



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI**  
**"M. FANNO"**

**CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA**

**PROVA FINALE**

**"INDUSTRIA 4.0 E SOSTENIBILITA'. IL CASO ITALIANO"**

**RELATORE:**

**PROF. ROBERTO GANAU**

**LAUREANDA: GIULIA VENDRAMINELLI**

**MATRICOLA N. 1188383**

**ANNO ACCADEMICO 2020 – 2021**

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. LE DUE GRANDI TENDENZE DEL NUOVO MILLENNIO</b> .....	<b>4</b>
1.1    INDUSTRIA 4.0 .....	5
1.1.1    TECNOLOGIE ABILITANTI .....	5
1.2    RELAZIONE UOMO-AMBIENTE.....	8
1.2.1    SVILUPPO SOSTENIBILE .....	11
<b>2. INDUSTRIA 4.0 E SVILUPPO SOSTENIBILE: SINERGIE POSITIVE</b> .....	<b>13</b>
2.1    DIMENSIONE ECONOMICA .....	13
2.2    DIMENSIONE SOCIALE.....	16
2.3    DIMENSIONE AMBIENTALE .....	19
<b>3. SCENARIO ITALIANO</b> .....	<b>24</b>
3.1    STRATEGIA ITALIANA PER L'INDUSTRIA 4.0 .....	25
3.2    IMPRESE ITALIANE E 4.0.....	27
3.2.1    DIