG sono in continua evoluzione e richiedono aggiornamenti frequenti nei processi di raccolta e trattamento dei dati.

La CSRD, ad esempio, introduce l'obbligo di disclosure dettagliata, verificabile e digitalizzata, che implica la predisposizione di infrastrutture tecnologiche in grado di gestire grandi volumi di informazioni in modo strutturato e tempestivo.⁹⁷

In questo contesto, l'adozione di soluzioni tecnologiche avanzate rappresenta un passaggio imprescindibile.

Sistemi informativi ESG integrati, alimentati da tecnologie come l'intelligenza artificiale e la blockchain, possono automatizzare la raccolta dei dati, validarne l'affidabilità e consentire la generazione di report personalizzati e dinamici.⁹⁸

Tali strumenti non solo migliorano l'efficienza operativa, ma rafforzano anche la capacità di analisi predittiva e di valutazione dei rischi.

⁹⁷ Commissione Europea, Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio, 14 dicembre 2022.

⁹⁸ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*.

Piattaforme digitali come TreeBlock One e strumenti normativi come il Digital Product Passport dimostrano come l'innovazione tecnologica possa supportare la trasformazione digitale della sostenibilità, garantendo tracciabilità, interoperabilità e trasparenza.⁹⁹ Inoltre, queste tecnologie riducono significativamente l'onere amministrativo e i costi legati alla rendicontazione manuale, liberando risorse per attività strategiche ad alto valore aggiunto.

In conclusione, per superare le attuali difficoltà nella gestione dei dati ESG, le imprese devono adottare un approccio integrato, che coniughi governance dei dati, innovazione tecnologica e cultura della sostenibilità.

Solo attraverso questa trasformazione sarà possibile garantire una rendicontazione credibile, tempestiva e orientata al miglioramento continuo delle performance ESG.

1.4.4 Pressioni normative e degli stakeholder

Le imprese operano oggi in un contesto profondamente trasformato, in cui la sostenibilità non è più un'opzione strategica, ma una condizione necessaria per garantire continuità operativa, competitività e accesso al capitale.

Il quadro normativo, in particolare a livello europeo, sta evolvendo rapidamente verso una piena integrazione dei principi ESG nei modelli di governance, nei sistemi informativi e nei processi decisionali aziendali.

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) rappresenta il fulcro di questa evoluzione, estendendo l'obbligo di rendicontazione ESG a una platea sempre più ampia di imprese e introducendo criteri più rigorosi in termini di dettaglio informativo, verificabilità dei dati e digitalizzazione della disclosure.¹⁰⁰

Le imprese sono ora tenute a rendicontare gli impatti delle proprie attività su ambiente e società (materialità di impatto), nonché i rischi ESG che possono influire sulla loro

⁹⁹ ESGNews (2024, 10 9). *TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale*.

¹⁰⁰ Parlamento Europeo e Consiglio. (2022, 12 dicembre). *Direttiva (UE) 2022/2464 relativa alla comunicazione societaria sulla sostenibilità (CSRD)*.

performance finanziaria (materialità finanziaria), secondo un approccio di doppia materialità.

Parallelamente alla pressione normativa, cresce l'attenzione da parte del mercato e della società civile.

Investitori istituzionali, banche, assicurazioni e fondi pensione integrano sistematicamente i fattori ESG nelle proprie strategie di allocazione del capitale e nei processi di due diligence.¹⁰¹

Il rispetto di criteri di sostenibilità viene spesso associato a un minor rischio di credito e a un miglior posizionamento competitivo, influenzando direttamente il costo del capitale e la reputazione aziendale.

Anche altri stakeholder, tra cui consumatori, dipendenti, media e ONG, esercitano una crescente influenza sulle imprese, chiedendo maggiore trasparenza, coerenza tra valori dichiarati e pratiche effettive, e impegni concreti su temi quali la giustizia sociale, il cambiamento climatico e la parità di genere.¹⁰²

Questa pressione sociale sta ridefinendo le aspettative nei confronti del ruolo dell'impresa nella società e nei territori in cui opera.

Per rispondere a queste sfide, le aziende stanno investendo in soluzioni tecnologiche e organizzative che consentano di monitorare, verificare e comunicare in modo accurato le performance ESG.¹⁰³ Sistemi digitali integrati, piattaforme intelligenti e strumenti di analytics avanzati supportano la raccolta di dati affidabili, favorendo una comunicazione chiara e tempestiva con tutti gli stakeholder.

In sintesi, l'interazione tra pressione normativa, esigenze del mercato e aspettative sociali sta trasformando la rendicontazione ESG in una leva strategica.

¹⁰¹ Paola, B. (2025). *La sostenibilità, ESG, Impact Investing e Filantropia Strategica*. Milano: AIFO

¹⁰² europea, C. (2001, 18 luglio). *Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese*.

¹⁰³ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*.

Le imprese che sapranno interpretare proattivamente queste dinamiche avranno l'opportunità di rafforzare la propria credibilità, migliorare il posizionamento competitivo e contribuire attivamente alla transizione verso un'economia più sostenibile e inclusiva.

1.5 Conclusioni

Il primo capitolo ha delineato l'evoluzione e il ruolo strategico del Bilancio di Sostenibilità e dei criteri ESG all'interno della governance aziendale contemporanea.¹⁰⁴ L'adozione di pratiche di rendicontazione trasparente, comparabile e affidabile è divenuta imprescindibile per rafforzare la fiducia degli stakeholder, accedere a capitali orientati alla sostenibilità e rispondere alle crescenti pressioni normative e sociali.¹⁰⁵

Sono stati analizzati i principali standard e framework di riferimento, tra cui CSRD, GRI e SASB, che guidano le imprese nella disclosure delle performance ESG.¹⁰⁶ L'armonizzazione tra questi strumenti, unita all'iniziativa dell'ISSB e all'introduzione degli ESRS, rappresenta un passo cruciale verso un sistema informativo integrato e coerente, capace di supportare decisioni informate e strategie sostenibili.¹⁰⁷

Il capitolo ha inoltre evidenziato le principali sfide nella gestione dei dati ESG: dalla mancanza di standardizzazione alla complessità operativa, dal rischio di greenwashing alla crescente pressione normativa.¹⁰⁸

In risposta, si è sottolineato il ruolo chiave delle tecnologie digitali, in particolare Intelligenza Artificiale e Blockchain, nel rendere più efficiente, tempestiva e credibile la rendicontazione di sostenibilità.¹⁰⁹

¹⁰⁴ CNDCEC. (2024). *Sostenibilità, Governance e Finanza*.

¹⁰⁵ BORRI, M. C. (2024). *La sostenibilità e il mercato dei capitali*. Milano: AIFO.

¹⁰⁶ europea, C. (2022, 12 14). *Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo*.

¹⁰⁷ Italia, E. (2024, 02 01). *Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede*. Tratto da <https://www.esgitalia.it>

¹⁰⁸ Crivellaro, M. V. (2012). *Sostenibilità e rischio di greenwashing*.

¹⁰⁹ ESG360, R. (2023, 10 23). *Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento*.

Infine, è emersa la necessità di un approccio olistico, che combini strumenti normativi, innovazione tecnologica e cultura aziendale, per garantire una reale integrazione dei criteri ESG nella strategia e nei processi delle imprese.¹¹⁰

In un'economia sempre più orientata alla trasparenza, alla resilienza e al valore condiviso, la rendicontazione di sostenibilità si configura non solo come un obbligo normativo, ma come una leva chiave per la competitività di lungo periodo.

Nel Capitolo 2 verrà quindi approfondito il contributo specifico di queste due tecnologie, Blockchain e Intelligenza Artificiale, al miglioramento della governance ESG, con un'analisi delle principali applicazioni, dei benefici operativi e dei limiti attualmente riscontrati nella loro implementazione.¹¹¹

Tale analisi offrirà una visione integrata su come l'innovazione digitale stia ridefinendo gli standard di sostenibilità e responsabilità aziendale nel contesto contemporaneo.

¹¹⁰ Randazzo, R. (2024). *Corporate governance della sostenibilità*. Legance.

¹¹¹ Bilanciarsi. (2025). *Blockchain e Sostenibilità: un nuovo orizzonte*.

Capitolo 2

Tecnologie innovative per la rendicontazione ESG: Blockchain e Intelligenza Artificiale

2.1 Introduzione

Nel contesto contemporaneo, contrassegnato da una crescente sensibilità verso i temi della sostenibilità e della responsabilità sociale d'impresa, le aziende si trovano sempre più sollecitate a rendicontare in modo rigoroso, trasparente e standardizzato le proprie performance ambientali, sociali e di governance (ESG).

Tale necessità non risponde soltanto a pressioni normative e regolamentari – si pensi alla recente Direttiva (UE) 2022/2464 sulla rendicontazione societaria di sostenibilità – ma anche all'evoluzione delle aspettative degli stakeholder, sempre più orientati verso modelli di business responsabili, inclusivi e orientati al lungo termine.¹¹²

Tuttavia, il processo di raccolta, elaborazione e comunicazione dei dati ESG si configura come una sfida di elevata complessità.

Le principali criticità risiedono nella frammentazione delle fonti informative, nella scarsa interoperabilità dei sistemi, nell'assenza di criteri di misurazione universalmente condivisi e nel pericolo di pratiche di greenwashing, che rischiano di compromettere la credibilità dell'intero sistema informativo non finanziario.

¹¹² Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022, che modifica il Regolamento (UE) n. 537/2014, la Direttiva 2004/109/CE, la Direttiva 2006/43/CE e la Direttiva 2013/34/UE per quanto riguarda la rendicontazione societaria di sostenibilità (Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD).

In risposta a tali problematiche, sta emergendo un paradigma tecnologico capace di ridefinire le modalità di gestione e rendicontazione della sostenibilità. Tecnologie avanzate come la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale (IA) si configurano come strumenti abilitanti per una transizione digitale della disclosure ESG, favorendo maggiore tracciabilità, accountability e affidabilità dei dati divulgati.

La Blockchain, in particolare, grazie alla sua struttura distribuita e alla proprietà di immutabilità¹¹³, si propone come un efficace presidio contro la manipolazione e l'alterazione dei dati, offrendo una piattaforma trasparente per la certificazione dei processi e la tracciabilità delle filiere, come evidenziato nei casi applicativi nel settore agroalimentare e manifatturiero, nonché in progetti sperimentali guidati da grandi corporate internazionali come Walmart, IBM e Nestlé.¹¹⁴

Tali sperimentazioni dimostrano come l'integrazione della Blockchain nei sistemi di supply chain consenta di migliorare significativamente la trasparenza, la sicurezza alimentare e la sostenibilità operativa.

Oltre a garantire l'origine e l'integrità delle informazioni, la Blockchain contribuisce anche ad accrescere la fiducia tra gli stakeholder e a prevenire pratiche scorrette lungo l'intera catena del valore, come dimostrano numerosi progetti nel comparto della GDO e dell'industria alimentare.

Come si vedrà più nel dettaglio nel Capitolo 4, un esempio significativo è rappresentato dalla piattaforma IBM Food Trust, sviluppata in collaborazione con Walmart¹¹⁵, che consente di tracciare digitalmente ogni fase del ciclo di vita di un alimento, migliorando la capacità di risposta in caso di contaminazioni o non conformità. Inoltre, l'impiego combinato di tecnologie emergenti, come l'Intelligenza Artificiale e la Blockchain, consente una gestione automatizzata e intelligente dei dati ESG, favorendo la misurabilità degli impatti e una più efficace compliance normativa.

¹¹³ Tapscott, D., & Tapscott, A. (2018). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies is Changing the World*. Portfolio.

¹¹⁴ World Economic Forum (2021). *Blockchain Beyond the Hype: Walmart, IBM, Nestlé case studies*.

¹¹⁵ IBM (2020). *IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability*. IBM White Paper.

Tuttavia, permangono alcune criticità legate all'elevato consumo energetico, alla necessità di standard condivisi e alla complessità tecnica dei protocolli, che ne limitano una diffusione più estesa.

Nonostante ciò, il potenziale trasformativo della Blockchain nell'ambito della rendicontazione ESG è ormai ampiamente riconosciuto, e rappresenta un tassello chiave nella costruzione di modelli di business più trasparenti, resilienti e sostenibili.

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale consente di valorizzare l'enorme mole di dati ESG disponibili, spesso eterogenei e non strutturati, attraverso algoritmi di *machine learning* e modelli predittivi che supportano la classificazione automatica, l'individuazione di anomalie e la redazione di report dinamici e *data-driven*.¹¹⁶ Tali strumenti non solo migliorano l'efficienza operativa e la qualità informativa dei dati rendicontati, ma abilitano anche una valutazione tempestiva dei rischi ESG, contribuendo a costruire modelli decisionali più consapevoli e resilienti.

Applicazioni concrete, come quelle sviluppate nel software TreeBlock One¹¹⁷ o nel sistema Intellico¹¹⁸, mostrano il potenziale dell'IA nel supportare la gestione strategica della sostenibilità, attraverso dashboard evolute e sistemi di scoring automatizzati capaci di integrare indicatori ESG nei processi decisionali aziendali e finanziari. In questo contesto, l'IA non rappresenta solo un ausilio tecnico, ma un vero e proprio catalizzatore per la transizione verso modelli di business sostenibili, in grado di rafforzare la fiducia degli stakeholder e orientare le strategie aziendali secondo principi di trasparenza, responsabilità e impatto positivo.

Dunque, questo capitolo si propone di analizzare in modo critico e approfondito le caratteristiche distintive della Blockchain e dell'Intelligenza Artificiale. L'obiettivo è offrire una chiave di lettura multidisciplinare e aggiornata su come l'adozione di strumenti digitali possa concorrere a una governance aziendale più responsabile, resiliente e orientata alla creazione di valore condiviso.

¹¹⁶ Rose-Collins, A. (2024). *AI and ESG: The New Frontier of Sustainable Data Management*. ESGNews Journal.

¹¹⁷ TreeBlock (2023). *TreeBlock One: AI-powered ESG Intelligence Platform*.

¹¹⁸ Intellico (2023). *Driving ESG Compliance with Predictive Analytics*.

2.2 La Blockchain: caratteristiche e applicazioni nella rendicontazione ESG

2.2.1 Caratteristiche fondamentali della Blockchain

La Blockchain rappresenta una delle innovazioni tecnologiche più significative dell'ultimo decennio, introducendo un nuovo paradigma nella gestione decentralizzata e trasparente dei dati e delle transazioni digitali.

Essa appartiene alla famiglia delle tecnologie di registro distribuito, note con l'acronimo DLT (*Distributed Ledger Technology*), il cui principio cardine è la decentralizzazione dell'archiviazione e della verifica delle informazioni.

A livello tecnico, la Blockchain può essere definita come un'infrastruttura digitale che consente la registrazione cronologica, immutabile e condivisa di dati – siano essi transazioni economiche, documenti o qualsiasi altro tipo di informazione – senza la necessità di un'autorità centrale.¹¹⁹

La struttura di questa tecnologia si fonda su una sequenza di “blocchi” concatenati tra loro attraverso hash crittografici univoci, generando una catena cronologica e inalterabile di informazioni.¹²⁰

Ogni blocco contiene un insieme di transazioni, un timestamp che ne certifica l'istante di validazione, e un riferimento al blocco precedente, rendendo qualsiasi alterazione retroattiva irrealizzabile.

L'*hash* rappresenta una funzione crittografica che trasforma un insieme di dati in una stringa alfanumerica a lunghezza fissa, unica e irripetibile: anche una minima variazione nei dati di partenza produce un hash completamente diverso.

¹¹⁹ Tapscott D., Tapscott A., *Blockchain revolution. Come la tecnologia alla base del bitcoin sta cambiando il denaro, il business e il mondo*, Hoepli, 2016.

¹²⁰ Antonopoulos A. M., *Mastering Bitcoin*, O'Reilly Media, 2015.

Questo meccanismo assicura l'integrità delle informazioni registrate, poiché qualsiasi tentativo di modifica all'interno di un blocco comprometterebbe la validità dell'intera catena successiva.¹²¹

Il *timestamp*, invece, è una marca temporale che registra con precisione il momento in cui un blocco viene validato e aggiunto alla catena.

Esso svolge una funzione essenziale nel garantire l'ordine cronologico degli eventi e nel fornire una prova inoppugnabile della data e dell'ora in cui una determinata informazione è stata registrata.¹²²

Insieme, *hash* e *timestamp* costituiscono i pilastri tecnici della sicurezza, trasparenza e tracciabilità della Blockchain, rendendola una tecnologia particolarmente adatta per applicazioni in cui l'affidabilità e l'immutabilità dei dati sono requisiti imprescindibili.

Un elemento distintivo della Blockchain è la sua natura distribuita: ogni nodo partecipante alla rete detiene una copia completa e aggiornata del registro.

Per aggiungere nuove informazioni (blocchi) alla Blockchain, è necessario che la rete raggiunga un accordo attraverso specifici meccanismi di consenso¹²³, come il *Proof of Work* (PoW) o il *Proof of Stake* (PoS).

Questi meccanismi servono a garantire che i dati siano corretti e che nessuno possa modificarli senza il consenso della maggioranza.

Nel *Proof of Work*, usato ad esempio da Bitcoin, i computer della rete competono tra loro per risolvere un problema matematico molto difficile.

Chi riesce a risolvere il problema per primo, propone il nuovo blocco.

La rete controlla che tutto sia corretto e, se approvato, il blocco viene aggiunto alla catena.

Questo processo è molto sicuro, ma richiede tanta energia.¹²⁴

¹²¹ Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S., *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*, Princeton University Press, 2016.

¹²² Mougayar W., *The Business Blockchain*, Wiley, 2016.

¹²³ Buterin V., *Ethereum white paper*, 2014

¹²⁴ Antonopoulos A. M., *Mastering Bitcoin*, O'Reilly Media, 2015.

Il *Proof of Stake*, invece, è un metodo più efficiente: qui non vince chi ha più potenza di calcolo, ma chi possiede una maggiore quantità di criptovaluta e la “mette in gioco” come garanzia.

Più ne mette, più ha possibilità di essere scelto per validare il blocco. Anche in questo caso, la rete controlla che tutto sia a posto prima di approvare l’inserimento del nuovo blocco.¹²⁵

Grazie a questi meccanismi, la Blockchain è molto difficile da manomettere: per modificare un dato, bisognerebbe alterare contemporaneamente la maggior parte delle copie del registro e superare le regole di consenso, cosa praticamente impossibile.

Questo approccio elimina il bisogno di fidarsi di un ente centrale, sostituendolo con un sistema trasparente, tracciabile e verificabile in tempo reale, che rafforza la sicurezza informatica e la fiducia intersoggettiva tra gli attori coinvolti.

In particolare, applicazioni settoriali, come si vedrà nei prossimi capitoli con alcuni casi aziendali, dimostrano come la Blockchain possa favorire la tracciabilità, la sostenibilità e l’efficienza operativa lungo le filiere, contribuendo alla realizzazione degli obiettivi ESG.¹²⁶

In conclusione, la Blockchain non rappresenta soltanto un’innovazione tecnologica, ma introduce un nuovo modello di gestione dei dati, fondato sulla fiducia algoritmica, sulla decentralizzazione del potere informativo e sulla garanzia dell’integrità dei dati. Tali caratteristiche la rendono una tecnologia abilitante per modelli economici più equi, sostenibili e inclusivi.

2.2.2 Applicazioni della Blockchain nella rendicontazione ESG

Come illustrato nel paragrafo precedente, la tecnologia Blockchain si configura oggi come un abilitatore chiave dell’innovazione digitale, non solo nel settore finanziario, ma anche in ambiti strategici legati alla sostenibilità d’impresa e alla governance responsabile.

La sua adozione nella rendicontazione ESG sta assumendo crescente rilevanza, in quanto

¹²⁵ Buterin V., *Proof of Stake: How I Learned to Love Weak Subjectivity*, Ethereum Foundation, 2020.

¹²⁶ World Economic Forum, *Building Value with Blockchain Technology*, 2021.

consente di superare le tradizionali criticità relative all'affidabilità, integrità e verificabilità dei dati non finanziari.¹²⁷

La struttura decentralizzata, immutabile e trasparente dei registri distribuiti consente infatti una raccolta e gestione dei dati ESG più robusta, efficiente e credibile. In questo contesto, le applicazioni della tecnologia Blockchain si stanno progressivamente affermando in diversi ambiti strategici della sostenibilità aziendale, ridefinendo pratiche consolidate e offrendo nuove opportunità di integrazione dei fattori ESG nei processi operativi e decisionali delle imprese.

Una delle applicazioni più consolidate riguarda la tracciabilità della supply chain.¹²⁸ Attraverso l'impiego della Blockchain è possibile monitorare ogni fase del ciclo di vita di un prodotto, a partire dall'origine delle materie prime fino alla distribuzione finale. Le registrazioni, condivise e non modificabili, permettono di costruire un sistema di tracciabilità trasparente e verificabile, in grado di garantire l'integrità dei processi produttivi.

Questo approccio si rivela particolarmente efficace per mitigare i rischi reputazionali, sociali e ambientali connessi alla filiera.

Un esempio concreto è rappresentato dal progetto TrackIT Blockchain promosso da ICE Agenzia,¹²⁹ finalizzato a supportare le imprese italiane nell'attestazione dell'autenticità e della sostenibilità dei prodotti destinati all'esportazione.

Analogamente, grandi multinazionali come Nestlé e Walmart hanno implementato soluzioni basate su Blockchain per rafforzare i controlli nelle proprie filiere agroalimentari, assicurando maggiore sicurezza e trasparenza.¹³⁰

¹²⁷ Gazzola, P., Grechi, D., & Papetti, A. (2022). *La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità*. FrancoAngeli.

¹²⁸ Pieroni, M. P. P., de Souza, J. T., & McAloone, T. C. (2021). *The role of blockchain technology in the transition to circular economy: A systematic review of current research and future directions*. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 872-896.

¹²⁹ ICE Agenzia. (2023). *TrackIT Blockchain: la tecnologia al servizio dell'autenticità e sostenibilità del Made in Italy*.

¹³⁰ Wognum, N., Bremmers, H., Trienekens, J., van der Vorst, J., & Bloemhof, J. (2020). *Blockchain applications in agri-food supply chains: State-of-the-art and challenges*. *Sustainability*, 12(17), 7209.

Anche nella gestione delle emissioni di gas serra (GHG) e dei *carbon credit* la Blockchain offre soluzioni innovative.

Grazie all'integrazione con smart contract, è possibile automatizzare processi complessi come la verifica, la certificazione e lo scambio dei crediti di carbonio, riducendo il rischio di errori, frodi o manipolazioni.¹³¹

L'integrità dei dati ambientali acquisisce un valore centrale, soprattutto in contesti regolamentati dove la rendicontazione delle emissioni è obbligatoria. La digitalizzazione dei certificati di carbonio, con la loro archiviazione su *ledger* pubblici, consente di costruire un mercato dei carbon credit più efficiente e trasparente, promuovendo al contempo strategie climatiche aziendali fondate su obiettivi misurabili, verificabili e coerenti con i target internazionali di decarbonizzazione.

In questo modo, la tecnologia Blockchain si configura come uno strumento utile alla prevenzione del greenwashing e al rafforzamento dell'affidabilità delle informazioni ambientali.

Un ulteriore ambito di applicazione riguarda la certificazione dell'energia rinnovabile. La Blockchain permette infatti di generare certificati digitali univoci, spesso sotto forma di *token*, associati alla produzione o al consumo di energia proveniente da fonti rinnovabili.¹³²

Tale meccanismo consente di garantire in modo trasparente la provenienza dell'energia acquistata e impiegata, offrendo un ulteriore livello di sicurezza e affidabilità sia per i consumatori sia per gli operatori di mercato.

L'adozione di questi sistemi si rivela particolarmente utile per sostenere la diffusione di modelli energetici decentralizzati e delle comunità energetiche, oltre a favorire l'allineamento delle imprese con i requisiti europei in materia di tracciabilità ambientale e sostenibilità energetica.

Infine, la Blockchain può contribuire in modo significativo al rafforzamento della governance aziendale e alla promozione della trasparenza decisionale.

¹³¹ D'Adamo, I., & Lupi, G. (2023). *Carbon Credit e Blockchain: un'alleanza per la decarbonizzazione trasparente*. Rivista di Studi sulla Sostenibilità, 1/2023.

¹³² IEA – International Energy Agency. (2022). *Blockchain technology and renewables: unlocking a decentralized energy future*.

L'utilizzo di registri distribuiti per documentare e certificare i processi decisionali, come nel caso del voto elettronico in assemblea, permette di assicurare l'integrità delle deliberazioni e la piena tracciabilità delle partecipazioni.¹³³

Questo approccio consente di ridurre i rischi di frode e manipolazione, tutelando al contempo i diritti degli stakeholder e garantendo una maggiore inclusività dei processi decisionali.

In linea con i principi di buona governance promossi dalle normative europee, l'adozione della Blockchain in ambito societario rappresenta un importante passo avanti nella costruzione di modelli organizzativi più trasparenti, responsabili e resilienti.

In sintesi, la Blockchain si propone come un'infrastruttura tecnologica fondamentale per l'evoluzione della rendicontazione ESG verso modelli più digitali, integrati e affidabili. L'adozione di queste soluzioni rappresenta non solo un'opportunità di innovazione, ma un passaggio necessario per supportare le imprese nell'adempimento degli obblighi di disclosure previsti dalla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) e per favorire la creazione di valore sostenibile nel lungo periodo.¹³⁴

2.2.3 Gli smart contract e la gestione automatizzata dei dati ESG

Gli *smart contract*, o contratti intelligenti, costituiscono una delle innovazioni più promettenti introdotte dalla tecnologia Blockchain, con un impatto crescente anche nel campo della sostenibilità e della rendicontazione ESG.¹³⁵

Si tratta di protocolli digitali auto-eseguibili, in grado di attivarsi automaticamente al verificarsi di condizioni prestabilite, eliminando la necessità di intervento umano o di intermediari e garantendo un'elevata affidabilità e sicurezza grazie alla natura immutabile e trasparente della Blockchain stessa.

¹³³ Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W., & Barberis, J. N. (2018). *The Distributed Liability of Distributed Ledgers: Legal Risks of Blockchain*. University of Illinois Law Review.

¹³⁴ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2022, relativa alla rendicontazione societaria di sostenibilità (CSRD).

¹³⁵ Tapscott D., Tapscott A., *Blockchain revolution. How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world*, Penguin, 2016.

Nel contesto della finanza sostenibile, gli smart contract offrono strumenti avanzati per automatizzare, standardizzare e monitorare la raccolta, l'elaborazione e la verifica dei dati ambientali, sociali e di governance.¹³⁶

Tali funzionalità risultano particolarmente rilevanti in un contesto normativo sempre più stringente, caratterizzato da obblighi di disclosure previsti da regolamenti come la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).¹³⁷

L'automazione della raccolta e verifica dei dati ESG rappresenta una delle applicazioni più strategiche degli smart contract all'interno dei processi di rendicontazione sostenibile. Attraverso la programmazione di logiche condizionali predefinite, è possibile strutturare flussi operativi che si attivano in maniera autonoma al verificarsi di determinati eventi, consentendo così la gestione integrata dell'intero ciclo di vita del dato: dalla sua acquisizione alla validazione, fino alla successiva diffusione.

Per esempio, uno smart contract può essere impostato per generare automaticamente report periodici, avviare flussi documentali certificati, oppure emettere notifiche di allerta qualora vengano superate soglie critiche, come quelle relative alle emissioni di CO₂ o al consumo idrico.

Questa automazione non solo elimina molte delle inefficienze e degli errori derivanti da interventi manuali, ma migliora in modo sostanziale l'affidabilità dei dati, contribuendo alla costruzione di un sistema di data governance più robusto, tracciabile e verificabile.¹³⁸

L'integrazione con tecnologie complementari, come l'Intelligenza Artificiale e l'*Internet of Things*, consente inoltre di raccogliere dati in tempo reale, aprendo la strada a una reportistica ESG dinamica, continuamente aggiornata e allineata con le performance effettive dell'impresa.

Dal punto di vista della conformità normativa, gli smart contract offrono un ulteriore livello di garanzia.¹³⁹

Essi possono essere configurati per monitorare in maniera continuativa l'aderenza delle attività aziendali agli standard internazionali ed europei, attivando in modo automatico

¹³⁶ EU Blockchain Observatory and Forum, *Blockchain for the SDG*, European Commission, 2021.

¹³⁷ European Commission, *Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)*, 2022.

¹³⁸ World Economic Forum, *Building Block(chain)s for a Better Planet*, 2018.

¹³⁹ OECD, *Blockchain Technologies and Corporate Governance*, 2021.

notifiche o procedure autorizzative nel caso di rilevata non conformità. Ciò risulta particolarmente rilevante in relazione agli obblighi previsti dalla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), nonché ai principi promossi da iniziative globali come il Global Compact delle Nazioni Unite.¹⁴⁰

In questo contesto, l'impiego degli smart contract non si limita al mero rispetto normativo, ma si traduce in un potente strumento di accountability: ogni interazione è registrata sulla Blockchain in modo immutabile, generando un sistema informativo ESG auditabile, resistente a manipolazioni e pienamente trasparente agli occhi degli stakeholder.

Oltre alla funzione di controllo, gli smart contract possono essere utilizzati per incentivare attivamente comportamenti sostenibili.

Mediante la definizione di regole automatiche di ricompensa, è possibile premiare soggetti – siano essi imprese, enti pubblici o individui – che raggiungono specifici obiettivi ESG.

Tali meccanismi possono prevedere, ad esempio, l'erogazione automatica di crediti ambientali, la concessione di incentivi fiscali o il rilascio di certificazioni digitali nel momento in cui vengono rispettati parametri predefiniti, come la riduzione delle emissioni, l'impiego di fonti rinnovabili o l'adozione di politiche aziendali inclusive e paritarie.¹⁴¹

Questi sistemi premiali possono essere integrati all'interno di piattaforme digitali multi-stakeholder, creando un ecosistema collaborativo in cui imprese, istituzioni finanziarie, amministrazioni pubbliche e cittadini contribuiscono attivamente alla diffusione di pratiche sostenibili e alla generazione di valore condiviso nel lungo termine. In tal modo, la tecnologia non si limita a supportare l'adeguamento normativo o la trasparenza informativa, ma si configura come un vero e proprio motore di cambiamento culturale e trasformazione organizzativa.

In conclusione, gli smart contract rappresentano un'opportunità concreta per innovare la gestione dei dati ESG, abilitando processi decisionali più rapidi, trasparenti e coerenti con le sfide della transizione sostenibile.

¹⁴⁰ United Nations Global Compact, *Ten Principles of the UN Global Compact*, 2020.

¹⁴¹ GRI & SASB, *A Practical Guide to ESG Reporting using Blockchain*, 2021.

La loro adozione, se accompagnata da un'adeguata infrastruttura tecnologica e normativa, può costituire un pilastro portante nella costruzione di un modello di economia sostenibile, resiliente e inclusiva.

2.3 L'Intelligenza Artificiale nella rendicontazione ESG

2.3.1 Analisi dei dati e identificazione di pattern

L'Intelligenza Artificiale (IA) si configura oggi come una risorsa strategica fondamentale nell'ambito dell'analisi dei dati ESG, offrendo strumenti avanzati in grado di superare i limiti dei metodi tradizionali, spesso caratterizzati da una forte manualità, da ridotta scalabilità e da una minore reattività nell'elaborazione informativa.¹⁴²

In un contesto in cui la disponibilità di dati cresce esponenzialmente, la capacità computazionale e adattiva dell'IA consente di processare volumi elevatissimi di informazioni in tempi ridotti, restituendo output analitici ad alto valore strategico.

Grazie a tecniche di *machine learning* e *deep learning*, l'IA non si limita alla mera raccolta e classificazione dei dati, ma è in grado di effettuare operazioni complesse come il riconoscimento di pattern ricorrenti, l'individuazione di correlazioni latenti e la segnalazione di anomalie significative, difficilmente rilevabili attraverso l'analisi umana o statistica convenzionale.¹⁴³

Tali funzionalità rendono l'IA uno strumento predittivo e adattivo, capace di fornire un quadro dinamico e prospettico dell'evoluzione dei fenomeni ESG, contribuendo in maniera sostanziale al miglioramento del processo decisionale aziendale.¹⁴⁴

L'integrazione di sistemi di IA nei processi ESG consente, infatti, di incrementare significativamente la qualità, la coerenza e l'affidabilità dei dati, offrendo una base empirica più solida per la definizione di strategie sostenibili e l'adempimento agli

¹⁴² Rose-Collins, J. (2024), *AI and ESG: Transforming Sustainability Analytics*, ESGNews, aprile 2024.

¹⁴³ OECD (2023), *Artificial Intelligence in Business Sustainability Reporting*, OECD Publishing.

¹⁴⁴ IFAC – CPA Canada (2022), *The Role of Accountants in Sustainable Decision Making*, IFAC Publications.

obblighi di rendicontazione previsti da normative come la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).¹⁴⁵

Nel dettaglio, le principali aree applicative dell'Intelligenza Artificiale nell'ambito ESG si articolano lungo tre direttrici fondamentali, che riflettono un'evoluzione profonda del modo in cui le imprese raccolgono, interpretano e comunicano le informazioni legate alla sostenibilità.

Anzitutto, l'IA consente il monitoraggio in tempo reale degli indicatori ESG, grazie alla capacità di integrare dati provenienti da fonti eterogenee quali sensori IoT, database aziendali, open data e contenuti generati dai media digitali.

Questa integrazione dinamica permette di elaborare le informazioni in modalità continua, restituendo un quadro aggiornato, trasparente e coerente delle performance aziendali in ambito ambientale, sociale e di governance.¹⁴⁶

Il risultato è una maggiore prontezza nel rilevare potenziali criticità e una più efficace capacità di risposta, favorendo una comunicazione proattiva nei confronti degli stakeholder.

In secondo luogo, l'impiego di modelli predittivi addestrati su dati storici e attuali consente all'IA di svolgere una funzione di previsione dei rischi e simulazione di scenari.¹⁴⁷

Attraverso tali strumenti, è possibile anticipare il verificarsi di eventi critici, come il superamento di soglie normative sulle emissioni, il peggioramento delle condizioni di lavoro nelle catene di fornitura o la mancata conformità a specifici requisiti ESG. Questa funzione di *early warning* rappresenta un vantaggio strategico, poiché consente di adottare tempestivamente misure preventive e strategie di mitigazione del rischio, rafforzando così la resilienza operativa e promuovendo la sostenibilità nel lungo periodo.

¹⁴⁵ European Commission (2023), *Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD): Overview and Implementation*, Bruxelles.

¹⁴⁶ World Economic Forum (2023), *AI for ESG Transparency: Opportunities and Challenges*, Geneva.

¹⁴⁷ BCG (2022), *AI-Driven Risk Management in ESG Contexts*, Boston Consulting Group.

Infine, l'Intelligenza Artificiale può svolgere un ruolo cruciale nell'automazione e nella semplificazione della reportistica ESG.

L'utilizzo di algoritmi di *Natural Language Processing* (NLP), combinati con sistemi intelligenti di aggregazione e classificazione dei dati, consente di automatizzare la redazione dei report di sostenibilità, garantendo elevati standard di accuratezza, tempestività e coerenza rispetto ai principali riferimenti normativi e metodologici come i GRI Standards, il SASB o la CSRD.¹⁴⁸

Questa automazione riduce in modo significativo il margine di errore umano, aumenta l'efficienza dei processi di rendicontazione e facilita un'interazione più fluida con le autorità di vigilanza e gli investitori istituzionali.

In conclusione, l'adozione dell'Intelligenza Artificiale per l'analisi dei dati ESG rappresenta non solo un progresso tecnologico, ma una leva trasformativa per l'intera governance aziendale, in grado di coniugare efficienza operativa, responsabilità sociale e competitività economica.

L'evoluzione verso un paradigma *data-driven* nella sostenibilità può costituire un elemento chiave per la creazione di valore condiviso e la costruzione di modelli di business resilienti, trasparenti e orientati al lungo termine.¹⁴⁹

2.3.2 Supporto alla governance e alla comunicazione ESG

L'intelligenza artificiale (IA), come anticipato nel paragrafo precedente, non si limita esclusivamente all'analisi dei dati: essa si configura sempre più come un alleato strategico a supporto della governance aziendale, contribuendo in modo significativo alla gestione consapevole e integrata delle tematiche ESG.¹⁵⁰

Tale approccio è reso possibile dalla capacità dell'IA di raccogliere, analizzare e correlare in tempo reale grandi volumi di informazioni provenienti da fonti eterogenee, sia strutturate sia non strutturate, fornendo alle organizzazioni una visione predittiva e adattiva delle proprie performance di sostenibilità.

¹⁴⁸ GRI – SASB (2021), *A Practical Guide to Sustainability Reporting Standards*, GRI Publications.

¹⁴⁹ Porter, M.E., & Kramer, M.R. (2011), *Creating Shared Value*, Harvard Business Review, January–February.

¹⁵⁰ Buonocore, F. (2023), *Sostenibilità e IA: come cambia la governance aziendale*, Harvard Business Review Italia.

Attraverso l'impiego di algoritmi avanzati, i sistemi intelligenti possono generare raccomandazioni automatizzate rivolte ai decision-maker aziendali, suggerendo azioni correttive, strategie di mitigazione dei rischi ESG o opportunità di miglioramento in linea con obiettivi di medio-lungo termine.¹⁵¹

Questi strumenti si rivelano particolarmente utili nei processi di valutazione dei rischi di transizione e di quelli fisici, integrando criteri ESG nei modelli decisionali e nel corporate risk management.¹⁵²

L'adozione di tali tecnologie consente alle imprese di rafforzare la resilienza strategica e la reattività ai cambiamenti normativi e di mercato, contribuendo all'implementazione di una governance più *data-driven* e trasparente.

L'intelligenza artificiale diventa così un catalizzatore per l'integrazione sistemica dei fattori ESG nei processi aziendali core, migliorando l'allineamento con le aspettative degli stakeholder e le best practice internazionali.

Un ulteriore ambito in cui l'IA offre un contributo determinante è quello della comunicazione, sia interna che esterna.

In un contesto regolamentare sempre più stringente – basti pensare all'entrata in vigore della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – la trasparenza e la chiarezza comunicativa rappresentano asset strategici fondamentali per la reputazione aziendale e per la compliance.¹⁵³

In questo scenario, l'uso di strumenti di *Natural Language Processing* (NLP) e di *Natural Language Generation* (NLG) consente di trasformare dataset complessi in report e contenuti testuali comprensibili, coerenti e conformi agli standard internazionali come il Global Reporting Initiative (GRI) e la CSRD stessa.¹⁵⁴

¹⁵¹ IBM Institute for Business Value (2022), *AI and ESG: Using AI to unlock sustainability performance*, IBM.

¹⁵² World Economic Forum (2023), *Harnessing AI for the Planet*, Insight Report.

¹⁵³ European Commission (2023), *Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD overview and implementation*.

¹⁵⁴ Gartner (2023), *Market Guide for Natural Language Generation Platforms*.

Il *Natural Language Processing* è una branca dell'intelligenza artificiale che si occupa dell'analisi, interpretazione e comprensione del linguaggio naturale umano da parte delle macchine.¹⁵⁵

Grazie all'NLP è possibile estrarre automaticamente informazioni significative da grandi volumi di dati testuali (ad esempio bilanci, documenti normativi, relazioni ESG), classificare i contenuti, identificare pattern ricorrenti e persino riconoscere anomalie linguistiche o terminologiche.

Il *Natural Language Generation*, invece, rappresenta il processo inverso: partendo da dati strutturati (come tabelle, KPI, indicatori ESG), l'NLG è in grado di generare in automatico testi narrativi che spiegano in modo chiaro e contestualizzato le evidenze emerse.

Ciò consente di ridurre i tempi di redazione dei bilanci di sostenibilità e di garantire una maggiore coerenza lessicale e sintattica nella comunicazione, anche in più lingue.

L'integrazione sinergica di NLP e NLG supporta dunque le imprese non solo nell'elaborazione dei contenuti ESG, ma anche nella creazione di una reportistica più accessibile, verificabile e orientata agli stakeholder.¹⁵⁶

Attraverso dashboard interattive, visualizzazioni dinamiche e reportistica automatizzata, l'IA permette di democratizzare l'accesso all'informazione ESG, rendendola fruibile non solo per gli operatori tecnici, ma anche per investitori, cittadini, clienti e autorità di vigilanza.

I sistemi evoluti di generazione del linguaggio naturale sono oggi in grado di redigere autonomamente report ESG conformi agli standard richiesti, riducendo costi operativi e tempistiche, e aumentando al contempo l'accuratezza e la tempestività dei contenuti comunicati.¹⁵⁷

¹⁵⁵ Russell, S. & Norvig, P. (2022), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson Education.

¹⁵⁶ Deloitte (2022), *AI for Sustainability Reporting: From compliance to performance*, Deloitte Insights.

¹⁵⁷ EY (2023), *How AI is transforming ESG reporting*, Ernst & Young Global.

Nel complesso, l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi di governance e comunicazione ESG rappresenta un'evoluzione necessaria per costruire modelli di business sostenibili, trasparenti e orientati al lungo termine.

Se sviluppata e implementata in modo etico e responsabile, l'IA può costituire un elemento abilitante per una transizione sostenibile, fornendo un supporto strutturato e affidabile alle imprese impegnate nell'allineamento ai principi della finanza responsabile e della creazione di valore condiviso.

2.3.3 L'intelligenza artificiale per il contrasto al greenwashing

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale (IA) si sta affermando come un alleato strategico nella lotta al greenwashing, ovvero a quell'insieme di pratiche comunicative ingannevoli mediante le quali alcune imprese tentano di costruirsi un'immagine di sostenibilità ambientale priva di riscontro oggettivo.¹⁵⁸

Questo fenomeno, particolarmente insidioso in un contesto di crescente attenzione verso la responsabilità sociale d'impresa, rischia di compromettere la credibilità delle politiche ESG e l'efficacia dei processi di rendicontazione sostenibile.

L'IA, attraverso l'impiego di tecniche avanzate di *text mining* e *natural language processing* (NLP), consente un'analisi automatizzata e approfondita dei documenti aziendali, come i bilanci di sostenibilità, le relazioni non finanziarie e le dichiarazioni ambientali.¹⁵⁹

Tali strumenti sono in grado di rilevare l'utilizzo di terminologie vaghe, inconsistenti o ricorrenti, potenzialmente indicative di comunicazioni ambientali fuorvianti o prive di fondamento empirico.

In particolare, il text mining permette di estrarre e classificare grandi volumi di contenuti testuali, individuando schemi lessicali, espressioni ambigue o linguaggio eccessivamente positivo che potrebbero nascondere fenomeni di greenwashing.¹⁶⁰

¹⁵⁸ Zollo, L. (2022). *Greenwashing: strategie, rischi e strumenti di contrasto*. FrancoAngeli.

¹⁵⁹ OECD (2022). *Artificial Intelligence in Business and Finance*. OECD Publishing.

¹⁶⁰ E&Y (2021). *AI for ESG reporting and greenwashing detection*. Ernst & Young Global.

Allo stesso tempo, le tecniche di NLP consentono di mappare il tono, l'oggetto e i soggetti delle dichiarazioni, evidenziando disallineamenti tra quanto comunicato e gli impegni assunti.

Inoltre, l'incrocio tra le narrazioni qualitative e i dati quantitativi – quali metriche ESG, indicatori ambientali o benchmark di settore – permette di individuare discrepanze tra le dichiarazioni pubbliche e le performance effettive dell'organizzazione.

In questo contesto, l'IA è in grado di correlare, ad esempio, affermazioni sulla riduzione delle emissioni con i dati reali sulle tonnellate di CO₂ emesse, segnalando incoerenze o omissioni.

L'utilizzo dell'IA in questo ambito si configura, quindi, come una forma di vigilanza proattiva: uno strumento al servizio non solo delle autorità regolatorie e degli analisti finanziari, ma anche degli stessi investitori istituzionali e consumatori, sempre più attenti alla coerenza tra i valori dichiarati e i comportamenti adottati dalle imprese.¹⁶¹ In tale ottica, l'IA contribuisce a promuovere una cultura aziendale improntata alla trasparenza, alla responsabilità e all'integrità, contrastando l'adozione opportunistica delle pratiche di sostenibilità come semplice leva reputazionale.

Un ulteriore ambito applicativo riguarda il monitoraggio delle comunicazioni diffuse tramite canali digitali, tra cui social media, siti web e campagne pubblicitarie. Attraverso sistemi di analisi semantica e *sentiment analysis*, l'IA può identificare discordanze tra i messaggi promossi e le attività realmente implementate, fornendo una valutazione più olistica e oggettiva dell'allineamento tra narrazione e realtà operativa.¹⁶²

L'analisi semantica consiste nell'elaborazione del linguaggio naturale (*Natural Language Processing*) per interpretare il significato profondo di un testo, andando oltre la semplice comprensione delle parole chiave.

¹⁶¹ World Economic Forum (2022). *Harnessing AI for ESG Transparency*. Insight Report.

¹⁶² IBM Institute for Business Value (2023). *How AI and NLP strengthen ESG compliance*. IBM Corporation.

Essa consente di individuare relazioni logiche, contesti tematici e implicazioni concettuali, rendendo possibile una lettura strutturata e coerente delle dichiarazioni aziendali.

La *sentiment analysis*, invece, è una tecnica di intelligenza artificiale che permette di determinare il tono emotivo di una comunicazione, positivo, neutro o negativo, valutando il lessico utilizzato, le espressioni e la polarità del linguaggio.¹⁶³

Questo approccio integrato risulta particolarmente efficace nel prevenire fenomeni di disinformazione e nel rafforzare la fiducia degli stakeholder nel processo di transizione verso modelli economici sostenibili.

2.4 Sinergie tra Blockchain e IA per una rendicontazione ESG integrata

Negli ultimi anni, la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale (IA) si sono affermate come tecnologie abilitanti per affrontare con efficacia le sfide connesse alla rendicontazione ESG, in un contesto normativo e operativo sempre più orientato alla trasparenza, all'affidabilità dei dati e alla digitalizzazione dei processi.¹⁶⁴

Ciascuna di queste tecnologie, se adottata individualmente, è in grado di offrire soluzioni innovative per il miglioramento della qualità, tempestività ed efficienza dei flussi informativi aziendali.

Tuttavia, è nell'interazione sinergica tra Blockchain e IA che si concretizza un potenziale trasformativo, in grado di ridefinire in profondità le modalità con cui le imprese approcciano la sostenibilità e la responsabilità d'impresa.

L'integrazione tra queste due tecnologie non si limita alla mera somma delle rispettive funzionalità, bensì genera un ecosistema digitale interconnesso, capace di abilitare una rendicontazione ESG più intelligente, trasparente, automatizzata e predittiva.

¹⁶³ Pang, B., & Lee, L. (2008). *Opinion Mining and Sentiment Analysis*. Foundations and Trends in Information Retrieval.

¹⁶⁴ Wang, Y., Han, J., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62–84.

Tale approccio consente di superare le criticità tradizionalmente associate alla raccolta e alla verifica dei dati non finanziari, come la frammentazione informativa, il rischio di greenwashing e l'asimmetria informativa tra stakeholder.¹⁶⁵

Un primo ambito di convergenza riguarda l'affidabilità e la verificabilità dei dati. La Blockchain, grazie alla sua architettura decentralizzata, distribuita e immutabile, assicura che ogni transazione o dato registrato sia tracciabile, non alterabile e consultabile nel tempo.¹⁶⁶

Questa caratteristica garantisce una base solida di veridicità documentale, indispensabile per costruire fiducia tra gli stakeholder.

L'IA, parallelamente, è in grado di elaborare grandi volumi di dati provenienti dalla blockchain, rilevando pattern ricorrenti, anomalie o segnali di rischio attraverso tecniche avanzate di *machine learning* e *data mining*.

Tale combinazione rafforza l'integrità del dato ESG e consente di identificare tempestivamente potenziali pratiche scorrette o non conformi ai principi di sostenibilità.¹⁶⁷

È quanto emerge anche dall'esperienza della piattaforma TreeBlock One, che, come si vedrà nel Capitolo 4, utilizza modelli predittivi e AI per analisi in tempo reale e scenari evolutivi delle performance ESG.

Un secondo ambito strategico è rappresentato dalla tracciabilità lungo l'intera filiera del valore.

La Blockchain consente di registrare in modo permanente e trasparente ogni evento rilevante nella supply chain, dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla distribuzione del prodotto finale, abilitando una visione olistica del ciclo di vita del bene o servizio.¹⁶⁸

¹⁶⁵ KPMG (2023), ESG Assurance: The need for trust and transparency in sustainability reporting.

¹⁶⁶ Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.

¹⁶⁷ OECD (2022). Artificial Intelligence in Business and Finance: Impacts, Challenges and Policy Considerations.

¹⁶⁸ IBM (2021). *Food Trust: Building transparency in the food supply chain with blockchain technology*.

L'IA, integrata in questi flussi, consente di analizzare tali dati per individuare inefficienze, impatti ambientali o sociali critici, e di valutare il comportamento ESG dei fornitori in ottica di *risk-based due diligence*.¹⁶⁹

Quest'ultima rappresenta un approccio metodologico fondato sulla valutazione proporzionata del rischio: anziché applicare controlli standardizzati a tutti i soggetti della supply chain, si modula la profondità dell'analisi in base al livello di rischio associato al singolo fornitore.

In ambito ESG, ciò significa attribuire maggiore attenzione a controparti localizzate in aree geografiche ad alto rischio ambientale o sociale, o che operano in settori sensibili, effettuando verifiche più rigorose su aspetti come il rispetto dei diritti umani, le emissioni, la gestione dei rifiuti o la governance.

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale consente di automatizzare e rendere dinamico questo processo, aggiornando costantemente i profili di rischio sulla base di informazioni in tempo reale provenienti da fonti eterogenee (audit, segnalazioni, notizie, indicatori ambientali o sociali).

Esempi concreti di questo approccio saranno analizzati nelle *best practices* di IBM e Walmart (Food Trust), Nestlé e Unilever, dove l'interazione tra tecnologie digitali e sostenibilità ha migliorato la trasparenza, ridotto i tempi di verifica e promosso la responsabilizzazione della filiera.

Ulteriore punto di forza dell'interazione risiede nella capacità di automatizzare processi attraverso l'uso combinato di *smart contract* e sistemi decisionali intelligenti. I contratti intelligenti, sviluppati su tecnologia blockchain, consentono l'esecuzione automatica di clausole predefinite al verificarsi di determinati eventi (ad esempio il superamento di soglie emissive, ritardi nei pagamenti, o inadempienze contrattuali).¹⁷⁰ L'IA, integrandosi a tale livello, è in grado di supportare decisioni operative in tempo reale, generando scenari alternativi e ottimizzando le risposte in funzione di parametri ESG.

Questo approccio, già adottato da piattaforme scalabili orientate anche alle PMI, come

¹⁶⁹ Global Compact (2018). *A Guide to Traceability: A Practical Approach to Advance Sustainability in Global Supply Chains*.

¹⁷⁰ World Economic Forum (2020). *Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit*.

TreeBlock One, risponde all'esigenza di strumenti accessibili, adattivi e conformi ai requisiti normativi imposti dalla CSRD.

Infine, l'analisi predittiva e la gestione dei rischi prospettici costituiscono un elemento distintivo del paradigma tecnologico integrato.

L'archiviazione sicura e strutturata dei dati storici sulla blockchain fornisce una base informativa robusta su cui l'Intelligenza Artificiale può sviluppare modelli predittivi in grado di anticipare l'evoluzione di tendenze ambientali, sociali o normative.¹⁷¹ Tali modelli supportano la pianificazione strategica e la definizione di politiche ESG proattive, consentendo alle imprese di prevenire scenari critici e di cogliere nuove opportunità sostenibili.

In particolare, l'IA può analizzare pattern ricorrenti nei dati ESG storici, elaborando previsioni sull'andamento di indicatori rilevanti quali emissioni climalteranti, consumi energetici, rischi di non conformità o impatti reputazionali, anche alla luce di dinamiche di contesto come l'evoluzione normativa o i cambiamenti nelle aspettative degli stakeholder.

La blockchain, da parte sua, garantisce l'affidabilità dei dati grazie alla sua natura immutabile e distribuita, assicurando la tracciabilità e la verificabilità di ogni informazione registrata, e rendendo il patrimonio informativo aziendale più resistente al rischio di alterazioni o manipolazioni.

In parallelo, l'adozione congiunta di IA e blockchain abilita nuove modalità di controllo automatico dei parametri ESG, attraverso l'impiego di *smart contract* programmabili. Tali strumenti consentono di attivare notifiche, meccanismi premiali o correttivi al superamento di determinati *threshold* di rischio o performance, contribuendo a rafforzare i presidi di governance e a trasformare il reporting ESG in un processo continuo e automatizzato, che integra il monitoraggio con la gestione del rischio.

Le organizzazioni che investono in queste tecnologie sono così in grado non solo di rispondere in maniera più efficiente agli obblighi normativi, come quelli previsti dalla

¹⁷¹ EU Blockchain Observatory and Forum (2020), *Blockchain for Government and Public Services*.

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) o dalla Direttiva (UE) 2022/2464, ma anche di sviluppare una capacità interna di generare valore nel tempo attraverso una governance data-driven, più trasparente e orientata alla sostenibilità.¹⁷²

In definitiva, l'unione di Blockchain e Intelligenza Artificiale segna un cambiamento profondo nella rendicontazione ESG: non più un adempimento formale e statico, ma un processo dinamico, adattivo e strategico, in grado di connettere in modo trasparente le metriche di sostenibilità con le scelte operative e finanziarie delle imprese. In tale prospettiva, la tecnologia si afferma come alleato imprescindibile nella costruzione di un modello imprenditoriale più responsabile, resiliente e orientato al futuro.

2.5 Conclusioni

Le tecnologie emergenti stanno ridefinendo in maniera sempre più incisiva i confini della rendicontazione ESG, configurandosi non soltanto come strumenti di supporto tecnico, ma come veri e propri catalizzatori di trasformazione sistemica all'interno delle organizzazioni.¹⁷³

In particolare, la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale (IA) si affermano come leve abilitanti per un'evoluzione profonda dei processi di raccolta, gestione, comunicazione e valorizzazione dei dati non finanziari, contribuendo a rafforzare la trasparenza, l'affidabilità e la tempestività delle informazioni di sostenibilità.¹⁷⁴

Tali tecnologie, se integrate in modo consapevole, possono sostenere una transizione verso modelli di rendicontazione più dinamici e orientati al valore condiviso, riducendo le asimmetrie informative tra imprese e stakeholder e facilitando l'allineamento con le nuove normative, come la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).¹⁷⁵ La Blockchain, ad esempio, consente la creazione di registri distribuiti immutabili,

¹⁷² Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022.

¹⁷³ World Economic Forum, *Harnessing Technology for Sustainability Reporting*, 2022.

¹⁷⁴ OECD, *Digitalisation and sustainability reporting*, 2021.

¹⁷⁵ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio, relativa alla rendicontazione societaria di sostenibilità (CSRD).

tracciabili e verificabili, che si prestano a garantire l'integrità dei dati ESG lungo l'intera catena del valore.¹⁷⁶

L'IA, dal canto suo, permette l'analisi predittiva e l'automazione di processi complessi, offrendo nuove prospettive per la valutazione del rischio ESG e la costruzione di sistemi di reporting adattivi.¹⁷⁷

Tuttavia, l'implementazione di tali strumenti non è esente da criticità. Tra le principali si annoverano la scarsa interoperabilità tra sistemi e standard, l'assenza di un quadro normativo omogeneo a livello internazionale, le difficoltà di scala, nonché una resistenza culturale ancora diffusa in molte realtà aziendali.¹⁷⁸

Inoltre, emergono interrogativi etici e di governance relativi all'uso dell'IA, specialmente in merito alla trasparenza algoritmica e alla supervisione degli output generati.

Perché la trasformazione digitale della rendicontazione ESG si traduca in un reale progresso, è necessario adottare un approccio olistico e integrato, che coinvolga non solo le infrastrutture tecnologiche, ma anche la governance aziendale, i processi interni e le competenze delle risorse umane.

L'introduzione di queste tecnologie deve essere guidata da una visione strategica, sostenuta da una leadership responsabile e da un continuo aggiornamento normativo e professionale.

È dunque fondamentale promuovere un framework di riferimento condiviso che favorisca la standardizzazione dei processi tecnologici e l'adozione di best practices comuni.¹⁷⁹ Ciò include la definizione di protocolli interoperabili, la formazione di figure professionali specializzate nella gestione dei dati ESG, nonché l'adozione di strumenti di audit digitale in grado di verificare l'accuratezza e la coerenza delle informazioni prodotte.

Un ecosistema tecnologico maturo ed evoluto potrà così contribuire alla costruzione di una rendicontazione più affidabile, accessibile e orientata al lungo termine.

¹⁷⁶ European Commission, *Blockchain for Supply Chains and Sustainability*, 2020.

¹⁷⁷ EY, *How AI can transform sustainability reporting*, 2022.

¹⁷⁸ IFAC, *The State of Play in Reporting and Assurance of Sustainability Information*, 2022.

¹⁷⁹ Global Reporting Initiative (GRI), *GRI Standards 2021*.

In conclusione, l'integrazione di tecnologie emergenti nella rendicontazione ESG delinea un cambio di paradigma, orientato a una sostenibilità più trasparente, misurabile e orientata al futuro.

Il prossimo capitolo sarà dedicato a un'analisi critica delle opportunità e delle sfide associate all'adozione su larga scala di Blockchain e Intelligenza Artificiale.

Verranno esplorati gli elementi chiave per garantirne un impiego etico, responsabile e sostenibile, a beneficio non solo delle imprese, ma dell'intero sistema economico e sociale.

Capitolo 3

Opportunità e sfide nell'adozione di Blockchain e IA per la sostenibilità

3.1 Introduzione

Blockchain e Intelligenza Artificiale (IA) si delineano come tecnologie abilitanti ad alto potenziale, capaci di rivoluzionare il modo in cui le imprese affrontano la rendicontazione ambientale, sociale e di governance (ESG).¹⁸⁰

L'integrazione di queste soluzioni digitali apre la strada a un nuovo scenario di trasparenza, tracciabilità e responsabilità, rispondendo in maniera innovativa alla crescente pressione da parte di stakeholder, investitori e autorità regolatorie verso pratiche aziendali più sostenibili, verificabili e coerenti.¹⁸¹

Come già illustrato nel Capitolo 2, la Blockchain consente di rafforzare l'affidabilità dei dati ESG, contribuendo a ridurre i rischi di greenwashing e ad aumentare la fiducia degli stakeholder nella veridicità delle informazioni rendicontate.¹⁸²

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale, anch'essa già discussa in dettaglio nel capitolo precedente, viene considerata in funzione del suo impatto pratico sulla gestione e sulla reattività strategica in ambito ESG.¹⁸³

Queste tecnologie, se integrate efficacemente nei sistemi di governance e reporting, permettono una gestione ESG più proattiva, data-driven ed efficiente, riducendo i costi operativi, migliorando la qualità dei dati e promuovendo una cultura aziendale orientata al lungo termine e alla creazione di valore condiviso.¹⁸⁴

¹⁸⁰ Tapscott & Tapscott (2016); Bughin & van Zeebroeck (2018).

¹⁸¹ WEF (2022), Harnessing Technology for the ESG Transition; European Commission (2021), Proposal for a CSRD.

¹⁸² Gazzola, Grechi & Papetti (2022); Crivellaro (2012); Zollo (2022).

¹⁸³ IBM Institute for Business Value (2022); EY (2023); OECD (2023).

¹⁸⁴ Porter & Kramer (2011); Eccles & Krzus (2018).

Tuttavia, la piena adozione di Blockchain e IA nel contesto della sostenibilità è ancora limitata da una serie di sfide.

Molte imprese, in particolare le piccole e medie imprese (PMI), incontrano barriere legate alla complessità delle tecnologie, alla carenza di competenze digitali, agli elevati costi iniziali di implementazione e all'assenza di standard armonizzati a livello internazionale.¹⁸⁵

La normativa, seppur in rapida evoluzione, presenta ancora elementi di incertezza e disomogeneità che frenano gli investimenti e alimentano una certa reticenza, specialmente in contesti con minore maturità digitale.¹⁸⁶

In tale quadro, l'efficacia dell'integrazione tecnologica dipende dalla presenza di condizioni abilitanti quali l'esistenza di policy aziendali orientate alla sostenibilità, l'investimento in formazione e innovazione, la collaborazione lungo la filiera e il supporto da parte di istituzioni finanziarie e regolatori.

L'esperienza di aziende come Nestlé, Walmart, Unilever e IBM (Food Trust), analizzata nel prossimo capitolo, dimostra come l'adozione di approcci digitali integrati possa generare impatti positivi in termini di accountability, tracciabilità e competitività.¹⁸⁷

Alla luce di queste considerazioni, il presente capitolo si propone di offrire un'analisi critica e approfondita del ruolo trasformativo della Blockchain e dell'IA nella rendicontazione ESG.

L'obiettivo è individuare non solo le criticità, ma anche i fattori abilitanti per un'adozione sostenibile e scalabile, delineando prospettive operative e strategiche per una transizione digitale che sia anche etica, inclusiva e orientata al valore di lungo periodo.

¹⁸⁵ OECD (2021), The Digital Transformation of SMEs; European Commission (2020), SME Strategy.

¹⁸⁶ Direttiva (UE) 2022/2464 (CSRD); EFRAG (2023)

¹⁸⁷ IBM (2020), IBM Food Trust; Nestlé (2019); Unilever (2023)

3.2 Benefici in termini di efficienza, trasparenza e riduzione del rischio di greenwashing

3.2.1 Maggiore efficienza e riduzione dei costi

Uno degli effetti più tangibili derivanti dall'integrazione delle tecnologie digitali nei processi di rendicontazione ESG consiste nell'incremento dell'efficienza operativa e nella contestuale riduzione dei costi di conformità, audit e gestione dei dati.¹⁸⁸ L'adozione combinata di Intelligenza Artificiale (IA) e tecnologia Blockchain consente infatti una trasformazione strutturale dei processi di raccolta, elaborazione, validazione e comunicazione delle informazioni non finanziarie, superando i limiti tradizionali legati alla frammentazione informativa e all'elevato carico amministrativo.¹⁸⁹

L'IA, in particolare, permette di automatizzare compiti complessi e ripetitivi come la classificazione, il monitoraggio e l'analisi di grandi volumi di dati ESG provenienti da fonti eterogenee, ad esempio sensori IoT, sistemi ERP, open data o contenuti social, riducendo significativamente il tempo e il personale dedicato a queste attività.¹⁹⁰ I sensori IoT (Internet of Things) sono dispositivi intelligenti interconnessi – come contatori ambientali, termocamere o sensori di qualità dell'aria – in grado di raccogliere e trasmettere dati in tempo reale, rendendo possibile un monitoraggio continuo e decentralizzato degli impatti ambientali.¹⁹¹

I sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) sono invece piattaforme informatiche integrate che le aziende utilizzano per gestire in modo centralizzato e coordinato processi interni come la contabilità, la logistica, le risorse umane o la gestione energetica. Tali sistemi rappresentano una fonte strutturata e affidabile di dati aziendali rilevanti anche per la rendicontazione ESG.

Questo genera un duplice beneficio: da un lato una maggiore rapidità nell'elaborazione dei report, dall'altro una riduzione del margine di errore umano e una maggiore accuratezza dei risultati.

¹⁸⁸ CNDCEC (2024), Sostenibilità, governance e finanza; Doppelt (2017), Leading Change toward Sustainability

¹⁸⁹ Tapscott & Tapscott (2016), Blockchain Revolution

¹⁹⁰ OECD (2022), Artificial Intelligence in Business and Finance.

¹⁹¹ OECD (2021), The Digital Transformation of SMEs.

Tali automatismi contribuiscono anche a minimizzare i costi ricorrenti legati a revisioni e controlli ex post.

Parallelamente, la Blockchain consente di implementare registri digitali distribuiti e immutabili, che rafforzano l'affidabilità e la tracciabilità dei dati lungo l'intera catena di approvvigionamento.¹⁹²

Un ruolo chiave in questo processo è svolto dagli smart contract, già descritti nel paragrafo 2.2.3: si tratta di protocolli informatici che eseguono automaticamente clausole contrattuali predefinite al verificarsi di determinate condizioni, senza bisogno di intermediari.

In altre parole, sono programmi auto-esecutivi che garantiscono che le informazioni registrate sulla blockchain non solo siano veritiere e condivise, ma attivino azioni immediate, come la validazione di un certificato o l'avvio di un pagamento, rendendo i processi più efficienti e sicuri.

Grazie a questi meccanismi, le verifiche documentali possono avvenire in modo automatico, trasparente e sicuro, abbattendo i tempi di audit, le necessità di riconciliazione manuale e i costi legati a intermediari o certificatori esterni.

È il caso, ad esempio, del settore agroalimentare e manifatturiero, dove attori come Walmart e Nestlé hanno avviato progetti pilota basati su piattaforme blockchain per migliorare la tracciabilità delle filiere, con risultati promettenti in termini di efficienza, riduzione delle frodi e rafforzamento della compliance normativa – aspetti che saranno esaminati più nel dettaglio nel Capitolo 4.¹⁹³

Un ulteriore beneficio economico deriva dalla possibilità di ridurre i costi indiretti associati al rischio di non conformità normativa.

L'introduzione della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) ha reso necessaria una reportistica ESG sempre più rigorosa, confrontabile e verificabile.¹⁹⁴

¹⁹² World Economic Forum (2020), "Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit"

¹⁹³ IBM (2020), IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability; Nestlé (2019), Nestlé and Carrefour give consumers access to blockchain platform; Walmart ESG Report (2023).

¹⁹⁴ EFRAG (2023), Draft European Sustainability Reporting Standards (ESRS).

In particolare, la direttiva impone alle imprese obbligate (e progressivamente anche alle PMI) di raccogliere, elaborare e comunicare informazioni di sostenibilità in linea con standard comuni europei (ESRS), aumentando così il grado di trasparenza nei confronti degli stakeholder.

Questo comporta un significativo investimento in termini di processi, risorse umane e tecnologie, ma, allo stesso tempo, consente di evitare i costi indiretti legati a una gestione inadeguata delle disclosure ESG.

Tali costi possono includere sanzioni regolamentari, danni reputazionali, esclusione da bandi pubblici o accesso limitato a strumenti finanziari sostenibili.

In questo contesto, l'utilizzo di tecnologie digitali non solo migliora la qualità e tempestività dei dati, ma consente anche alle aziende di adattarsi più agevolmente ai nuovi requisiti normativi, grazie all'automazione dei flussi informativi, alla tracciabilità delle informazioni e alla standardizzazione dei formati di reporting.

La digitalizzazione dei processi ESG riduce, quindi, il ricorso a revisioni manuali e ridondanti, abbattendo i costi indiretti come quelli derivanti da errori, inefficienze operative o consulenze correttive ex post.

Inoltre, una gestione proattiva e strutturata dei dati facilita l'allineamento con i principi della doppia materialità, riducendo il rischio di omissioni rilevanti e aumentando la credibilità dell'impresa sul mercato.

Infine, queste soluzioni risultano scalabili anche per realtà di dimensioni contenute: una volta implementati, gli strumenti digitali possono essere replicati in più aree aziendali o sedi operative, generando economie di scala e ulteriori riduzioni di costo nel lungo periodo.

Un esempio concreto in tal senso è quello della cooperativa sociale “Il Bettolino”, una PMI attiva nel settore della raccolta differenziata e della gestione ambientale, che ha introdotto un sistema informatizzato per il tracciamento delle proprie attività operative e ambientali.

L'adozione di questa soluzione ha permesso alla cooperativa di raccogliere e analizzare in tempo reale i propri dati ESG, come le quantità di rifiuti trattati, le emissioni evitate e le performance sociali legate all'inclusione lavorativa di persone svantaggiate, rendendo tali informazioni accessibili e verificabili sia internamente sia per gli stakeholder esterni. Grazie a questo approccio, la cooperativa ha potuto migliorare la qualità della propria reportistica di sostenibilità, ottenere maggiore visibilità presso le istituzioni e accedere a percorsi di finanziamento orientati all'impatto sociale e ambientale.

Dunque, la digitalizzazione non solo rende i processi più efficienti ed economici, ma abilita anche una gestione strategica e predittiva dei dati ESG, con impatti positivi sulla qualità decisionale e sulla competitività aziendale.

3.2.2 Trasparenza e fiducia degli stakeholder

Come approfondito nel Capitolo 2, una delle caratteristiche distintive e dirompenti della tecnologia Blockchain risiede nella capacità di assicurare tracciabilità, trasparenza e immutabilità delle informazioni lungo l'intera catena del valore.¹⁹⁵

Ogni dato registrato all'interno di una blockchain viene incorporato in un sistema distribuito, in cui ciascun blocco è crittograficamente connesso al precedente, rendendo virtualmente impossibile qualsiasi manomissione retroattiva senza compromettere l'integrità dell'intera struttura.¹⁹⁶

Questo meccanismo garantisce non solo l'autenticità e l'affidabilità delle informazioni, ma anche la loro verificabilità da parte di terzi in modo indipendente e permanente.

In un contesto socioeconomico sempre più orientato alla sostenibilità, la domanda di accountability e disclosure ESG da parte degli stakeholder – siano essi investitori istituzionali, clienti, fornitori, autorità pubbliche o comunità locali – si fa sempre più stringente.¹⁹⁷

La fiducia non è più concessa sulla base di dichiarazioni volontarie, ma va costruita attraverso un'informazione oggettiva, accessibile e verificabile, che documenti in

¹⁹⁵ Tapscott & Tapscott (2016), *Blockchain Revolution*; WEF (2021), *Blockchain Beyond the Hype*.

¹⁹⁶ Narayanan et al. (2016), *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*;

¹⁹⁷ Eccles, R.G. & Krzus, M.P. (2018), *The Nordic Model*.

maniera inequivocabile l'allineamento dell'impresa a valori ambientali, sociali e di governance.

Nel rafforzare la credibilità delle informazioni non finanziarie, la Blockchain può supportare un'informazione accessibile e verificabile, contribuendo a una disclosure ESG coerente e facilmente revisionabile.

L'esperienza di alcuni grandi operatori internazionali, come si vedrà nel Capitolo 4, dimostra l'efficacia operativa dell'integrazione tra tecnologie emergenti e sostenibilità, che consentono alle imprese di documentare e rendere fruibili in tempo reale dati relativi a ogni fase del ciclo produttivo – dalla provenienza delle materie prime alle emissioni di CO₂, fino alle iniziative sociali – rafforzando la credibilità e la reputazione aziendale.

Inoltre, l'impiego della Blockchain contribuisce a mitigare fenomeni diffusi di greenwashing e opacità informativa, grazie alla natura disintermediata, decentralizzata e immutabile dei dati registrati.¹⁹⁸

Tale caratteristica risponde alle criticità evidenziate in letteratura in merito ai limiti dei tradizionali sistemi di rendicontazione, che spesso risultano frammentari e suscettibili a distorsioni.

La crescente centralità della trasparenza è rafforzata anche dal quadro normativo europeo, in particolare dalla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), che impone nuovi requisiti di rendicontazione standardizzata e verificabile per le imprese.¹⁹⁹

La CSRD amplia significativamente il perimetro dei soggetti obbligati alla rendicontazione non finanziaria e introduce obblighi più stringenti in termini di qualità, comparabilità e tempestività delle informazioni, con l'obiettivo di garantire che i dati ESG pubblicati siano attendibili, rilevanti e utili per gli investitori e gli stakeholder. Uno degli aspetti chiave della direttiva è l'obbligo di rendere i dati non solo disponibili,

¹⁹⁸ Crivellaro (2012), *Sostenibilità e rischio di greenwashing*; Delmas & Burbano (2011), *The Drivers of Greenwashing*.

¹⁹⁹ Direttiva (UE) 2022/2464.

ma anche comprensibili e facilmente confrontabili, favorendo un allineamento con standard internazionali come quelli sviluppati dall'EFRAG.²⁰⁰

In tale prospettiva, la trasparenza non è più una scelta volontaria, ma un presupposto normativo essenziale per l'accesso al mercato e alla finanza sostenibile. Sebbene la Blockchain non sia espressamente prevista dalla normativa, si configura come una tecnologia coerente con gli obiettivi di tracciabilità, integrità e affidabilità dei dati, contribuendo a rafforzare la fiducia nel sistema di rendicontazione e a facilitare i processi di audit.

Parallelamente, il paradigma del Digital Product Passport (DPP) promosso dalla Commissione Europea rappresenta un'applicazione concreta della trasparenza di filiera, in cui la Blockchain può fungere da infrastruttura tecnologica per garantire tracciabilità, sostenibilità e responsabilità nei confronti del consumatore finale.²⁰¹

Il DPP consiste in un sistema digitale che raccoglie, conserva e rende accessibili tutte le informazioni rilevanti relative al ciclo di vita di un prodotto — dalla produzione all'utilizzo, fino al fine vita.

Questo strumento consente ai consumatori, alle imprese e alle autorità di accedere a dati certificati su origine, composizione, processi produttivi, impatto ambientale e modalità di riciclo del prodotto.

In questo contesto, la trasparenza si traduce in un diritto informativo concreto per tutti gli attori della filiera, favorendo decisioni d'acquisto più consapevoli e una maggiore accountability da parte dei produttori.

L'uso della Blockchain rende queste informazioni immutabili e verificabili, riducendo il rischio di manipolazione e rafforzando la fiducia degli stakeholder.

Infine, l'integrazione della Blockchain con soluzioni di Intelligenza Artificiale consente non solo di archiviare dati affidabili, ma anche di analizzarli in maniera predittiva e dinamica, favorendo una rendicontazione ESG automatizzata e proattiva.

²⁰⁰ EFRAG (2023), *Draft European Sustainability Reporting Standards (ESRS)*.

²⁰¹ European Commission (2022), *Sustainable Products Initiative – Digital Product Passport*, Brussels.

I progetti documentati da Weng (2025) e DeMatteo (2023) evidenziano come l'adozione combinata di queste tecnologie possa generare un impatto tangibile nella gestione sostenibile delle informazioni aziendali.²⁰²

In particolare, Weng (2025) descrive un sistema integrato in grado di tracciare in tempo reale le performance ESG attraverso dati raccolti da sensori e dispositivi IoT, convalidati tramite Blockchain e successivamente elaborati da algoritmi di IA per fornire indicatori sintetici, report dinamici e alert predittivi.

Analogamente, lo studio di DeMatteo (2023) analizza un'iniziativa pilota nel settore manifatturiero dove l'interconnessione tra IA e registri distribuiti ha permesso di ridurre i tempi di rendicontazione del 40%, aumentando al contempo l'affidabilità percepita da parte degli stakeholder.²⁰³

In sintesi, l'adozione della Blockchain non rappresenta soltanto un'innovazione tecnologica, ma una scelta strategica di governance etica, orientata a consolidare nel tempo la fiducia degli stakeholder attraverso una comunicazione fondata su dati certi, accessibili e inalterabili.

3.2.3 Contrasto al greenwashing

Il fenomeno del *greenwashing*, ovvero la costruzione artificiale di un'immagine aziendale "verde" priva di un autentico impegno verso la sostenibilità, rappresenta una crescente criticità nel panorama della rendicontazione ESG.²⁰⁴

Tale pratica non solo altera la percezione degli stakeholder, inducendo consumatori, investitori e partner a scelte fondate su informazioni fuorvianti, ma compromette anche la legittimità e l'efficacia delle strategie sostenibili adottate da imprese realmente virtuose.

In questo contesto, l'Intelligenza Artificiale (IA) si configura come una leva strategica per il contrasto sistemico al greenwashing, grazie alla sua capacità di processare grandi volumi di dati eterogenei in maniera automatica e predittiva.²⁰⁵

²⁰² Weng (2025), AI and Blockchain for ESG Performance; DeMatteo (2023), Smart Reporting: Blockchain e Intelligenza Artificiale nella rendicontazione industriale.

²⁰³ DeMatteo, F. (2023), *Smart Reporting: Blockchain e Intelligenza Artificiale nella rendicontazione industriale*, FrancoAngeli.

²⁰⁴ Crivellaro (2012), Sostenibilità e rischio di greenwashing.

²⁰⁵ Rose-Collins (2024), Il ruolo dell'intelligenza artificiale nella rendicontazione dei dati ESG.

Tecniche avanzate di analisi linguistica automatizzata, basati su tecniche di *text mining*, *natural language processing* (NLP) e *machine learning*, che sono già stati analizzati nel capitolo precedente, offrono un supporto oggettivo alla valutazione dell'affidabilità comunicativa delle imprese.²⁰⁶

Come discusso nel paragrafo 2.3.3, l'integrazione di algoritmi intelligenti all'interno dei flussi di analisi documentale permette di costruire un sistema di sorveglianza dinamico e automatizzato, capace di monitorare in tempo reale la qualità delle informazioni non finanziarie diffuse dalle imprese.

In particolare, l'uso incrociato di fonti interne ed esterne – incluse banche dati pubbliche, media digitali e report normativi – consente di attivare meccanismi di verifica ex ante ed ex post, riducendo significativamente il rischio di manipolazione delle metriche di sostenibilità.²⁰⁷

Attraverso i dati interni, come i report ESG aziendali, i sistemi ERP o le piattaforme di audit interno, è possibile acquisire informazioni strutturate direttamente dalle attività operative dell'impresa.

Questi dati vengono poi confrontati con fonti esterne – ad esempio, benchmark settoriali, notizie di stampa, open data ambientali o database regolatori – per rilevare incoerenze, omissioni o segnali di alert.

Questo approccio integrato consente non solo di rafforzare la trasparenza, ma anche di anticipare potenziali criticità, abilitando un controllo continuo e proattivo della qualità informativa.

Inoltre, l'adozione di sistemi avanzati di risk assessment alimentati da intelligenza artificiale consente non solo l'individuazione precoce di dichiarazioni potenzialmente ingannevoli, ma anche la valutazione del rischio reputazionale e normativo associato a determinate pratiche comunicative.

²⁰⁶ Russell & Norvig (2022), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*.

²⁰⁷ OECD (2023), *Artificial Intelligence in Business Sustainability Reporting*.

Alcuni software di nuova generazione, come TreeBlock One o le soluzioni sviluppate da IBM e Intellico, integrano modelli predittivi e indicatori ESG per identificare anomalie nei pattern informativi e stimare la probabilità di greenwashing in tempo reale.²⁰⁸

In modo semplice, questi strumenti analizzano enormi quantità di dati provenienti da report aziendali, social media, database pubblici e fonti non strutturate per costruire un profilo di rischio dinamico e continuamente aggiornato.

Grazie all'impiego di tecniche di machine learning, sono in grado di riconoscere segnali deboli – come incoerenze tra obiettivi dichiarati e azioni reali – e di generare alert automatici per le funzioni di compliance e revisione interna.

Ciò consente alle imprese non solo di rispondere più rapidamente a potenziali criticità, ma anche di impostare strategie preventive, evitando sanzioni e danni alla reputazione.

Tali strumenti si rivelano particolarmente efficaci nel contesto delle nuove esigenze di rendicontazione imposte dalla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), la quale accentua l'importanza della tracciabilità e della verificabilità delle informazioni divulgate.²⁰⁹

In questo scenario, la Blockchain può operare in sinergia con l'Intelligenza artificiale, offrendo un'infrastruttura immutabile per il monitoraggio e l'audit dei dati ESG, rafforzando ulteriormente i meccanismi antifrode e le difese contro le dichiarazioni ambientali non supportate da evidenze documentate.²¹⁰

Tra le iniziative già accennate, che verranno approfondite successivamente nel prossimo capitolo, l'IBM Food Trust rappresenta un modello di riferimento nella tracciabilità ESG, dove Blockchain e IA sono state utilizzate per certificare l'autenticità e la sostenibilità delle filiere agroalimentari, migliorando la trasparenza e contrastando attivamente le pratiche scorrette di marketing ambientale.²¹¹

²⁰⁸ ESGNews (2024), TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale.

²⁰⁹ Direttiva (UE) 2022/2464.

²¹⁰ Tapscott & Tapscott (2016), *Blockchain Revolution*.

²¹¹ IBM (2020), IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability.

In questo senso, le tecnologie emergenti non solo amplificano la capacità di rilevare il *greenwashing*, ma diventano anche strumenti abilitanti per un’evoluzione sistemica verso un paradigma di sostenibilità autentico, responsabile e verificabile.

3.3 Automazione e sicurezza nei processi di raccolta e analisi dati ESG

3.3.1 Automatizzazione del reporting

L’automatizzazione del reporting rappresenta una delle trasformazioni più significative introdotte dalla digitalizzazione nel campo della rendicontazione ESG.²¹²

L’evoluzione verso un sistema di *continuous reporting*, basato sulla disponibilità costante di dati aggiornati, non solo migliora la qualità e la tempestività delle informazioni, ma segna anche un cambiamento strutturale sul piano organizzativo, culturale e normativo.²¹³

Dal punto di vista interno, questa trasformazione impone una revisione profonda dei processi aziendali e della distribuzione delle responsabilità.

I dati ESG non sono più considerati un output statico da raccogliere a intervalli predefiniti, bensì diventano una componente viva e dinamica della gestione aziendale quotidiana.²¹⁴ Ciò comporta un coinvolgimento trasversale delle diverse funzioni aziendali – operative, strategiche, legali e di compliance – e la progressiva affermazione di una cultura organizzativa orientata alla trasparenza, alla reattività e all’integrazione dei criteri ESG nei processi decisionali.

In quest’ottica, la sostenibilità non è più percepita come un adempimento formale, ma come un driver strategico di lungo periodo.

Un elemento centrale di questa trasformazione è rappresentato dal *continuous reporting*, ovvero la possibilità di monitorare e comunicare in tempo reale le performance ESG

²¹² Deloitte (2021), Sustainability Reporting – From Periodic to Real-Time.

²¹³ World Economic Forum (2022), Harnessing Technology for Sustainability Reporting.

²¹⁴ KPMG (2022), *The Future of ESG Reporting*.

grazie all'integrazione di sistemi digitali, sensori IoT, database intelligenti e intelligenza artificiale.²¹⁵

Questa modalità supera la logica del reporting annuale o periodico, consentendo alle imprese di aggiornare costantemente i propri dati di sostenibilità, rilevare tempestivamente eventuali scostamenti o criticità e intervenire in modo proattivo. Il vantaggio non è solo operativo, ma anche reputazionale: gli stakeholder hanno accesso a informazioni sempre aggiornate, verificabili e coerenti, aumentando la fiducia nel sistema di rendicontazione e nella strategia ESG dell'impresa.²¹⁶

Sul piano normativo, l'automatizzazione consente alle imprese di rispondere in modo più efficace e tempestivo alle crescenti richieste di trasparenza e tracciabilità imposte dalla regolamentazione europea e internazionale.

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), introdotta con la Direttiva (UE) 2022/2464, rappresenta un punto di svolta in questo processo.²¹⁷

Essa impone alle imprese obbligate di adottare standard informativi dettagliati, uniformi e comparabili, aumentando la frequenza, la profondità e la digitalizzazione delle informazioni pubblicate.

In tal senso, la digitalizzazione non è solo un mezzo per la compliance normativa, ma diventa una leva strategica per garantire l'affidabilità e l'immediatezza delle informazioni, contribuendo a contrastare fenomeni di *greenwashing* e a costruire una rendicontazione realmente orientata al valore condiviso.

In tale contesto, l'integrazione di tecnologie emergenti come l'Intelligenza Artificiale e la Blockchain rappresenta un'evoluzione decisiva.²¹⁸

L'Intelligenza Artificiale, grazie alla sua capacità di aggregare, normalizzare e analizzare dati eterogenei (dai sensori IoT ai database aziendali, fino agli open data), consente di

²¹⁵ Deloitte (2021), *Sustainability Reporting – From Periodic to Real-Time*.

²¹⁶ BCG (2023), *ESG Transparency and Stakeholder Trust*.

²¹⁷ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo e del Consiglio, 14 dicembre 2022.

²¹⁸ Tapscott & Tapscott (2016), *Blockchain Revolution*; OECD (2023), *Artificial Intelligence in Business Sustainability Reporting*.

automatizzare l'intero ciclo di reporting, attivare sistemi di monitoraggio in tempo reale e generare indicatori ESG predittivi, supportando così le decisioni strategiche e le strategie di mitigazione dei rischi.²¹⁹

Parallelamente, la Blockchain, con la sua architettura distribuita e immutabile, garantisce l'integrità, la tracciabilità e la verificabilità dei dati lungo tutta la catena del valore, rafforzando la credibilità delle informazioni condivise con stakeholder, investitori e autorità di controllo.²²⁰

In conclusione, l'automatizzazione del reporting ESG non costituisce solo un salto tecnologico, ma un vero e proprio cambiamento di paradigma.²²¹

Essa consente di integrare la sostenibilità in modo strutturale nei sistemi di gestione e controllo, rafforzando la governance, aumentando la trasparenza e contribuendo in modo concreto al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

3.3.2 Sicurezza e protezione dei dati

Nel contesto della rendicontazione ESG, la sicurezza e la protezione dei dati personali costituiscono una componente centrale della dimensione "Governance", riflettendo l'impegno delle imprese verso una gestione etica, trasparente e responsabile dell'informazione.

La crescente digitalizzazione dei processi aziendali ha reso sempre più strategico l'adeguamento a un quadro normativo europeo in continua evoluzione, che vede nel Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) il suo principale riferimento.²²² In vigore dal 2018, il GDPR stabilisce i principi fondamentali per il trattamento dei dati personali, imponendo alle organizzazioni obblighi stringenti in materia di trasparenza, limitazione delle finalità, minimizzazione, integrità, riservatezza e responsabilizzazione.

La sua attuazione richiede l'adozione di misure tecniche e organizzative idonee a garantire la sicurezza dei dati lungo l'intero ciclo di vita, promuovendo un approccio strutturato di tipo privacy by design e privacy by default.

²¹⁹ PwC (2023), *AI for ESG: Automating Non-Financial Reporting*.

²²⁰ European Commission (2022), *Blockchain for Sustainable Finance: Use Cases and Impacts*.

²²¹ EY (2021), *Reimagining ESG Reporting through Digital Transformation*.

²²² Regolamento (UE) 2016/679 (GDPR).

Il principio di privacy by design impone che la protezione dei dati sia integrata sin dalla fase di progettazione di sistemi, processi e prodotti aziendali: significa che la sicurezza e il rispetto della privacy non devono essere aggiunti successivamente, ma costituiscono requisiti fondamentali sin dall'inizio.²²³

Parallelamente, il privacy by default prevede che, una volta implementato un sistema, esso sia configurato in modo da garantire automaticamente il massimo livello di tutela dei dati personali, senza che sia necessaria un'azione specifica da parte dell'utente. In pratica, solo i dati strettamente necessari devono essere raccolti, trattati e conservati, evitando ogni eccesso informativo.

A rafforzare l'architettura normativa in materia di cybersecurity è intervenuta la Direttiva (UE) 2022/2555, nota come NIS2, entrata in vigore nel 2023 e destinata a sostituire la precedente direttiva NIS del 2016.²²⁴

Rispetto alla versione originaria, la NIS2 ha ampliato in modo sostanziale il perimetro dei soggetti obbligati, includendo non solo operatori di servizi essenziali, ma anche enti pubblici e imprese private che operano in settori strategici come energia, trasporti, sanità, finanza, infrastrutture digitali, gestione delle acque e produzione alimentare.

Il cuore della direttiva risiede nell'introduzione di obblighi più stringenti e omogenei a livello europeo in materia di gestione dei rischi informatici, governance della sicurezza e notifica degli incidenti.

Le imprese devono adottare misure tecniche e organizzative adeguate, dotarsi di piani di risposta agli incidenti, valutare regolarmente la propria esposizione ai rischi e segnalare eventuali eventi critici entro termini prestabiliti.

Questo approccio mira a potenziare la resilienza collettiva del sistema europeo contro le minacce informatiche, in un contesto sempre più interconnesso e vulnerabile.

In questo contesto, l'integrazione di tecnologie emergenti come la Blockchain può rappresentare una leva importante per rafforzare la tracciabilità e l'integrità dei dati,

²²³ Garante per la Protezione dei Dati Personali, "Privacy by design e by default", Linee guida 2020.

²²⁴ Direttiva (UE) 2022/2555 (NIS2).

contribuendo allo stesso tempo a semplificare i processi di audit, compliance e due diligence digitale.²²⁵

Tuttavia, l'impiego della Blockchain in ambito ESG richiede una progettazione attenta e conforme alle disposizioni del GDPR.²²⁶

Sebbene l'immutabilità e la decentralizzazione siano elementi che accrescono la fiducia e la trasparenza, esse possono entrare in conflitto con alcuni diritti fondamentali dell'interessato, come il diritto alla cancellazione e alla rettifica dei dati. Tali diritti, sanciti dal Regolamento europeo, risultano difficilmente conciliabili con l'architettura stessa della blockchain, che per sua natura non consente modifiche o eliminazioni una volta che i dati sono stati registrati in un blocco.

Per superare queste criticità, la letteratura e le linee guida delle autorità europee di protezione dei dati (come l'EDPB) suggeriscono l'adozione di accorgimenti tecnici che consentano di rispettare i principi del GDPR senza rinunciare ai vantaggi della tecnologia. Una delle soluzioni più diffuse è l'utilizzo di sistemi di archiviazione off-chain, nei quali i dati personali non vengono memorizzati direttamente sulla blockchain, ma su database esterni sicuri, collegati alla catena tramite identificativi o riferimenti non direttamente riconducibili all'individuo.²²⁷

In questo modo, è possibile modificare o cancellare i dati senza alterare la struttura della blockchain stessa.

Altre soluzioni includono l'impiego di hash crittografici, che, come già descritto in precedenza, trasformano i dati in stringhe di codice univoche e irreversibili, che permettono di dissociare l'identità dell'interessato dalle informazioni registrate, riducendo il rischio di violazioni della privacy.²²⁸

²²⁵ Gazzola, P., Grechi, D., & Papetti, A. (2022). La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità.

²²⁶ European Data Protection Board (EDPB), "Linee guida su Blockchain e protezione dei dati", 2021.

²²⁷ Finck M., "Blockchain and the General Data Protection Regulation", European Parliament, 2019.

²²⁸ Bolognini L. (2018). Algoritmi, Blockchain e GDPR, Rubbettino.

L'adozione di queste misure consente di conciliare i benefici derivanti dalla Blockchain con il rispetto dei principi del GDPR, promuovendo un equilibrio tra innovazione tecnologica e tutela dei diritti fondamentali.

Inoltre, nei casi in cui la Blockchain sia associata all'Intelligenza Artificiale per la gestione ESG, come nei progetti implementati da IBM Food Trust, Nestlé e Walmart, si evidenzia un miglioramento significativo nella trasparenza delle filiere, nella tempestività dei controlli e nella qualità della reportistica, grazie alla possibilità di monitorare in tempo reale eventi critici e vulnerabilità lungo la catena del valore.²²⁹

In sintesi, la sicurezza e la protezione dei dati non costituiscono soltanto un obbligo normativo, ma si configurano come elementi abilitanti per una governance aziendale sostenibile, responsabile e digitalmente avanzata.

Se correttamente implementate, soluzioni tecnologiche come la Blockchain, integrate in un quadro normativo coerente e orientato al rischio, possono rappresentare un vantaggio competitivo per le imprese, contribuendo alla costruzione di un ecosistema fiduciario tra azienda e stakeholder, in linea con gli obiettivi e i valori dell'Agenda ESG.

3.4 Impatti sulla governance aziendale e sulle politiche ESG

3.4.1 Nuovi modelli di governance basati sui dati

L'evoluzione verso modelli di impresa sostenibile richiede una revisione strutturale dei tradizionali assetti di governance, sempre più orientati verso un approccio data-driven.²³⁰

In questo contesto, i dati ESG assumono un ruolo strategico, non solo come strumenti informativi ma come veri e propri fattori abilitanti di un processo decisionale più consapevole, trasparente e responsabile.²³¹

²²⁹ IBM (2020). IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability; Nestlé (2019), Nestlé and Carrefour give consumers access to blockchain platform; Walmart ESG Report (2023).

²³⁰ Randazzo (2024), Corporate governance della sostenibilità.

²³¹ Eccles & Krzus (2018), The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure.

La governance basata sui dati si fonda sull'istituzione di un sistema formalizzato di regole, responsabilità e processi per la gestione dell'informazione, garantendo la qualità, la coerenza e la tracciabilità delle scelte aziendali.

Tale trasformazione implica la costruzione di un'infrastruttura organizzativa solida, in cui figure come *data steward*, *data owner* e comitati interni assumono un ruolo centrale nella definizione, supervisione e controllo della qualità dei dati ESG, allineandosi agli standard internazionali di rendicontazione.²³²

Il *data owner* è il responsabile ultimo del dato: ne definisce le regole di utilizzo, garantisce che sia conforme alle normative e ne assicura la coerenza rispetto agli obiettivi aziendali. Il *data steward*, invece, è colui che si occupa operativamente della gestione e manutenzione del dato, assicurandone l'accuratezza, la completezza e l'aggiornamento continuo.

Entrambe queste figure sono fondamentali per assicurare che i dati ESG siano affidabili, tracciabili e utilizzabili in modo coerente nei processi decisionali e di rendicontazione.

In questo contesto, l'adozione di modelli organizzativi decentralizzati come il *data mesh* rappresenta un'evoluzione strategica.²³³

Il *data mesh* si basa su una logica federata, in cui i dati non sono più centralizzati in un unico data lake o gestiti da un solo gruppo IT, ma distribuiti tra i diversi domini aziendali. Ogni dominio, ad esempio, risorse umane, finanza o sostenibilità, diventa produttore e gestore dei propri dati, in linea con il principio della “data as a product”. Questo approccio consente di superare la logica dei silos informativi, promuovendo una gestione dei dati per dominio che favorisce efficienza, flessibilità e rapidità nei processi di analisi e reportistica, aumentando al contempo il coinvolgimento delle funzioni aziendali e la responsabilizzazione diffusa nella governance del dato.

²³² DAMA International, “Data Management Body of Knowledge (DMBOK)”, 2017.

²³³ Dehghani, Z. (2022). “Data Mesh: Delivering Data-Driven Value at Scale”, O'Reilly.

All'interno di questi modelli, la capacità di estrarre valore dai dati non si limita alla descrizione di fenomeni passati, ma si estende alla previsione di scenari futuri e alla gestione proattiva dei rischi.

Tecnologie emergenti, come l'Intelligenza Artificiale e la Blockchain, possono offrire un supporto tecnico all'elaborazione e alla certificazione dei dati, ma è la struttura di governance a determinare la qualità dell'output gestionale.²³⁴

L'approccio data-driven si traduce così in una nuova forma di accountability, in cui ogni decisione deve essere motivabile, comprensibile e accessibile, anche a soggetti esterni all'organizzazione.

La governance orientata ai dati comporta anche un ripensamento del rapporto con gli stakeholder. Clienti, fornitori, comunità locali e investitori non sono più semplici destinatari delle decisioni aziendali, ma partecipano attivamente alla definizione delle priorità strategiche attraverso processi consultivi, piattaforme collaborative e logiche di network governance.

Questa apertura favorisce l'emergere di pratiche gestionali più inclusive, in cui il dialogo sostituisce le dinamiche gerarchiche e la legittimazione dell'impresa si fonda sul consenso e sulla condivisione degli obiettivi.

Dal punto di vista normativo e strategico, l'allineamento con i requisiti della Corporate Sustainability Reporting Directive rafforza ulteriormente l'importanza di disporre di sistemi robusti di data governance.²³⁵

La direttiva impone l'adozione di strumenti di raccolta e comunicazione dei dati che siano verificabili, omogenei e coerenti con un quadro informativo comune, facilitando la comparabilità tra imprese e incrementando la fiducia degli investitori.

In tale scenario, la governance data-driven non è solo una risposta all'obbligo regolatorio, ma rappresenta un elemento distintivo della capacità dell'impresa di posizionarsi come soggetto credibile e resiliente nel contesto socioeconomico.

²³⁴ Tapscott & Tapscott (2016), Blockchain Revolution.

²³⁵ Direttiva (UE) 2022/2464 (CSRD).

Ciò implica la necessità di dotarsi di architetture informative integrate, in grado di garantire il monitoraggio continuo degli indicatori ESG e l'aggiornamento tempestivo delle informazioni.

In particolare, la capacità di aggregare dati da fonti eterogenee, interne ed esterne, e di trasformarli in insight strategici costituisce un vantaggio competitivo per le imprese che intendono anticipare i rischi, cogliere le opportunità emergenti e comunicare in modo trasparente con gli stakeholder.²³⁶

In questo contesto, l'interoperabilità tra sistemi informativi, la qualità dei dati e la loro tracciabilità diventano fattori chiave per una rendicontazione solida, attendibile e conforme alle best practices internazionali, che saranno approfondite nel capitolo successivo.²³⁷

Infine, il dato non è solo strumento tecnico, ma fondamento culturale: diventa veicolo di responsabilità diffusa, espressione di un'identità etica aziendale orientata al bene comune e ponte tra la dimensione gestionale interna e le aspettative esterne.²³⁸

I nuovi modelli di governance basati sui dati non costituiscono dunque un semplice aggiornamento tecnologico, bensì una trasformazione profonda del modo stesso di concepire la gestione, la trasparenza e la legittimità dell'agire d'impresa.

3.4.2 Cultura organizzativa e resistenza al cambiamento

La trasformazione digitale, soprattutto nel contesto della sostenibilità, non è un processo che si limita esclusivamente a modificare tecnologie e strumenti, ma implica un profondo cambiamento culturale all'interno dell'organizzazione.²³⁹

In questo nuovo scenario, l'orientamento alle decisioni basate su evidenze oggettive, ovvero sui dati, si consolida come riferimento per la governance sostenibile, richiedendo

²³⁶ McKinsey & Company, "The Data-Driven Enterprise of 2025", 2022.

²³⁷ CNDCEC (2024), Sostenibilità, governance e finanza.

²³⁸ Doppelt (2017), Leading Change toward Sustainability.

²³⁹ Kotter, J.P. (1996). Leading Change. Harvard Business School Press.

una revisione sostanziale dei processi operativi, ma anche dei ruoli e delle competenze all'interno dei gruppi di lavoro.

L'adozione di un approccio basato sui dati significa che le scelte strategiche e operative non possono più essere guidate da intuizioni o esperienze passate, ma devono fare affidamento su analisi quantitative, rendendo il processo decisionale più rigoroso, preciso e, in molti casi, più veloce.²⁴⁰

Tuttavia, questo cambiamento radicale non avviene senza difficoltà. Le resistenze al cambiamento sono una realtà concreta, soprattutto in quelle organizzazioni che si trovano in una fase di bassa maturità digitale o che sono ancora fortemente ancorate a pratiche tradizionali consolidate nel tempo.²⁴¹

In molte aziende, la transizione verso un ambiente più digitale può essere percepita come una minaccia al proprio modo di lavorare, suscitando ansia, incertezze o un senso di inadeguatezza tra i dipendenti.

In alcuni casi, la paura del cambiamento può trasformarsi in una vera e propria barriera che ostacola l'adozione di nuove tecnologie e approcci.

Per superare questi ostacoli e garantire che la transizione verso una cultura digitale orientata alla sostenibilità sia davvero efficace, è fondamentale intraprendere azioni mirate su più fronti.

In primo luogo, investire nella formazione è un passo imprescindibile: formare i dipendenti sugli aspetti tecnici delle nuove tecnologie, ma anche sulle modalità di utilizzo dei dati per prendere decisioni informate.

Questo processo aiuta a colmare il divario di competenze e a ridurre il senso di inadeguatezza che spesso accompagna i cambiamenti tecnologici.

Ad esempio, nell'ambito della rendicontazione ESG, l'introduzione di strumenti basati su Intelligenza Artificiale per l'analisi predittiva richiede che i gruppi interni comprendano

²⁴⁰ Kiron, D., & Unruh, G. (2022). "Data-Driven Sustainability". MIT Sloan Management Review.

²⁴¹ Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press.

non solo il funzionamento degli algoritmi, ma anche i criteri ESG sottostanti ai dati utilizzati.²⁴²

In assenza di una formazione mirata, il rischio è che le tecnologie vengano percepite come strumenti opachi e difficili da integrare nei processi decisionali quotidiani, generando resistenze e inefficienze.

Come sottolineato anche dall'OECD (2022), l'adozione efficace delle tecnologie emergenti è strettamente legata alla capacità delle organizzazioni di rafforzare le competenze digitali e analitiche a tutti i livelli, promuovendo un approccio partecipativo e consapevole all'innovazione.²⁴³

In questo senso, la formazione non rappresenta un costo accessorio, bensì un investimento strategico per garantire che i benefici delle tecnologie siano realmente accessibili e diffusi all'interno dell'organizzazione.

In secondo luogo, è cruciale sviluppare una strategia di *change management* che accompagni le persone attraverso le fasi del cambiamento, rassicurandole e motivandole. Una gestione del cambiamento efficace deve essere capace di identificare le resistenze, affrontarle in modo costruttivo e fornire il supporto necessario per facilitare l'adozione di nuove pratiche.²⁴⁴

La comunicazione gioca un ruolo centrale in questo processo: è importante che i leader dell'organizzazione trasmettano chiaramente la visione di come la trasformazione digitale contribuirà a migliorare la competitività e la sostenibilità a lungo termine, coinvolgendo attivamente i dipendenti e stimolando una mentalità di apertura e adattabilità.

Infine, un altro elemento fondamentale per il successo della transizione è la promozione di una cultura aziendale orientata all'innovazione, alla trasparenza e alla collaborazione. Le organizzazioni che investono in un ambiente dove l'innovazione è valorizzata, e dove

²⁴² EY (2023). How AI is transforming ESG reporting. Ernst & Young Global.

²⁴³ OECD (2022). *Artificial Intelligence in Business and Finance: The Role of ESG Data*.

²⁴⁴ Hiatt, J. (2006). *ADKAR: A Model for Change in Business, Government and Our Community*.

la condivisione delle informazioni è incoraggiata, sono in grado di affrontare meglio le sfide poste dalla digitalizzazione.²⁴⁵

Creare un clima aziendale in cui le persone si sentano supportate e stimolate a proporre idee innovative contribuisce a ridurre le resistenze al cambiamento e a rendere più fluido il processo di adattamento.

In conclusione, la trasformazione digitale della sostenibilità non può prescindere da un cambiamento culturale profondo.

Solo attraverso una strategia integrata che includa formazione, gestione del cambiamento e promozione di una cultura orientata all'innovazione, le organizzazioni possono superare le resistenze interne e abbracciare pienamente le opportunità offerte dal digitale, diventando così più sostenibili e competitive nel lungo periodo.

3.5 Barriere tecniche, economiche e normative all'adozione su larga scala

3.5.1 Barriere tecniche e infrastrutturali

Nonostante il potenziale trasformativo delle tecnologie emergenti nei processi di rendicontazione e gestione sostenibile, l'adozione da parte delle piccole e medie imprese (PMI) risulta ancora limitata a causa di numerose barriere di natura tecnica e infrastrutturale.

Le PMI si confrontano quotidianamente con vincoli strutturali, economici e organizzativi che ne rallentano l'integrazione digitale, accentuando il divario rispetto alle grandi imprese e ostacolando una transizione sostenibile inclusiva.

Un primo ostacolo è rappresentato dai costi elevati connessi all'adozione di tecnologie avanzate come l'Intelligenza Artificiale (IA) e la Blockchain, che comportano

²⁴⁵ Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*.

investimenti significativi non solo in infrastrutture IT, ma anche in consulenze, formazione e aggiornamento dei sistemi gestionali esistenti.²⁴⁶

Tali tecnologie, pur offrendo potenzialità in termini di tracciabilità, automazione e trasparenza, risultano spesso economicamente inaccessibili per imprese con margini di redditività contenuti e capacità finanziarie limitate.

In molti casi, l'assenza di economie di scala e la mancanza di incentivi pubblici dedicati all'innovazione digitale sostenibile amplificano questo divario tecnologico tra grandi imprese e PMI.

In secondo luogo, la frammentazione degli standard e dei protocolli ESG rappresenta una delle criticità più rilevanti.

La mancanza di un quadro normativo e tecnico uniforme per la raccolta, validazione e comunicazione dei dati di sostenibilità rende difficile per le PMI garantire un allineamento efficace con le aspettative degli stakeholder e con le nuove direttive europee, come la CSRD.²⁴⁷

In questo contesto, le imprese si trovano spesso costrette a operare con riferimenti multipli e talvolta contraddittori, aumentando i costi di conformità e il rischio di greenwashing involontario, soprattutto in assenza di competenze metodologiche interne adeguate.²⁴⁸

Un ulteriore limite è rappresentato dalla scarsa interoperabilità tra le piattaforme digitali adottate dalle imprese.

L'eterogeneità degli strumenti software e la mancanza di standard tecnologici condivisi ostacolano l'integrazione dei dati ESG lungo la catena del valore e la condivisione delle informazioni tra i diversi attori coinvolti.

Questo si traduce in inefficienze operative, duplicazioni di attività e difficoltà nel garantire una visione coerente e aggiornata delle performance di sostenibilità.

²⁴⁶ Tapscott & Tapscott (2016/2018)

²⁴⁷ Direttiva (UE) 2022/2464 (CSRD); EFRAG (2023) Draft ESRS.

²⁴⁸ Crivellaro (2012); Zollo (2022)

In particolare, la scarsa compatibilità tra i sistemi utilizzati nei processi produttivi, contabili e di reporting ESG genera una dispersione informativa che riduce l'affidabilità complessiva dell'analisi.²⁴⁹

Anche la carenza di competenze tecniche rappresenta un vincolo strutturale. La maggior parte delle PMI non dispone di personale specializzato in tecnologie digitali e sostenibilità, rendendo difficile l'adozione consapevole e strategica di strumenti avanzati.²⁵⁰

L'integrazione di soluzioni basate su IA e Blockchain richiede infatti non solo conoscenze informatiche, ma anche una comprensione approfondita dei processi ESG, della governance dei dati e delle implicazioni etiche e regolatorie.

La mancanza di percorsi formativi specifici o di supporto consulenziale accessibile accentua il divario tra ambizioni strategiche e capacità operative.

Infine, la questione infrastrutturale è ancora centrale: l'accesso limitato a reti ad alta velocità, a servizi cloud avanzati o a sistemi di cybersecurity efficienti costituisce un ulteriore ostacolo, soprattutto per le imprese localizzate in aree geograficamente svantaggiate.²⁵¹

Tali limitazioni compromettono la scalabilità delle soluzioni digitali e ne riducono l'efficacia nella gestione dei rischi ESG.

La resilienza tecnologica, dunque, non può prescindere da un ecosistema infrastrutturale adeguato, che consenta alle PMI di operare in modo sicuro, continuo e connesso nel tempo.

In sintesi, l'insieme di queste barriere crea un contesto asimmetrico in cui solo le imprese più strutturate riescono a capitalizzare i vantaggi dell'innovazione tecnologica.²⁵² Le PMI, al contrario, rischiano di restare escluse da una trasformazione che è sempre più

²⁴⁹ EFRAG (2023), *Draft European Sustainability Reporting Standards (ESRS)*.

²⁵⁰ Unioncamere (2023), *Rapporto Excelsior: Competenze richieste e mismatch nel mercato del lavoro*.

²⁵¹ DESI – Digital Economy and Society Index (2023), *Connectivity Report – Italy*.

²⁵² OECD (2021), *The Digital Transformation of SMEs*.

prerequisito per l'accesso ai mercati, al credito e agli investimenti sostenibili. Per evitare che tale divario si consolidi, risulta fondamentale sviluppare politiche di supporto mirate, programmi di capacity building e strumenti finanziari agevolati che incentivino l'adozione di tecnologie digitali anche da parte delle realtà imprenditoriali minori.

3.5.2 Normative in evoluzione

Nel contesto normativo attuale, l'Unione Europea sta promuovendo con decisione un processo di digitalizzazione e standardizzazione della rendicontazione di sostenibilità, come dimostrato dall'introduzione della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), che estende l'obbligo di reporting non finanziario a un numero significativamente maggiore di imprese, rafforzandone allo stesso tempo la qualità, la comparabilità e l'affidabilità dei dati divulgati.²⁵³

La CSRD prevede un'applicazione graduale in base alla dimensione e alla tipologia delle imprese coinvolte.

Le prime ad essere interessate sono le grandi aziende già soggette alla precedente direttiva NFRD ²⁵⁴, che, avendo più di 500 dipendenti, devono conformarsi alla nuova normativa a partire dal bilancio 2024, con pubblicazione nel 2025.

Successivamente, l'obbligo si estende a tutte le grandi imprese che superano almeno due dei seguenti tre criteri: 250 dipendenti, 40 milioni di euro di fatturato netto oppure 20 milioni di totale attivo; queste saranno coinvolte dal bilancio 2025.

A partire dall'esercizio 2026, anche le piccole e medie imprese quotate nei mercati regolamentati saranno tenute alla redazione del report di sostenibilità, sebbene sia prevista per loro una facoltà di esenzione temporanea fino al 2028.

²⁵³ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 (CSRD).

²⁵⁴ Direttiva 2014/95/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 22 ottobre 2014 (NFRD)

Infine, a partire dal 2028, l'obbligo si estenderà anche alle imprese con sede fuori dall'Unione Europea che generano nell'UE un fatturato superiore a 150 milioni di euro e possiedono almeno una filiale o succursale significativa.

L'obiettivo della CSRD è duplice: da un lato, aumentare la trasparenza e l'affidabilità delle informazioni ESG fornite dalle imprese, dall'altro promuovere un'effettiva integrazione della sostenibilità nelle strategie aziendali e nei processi decisionali. In questo contesto, si inserisce il dibattito sull'utilizzo delle tecnologie emergenti a supporto della rendicontazione di sostenibilità, che rappresentano un potenziale acceleratore di efficienza e credibilità dei dati ESG.²⁵⁵

Tuttavia, la regolamentazione specifica relativa all'integrazione delle tecnologie emergenti, in particolare l'Intelligenza Artificiale (IA) e la Blockchain, nei processi di rendicontazione ESG è ancora in una fase embrionale e frammentata.²⁵⁶

Ad oggi non esistono norme vincolanti a livello europeo che impongano l'utilizzo di tali strumenti nei sistemi di reporting.

Nonostante ciò, sono sempre più numerosi i casi in cui le imprese, in via volontaria o sperimentale, adottano soluzioni digitali per rafforzare la qualità, la tracciabilità e la tempestività dei dati non finanziari, cogliendo le opportunità offerte dalla trasformazione tecnologica.

In questo senso, la Commissione Europea ha espresso in più occasioni il proprio orientamento favorevole all'utilizzo di tecnologie avanzate, anche attraverso linee guida e documenti strategici che ne promuovono l'integrazione graduale nei processi aziendali.²⁵⁷

²⁵⁵ World Economic Forum (2022), *Harnessing Technology for Sustainability Reporting*.

²⁵⁶ apscott & Tapscott (2016), *Blockchain Revolution* e OECD (2022)

²⁵⁷ European Commission (2023), *Corporate Sustainability Reporting Directive: Overview and Implementation*

Tuttavia, ad oggi, manca un framework normativo armonizzato che definisca criteri tecnici, protocolli di interoperabilità e standard di accountability per l'utilizzo di tali tecnologie nei sistemi di sostenibilità aziendale.

La costruzione di un ecosistema normativo e tecnologico condiviso rappresenta una condizione imprescindibile affinché strumenti avanzati come la Blockchain, con la sua capacità di assicurare la tracciabilità, l'immutabilità e la verificabilità delle informazioni, e l'IA, utile per l'analisi predittiva e l'elaborazione automatica di grandi volumi di dati ESG, possano essere implementati in modo sicuro, trasparente e conforme ai principi di protezione dei dati, responsabilità algoritmica e non discriminazione.²⁵⁸

Senza una regolamentazione coerente e tecnicamente solida, le imprese rischiano di adottare soluzioni tecnologiche che, pur promettenti in termini di efficienza, espongono a rischi legali, etici e reputazionali.

In particolare, l'assenza di linee guida chiare sulla validità giuridica dei dati certificati tramite Blockchain o sulle responsabilità derivanti dalle decisioni automatizzate basate su algoritmi ESG, può compromettere la trasparenza delle informazioni divulgate e la fiducia degli stakeholder.²⁵⁹

Questo è particolarmente rilevante nel contesto della cosiddetta "ESG accountability", che implica un obbligo crescente per le aziende di dimostrare la solidità delle metodologie adottate e la qualità dei dati comunicati.

Alla luce di ciò, risulta prioritario un allineamento tra sviluppo normativo e innovazione tecnologica, volto a definire standard operativi e requisiti minimi di compliance per l'impiego di strumenti digitali nei processi di rendicontazione ESG.

In questa prospettiva, iniziative come il Digital Product Passport (DPP), promosse a livello europeo, e le sperimentazioni condotte da grandi player internazionali (es. IBM,

²⁵⁸ Gazzola, Grechi & Papetti (2022), La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità

²⁵⁹ Floridi (2021), Ethics, Governance, and AI in ESG contexts

Nestlé, Walmart) rappresentano importanti laboratori normativi e tecnologici, utili a guidare la futura regolazione in materia.²⁶⁰

In sintesi, l'evoluzione normativa non deve solo recepire l'adozione delle tecnologie emergenti, ma anche guidarla, orientandola verso pratiche che siano al contempo innovative, affidabili e coerenti con i principi di sostenibilità, etica e trasparenza che caratterizzano l'attuale contesto europeo.

3.6 Conclusioni

L'introduzione di soluzioni digitali, come la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale (IA), comporta un ripensamento profondo delle modalità con cui vengono gestiti e valorizzati i dati ESG.²⁶¹

Il loro impatto si estende ben oltre l'automazione o la digitalizzazione dei flussi informativi: queste tecnologie ridefiniscono radicalmente le modalità con cui le organizzazioni raccolgono, validano, comunicano e valorizzano i dati non finanziari, contribuendo a rafforzare la trasparenza, l'affidabilità e la tempestività delle informazioni.²⁶²

Numerosi casi studio, che verranno approfonditi nel capitolo successivo, dimostrano l'efficacia dell'integrazione tra queste due tecnologie nell'ottimizzazione dei flussi ESG, rendendo i processi di reporting più rapidi, verificabili e resistenti alla manipolazione.²⁶³ Tuttavia, nonostante il potenziale trasformativo, persistono barriere sistemiche che ne ostacolano un'adozione su larga scala.

Tali criticità riguardano principalmente carenze infrastrutturali, deficit di competenze digitali specialistiche e un quadro regolamentare ancora frammentato, seppur in via di consolidamento attraverso iniziative come la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) e l'evoluzione degli standard GRI e SASB.²⁶⁴

²⁶⁰ IBM (2020), IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability; Nestlé (2019), Nestlé and Carrefour give consumers access to blockchain platform; Walmart ESG Report (2023).

²⁶¹ Tapscott & Tapscott (2016) Blockchain Revolution

²⁶² IBM (2022) IBM Food Trust; Deloitte (2021/2022) AI for Sustainability Reporting.

²⁶³ World Economic Forum (2021) Blockchain Beyond the Hype; IBM (2020) Food Trust White Paper.

²⁶⁴ Direttiva (UE) 2022/2464 (CSRD); GRI (2021), SASB (2021).

Per superare queste sfide, risulta indispensabile un approccio sistemico e collaborativo, che coinvolga imprese, istituzioni pubbliche, enti regolatori e società civile, al fine di costruire un ecosistema tecnologico e normativo abilitante, orientato a una sostenibilità autentica e misurabile.²⁶⁵

L'investimento in infrastrutture digitali resilienti, programmi formativi ad alto contenuto tecnologico e regole condivise di governance rappresenta una condizione imprescindibile per trasformare Blockchain e IA in alleati strategici della transizione sostenibile.²⁶⁶

Solo così sarà possibile non solo rafforzare la fiducia degli stakeholder, ma anche generare un valore condiviso e duraturo, promuovendo modelli di business capaci di coniugare innovazione, competitività e responsabilità sociale.

Nel prossimo capitolo, verranno analizzate alcune best practices internazionali, tra cui quelle di IBM, Walmart, Nestlé e Unilever, che si sono distinte per l'impiego avanzato di tecnologie emergenti nella rendicontazione ESG.²⁶⁷

Inoltre, si approfondiranno le tendenze evolutive e le prospettive future della sostenibilità digitale, valutando in che modo queste tecnologie potranno contribuire a plasmare il paradigma economico globale nei prossimi anni.

²⁶⁵ United Nations (2015), "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development"

²⁶⁶ OECD (2022) Artificial Intelligence in Business and Finance; Ground (2024) Artificial Intelligence and ESG.

²⁶⁷ IBM (2022); Walmart ESG Report (2023); Nestlé (2023); Unilever (2023).

Capitolo 4

Best Practices e prospettive future

4.1 Introduzione

Nel contesto attuale, l'adozione di tecnologie digitali avanzate per la rendicontazione ESG rappresenta non solo un vantaggio competitivo, ma una leva strategica per affrontare le crescenti pressioni normative, reputazionali e di mercato.²⁶⁸

L'evoluzione del quadro regolatorio europeo, culminata con l'adozione della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), ha infatti introdotto obblighi stringenti in materia di trasparenza, tracciabilità e verificabilità delle informazioni non finanziarie, spingendo le imprese a ripensare in chiave tecnologica i propri sistemi di reporting.²⁶⁹

In tale scenario, le tecnologie emergenti, già approfondite nei capitoli precedenti, come la Blockchain e l'Intelligenza Artificiale (IA) si stanno rivelando strumenti abilitanti per migliorare la qualità, la coerenza e l'affidabilità della rendicontazione ESG.²⁷⁰

L'integrazione della tecnologia Blockchain permette di garantire la tracciabilità, l'immutabilità e la trasparenza dei dati lungo l'intera catena del valore, riducendo le asimmetrie informative e rafforzando il presidio contro il greenwashing.

Diversi casi aziendali ne confermano l'efficacia: oltre alle esperienze consolidate di IBM, Walmart e Nestlé, anche realtà come Unilever si sono distinte per l'implementazione di soluzioni blockchain finalizzate alla certificazione della sostenibilità nelle filiere produttive, in particolare nel settore agroalimentare e delle materie prime.

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale sta trasformando la gestione ESG attraverso l'elaborazione automatica dei dati, l'analisi predittiva e il supporto decisionale strategico. Un esempio emblematico è rappresentato dal software TreeBlock One, sviluppato per

²⁶⁸ KPMG (2023), ESG Reporting – Getting the basics right, KPMG Insights.

²⁶⁹ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 – CSRD.

²⁷⁰ Capriotti, P. (2023), L'evoluzione digitale della sostenibilità: Blockchain e IA al servizio dell'ESG, in Economia e Management Digitale.

ottimizzare la raccolta, l'elaborazione e la visualizzazione dei dati ESG, contribuendo a una rendicontazione più efficiente, tempestiva e integrata.²⁷¹

Le aziende che hanno saputo integrare in modo sinergico queste tecnologie digitali nei propri modelli di sostenibilità si pongono oggi come benchmark di riferimento a livello internazionale.

Le best practices osservate evidenziano come la digitalizzazione non rappresenti solo un miglioramento tecnico o organizzativo, ma un vero e proprio fattore abilitante per trasformare i processi ESG in leve strategiche.

In particolare, l'adozione di Blockchain e Intelligenza Artificiale ha permesso di rendere i flussi informativi più rapidi, affidabili e sicuri, migliorando l'efficienza operativa, la trasparenza e la tracciabilità dei dati.

Questo approccio rafforza l'accountability, ovvero la capacità dell'impresa di rendere conto delle proprie azioni in modo chiaro e verificabile, e contribuisce a generare valore condiviso nel lungo periodo, aumentando la resilienza aziendale e la fiducia degli stakeholder.²⁷²

Quando queste tecnologie vengono integrate in un modello di governance strutturato, esse possono favorire decisioni più consapevoli, una gestione proattiva dei rischi e un monitoraggio continuo degli impatti ambientali e sociali.

Il presente capitolo si propone quindi di approfondire alcune esperienze aziendali particolarmente significative, analizzando in che modo l'uso di Blockchain e Intelligenza Artificiale abbia inciso concretamente sulla rendicontazione ESG, rendendola più precisa, tempestiva e immune da manipolazioni.

Saranno inoltre esplorati gli scenari futuri legati alle tecnologie emergenti, come il Digital Product Passport (DPP), uno strumento digitale che raccoglie e certifica tutte le informazioni sul ciclo di vita di un prodotto, e i sistemi di automazione per la gestione dei dati ESG, in grado di ridurre tempi, costi e rischi di errore.²⁷³ L'obiettivo è offrire una riflessione critica e prospettica sulla "sostenibilità digitale",

²⁷¹ BM (2022), Food Trust: Building trust in the food supply with blockchain.

²⁷² Freeman, R.E. et al. (2020), Stakeholder Theory – The State of the Art.

²⁷³ European Commission (2023), Digital Product Passport: advancing circular economy through data transparency.

evidenziando come, nel medio-lungo periodo, essa possa evolvere da semplice adempimento normativo a motore di innovazione e vantaggio competitivo.

4.2 Casi aziendali di successo nell'integrazione di Blockchain e IA

4.2.1 IBM e Walmart – Tracciabilità e fiducia nel settore alimentare

La collaborazione tra IBM e Walmart nel progetto *Food Trust* rappresenta uno degli esempi più avanzati e documentati di applicazione della tecnologia blockchain al settore agroalimentare, con l'obiettivo di rafforzare la tracciabilità, la sicurezza alimentare e la sostenibilità delle filiere produttive.²⁷⁴

Il progetto nasce dalla necessità di rispondere a una crescente domanda di trasparenza da parte dei consumatori e di conformarsi alle sempre più stringenti normative nazionali ed europee in materia di sicurezza e responsabilità nella supply chain.

La piattaforma Food Trust, basata su tecnologia IBM Blockchain (una soluzione permissioned, ovvero riservata solo a soggetti autorizzati, costruita su Hyperledger Fabric), consente di tracciare in maniera immutabile ogni fase del ciclo di vita di un prodotto alimentare, registrando dati chiave relativi all'origine delle materie prime, ai processi di trasformazione, alle condizioni di trasporto e alla distribuzione finale.²⁷⁵

Si tratta di un ecosistema collaborativo in cui ogni attore della filiera — produttore, trasportatore, distributore, rivenditore — può inserire informazioni verificate direttamente nel registro digitale.

Questi dati, una volta registrati, non possono essere modificati o eliminati, garantendo così un elevato grado di affidabilità.

L'accesso avviene tramite autorizzazioni controllate, che assicurano la condivisione delle informazioni solo con soggetti abilitati, tutelando al contempo la riservatezza commerciale.

²⁷⁴ IBM (2020), "IBM Food Trust and Walmart: Reimagining food safety with blockchain", IBM Case Studies.

²⁷⁵ IBM Blockchain Platform – Hyperledger Fabric Overview (2021).

Nel caso di Walmart, il processo si articola in modo semplice ma estremamente efficace: i fornitori caricano sulla piattaforma i dati relativi alla produzione e alla spedizione, come ad esempio, il luogo di coltivazione, la data di raccolta, i lotti di lavorazione e le certificazioni di qualità.

Durante il trasporto, sensori e sistemi IoT possono registrare parametri come la temperatura e l'umidità, garantendo che gli standard di conservazione siano rispettati. I centri di distribuzione e i punti vendita aggiornano poi le informazioni sulla ricezione e la disponibilità del prodotto.

Tutti questi passaggi, concatenati in un registro unico e sicuro, permettono a Walmart di consultare in tempo reale l'intera "storia" di un alimento.

Grazie a questo sistema, la catena è riuscita a ridurre il tempo necessario per rintracciare l'origine di un lotto di mango da sette giorni a soli 2,2 secondi, dimostrando come la blockchain possa trasformare radicalmente la gestione delle emergenze alimentari, permettendo interventi tempestivi in caso di contaminazioni o richiami di prodotto e rafforzando la fiducia dei consumatori.²⁷⁶

Oltre alla velocità, un altro vantaggio rilevante riguarda la riduzione dello spreco alimentare.

In passato, un'allerta sanitaria portava spesso alla rimozione e distruzione dell'intero stock presente nei punti vendita, anche se solo una minima parte risultava effettivamente compromessa.

È il caso, ad esempio, dell'epidemia di E. coli che nel 2018 colpì l'insalata romana (romaine lettuce) negli Stati Uniti: l'assenza di un sistema di tracciabilità puntuale costrinse le autorità a ritirare indiscriminatamente tutta la produzione, con enormi sprechi e perdite economiche.²⁷⁷

Con la blockchain, invece, Walmart può identificare con precisione i lotti coinvolti e rimuovere soltanto quelli, evitando di eliminare grandi quantità di cibo ancora sicuro. Un esempio pratico riguarda un lotto di insalata a rischio contaminazione: grazie alla

²⁷⁶ Kamath, R. (2018), "Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM", The Journal of the British Blockchain Association.

²⁷⁷ FDA (2019), "FDA investigates E. coli outbreak linked to romaine lettuce", U.S. Food and Drug Administration.

tracciabilità in tempo reale, i responsabili sono stati in grado di isolare in poche ore solo le confezioni provenienti da un singolo stabilimento, lasciando in vendita il resto del prodotto.

Questo approccio ha ridotto sprechi e perdite economiche, diminuendo al contempo l'impatto ambientale legato alla produzione e allo smaltimento, in linea con i criteri ESG e gli obiettivi dell'Agenda 2030.²⁷⁸

Dall'altra parte, IBM ha sviluppato un'infrastruttura tecnologica modulare e interoperabile, in grado di integrarsi con sistemi legacy già esistenti e di scalare anche verso piccoli produttori agricoli, che costituiscono spesso l'anello più debole e meno digitalizzato della filiera.²⁷⁹

Un esempio concreto può essere quello di una cooperativa agricola locale che utilizza ancora un gestionale sviluppato oltre dieci anni fa per registrare vendite e inventario. Grazie alla piattaforma di IBM, i dati di questo vecchio sistema possono essere automaticamente estratti, standardizzati e trasferiti in un registro blockchain condiviso, senza richiedere la sostituzione immediata del software.

In questo modo, anche i produttori con risorse tecnologiche limitate possono contribuire al flusso informativo della filiera, migliorando la tracciabilità dei prodotti e aumentando la trasparenza verso i consumatori.

L'inclusione di questi attori favorisce una democratizzazione dell'accesso alla tecnologia e consente una raccolta dati più capillare e rappresentativa, elemento fondamentale per garantire una rendicontazione ESG affidabile.

Sul piano normativo e regolamentare, come già accennato ed analizzato in precedenza, l'adozione di soluzioni blockchain si inserisce in un contesto europeo in rapida evoluzione.

La Direttiva (UE) 2022/2464 sulla rendicontazione societaria di sostenibilità (CSRD) e le iniziative sul *Digital Product Passport* mirano proprio a rafforzare la trasparenza lungo

²⁷⁸ United Nations (2015), "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development".

²⁷⁹ IBM Blockchain (2021), "Building trusted food ecosystems with IBM Blockchain".

le catene del valore, prevedendo la tracciabilità digitale dei prodotti e l'accesso a dati verificabili sulle performance ambientali e sociali.²⁸⁰

In questo scenario, il progetto *Food Trust* rappresenta una best practice replicabile: la blockchain diventa non solo uno strumento tecnologico, ma un vero e proprio *enabler* di sostenibilità, favorendo una gestione responsabile dei dati, il monitoraggio in tempo reale degli impatti ESG e la costruzione di una fiducia sistemica tra tutti gli stakeholder della filiera.

Ulteriori applicazioni parallele, come quelle sperimentate da Nestlé e Unilever in collaborazione con SAP, multinazionale leader nel settore dei software gestionali, confermano la tendenza crescente di adozione della blockchain per finalità di tracciabilità e responsabilità ambientale, in particolare nella gestione di filiere complesse come quelle dell'olio di palma, del cacao e del caffè.²⁸¹

Questi settori sono spesso oggetto di attenzione internazionale per problematiche legate alla deforestazione, alle emissioni di CO₂, alle condizioni di lavoro e alla trasparenza nella provenienza delle materie prime.

In tutti questi casi, la tecnologia permette di rispondere con maggiore efficacia alle pressioni reputazionali, normative e di mercato, configurandosi come un elemento strategico di governance della sostenibilità.

4.2.2 Nestlé – Tracciabilità responsabile con blockchain open source

Nel 2019, Nestlé ha avviato uno dei primi progetti pilota su scala globale per l'applicazione della tecnologia blockchain alla tracciabilità alimentare, posizionandosi come pioniere tra le multinazionali del settore agroalimentare.²⁸²

Il progetto, realizzato in collaborazione con IBM Food Trust, ha adottato una blockchain permissioned basata su Hyperledger Fabric, una piattaforma open source sviluppata sotto l'egida della Linux Foundation e progettata specificamente per l'uso aziendale.²⁸³

²⁸⁰ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022.

²⁸¹ SAP (2022), "Blockchain for Supply Chain Transparency: Projects with Nestlé and Unilever".

²⁸² Nestlé (2019), "Nestlé and Carrefour give consumers access to blockchain platform", News Release, 15 aprile 2019.

²⁸³ IBM (2020), "IBM Food Trust: A new era for the world's food supply", IBM Blockchain.

Hyperledger Fabric si distingue dalle blockchain pubbliche in quanto consente di definire un accesso controllato ai partecipanti (permissioned network), garantendo elevati standard di sicurezza, riservatezza e scalabilità.²⁸⁴

Ogni membro della rete può accedere solo ai dati per i quali è autorizzato, mentre le transazioni sono validate da nodi dedicati (peer) attraverso un meccanismo di consenso modulare.

Questa architettura la rende particolarmente adatta per filiere complesse, dove è necessario conciliare trasparenza verso gli stakeholder e protezione delle informazioni sensibili tra partner commerciali.

L'iniziativa di Nestlé ha preso avvio con il tracciamento del latte proveniente da allevamenti neozelandesi e della soia brasiliana, destinati alla produzione di specifici prodotti alimentari a marchio Nestlé.

Il processo prevedeva la registrazione in blockchain di ogni fase della supply chain: raccolta della materia prima, trasformazione industriale, stoccaggio, trasporto e distribuzione fino al punto vendita.²⁸⁵

Per ogni passaggio, venivano salvati dati come il codice del lotto, la data e l'ubicazione di raccolta e trasformazione, le condizioni di trasporto (inclusi temperatura e tempi di viaggio) e i risultati dei controlli di qualità.

Queste informazioni, immutabili e verificabili, erano consultabili in tempo reale dagli operatori della filiera e, per il consumatore finale, rese disponibili tramite la scansione di un QR code presente sulla confezione del prodotto.

In questo modo, l'utente poteva visualizzare la storia completa del prodotto, dalla fattoria allo scaffale, con un livello di dettaglio e affidabilità fino ad allora inedito nel settore.

L'utilizzo di una blockchain open source ha rappresentato una scelta strategica e valoriale: oltre a garantire la trasparenza e l'immutabilità dei dati, ha facilitato l'integrazione di diversi attori della supply chain – agricoltori, cooperative, impianti di lavorazione, operatori logistici, enti certificatori – in un ecosistema digitale interoperabile, riducendo

²⁸⁴ Linux Foundation (2020), "Hyperledger Fabric Documentation".

²⁸⁵ World Economic Forum (2019), "Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains: Part 2".

le asimmetrie informative e promuovendo una governance condivisa della sostenibilità.²⁸⁶ Ogni partecipante alla filiera ha potuto validare e aggiornare i dati di propria competenza, rafforzando la responsabilità diffusa lungo il ciclo di vita del prodotto.

Il progetto ha risposto in modo concreto e mirato a diverse sfide chiave del settore alimentare, garantendo un approccio integrato alla sostenibilità e alla sicurezza lungo l'intera filiera.

Tra queste, spiccano la prevenzione delle frodi alimentari, la gestione tempestiva e coordinata dei richiami di prodotto, il rispetto dei diritti dei lavoratori nelle fasi agricole e la certificazione dell'origine sostenibile delle materie prime.²⁸⁷

Grazie alla tracciabilità garantita dalla blockchain, è stato possibile monitorare in tempo reale ogni passaggio della catena di approvvigionamento, verificando il rispetto di standard ambientali, ad esempio la “deforestazione zero” nella coltivazione della soia, e sociali, come il mantenimento di condizioni di lavoro sicure e dignitose negli allevamenti. Questo sistema ha reso le informazioni trasparenti e facilmente verificabili, rafforzando la fiducia di investitori e consumatori più sensibili ai temi della sostenibilità e dell'etica aziendale, e contribuendo a raggiungere obiettivi ESG in modo misurabile e dimostrabile.

L'approccio adottato da Nestlé ha quindi superato la mera rendicontazione volontaria, configurandosi come una forma di *data-driven accountability*, ossia un modello di responsabilità aziendale basato su dati oggettivi, certificati e facilmente consultabili da tutti gli stakeholder.²⁸⁸

In termini semplici, significa che le dichiarazioni dell'impresa non si fondano su affermazioni generiche o su iniziative di comunicazione, ma su evidenze numeriche verificabili, che permettono di misurare e monitorare in modo trasparente l'impatto delle proprie attività.

²⁸⁶ Tapscott, D. & Tapscott, A. (2016), “Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World”, Penguin.

²⁸⁷ FAO (2021), “Blockchain for agriculture: Opportunities and challenges”, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

²⁸⁸ Gazzola, P., Amelio, S., Grechi, D. (2020), “Blockchain and Corporate Social Responsibility: The Transparency Opportunity for Sustainability”, Sustainability, 12(19).

Questo approccio, supportato dalla tracciabilità garantita dalla blockchain, non solo ha reso più solido il legame fiduciario tra impresa e stakeholder, ma ha anche incentivato comportamenti di acquisto più consapevoli.

Indagini di mercato mostrano infatti che, quando i consumatori possono accedere a informazioni chiare e certificate sulla provenienza e sulla sostenibilità di un prodotto, la propensione all'acquisto di articoli con maggiore trasparenza aumenta sensibilmente.²⁸⁹

Ciò ha contribuito indirettamente a premiare i produttori e le filiere che adottano pratiche agricole e produttive più etiche, generando un circolo virtuoso di miglioramento continuo.

Nel medio termine, l'azienda ha espresso l'intenzione di estendere tale modello tecnologico ad altre linee di prodotto e a ulteriori paesi, in modo da ampliare i benefici già ottenuti e replicarli su scala più ampia.

L'obiettivo è quello di creare un sistema capace di monitorare e garantire la tracciabilità di un numero crescente di forniture, mantenendo elevati standard di qualità e sostenibilità lungo l'intera filiera.

Questa espansione consentirebbe non solo di ottimizzare i processi e ridurre i rischi operativi, ma anche di uniformare le pratiche di controllo e rendicontazione nei diversi mercati, facilitando il rispetto delle nuove normative europee in materia di sostenibilità e due diligence.²⁹⁰

In conclusione, l'esperienza di Nestlé rappresenta una best practice replicabile e scalabile, in cui l'adozione della blockchain non solo migliora la trasparenza operativa, ma si integra a pieno titolo nella strategia di sostenibilità dell'impresa, contribuendo alla creazione di valore condiviso per tutti gli attori coinvolti.²⁹¹

²⁸⁹ Capgemini Research Institute (2020), "Consumer Products and Retail: How sustainability is fundamentally changing consumer preferences".

²⁹⁰ European Commission (2022), "Proposal for a Directive on Corporate Sustainability Due Diligence".

²⁹¹ WBCSD (2021), "Digital Solutions in Sustainability Reporting", World Business Council for Sustainable Development.

4.2.3 Unilever – Sostenibilità e lotta alla deforestazione

Nel quadro della crescente attenzione verso pratiche aziendali sostenibili, Unilever rappresenta un caso di studio emblematico per l'adozione di tecnologie innovative volte a garantire una gestione responsabile della supply chain.²⁹²

L'azienda, da tempo impegnata in politiche ambientali rigorose, ha definito obiettivi chiari per ridurre l'impatto ecologico delle proprie attività, tra cui l'azzeramento della deforestazione nelle filiere agricole, la riduzione delle emissioni di gas serra lungo l'intero ciclo produttivo e il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle risorse idriche.

Questi impegni si inseriscono nel più ampio programma “Sustainable Living Plan”, che mira a coniugare crescita economica e tutela dell'ambiente, favorendo pratiche di approvvigionamento responsabile e il rispetto della biodiversità.²⁹³

In tale contesto, Unilever ha avviato un progetto pilota con SAP con l'obiettivo di monitorare e certificare la filiera dell'olio di palma attraverso l'uso della tecnologia blockchain, garantendo tracciabilità, trasparenza e conformità agli standard ambientali stabiliti.²⁹⁴

Questo progetto nasce come risposta concreta a una delle principali criticità ambientali globali: la deforestazione causata dalla coltivazione intensiva di materie prime agricole, tra cui l'olio di palma. Tale fenomeno, oltre a ridurre drasticamente la biodiversità, contribuisce in maniera significativa alle emissioni di gas serra e alla perdita di habitat naturali fondamentali.

Gran parte di questa deforestazione è legata a filiere produttive estese e frammentate, in cui i passaggi dal produttore al consumatore finale coinvolgono numerosi intermediari e aree geografiche differenti.²⁹⁵

In questi contesti, garantire la tracciabilità diventa estremamente complesso: le informazioni vengono spesso raccolte in maniera non uniforme, archiviate in sistemi non comunicanti tra loro o, in alcuni casi, omesse o distorte per motivi economici.

²⁹² World Economic Forum, Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit, 2020.

²⁹³ Unilever, Sustainable Living Plan Progress Report, 2018.

²⁹⁴ SAP & Unilever, Case Study: How Unilever Uses Blockchain to Ensure Sustainable Sourcing, 2021.

²⁹⁵ WWF, Living Planet Report, 2020.

Questa mancanza di uniformità e trasparenza rende difficile per aziende, enti di controllo e consumatori verificare l'origine delle materie prime e l'effettivo rispetto degli standard ambientali e sociali.

La blockchain consente di superare tali limiti mediante un'infrastruttura digitale distribuita, in cui ogni operazione è registrata in modo permanente, cronologico e non modificabile, favorendo la piena trasparenza dei flussi informativi.²⁹⁶

Nel caso di Unilever, ogni lotto di olio di palma viene codificato con un identificativo univoco e tracciato sin dal luogo di origine.

I dati relativi alla coltivazione, al trasporto, alla trasformazione industriale e alla distribuzione vengono inseriti in tempo reale nel registro blockchain, consentendo l'accesso controllato e condiviso tra tutti gli attori della filiera.

Questo meccanismo garantisce non solo la verifica dell'origine sostenibile del prodotto, ma anche l'identificazione immediata di eventuali anomalie o pratiche non conformi.

La collaborazione con SAP, in particolare, ha reso possibile integrare la tecnologia blockchain con i sistemi ERP e le piattaforme di data analytics, garantendo la piena compatibilità tra le soluzioni digitali adottate e i processi gestionali interni.²⁹⁷ Attraverso questa sinergia, i dati relativi alle forniture vengono raccolti, elaborati e verificati in tempo reale, consentendo di tracciare l'origine delle materie prime lungo l'intera filiera.

In questo modo, è stato possibile sviluppare una supply chain “deforestation-free”, nella quale la certezza delle informazioni non si basa più soltanto sulle dichiarazioni dei fornitori, ma su un sistema distribuito, verificabile e trasparente, capace di dimostrare il rispetto degli standard ESG e delle normative internazionali contro la deforestazione.²⁹⁸

In questo contesto, la blockchain diventa uno strumento abilitante anche per il reporting ESG. Attraverso la raccolta strutturata e verificabile dei dati lungo la filiera, Unilever è in grado di alimentare i propri sistemi di rendicontazione non finanziaria in modo

²⁹⁶ Tapscott D., Tapscott A., Blockchain Revolution, 2016.

²⁹⁷ SAP & Unilever, Blockchain for Sustainable Palm Oil, 2021.

²⁹⁸ WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), Blockchain for Sustainable and Inclusive Supply Chains, 2020.

conforme alla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), evitando il rischio di greenwashing e rafforzando la propria accountability nei confronti degli stakeholder.²⁹⁹

Un altro aspetto rilevante del progetto riguarda la governance della filiera: l'impiego della blockchain consente di stabilire criteri stringenti di compliance per i fornitori, rafforzando il sistema di audit e promuovendo un comportamento virtuoso attraverso la condivisione di dati aperti ma protetti da crittografia.

Questo approccio è perfettamente coerente con le linee guida delineate dalla Commissione Europea in tema di responsabilità sociale d'impresa, le quali invitano le aziende a garantire trasparenza lungo l'intera catena di fornitura, a monitorare le pratiche dei partner commerciali e a prevenire rischi sociali e ambientali mediante sistemi di controllo efficaci.³⁰⁰

In particolare, le raccomandazioni europee sottolineano l'importanza della due diligence sui fornitori, dell'adozione di standard condivisi per la raccolta e la verifica dei dati, e della comunicazione chiara agli stakeholder sui progressi e sulle eventuali criticità riscontrate.

L'iniziativa si inserisce in una strategia ESG più ampia da parte di Unilever, che ha pubblicamente dichiarato l'obiettivo di raggiungere la piena tracciabilità per tutte le materie prime critiche entro il 2030.³⁰¹

A tal fine, l'azienda ha avviato anche progetti simili in altri segmenti della filiera agroalimentare, come documentato in altri casi internazionali.

In conclusione, il caso Unilever mostra come la blockchain non solo migliori la trasparenza e l'efficienza della supply chain, ma favorisca anche una profonda trasformazione culturale e organizzativa orientata alla sostenibilità.

L'integrazione con le normative europee e con gli standard globali di rendicontazione (GRI, SASB) rafforza ulteriormente la replicabilità di tale modello, che può rappresentare un benchmark per altre imprese intenzionate a garantire una gestione responsabile delle

²⁹⁹ European Commission, Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – Overview, 2022.

³⁰⁰ European Commission, Communication on Corporate Social Responsibility, 2011.

³⁰¹ Unilever, Annual Report and Accounts, 2023.

proprie filiere, con impatti concreti nella lotta al cambiamento climatico e alla perdita di biodiversità.³⁰²

4.2.4 TreeBlock One: un approccio tecnologico alla rendicontazione ESG

TreeBlock One si afferma come una soluzione tecnologica all'avanguardia che coniuga l'intelligenza artificiale (IA) e la blockchain in un'unica infrastruttura digitale finalizzata a supportare la governance della sostenibilità nelle imprese.³⁰³ Progettata per rispondere alle nuove sfide normative e operative in materia di rendicontazione non finanziaria, la piattaforma si distingue per la sua capacità di offrire un sistema integrato per l'acquisizione, l'elaborazione e la validazione dei dati ESG, trasformando radicalmente l'approccio tradizionale alla sostenibilità aziendale.³⁰⁴

Il valore aggiunto di TreeBlock One risiede nella capacità di trasformare il dato ESG da semplice informazione descrittiva a leva strategica per la gestione proattiva delle performance.

Attraverso sofisticati algoritmi di machine learning, la piattaforma è in grado di interpretare volumi eterogenei di dati ambientali, sociali e di governance in tempo reale, generando analisi predittive che facilitano l'individuazione di tendenze, rischi emergenti e aree di intervento.³⁰⁵

L'approccio predittivo consente alle organizzazioni non solo di soddisfare gli obblighi di compliance, ma anche di anticipare gli impatti ESG sul business, trasformandoli in opportunità di miglioramento continuo e vantaggio competitivo.

Gli impatti ESG, infatti, non si limitano a influenzare la reputazione aziendale, ma possono incidere direttamente sulla redditività e sulla resilienza dell'impresa: un miglior posizionamento in termini di sostenibilità può attrarre investitori e clienti, ridurre il costo del capitale e aumentare la fidelizzazione; al contrario, carenze nella gestione di tali fattori possono generare rischi legali, interruzioni operative o perdita di quote di mercato.

L'adozione dell'intelligenza artificiale abilita una gestione dinamica del rischio ESG, ossia un processo continuo di monitoraggio, valutazione e adattamento delle strategie in

³⁰² GRI & SASB, A Practical Guide to Sustainability Reporting Using GRI and SASB Standards, 2021.

³⁰³ Deloitte, "AI & Blockchain: The Future of ESG Reporting", 2023.

³⁰⁴ KPMG, "ESG Reporting and Technology Integration", 2022.

³⁰⁵ World Economic Forum, "Harnessing AI for the Earth", 2020.

base all’evoluzione dei contesti normativi, delle aspettative degli stakeholder e delle condizioni di mercato.³⁰⁶

Questo approccio permette di misurare costantemente la coerenza tra obiettivi dichiarati, performance rilevate e strategie implementate, garantendo un allineamento efficace tra sostenibilità e creazione di valore.

In parallelo, l’utilizzo della tecnologia Blockchain, e in particolare della Distributed Ledger Technology (DLT), garantisce l’integrità, la trasparenza e la tracciabilità dei dati gestiti, assicurando che ogni informazione inserita nella piattaforma sia immutabile e verificabile.³⁰⁷

Questo elemento risulta particolarmente rilevante in un contesto normativo e reputazionale sempre più attento alla qualità delle informazioni ESG, dove la diffusione di pratiche di greenwashing può compromettere la credibilità delle imprese e delle loro strategie di sostenibilità.³⁰⁸

TreeBlock One risponde a tale esigenza attraverso un’infrastruttura digitale che non solo consente di storicizzare ogni modifica ai dati ESG, ma permette anche di associare a ciascun dato una “firma digitale” che ne certifica la provenienza e la coerenza con i criteri dichiarati.

In pratica, ogni aggiornamento o integrazione viene registrato su un registro distribuito, generando una traccia digitale originale e permanente, consultabile in tempo reale da tutti gli stakeholder, dagli investitori alle autorità di vigilanza.

Grazie a questo approccio, TreeBlock One rende i processi di raccolta e condivisione dei dati ESG più sicuri, riducendo il rischio di manipolazioni e aumentando la fiducia nell’affidabilità delle informazioni comunicate.

La piattaforma si distingue inoltre per l’alto grado di adattabilità alle esigenze organizzative.

È stata concepita come uno strumento modulare, accessibile anche alle piccole e medie

³⁰⁶ OECD, “AI in the Green Transition”, 2021.

³⁰⁷ European Commission, “Blockchain for Sustainable and Inclusive Finance”, 2022.

³⁰⁸ Consob, “Rapporto sulla rendicontazione non finanziaria”, 2022.

imprese (PMI), che spesso incontrano difficoltà nell'allinearsi agli standard internazionali e agli obblighi imposti dalla Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).³⁰⁹ A differenza di molte soluzioni ESG disponibili sul mercato, spesso orientate a grandi gruppi multinazionali, TreeBlock One propone un modello scalabile e user-friendly, in grado di supportare anche le realtà meno strutturate nella predisposizione di una rendicontazione ESG solida, coerente e conforme agli standard GRI, SASB e TCFD.³¹⁰

Grazie alla sua architettura flessibile, la piattaforma consente di selezionare solo i moduli realmente necessari, evitando costi superflui e riducendo la complessità operativa. Questo approccio “su misura” permette di integrare progressivamente nuove funzionalità – come il monitoraggio in tempo reale delle performance, l'analisi predittiva dei rischi o l'automatizzazione dei flussi di raccolta dati – man mano che l'organizzazione matura nel proprio percorso di sostenibilità.

In questo modo, anche le PMI possono affrontare il reporting non come un mero adempimento normativo, ma come un processo strategico di crescita e miglioramento continuo, capace di generare valore concreto per l'impresa e per i propri stakeholder.

Un altro aspetto distintivo della piattaforma è rappresentato dalla sua capacità di automatizzare l'intero processo di reporting.

Le imprese che adottano TreeBlock One possono configurare modelli di rendicontazione personalizzati, sincronizzabili con i propri sistemi interni, e generare in modo automatico report aggiornati, validabili e pronti per la divulgazione pubblica.³¹¹

In pratica, la piattaforma acquisisce i dati ESG direttamente dalle fonti aziendali — come sistemi ERP, software di gestione ambientale o database HR — li elabora secondo i formati e gli standard richiesti, e li organizza in report completi senza intervento manuale.

Questo significa che attività tradizionalmente ripetitive, come l'inserimento di dati, la verifica di coerenza e l'aggiornamento periodico delle informazioni, vengono gestite in

³⁰⁹ Direttiva UE 2022/2464 (CSRD).

³¹⁰ Global Reporting Initiative (GRI), “Universal Standards 2021”.

³¹¹ E&Y, “ESG Reporting Automation Tools”, 2022.

modo rapido e preciso dall'algoritmo, riducendo significativamente l'onere amministrativo associato alla reportistica ESG.

L'automazione non solo libera risorse interne da compiti a basso valore aggiunto, ma aumenta la precisione dei dati, riducendo il rischio di errori e discrepanze. Inoltre, la generazione continua e programmata dei report garantisce una continuità informativa che agevola il dialogo con gli stakeholder e rafforza la reputazione dell'impresa sia sul mercato dei capitali sia nei confronti dei consumatori.

TreeBlock One si presenta dunque non solo come un sistema informativo avanzato, ma come un vero e proprio ecosistema digitale di supporto alla strategia sostenibile, capace di integrare tecnologia, compliance normativa e cultura organizzativa.³¹² In un contesto di crescente pressione regolamentare e di forte domanda di trasparenza da parte del mercato, la piattaforma rappresenta una risposta concreta alla necessità di consolidare la accountability ESG e di evolvere verso modelli di business realmente sostenibili, resilienti e orientati alla creazione di valore condiviso.

4.3 Innovazioni tecnologiche e scenari futuri per la sostenibilità digitale

4.3.1 L'evoluzione dell'intelligenza artificiale generativa

L'intelligenza artificiale generativa (Generative AI) sta progressivamente ridefinendo le modalità con cui le imprese affrontano la redazione dei bilanci di sostenibilità e la produzione di contenuti ESG, contribuendo a rendere tali processi più efficienti, personalizzati e coerenti con le esigenze dei diversi stakeholder.³¹³

Nel 2025, oltre il 40% delle organizzazioni ha adottato strumenti di Generative AI a livello aziendale, mentre un ulteriore 33% li utilizza in specifici dipartimenti o progetti, a conferma di una diffusione ormai sistemica.

Come già analizzato precedentemente, l'impiego di tecnologie avanzate di Natural Language Generation (NLG), come ad esempio ChatGPT, consente oggi di trasformare

³¹² PwC, "The ESG Tech Transformation", 2023.

³¹³ EY (2023), How AI is transforming ESG reporting.

dataset numerici in testi strutturati e semanticamente coerenti, supportando una comunicazione ESG più trasparente, accessibile e adattiva, sia sul piano interno che esterno.³¹⁴

Un aspetto distintivo della Generative AI è la sua capacità di apprendere da grandi quantità di dati eterogenei e di generare contenuti che non si limitano a una traduzione automatica delle informazioni, ma offrono analisi, sintesi e spiegazioni contestualizzate.³¹⁵

In questo modo, i report di sostenibilità possono essere redatti in maniera più chiara e comprensibile anche per lettori non esperti, riducendo il rischio di tecnicismi eccessivi e aumentando l'engagement degli stakeholder.

Inoltre, tali strumenti permettono di automatizzare la creazione di versioni differenziate dello stesso documento, adattandolo alle esigenze di target specifici (investitori, clienti, comunità locali, autorità di vigilanza), garantendo coerenza ma anche personalizzazione dei contenuti.

Un ulteriore vantaggio risiede nella possibilità di integrare la Generative AI con sistemi di analisi predittiva: questo consente non solo di descrivere i risultati già ottenuti, ma anche di delineare scenari futuri, evidenziando rischi e opportunità connessi ai fattori ESG.³¹⁶

Secondo Ground (2024), l'emergere dell'IA nel contesto ESG rappresenta un cambio di paradigma nella capacità delle organizzazioni di gestire volumi crescenti di dati, traducendoli in insight strategici orientati alla creazione di valore condiviso.³¹⁷

L'elaborazione predittiva permette di sfruttare dati storici e variabili in tempo reale per anticipare l'andamento di indicatori ESG, ad esempio stimando l'impatto delle emissioni future o prevedendo il rischio di eventi climatici estremi.

³¹⁴ Gartner (2023), Market Guide for Natural Language Generation Platforms.

³¹⁵ Russell & Norvig (2022), Artificial Intelligence: A Modern Approach.

³¹⁶ Deloitte (2022), AI for Sustainability Reporting: From compliance to performance.

³¹⁷ Ground, A. (2024), Artificial Intelligence and ESG: Reshaping Sustainable Reporting, Cambridge University Press.

L'analisi di scenario consente di simulare differenti traiettorie evolutive — come l'introduzione di nuove normative, l'aumento dei costi energetici o la scarsità di risorse naturali — valutando la resilienza delle imprese di fronte a ipotesi multiple e complesse. Questi strumenti si traducono in un supporto decisionale concreto per manager e investitori, che possono comparare strategie alternative e orientare in modo più consapevole l'allocazione del capitale, riducendo al contempo rischi ambientali, reputazionali e di conformità.

Studi recenti evidenziano come l'IA sia sempre più impiegata nello sviluppo di modelli capaci di stimare e monitorare il rischio ESG in funzione di specifici parametri settoriali, territoriali e strategici.

Ad esempio, Rose-Collins (2024) evidenzia come gli algoritmi predittivi consentano alle PMI di individuare in anticipo rischi climatici o di non conformità regolatoria, rafforzando i sistemi di allerta precoce.³¹⁸

Kotsantonis, Pinney e Serafeim (2016) mostrano come l'analisi di scenario sia cruciale per integrare la dimensione ESG nelle strategie di investimento, offrendo una visione comparata dell'impatto di diverse traiettorie normative e di mercato.³¹⁹

Serafeim (2020), invece, sottolinea il valore dei big data e dell'analisi predittiva per migliorare le decisioni di allocazione del capitale e incrementare la trasparenza nei mercati finanziari³²⁰; analogamente, Eccles e Klimenko (2019) evidenziano come l'adozione di dati ESG elaborati tramite IA avanzata favorisca una maggiore consapevolezza degli investitori rispetto alle vulnerabilità climatiche e sociali delle imprese.³²¹

Parallelamente, si assiste all'adozione di sistemi intelligenti per l'auditing e il controllo della qualità informativa (*quality assurance*), capaci di identificare incongruenze,

³¹⁸ Rose-Collins, M. (2024), Predictive AI for ESG Risk Management in SMEs.

³¹⁹ Kotsantonis, S., Pinney, C., & Serafeim, G. (2016), ESG Integration in Investment Management: Myths and Realities, Journal of Applied Corporate Finance.

³²⁰ Serafeim, G. (2020), How to Build Enduring Commitment to Long-term Goals, Harvard Business Review.

³²¹ Eccles, R.G., & Klimenko, S. (2019), The Investor Revolution, Harvard Business Review.

anomalie o potenziali aree di rischio nei bilanci di sostenibilità prima della loro diffusione ufficiale.³²²

Questi strumenti sfruttano algoritmi di analisi automatizzata che, incrociando dati provenienti da più fonti, permettono di evidenziare eventuali discrepanze tra informazioni dichiarate e dati oggettivamente rilevabili.

In tal modo, il processo di verifica diventa più rapido, accurato e meno soggetto a errori umani.

Un aspetto particolarmente rilevante è la capacità dei sistemi di IA di eseguire controlli di coerenza e benchmarking: confrontando le performance ESG di un'impresa con quelle della concorrenza o con soglie definite da standard internazionali, il sistema segnala deviazioni significative.

Inoltre, l'automazione delle procedure di auditing consente di ridurre i tempi e i costi delle revisioni, garantendo al contempo un livello superiore di trasparenza e tracciabilità delle verifiche effettuate.

Un nodo critico riguarda tuttavia l'impatto energetico: nel 2025 i data center hanno raggiunto un consumo stimato di 536 TWh a livello globale (pari a circa il 2% del consumo elettrico mondiale), con proiezioni che attribuiscono all'IA fino al 49% di tale fabbisogno entro fine anno.³²³

Questo incremento solleva preoccupazioni in termini di emissioni climalteranti e rischi ambientali: uno studio ha stimato che l'uso intensivo di modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) può produrre emissioni annue comparabili al consumo di 35.000 abitazioni statunitensi.

³²² KPMG (2023), ESG Assurance: The need for trust and transparency in sustainability reporting.

³²³ OECD (2022), Artificial Intelligence in Business and Finance: Impacts, Challenges and Policy Considerations.

Questa evoluzione incrementa sensibilmente l'affidabilità della rendicontazione non finanziaria, contribuendo a rafforzare la fiducia degli stakeholder e ad allineare le pratiche aziendali agli standard normativi emergenti.

Non a caso, l'Unione Europea ha incluso esplicitamente i rischi ambientali e di consumo energetico dell'IA all'interno dell'AI Act (approvato nel 2024 e in attuazione dal 2025), introducendo obblighi di trasparenza sull'uso dei dati, sulla tracciabilità dei processi e sul monitoraggio delle emissioni generate dalle applicazioni di intelligenza artificiale.³²⁴ Negli Stati Uniti, l'Artificial Intelligence Environmental Impacts Act (2024) richiede già alle imprese tecnologiche di rendicontare pubblicamente consumi energetici e impronta di carbonio dei modelli AI, segnalando un allineamento internazionale verso pratiche di trasparenza ambientale.

In prospettiva, l'integrazione di auditing digitale e quality assurance rappresenta un passaggio chiave verso sistemi di reporting sempre più credibili, comparabili e utili non solo ai regolatori, ma anche agli investitori e alla collettività.

L'intelligenza artificiale generativa, in tal senso, si configura non solo come uno strumento operativo, ma come un vero e proprio abilitatore di innovazione, in grado di potenziare la governance della sostenibilità e di rafforzare il posizionamento strategico delle imprese in ottica ESG.

In definitiva, il ricorso all'IA generativa permette di ottimizzare l'efficienza dei processi, migliorare la qualità e la tracciabilità delle informazioni ESG e promuovere una narrazione aziendale maggiormente autentica, proattiva e orientata al lungo termine.

4.3.2 Passaporti digitali di sostenibilità (Digital Product Passport)

Il Digital Product Passport (DPP), introdotto nel quadro della strategia dell'Unione Europea per promuovere un'economia circolare, costituisce uno strumento innovativo volto a trasformare radicalmente le modalità di raccolta, condivisione e utilizzo delle informazioni sui prodotti lungo l'intera catena del valore.³²⁵

³²⁴ European Parliament (2023), AI and ESG: legal implications and risks in corporate reporting.

³²⁵ European Commission (2022), Sustainable Products Initiative – Regulation on Ecodesign for Sustainable Products (ESPR).

Previsto dal Regolamento Ecodesign for Sustainable Products (ESPR) e sostenuto da diverse iniziative della Commissione Europea, il DPP sarà obbligatorio, a partire dal 2026, per numerose categorie merceologiche.³²⁶

L'ESPR definisce il quadro normativo entro cui il passaporto digitale si inserisce, stabilendo i requisiti ecodesign e fissando criteri comuni per rendere i prodotti più durevoli, riparabili e riciclabili.³²⁷

In questo senso, il DPP non rappresenta soltanto un archivio digitale, ma diventa uno strumento operativo che garantisce la tracciabilità dei beni e ne facilita la gestione lungo tutto il ciclo di vita.

Il passaporto si configurerà come un insieme standardizzato di dati digitali accessibili a produttori, fornitori, distributori, consumatori e autorità competenti attraverso piattaforme interoperabili.³²⁸

Esso dovrà contenere informazioni fondamentali sulla composizione del prodotto e sull'origine delle materie prime, così da favorire la trasparenza delle filiere. Saranno inoltre riportate le istruzioni per il riuso, la riparazione e il riciclo, utili a guidare i consumatori e gli operatori nella gestione sostenibile dei beni, oltre alle certificazioni ambientali e di sicurezza eventualmente conseguite.

Un ruolo centrale sarà svolto anche dai dati relativi all'impronta di carbonio e ad altri indicatori ambientali significativi, come consumo energetico, emissioni e impatto idrico. Infine, il DPP conterrà le informazioni necessarie per attuare le politiche di responsabilità estesa del produttore, fornendo elementi utili per definire gli obblighi e le modalità di ritiro a fine vita dei prodotti.

Questo approccio mira a incentivare modelli di produzione e consumo più sostenibili, a facilitare la gestione del fine vita e a rafforzare l'attuazione delle politiche europee in

³²⁶ European Commission (2022), Proposal for a Regulation establishing a framework for setting ecodesign requirements.

³²⁷ Ellen MacArthur Foundation (2021), Digital Product Passport: The Key for Circular Economy.

³²⁸ European Environment Agency (2022), Digitalisation and the Environment.

materia di economia circolare, garantendo al tempo stesso un miglior accesso alle informazioni da parte di consumatori, autorità di controllo e investitori.

Per garantire l'affidabilità, l'integrità e l'aggiornamento continuo delle informazioni, l'impiego di tecnologie digitali abilitanti sarà cruciale.

In particolare, la Blockchain rappresenta una delle soluzioni più promettenti per assicurare la tracciabilità e la trasparenza dei dati, grazie alla sua struttura decentralizzata, immutabile e verificabile.

Esemplificativo è il caso della piattaforma IBM Food Trust, già operativa nel settore agroalimentare, che ha dimostrato l'efficacia della Blockchain nel rafforzare la sicurezza e la fiducia nella filiera produttiva.³²⁹

Parallelamente, l'applicazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) nei DPP consente l'analisi e l'elaborazione di grandi volumi di dati ambientali e comportamentali, contribuendo all'ottimizzazione delle metriche ESG e alla definizione di strategie di sostenibilità più efficaci e predittive.

Strumenti come TreeBlock One, basati sull'integrazione tra IA e ESG analytics, offrono un modello replicabile per l'automazione dei processi di gestione e reporting, riducendo i margini di errore e incrementando la tempestività delle valutazioni.³³⁰

Dal punto di vista implementativo, tuttavia, l'adozione di tali tecnologie richiede alle imprese un salto evolutivo non trascurabile.

In primo luogo, sarà necessario dotarsi di infrastrutture digitali avanzate, capaci di raccogliere, aggiornare e trasmettere dati in modo sicuro e continuo lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.

In secondo luogo, occorrerà integrare la Blockchain con i sistemi di IA all'interno dei processi aziendali, formando personale qualificato e ridefinendo le procedure interne per garantire l'allineamento tra tecnologie, governance e obiettivi ESG.

³²⁹ IBM (2020), IBM Food Trust: How blockchain can improve food traceability and safety.

³³⁰ McKinsey & Company (2022), How digital and AI can help achieve ESG goals.

Un ulteriore elemento cruciale riguarda l'interoperabilità: solo piattaforme in grado di dialogare tra loro, rispettando standard comuni e normative europee in via di definizione, potranno consentire un'adozione su larga scala dei DPP.³³¹

La crescente standardizzazione, unitamente alla spinta regolatoria, pone dunque la combinazione di Blockchain e IA al centro della transizione ecologica e digitale, rafforzando il ruolo dei DPP come strumenti di trasparenza, tracciabilità e sostenibilità per l'intero sistema produttivo europeo.

Infine, al di là degli obblighi normativi, l'introduzione del passaporto digitale di sostenibilità rappresenta una leva strategica per le imprese. Oltre a rafforzare la trasparenza e la reputazione ESG, il DPP potrà agevolare l'accesso a finanziamenti sostenibili, migliorare la compliance normativa e contribuire alla prevenzione del greenwashing, temi oggi centrali nel dialogo tra imprese, investitori e istituzioni.³³²

In tal modo, il DPP si configura non solo come uno strumento tecnico, ma come un catalizzatore dell'innovazione responsabile e della competitività sostenibile nel contesto della nuova governance europea.

4.3.3 Algoritmi ESG trasparenti e spiegabili (Explainable AI)

Uno dei nodi centrali per l'adozione efficace dell'intelligenza artificiale nei contesti ESG è rappresentato dalla trasparenza algoritmica.³³³

Gli algoritmi impiegati nell'analisi e valutazione dei criteri ESG influenzano in modo crescente le scelte strategiche aziendali, l'allocazione dei capitali, la rendicontazione non finanziaria e le valutazioni reputazionali.

Il machine learning (ML) si basa su algoritmi che apprendono da grandi quantità di dati per identificare schemi e formulare previsioni, senza essere esplicitamente programmati per ogni singolo compito.³³⁴

³³¹ Deloitte (2023), Digital Product Passports and the future of ESG data management.

³³² World Economic Forum (2022), Harnessing Technology for the Circular Economy.

³³³ Ground, A. (2024). Algorithmic Transparency and ESG Compliance. London School of Economics Press.

³³⁴ Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260.

Il deep learning (DL), che ne rappresenta un'evoluzione, utilizza reti neurali artificiali multilivello in grado di elaborare dati molto complessi, come immagini, testi e serie temporali, generando risultati con un alto livello di accuratezza.³³⁵ Tuttavia, proprio la complessità di questi modelli li rende spesso assimilabili a vere e proprie *black box*: sistemi che producono output precisi ma privi di spiegazioni immediate sul percorso logico seguito.

In altre parole, si conosce l'input e si osserva l'output, ma i passaggi intermedi rimangono opachi. Questo limite rappresenta una criticità rilevante in termini di accountability, fiducia degli stakeholder e compliance normativa, come sottolineato da Sætra (2022) e Weng (2025).^{336 337}

In tale contesto, la ricerca e l'applicazione della *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) si configurano come strumenti strategici per garantire trasparenza, tracciabilità e coerenza etica nell'impiego dell'IA per scopi ESG.³³⁸

La XAI comprende un insieme di tecniche volte a rendere interpretabili i modelli predittivi, mostrando – ad esempio attraverso mappe di calore, pesi delle variabili o regole semplificate – come e perché un algoritmo abbia prodotto una determinata decisione. L'obiettivo è fornire spiegazioni comprensibili non solo agli esperti tecnici, ma anche a manager, analisti ESG, revisori e autorità di vigilanza, così da colmare il divario tra complessità algoritmica e accountability operativa, e rafforzare la fiducia nell'utilizzo dell'IA in ambito sostenibilità.

Secondo Burnaev (2023), l'intelligibilità del processo decisionale è essenziale per individuare e correggere bias sistemici nei dati ESG, spesso derivanti da fonti eterogenee, non strutturate e soggette a soggettività interpretative.³³⁹

L'adozione di modelli spiegabili consente pertanto di rafforzare non solo l'efficacia analitica, ma anche la legittimità e l'accettabilità delle decisioni automatizzate, soprattutto

³³⁵ Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.

³³⁶ Sætra, H. S. (2022). A shallow defence of a technocracy of artificial intelligence: Examining the political harms of algorithmic governance.

³³⁷ Weng, Y. (2025). Ethics and Accountability in AI Systems. Stanford AI Policy Review.

³³⁸ Gunning, D., & Aha, D. (2019). DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program. AI Magazine, 40(2), 44–58.

³³⁹ Burnaev, E. (2023). Interpretable Machine Learning for Responsible AI. Skolkovo Institute of Science and Technology.

in ambiti come l'assegnazione di punteggi ESG, la valutazione della materialità e il monitoraggio di impatti ambientali e sociali.

Come evidenzia Ground (2024), la trasparenza algoritmica non rappresenta solo una misura di conformità normativa, ma un vero e proprio vantaggio competitivo.³⁴⁰ Le organizzazioni che riescono a documentare e comunicare in modo chiaro i criteri e i processi attraverso cui un algoritmo assegna una valutazione ESG, si pongono in una posizione favorevole nei confronti di investitori, enti regolatori e opinione pubblica. Inoltre, come indicato da Wyser (2024), l'utilizzo dell'IA spiegabile è cruciale per supportare le aziende nel raggiungimento degli obiettivi ESG, contribuendo alla diffusione di una cultura organizzativa più consapevole, responsabile e orientata all'impatto sociale e ambientale.³⁴¹

Le applicazioni concrete di XAI in ambito ESG si stanno diffondendo in diversi settori: dall'impiego di modelli interpretabili per classificare le performance ambientali e sociali delle imprese, alla costruzione di dashboard in grado di spiegare in tempo reale le logiche decisionali alla base di rating ESG.

Tecnologie come le feature attributions, le counterfactual explanations e i local surrogate models sono già utilizzate per aumentare la trasparenza e l'affidabilità delle valutazioni automatizzate.³⁴²

In particolare, le feature attributions consentono di identificare quali variabili abbiano inciso maggiormente su una decisione: ad esempio, chiarire se un rating ESG negativo sia stato determinato più dal livello di emissioni, dalla governance o da pratiche sociali insufficienti. Le counterfactual explanations, invece, permettono di mostrare scenari alternativi: rispondono a domande del tipo “cosa sarebbe successo se l'impresa avesse ridotto le emissioni del 20%?” fornendo indicazioni pratiche su come migliorare la valutazione.

I local surrogate models, infine, ricreano modelli semplificati che imitano il

³⁴⁰ Ground, A. (2024). Algorithmic Transparency and ESG Compliance.

³⁴¹ Wyser, C. (2024). XAI for Sustainable Corporate Strategies. *Journal of Sustainable Innovation*, 11(1), 67–89.

³⁴² Molnar, C. (2022). *Interpretable Machine Learning: A Guide for Making Black Box Models Explainable*.

comportamento di algoritmi complessi in casi specifici, permettendo di spiegare singole decisioni in modo intuitivo e accessibile anche a chi non ha competenze tecniche.

Tali pratiche si inseriscono in un paradigma più ampio di sostenibilità digitale, che implica l'adozione di tecnologie avanzate in modo etico, verificabile e allineato agli obiettivi di sviluppo sostenibile.

L'integrazione dell'Explainable AI negli strumenti ESG rappresenta dunque non solo una risposta alla crescente domanda di trasparenza da parte degli stakeholder, ma anche una condizione necessaria per promuovere una trasformazione digitale equa, inclusiva e orientata al bene comune.

4.4 Possibili sviluppi futuri della ricerca

La crescente sinergia tra tecnologia digitale e sostenibilità sta progressivamente ridefinendo le modalità attraverso cui le imprese affrontano le sfide ambientali, sociali e di governance (ESG), aprendo al contempo nuovi e cruciali orizzonti di ricerca. In un contesto caratterizzato da una trasformazione sistemica, diventa essenziale adottare un approccio interdisciplinare che integri competenze tecnologiche, normative, etiche e manageriali, al fine di generare modelli scalabili, inclusivi e resilienti, in grado di rispondere in modo efficace alla complessità della transizione sostenibile.

Una delle prospettive più rilevanti per l'evoluzione futura degli studi in ambito ESG è rappresentata dalla definizione di framework digitali standardizzati per la raccolta, gestione e comunicazione dei dati di sostenibilità.

L'attuale frammentazione metodologica e regolatoria ostacola l'interoperabilità e la confrontabilità delle informazioni, specialmente su scala transnazionale. La Direttiva (UE) 2022/2464 sulla rendicontazione societaria di sostenibilità costituisce un importante passo verso l'armonizzazione normativa, ma permane l'esigenza di sviluppare infrastrutture digitali capaci di integrare dati strutturati e non strutturati, provenienti da fonti eterogenee, garantendone al contempo l'affidabilità, la verificabilità e l'utilizzabilità a fini normativi.³⁴³

³⁴³ Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 (CSRD).

In questo scenario, l'Intelligenza Artificiale e la Blockchain emergono come strumenti tecnologici abilitanti: la prima consente l'automazione avanzata dei processi di analisi e reporting ESG, mentre la seconda offre garanzie di tracciabilità, immutabilità e trasparenza dei dati.³⁴⁴

Tuttavia, l'effettiva efficacia di tali tecnologie dipende dallo sviluppo di protocolli condivisi, standard semantici e algoritmici validati da organismi sovranazionali, che permettano una loro piena integrazione nei bilanci di sostenibilità e nei sistemi di audit ESG.

Parallelamente, è necessario focalizzare l'attenzione sul ruolo delle piccole e medie imprese (PMI), che costituiscono l'ossatura economica europea, e soprattutto italiana, ma che spesso incontrano ostacoli nell'adozione di soluzioni digitali per la rendicontazione di sostenibilità, a causa di limitazioni in termini di risorse, know-how e supporto infrastrutturale.³⁴⁵

In questo contesto, la ricerca futura dovrebbe concentrarsi sullo sviluppo di strumenti digitali su misura per le PMI, cioè soluzioni pensate per adattarsi alle loro caratteristiche specifiche: economicamente accessibili, semplici da implementare anche in assenza di strutture IT complesse, scalabili in base alle esigenze e orientate a generare valore pratico e reputazionale, oltre che a garantire la conformità normativa.

Tecnologie come il Digital Product Passport (DPP) e piattaforme blockchain rappresentano applicazioni concrete che possono aumentare la trasparenza delle filiere produttive, favorendo processi di accountability sostenibile anche in contesti a bassa digitalizzazione.³⁴⁶

A queste si affiancano strumenti di Intelligenza Artificiale semplificata, in grado di supportare le PMI nell'analisi predittiva dei rischi ESG e nella simulazione di scenari, fornendo indicazioni pratiche per decisioni strategiche più informate. L'obiettivo non è soltanto la conformità normativa, ma anche la creazione di un vantaggio competitivo: grazie a tali tecnologie, le PMI possono rafforzare la fiducia degli

³⁴⁴ Guerra, G. (2023), "L'Intelligenza Artificiale nella rendicontazione ESG", in *Economia & Management*.

³⁴⁵ OECD (2022), "SMEs and Sustainability in Europe".

³⁴⁶ European Commission (2022), "Digital Product Passport: Sustainable Products Initiative".

stakeholder, attrarre investitori sensibili ai criteri ESG e consolidare la propria posizione all'interno di filiere sempre più orientate alla sostenibilità.³⁴⁷

Ulteriori sviluppi potranno riguardare la modellizzazione di indicatori ESG specifici per settore, accompagnata dalla misurazione del ritorno economico degli investimenti in sostenibilità, così da fornire alle PMI strumenti concreti per valutare l'impatto delle proprie scelte e supportare decisioni strategiche basate su dati oggettivi.³⁴⁸

Parallelamente, i sistemi predittivi e l'analisi di scenario potranno svolgere un ruolo determinante, consentendo alle imprese di simulare l'impatto di politiche climatiche, oscillazioni dei mercati energetici o cambiamenti normativi, riducendo così l'incertezza e migliorando la resilienza organizzativa.

Non meno rilevante sarà l'evoluzione verso architetture “ESG by design”, ossia sistemi intelligenti concepiti sin dalla fase di progettazione per integrare criteri ambientali, sociali e di governance nei propri meccanismi operativi.

In altre parole, non si tratta di aggiungere controlli ESG a posteriori, ma di costruire piattaforme e processi digitali che abbiano la sostenibilità come principio fondante. Questo approccio garantisce trasparenza e tracciabilità dei dati, favorisce pratiche eque e inclusive, e introduce meccanismi di accountability verificabili in tempo reale. Attraverso funzioni integrate di audit etico e la possibilità di supervisione indipendente, gli strumenti “ESG by design” permettono di prevenire fenomeni come il greenwashing, rafforzando la fiducia degli stakeholder e assicurando che ogni scelta tecnologica o organizzativa sia coerente con i valori di sostenibilità.

Infine, particolare attenzione merita il possibile impiego della blockchain nei contesti a bassa digitalizzazione, con riferimento ai settori agricolo-alimentare, manifatturiero e delle economie emergenti.

³⁴⁷ EY (2023), “How digital can help SMEs achieve ESG goals”, EY Insights.

³⁴⁸ IFRS Foundation (2023), “ISSB – Climate-related Disclosures”.

Esperienze già condotte da IBM, Walmart e Unilever hanno dimostrato l'efficacia di tale tecnologia nel certificare l'origine dei prodotti, garantire la sostenibilità dei processi produttivi e tutelare i diritti lungo la filiera.³⁴⁹

La piena diffusione di queste soluzioni richiede però un adattamento tecnologico e organizzativo che tenga conto delle specificità locali e delle limitazioni infrastrutturali, esplorando la possibilità di architetture ibride o decentralizzate parzialmente, in grado di coniugare sicurezza e sostenibilità riducendo al minimo l'impatto ambientale legato ai consumi energetici.

In definitiva, la convergenza tra innovazione tecnologica e principi ESG apre a scenari di ricerca ampi e multidimensionali.

L'integrazione di blockchain e pratiche sostenibili non può essere affrontata da un solo attore: il contributo della comunità scientifica, delle istituzioni pubbliche e del settore privato appare decisivo per trasformare tali tecnologie in leve concrete di inclusione sociale, resilienza economica e sostenibilità ambientale, costruendo un futuro equo, digitale e sostenibile.³⁵⁰

4.5 Conclusioni

L'integrazione delle tecnologie emergenti, in particolare Blockchain e Intelligenza Artificiale (IA), nei processi di rendicontazione ESG rappresenta un vero e proprio cambio di paradigma nella governance della sostenibilità aziendale. L'evoluzione normativa e il crescente interesse degli stakeholder nei confronti della trasparenza e della responsabilità sociale impongono un aggiornamento strutturale delle modalità con cui le imprese raccolgono, validano e comunicano le proprie performance non finanziarie.³⁵¹

L'analisi dei casi studio e delle fonti esaminate conferma che queste tecnologie, se implementate con coerenza strategica e nel rispetto di criteri etici, non solo migliorano

³⁴⁹ IBM (2020), *"IBM Food Trust Blockchain Initiative"*; Unilever (2021), *"Sustainability & Supply Chain Transparency Report"*.

³⁵⁰ World Economic Forum (2022), *"Digital Transformation for Long-Term Sustainability"*.

³⁵¹ European Commission (2022), Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – Direttiva (UE) 2022/2464.

l'affidabilità e la tempestività dei dati, ma consentono una riconfigurazione della rendicontazione da mero obbligo regolamentare a leva di competitività e creazione di valore sostenibile.³⁵²

In tale contesto, la Blockchain si configura come un'infrastruttura abilitante per garantire tracciabilità, immutabilità e verificabilità dei dati ESG, aspetti fondamentali in un contesto normativo sempre più stringente e in un mercato che richiede accountability integrata.³⁵³

Esperienze come quelle di IBM Food Trust, SAP e Unilever, così come le soluzioni implementate nei settori agri-food e retail, evidenziano come la tecnologia distributed ledger possa aumentare la fiducia degli stakeholder, rafforzare la resilienza delle filiere produttive e ridurre il rischio di greenwashing grazie a meccanismi di certificazione digitale end-to-end.³⁵⁴

La blockchain si conferma pertanto un asset strategico per la sostenibilità operativa, oltre che un presidio di integrità informativa.

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale si sta affermando come strumento imprescindibile per la gestione e l'interpretazione di dati ESG in tempo reale. Soluzioni evolute come TreeBlock One, i sistemi di Intellico, e i modelli di AI-based sustainability scoring consentono non solo l'aggregazione automatizzata di informazioni eterogenee, ma anche l'identificazione di pattern, la generazione di scenari previsionali e il supporto alle decisioni strategiche in ottica ESG.³⁵⁵ L'adozione dell'IA nella rendicontazione ESG favorisce così un approccio data-driven, olistico e dinamico, contribuendo alla costruzione di una cultura aziendale orientata alla misurabilità e alla responsabilità.

Tuttavia, il percorso verso una digitalizzazione realmente sostenibile non è privo di criticità. Permangono rischi legati all'opacità degli algoritmi, alla replicazione di bias

³⁵² Eccles, R. G., Krzus, M. P. (2018), The Nordic model: An analysis of leading practices in ESG disclosure.

³⁵³ Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016), Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world.

³⁵⁴ World Economic Forum (2020), Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit.

³⁵⁵ PwC (2022), AI in ESG Reporting: From Data to Decision-Making.

sistemici e alla mancanza di standard di supervisione etica delle tecnologie.³⁵⁶ In linea con quanto sostenuto da Witzel (2023), è imprescindibile adottare un approccio di governance che applichi i principi ESG non solo agli output generati, ma anche ai processi tecnologici stessi.

In questo senso, la definizione di framework normativi specifici e di protocolli per l'AI ESG-compliant rappresenta una condizione necessaria per evitare derive tecnocratiche e assicurare un impatto realmente positivo e inclusivo.³⁵⁷

Sul piano normativo, l'adozione della Direttiva (UE) 2022/2464 (CSRD) ha segnato una svolta nella regolazione della rendicontazione di sostenibilità, introducendo l'obbligo per un numero crescente di imprese di comunicare le proprie performance ESG secondo criteri standardizzati e digitalmente fruibili.³⁵⁸

Tale direttiva, insieme al pacchetto normativo europeo sulla finanza sostenibile, rappresenta una chiara spinta verso la convergenza tra sostenibilità, innovazione e compliance, imponendo alle aziende di investire in soluzioni affidabili, scalabili e conformi ai requisiti di trasparenza e responsabilità.³⁵⁹

In sintesi, le imprese che stanno adottando con successo Blockchain e Intelligenza Artificiale nei propri processi ESG offrono modelli virtuosi e replicabili di innovazione responsabile.

Queste tecnologie non si limitano a digitalizzare flussi informativi, ma agiscono come catalizzatori di un nuovo modello d'impresa: trasparente, interconnesso e orientato al valore condiviso.³⁶⁰

Le prospettive future delineano un orizzonte di sostenibilità digitale integrata, fondata su algoritmi etici, architetture decentralizzate trasparenti e una governance evoluta capace di coniugare performance economica e impatto socio-ambientale.

³⁵⁶ Witzel, M. (2023), Ethics and governance in artificial intelligence applications.

³⁵⁷ Sætra, H. S. (2022), A framework for AI and sustainability: Ensuring ethical alignment.

³⁵⁸ European Commission (2022), CSRD Directive – già indicata anche sopra, ma può essere ripetuta.

³⁵⁹ KPMG (2023), ESG Reporting in the Digital Era.

³⁶⁰ Porter, M.E. & Kramer, M.R. (2011), Creating Shared Value, Harvard Business Review.

La sfida sarà rendere tali strumenti accessibili anche alle piccole e medie imprese, superando le barriere infrastrutturali, cognitive e regolamentari, e promuovendo una transizione digitale equa, inclusiva e resiliente.

Solo attraverso un ecosistema normativo, tecnologico e culturale coerente sarà possibile attuare una trasformazione realmente sistemica, in grado di conciliare innovazione e sostenibilità per il benessere collettivo.³⁶¹

³⁶¹ OECD (2021), Digital Transformation and Sustainability.

Conclusioni Finali

Il percorso sviluppato in questa tesi ha consentito di analizzare in profondità il ruolo delle tecnologie emergenti, in particolare Blockchain e Intelligenza Artificiale, nella trasformazione della rendicontazione ESG.³⁶²

L'indagine ha intrecciato il quadro normativo europeo – con particolare riferimento alla CSRD e agli ESRS – le esigenze di trasparenza poste dagli stakeholder, le sfide operative riscontrate dalle imprese e le applicazioni concrete di queste tecnologie nei processi aziendali.

Sin dall'inizio è emerso un punto centrale: la sostenibilità non costituisce più un'opzione, ma un imperativo strategico per imprese e istituzioni.

Non è sufficiente comunicare genericamente l'impegno verso obiettivi ambientali e sociali, ma occorre dimostrarlo attraverso dati attendibili, verificabili e accessibili.

In questa prospettiva, la Blockchain rappresenta uno strumento essenziale per garantire trasparenza, tracciabilità e fiducia, riducendo il rischio di greenwashing e rafforzando la credibilità delle informazioni diffuse.³⁶³

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale si configura come un elemento operativo in grado di raccogliere e analizzare grandi moli di dati, anticipare rischi e generare simulazioni predittive a supporto delle decisioni strategiche.³⁶⁴

Il massimo potenziale emerge dalla loro integrazione: la sinergia tra decentralizzazione e capacità analitica consente di immaginare un modello di governance sostenibile in cui la rendicontazione non sia più un mero adempimento regolamentare, ma diventi un vero e proprio strumento di creazione di valore condiviso.

³⁶² Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain revolution.

³⁶³ World Economic Forum (2020). Redesigning trust: Blockchain deployment toolkit.

³⁶⁴ Vinuesa, R. et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals, Nature Communications.

In questo quadro, la trasparenza si trasforma in un asset competitivo, l'efficienza non è soltanto riduzione dei costi ma anche miglioramento della resilienza, e la sostenibilità evolve da etichetta comunicativa a leva strategica radicata nei processi aziendali.

Tuttavia, l'analisi ha mostrato come le barriere economiche, normative e culturali rappresentino ostacoli significativi alla diffusione di queste soluzioni. Le piccole e medie imprese, in particolare, si trovano in una posizione di svantaggio a causa di risorse limitate e di una minore capacità di investimento in strumenti digitali avanzati.

È proprio in questo contesto che gli esempi aziendali analizzati, come Walmart, IBM, Nestlé e Unilver, dimostrano come l'adozione di Blockchain e IA possa concretamente migliorare la gestione della catena del valore, la tracciabilità delle forniture e la qualità delle informazioni ESG, fungendo da riferimento per le imprese che intendono intraprendere percorsi analoghi.

Da questa analisi emerge che la tecnologia, da sola, non è sufficiente. È necessario un approccio sistemico che preveda investimenti in formazione e competenze digitali, infrastrutture condivise, standard interoperabili e regole etiche chiare che guidino l'adozione responsabile di Blockchain e IA.

La transizione sostenibile richiede quindi una regia politica lungimirante, capace di accompagnare le imprese, in particolare quelle di dimensioni ridotte, lungo un percorso inclusivo e graduale.

Dal punto di vista metodologico, la ricerca si è fondata sull'analisi di fonti normative, studi accademici e report aziendali, arricchita dall'esame di casi concreti (Walmart, IBM, Nestlé e Unilever).

Questi esempi hanno una funzione illustrativa e non rappresentano l'intera gamma di pratiche possibili: i risultati vanno quindi interpretati tenendo conto dei limiti legati al carattere qualitativo e non esaustivo dei casi selezionati, nonché delle specifiche condizioni di contesto in cui si sono sviluppati.

Questa tesi non ambisce a fornire risposte definitive a un tema in costante evoluzione, ma intende tracciare un percorso di riflessione critica e costruttiva.

Restano aperti interrogativi che interrogano il futuro stesso della sostenibilità: come rendere queste soluzioni accessibili anche alle piccole imprese, come coniugare innovazione e inclusività, come garantire che la potenza dell'algoritmo non prevalga sull'etica e sull'umanità.

Sono domande che non chiudono, ma spalancano nuove prospettive, alimentando la necessità di ulteriori ricerche, confronti e sperimentazioni.

Le imprese che sapranno affrontare queste sfide con coraggio e lungimiranza non saranno semplici protagonisti del mercato, ma veri e propri attori di un cambiamento culturale.

Esse avranno la possibilità di incidere sulla qualità della vita delle persone, di consolidare la fiducia delle comunità e di contribuire alla costruzione di un modello di sviluppo più equo, resiliente e rispettoso dell'ambiente.

Il futuro della rendicontazione ESG e delle tecnologie che la plasmano non riguarda soltanto bilanci, norme o procedure.

Esso chiama in causa la capacità di ripensare il legame profondo tra impresa, società e pianeta.

In questa prospettiva, la sostenibilità cessa di essere un obbligo e si eleva a scelta di civiltà: un impegno collettivo che trascende il breve termine e guarda al destino delle generazioni future.

Così, ciò che oggi appare come una sfida complessa può trasformarsi in una straordinaria opportunità: quella di lasciare un'impronta concreta e positiva nella storia economica e sociale, contribuendo a disegnare un futuro in cui progresso e responsabilità non siano in conflitto, ma parti inseparabili di un medesimo orizzonte.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Doppelt, B. (2017), Leading Change toward Sustainability, Routledge.
- Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2018). The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure.
- Global Reporting Initiative (GRI) (2021); Sustainability Accounting Standards Board (SASB) (2021).
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. Penguin.
- Bughin, J., & van Zeebroeck, N. (2018). Artificial Intelligence: Why a Digital Base Is Critical.
- IBM (2020). IBM Food Trust: Using Blockchain to Improve Food Safety and Traceability. IBM White Paper.
- Walmart (2023). ESG Report.
- Nestlé (2023). Creating Shared Value and Sustainability Report.
- Unilever (2023). Compass Sustainability Progress Report.
- Crivellaro, M. V. (2012). Sostenibilità e rischio di greenwashing.
- Borri, M. C. (2024). La sostenibilità e il mercato dei capitali. Milano: AIFO.
- europea, C. (2001, 07 18). Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese.
- CNDCEC. (2024). Sostenibilità, governance e finanza.
- Parlamento Europeo. Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa, 19 maggio 2021.
- Direttiva (UE) 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 (CSRD).
- Randazzo, R. (2024). Corporate governance della sostenibilità. Legance.
- Adewale, T. (2024, 12). Integrazione dei criteri ESG nella gestione del portafoglio basata sull'intelligenza artificiale.
- Padini, B. (2023). ESG Ratings and Impact Measurement: The Limits of European Regulations. Milano: Politecnico di Milano.
- Compact, G. (s.d.). Che cosa è il Global Compact delle Nazioni Unite?

- Burnaev, E. (2023, 06 15). Casi pratici di intelligenza artificiale per risolvere le sfide ESG.
- Rose-Collins, F. (2024). Il ruolo dell'intelligenza artificiale nella rendicontazione dei dati ESG.
- Parlamento Europeo. (2021, 05 19). Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa.
- Intellico (2024), AI e sostenibilità: il ruolo dell'Intelligenza Artificiale negli ESG.
- ESG360 (2025), Digital Product Passport (DPP), disponibile su: esg360.it
- Compact, G., "Che cosa è il Global Compact delle Nazioni Unite?".
- europeo, P., "Una transizione giusta e verde per tutte le regioni d'Europa", Parlamento europeo, 19 maggio 2021
- Cfr. europeo, C., "Via libera definitivo del Consiglio alla direttiva relativa alla comunicazione societaria sulla sostenibilità", 28 novembre 2022
- ItaliaInTesta, "La blockchain nel settore alimentare: tracciabilità, sicurezza e sostenibilità", 26 marzo 2024
- Witzel, M. (2023). Rischio correlato all'intelligenza artificiale: i vantaggi di un approccio alla supervisione basato sui fattori ESG.
- Scialanga, L. (2020). TRACCIABILITÀ E BLOCKCHAIN PER LA COMUNICAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ. Roma: LUISS Guido Carli.
- Paola, B. (2025). La sostenibilità, ESG, Impact Investing e Filantropia Strategica. Milano: AIFO.
- Bellini (2022, 09 28). Blockchain: perché è così importante.
- Wyser. (2024, 05 30). Obiettivi ESG: in che modo l'IA può aiutare le aziende a raggiungerli.
- ESG360, R. (2025, 02 11). Digital Product Passport (DPP), come garantire e comunicare tracciabilità e sostenibilità.
- Italia ESG, "Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede", 1° febbraio 2024.
- AIFO Academy, Finanza sostenibile: ESG ed SRI, Milano, 2019.
- ESG360, R. (2023, 10 23). "Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento".

- Italia, E. (2024, 02 01). Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede.
- CONSOB. (2018, 03). Il piano di azione per la finanza sostenibile.
- Europea, C. (2022, 03 30). Proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio.
- Global Reporting Initiative, GRI Standards.
- ESG360, R. (2023). Tecnologie per la rendicontazione di sostenibilità: sette punti di riferimento. ESG360.
- Bellini (2022). ESG e banking: il digitale al servizio di misurazione e rendicontazione. Network360.
- Ground, J. (2024). L'ascesa dell'IA e dell'ESG. Capital Group.
- AIFO Academy. (2019). Finanza sostenibile: ESG ed SRI. Milano.
- ESGNews, TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale, 9 ottobre 2024.
- Adewale, T. (2024) – Integration of ESG Criteria into AI-Based Portfolio Management.
- ESGNews. (2024, 10 9). TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale.
- ESG Italia, Corporate Sustainability Reporting Directive: cos'è e cosa prevede, 1° febbraio 2024.
- europea, C. (2001, 18 luglio). Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese.
- Bilanciarsi. (2025). Blockchain e Sostenibilità: un nuovo orizzonte.
- TreeBlock (2023). TreeBlock One: AI-powered ESG Intelligence Platform.
- Intellico (2023). Driving ESG Compliance with Predictive Analytics.
- Antonopoulos A. M., Mastering Bitcoin, O'Reilly Media, 2015.
- Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S., Bitcoin and Cryptocurrency Technologies, Princeton University Press, 2016.
- Mougayar W., The Business Blockchain, Wiley, 2016.
- Buterin V., Ethereum white paper, 2014

- Buterin V., Proof of Stake: How I Learned to Love Weak Subjectivity, Ethereum Foundation, 2020.
- World Economic Forum, Building Value with Blockchain Technology, 2021.
- Gazzola, P., Grechi, D., & Papetti, A. (2022). La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità. FrancoAngeli.
- Pieroni, M. P. P., de Souza, J. T., & McAloone, T. C. (2021). The role of blockchain technology in the transition to circular economy: A systematic review of current research and future directions. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 872-896.
- ICE Agenzia. (2023). TrackIT Blockchain: la tecnologia al servizio dell'autenticità e sostenibilità del Made in Italy.
- Wognum, N., Bremmers, H., Trienekens, J., van der Vorst, J., & Bloemhof, J. (2020). Blockchain applications in agri-food supply chains: State-of-the-art and challenges. *Sustainability*, 12(17), 7209.
- D'Adamo, I., & Lupi, G. (2023). Carbon Credit e Blockchain: un'alleanza per la decarbonizzazione trasparente. *Rivista di Studi sulla Sostenibilità*, 1/2023.
- IEA – International Energy Agency. (2022). Blockchain technology and renewables: unlocking a decentralized energy future.
- Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W., & Barberis, J. N. (2018). The Distributed Liability of Distributed Ledgers: Legal Risks of Blockchain. *University of Illinois Law Review*.
- EU Blockchain Observatory and Forum, Blockchain for the SDG, European Commission, 2021.
- European Commission, Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), 2022.
- World Economic Forum, Building Block(chain)s for a Better Planet, 2018.
- OECD, Blockchain Technologies and Corporate Governance, 2021.
- United Nations Global Compact, Ten Principles of the UN Global Compact, 2020.
- GRI & SASB, A Practical Guide to ESG Reporting using Blockchain, 2021.
- OECD (2023), Artificial Intelligence in Business Sustainability Reporting, OECD Publishing.

- IFAC – CPA Canada (2022), The Role of Accountants in Sustainable Decision Making, IFAC Publications.
- European Commission (2023), Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD): Overview and Implementation, Bruxelles.
- World Economic Forum (2023), AI for ESG Transparency: Opportunities and Challenges, Geneva.
- BCG (2022), AI-Driven Risk Management in ESG Contexts, Boston Consulting Group.
- GRI – SASB (2021), A Practical Guide to Sustainability Reporting Standards, GRI Publications.
- Porter, M.E., & Kramer, M.R. (2011), Creating Shared Value, Harvard Business Review, January–February.
- Buonocore, F. (2023), Sostenibilità e IA: come cambia la governance aziendale, Harvard Business Review Italia.
- IBM Institute for Business Value (2022), AI and ESG: Using AI to unlock sustainability performance, IBM.
- World Economic Forum (2023), Harnessing AI for the Planet, Insight Report.
- European Commission (2023), Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD overview and implementation.
- Gartner (2023), Market Guide for Natural Language Generation Platforms.
- Russell, S. & Norvig, P. (2022), Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education.
- Deloitte (2022), AI for Sustainability Reporting: From compliance to performance, Deloitte Insights.
- EY (2023), How AI is transforming ESG reporting, Ernst & Young Global.
- Zollo, L. (2022). Greenwashing: strategie, rischi e strumenti di contrasto. FrancoAngeli.
- OECD (2022). Artificial Intelligence in Business and Finance. OECD Publishing.
- E&Y (2021). AI for ESG reporting and greenwashing detection. Ernst & Young Global.
- World Economic Forum (2022). Harnessing AI for ESG Transparency. Insight Report.

- IBM Institute for Business Value (2023). How AI and NLP strengthen ESG compliance. IBM Corporation.
- Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion Mining and Sentiment Analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval*.
- Wang, Y., Han, J., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62–84.
- KPMG (2023), ESG Assurance: The need for trust and transparency in sustainability reporting.
- OECD (2022). Artificial Intelligence in Business and Finance: Impacts, Challenges and Policy Considerations.
- IBM (2021). Food Trust: Building transparency in the food supply chain with blockchain technology.
- Global Compact (2018). A Guide to Traceability: A Practical Approach to Advance Sustainability in Global Supply Chains.
- World Economic Forum (2020). Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit.
- EU Blockchain Observatory and Forum (2020), Blockchain for Government and Public Services.
- World Economic Forum, Harnessing Technology for Sustainability Reporting, 2022.
- OECD, Digitalisation and sustainability reporting, 2021.
- European Commission, Blockchain for Supply Chains and Sustainability, 2020.
- EY, How AI can transform sustainability reporting, 2022.
- IFAC, The State of Play in Reporting and Assurance of Sustainability Information, 2022.
- Global Reporting Initiative (GRI), GRI Standards 2021.
- WEF (2022), Harnessing Technology for the ESG Transition; European Commission (2021), Proposal for a CSRD.
- IBM Institute for Business Value (2022); EY (2023); OECD (2023).
- Porter & Kramer (2011); Eccles & Krzus (2018).

- OECD (2021), The Digital Transformation of SMEs; European Commission (2020), SME Strategy.
- OECD (2022), Artificial Intelligence in Business and Finance.
- OECD (2021), The Digital Transformation of SMEs.
- EFRAG (2023), Draft European Sustainability Reporting Standards (ESRS).
- Narayanan et al. (2016), Bitcoin and Cryptocurrency Technologies;
- Eccles, R.G. & Krzus, M.P. (2018), The Nordic Model.
- European Commission (2022), Sustainable Products Initiative – Digital Product Passport, Brussels.
- Weng (2025), AI and Blockchain for ESG Performance; DeMatteo (2023), Smart Reporting: Blockchain e Intelligenza Artificiale nella rendicontazione industriale.
- DeMatteo, F. (2023), Smart Reporting: Blockchain e Intelligenza Artificiale nella rendicontazione industriale, FrancoAngeli.
- Russell & Norvig (2022), Artificial Intelligence: A Modern Approach.
- OECD (2023), Artificial Intelligence in Business Sustainability Reporting.
- ESGNews (2024), TreeBlock One: il software che ridefinisce la gestione ESG con l'intelligenza artificiale.
- Deloitte (2021), Sustainability Reporting – From Periodic to Real-Time.
- World Economic Forum (2022), Harnessing Technology for Sustainability Reporting.
- KPMG (2022), The Future of ESG Reporting.
- BCG (2023), ESG Transparency and Stakeholder Trust.
- PwC (2023), AI for ESG: Automating Non-Financial Reporting.
- European Commission (2022), Blockchain for Sustainable Finance: Use Cases and Impacts.
- EY (2021), Reimagining ESG Reporting through Digital Transformation.
- Regolamento (UE) 2016/679 (GDPR).
- Garante per la Protezione dei Dati Personali, "Privacy by design e by default", Linee guida 2020.
- Direttiva (UE) 2022/2555 (NIS2).

- Gazzola, P., Grechi, D., & Papetti, A. (2022). La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità.
- European Data Protection Board (EDPB), "Linee guida su Blockchain e protezione dei dati", 2021.
- Finck M., "Blockchain and the General Data Protection Regulation", European Parliament, 2019.
- Bolognini L. (2018). Algoritmi, Blockchain e GDPR, Rubbettino.
- Eccles & Krzus (2018), The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure.
- DAMA International, "Data Management Body of Knowledge (DMBOK)", 2017.
- Dehghani, Z. (2022). "Data Mesh: Delivering Data-Driven Value at Scale", O'Reilly.
- McKinsey & Company, "The Data-Driven Enterprise of 2025", 2022.
- Doppelt (2017), Leading Change toward Sustainability.
- Kotter, J.P. (1996). Leading Change. Harvard Business School Press.
- Kiron, D., & Unruh, G. (2022). "Data-Driven Sustainability". MIT Sloan Management Review.
- Kotter, J. P. (1996). Leading Change. Harvard Business School Press.
- OECD (2022). Artificial Intelligence in Business and Finance: The Role of ESG Data.
- Hiatt, J. (2006). ADKAR: A Model for Change in Business, Government and Our Community.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation.
- Unioncamere (2023), Rapporto Excelsior: Competenze richieste e mismatch nel mercato del lavoro.
- DESI – Digital Economy and Society Index (2023), Connectivity Report – Italy.
- Direttiva 2014/95/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 22 ottobre 2014 (NFRD)
- European Commission (2023), Corporate Sustainability Reporting Directive: Overview and Implementation

- Gazzola, Grechi & Papetti (2022), La blockchain come strumento per l'innovazione della rendicontazione di sostenibilità
- Floridi (2021), Ethics, Governance, and AI in ESG contexts
- World Economic Forum (2021) Blockchain Beyond the Hype; IBM (2020) Food Trust White Paper.
- United Nations (2015), “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”
- OECD (2022) Artificial Intelligence in Business and Finance; Ground (2024) Artificial Intelligence and ESG.
- KPMG (2023), ESG Reporting – Getting the basics right, KPMG Insights.
- Capriotti, P. (2023), L'evoluzione digitale della sostenibilità: Blockchain e IA al servizio dell'ESG, in Economia e Management Digitale.
- BM (2022), Food Trust: Building trust in the food supply with blockchain.
- Freeman, R.E. et al. (2020), Stakeholder Theory – The State of the Art.
- European Commission (2023), Digital Product Passport: advancing circular economy through data transparency.
- IBM Blockchain Platform – Hyperledger Fabric Overview (2021).
- Kamath, R. (2018), “Food Traceability on Blockchain: Walmart’s Pork and Mango Pilots with IBM”, The Journal of the British Blockchain Association.
- FDA (2019), “FDA investigates E. coli outbreak linked to romaine lettuce”, U.S. Food and Drug Administration.
- IBM Blockchain (2021), “Building trusted food ecosystems with IBM Blockchain”.
- Linux Foundation (2020), “Hyperledger Fabric Documentation”.
- World Economic Forum (2019), “Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains: Part 2”.
- FAO (2021), “Blockchain for agriculture: Opportunities and challenges”, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gazzola, P., Amelio, S., Grechi, D. (2020), “Blockchain and Corporate Social Responsibility: The Transparency Opportunity for Sustainability”, Sustainability, 12(19).

- Capgemini Research Institute (2020), “Consumer Products and Retail: How sustainability is fundamentally changing consumer preferences”.
- European Commission (2022), “Proposal for a Directive on Corporate Sustainability Due Diligence”.
- WBCSD (2021), “Digital Solutions in Sustainability Reporting”, World Business Council for Sustainable Development.
- World Economic Forum, Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit, 2020.
- WWF, Living Planet Report, 2020.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), Blockchain for Sustainable and Inclusive Supply Chains, 2020.
- European Commission, Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – Overview, 2022.
- European Commission, Communication on Corporate Social Responsibility, 2011.
- GRI & SASB, A Practical Guide to Sustainability Reporting Using GRI and SASB Standards, 2021.
- Deloitte, “AI & Blockchain: The Future of ESG Reporting”, 2023.
- KPMG, “ESG Reporting and Technology Integration”, 2022.
- World Economic Forum, “Harnessing AI for the Earth”, 2020.
- OECD, “AI in the Green Transition”, 2021.
- European Commission, “Blockchain for Sustainable and Inclusive Finance”, 2022.
- Consob, “Rapporto sulla rendicontazione non finanziaria”, 2022.
- Direttiva UE 2022/2464 (CSRD).
- Global Reporting Initiative (GRI), “Universal Standards 2021”.
- E&Y, “ESG Reporting Automation Tools”, 2022.
- PwC, “The ESG Tech Transformation”, 2023.
- EY (2023), How AI is transforming ESG reporting.
- Deloitte (2022), AI for Sustainability Reporting: From compliance to performance.
- Ground, A. (2024), Artificial Intelligence and ESG: Reshaping Sustainable Reporting, Cambridge University Press.

- Kotsantonis, S., Pinney, C., & Serafeim, G. (2016), ESG Integration in Investment Management: Myths and Realities, *Journal of Applied Corporate Finance*.
- Serafeim, G. (2020), How to Build Enduring Commitment to Long-term Goals, *Harvard Business Review*.
- Eccles, R.G., & Klimenko, S. (2019), The Investor Revolution, *Harvard Business Review*.
- European Parliament (2023), AI and ESG: legal implications and risks in corporate reporting.
- European Commission (2022), Sustainable Products Initiative – Regulation on Ecodesign for Sustainable Products (ESPR).
- European Commission (2022), Proposal for a Regulation establishing a framework for setting ecodesign requirements.
- Ellen MacArthur Foundation (2021), Digital Product Passport: The Key for Circular Economy.
- European Environment Agency (2022), Digitalisation and the Environment.
- McKinsey & Company (2022), How digital and AI can help achieve ESG goals.
- Deloitte (2023), Digital Product Passports and the future of ESG data management.
- World Economic Forum (2022), Harnessing Technology for the Circular Economy.
- Ground, A. (2024). Algorithmic Transparency and ESG Compliance. London School of Economics Press.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Sætra, H. S. (2022). A shallow defence of a technocracy of artificial intelligence: Examining the political harms of algorithmic governance.
- Weng, Y. (2025). Ethics and Accountability in AI Systems. *Stanford AI Policy Review*.
- Gunning, D., & Aha, D. (2019). DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program. *AI Magazine*, 40(2), 44–58.
- Burnaev, E. (2023). Interpretable Machine Learning for Responsible AI. Skolkovo Institute of Science and Technology.

- Ground, A. (2024). Algorithmic Transparency and ESG Compliance.
- Wyser, C. (2024). XAI for Sustainable Corporate Strategies. *Journal of Sustainable Innovation*, 11(1), 67–89.
- Molnar, C. (2022). *Interpretable Machine Learning: A Guide for Making Black Box Models Explainable*.
- Guerra, G. (2023), “L’Intelligenza Artificiale nella rendicontazione ESG”, in *Economia & Management*.
- OECD (2022), “SMEs and Sustainability in Europe”.
- European Commission (2022), “Digital Product Passport: Sustainable Products Initiative”.
- EY (2023), “How digital can help SMEs achieve ESG goals”, EY Insights.
- IFRS Foundation (2023), “ISSB – Climate-related Disclosures”.
- World Economic Forum (2022), “Digital Transformation for Long-Term Sustainability”.
- Eccles, R. G., Krzus, M. P. (2018), *The Nordic model: An analysis of leading practices in ESG disclosure*.
- PwC (2022), *AI in ESG Reporting: From Data to Decision-Making*.
- Witzel, M. (2023), *Ethics and governance in artificial intelligence applications*.
- Sætra, H. S. (2022), *A framework for AI and sustainability: Ensuring ethical alignment*.
- European Commission (2022), *CSRD Directive* – già indicata anche sopra, ma può essere ripetuta.
- KPMG (2023), *ESG Reporting in the Digital Era*.
- Porter, M.E. & Kramer, M.R. (2011), *Creating Shared Value*, Harvard Business Review.
- OECD (2021), *Digital Transformation and Sustainability*.
- Vinuesa, R. et al. (2020). *The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*, Nature Communications.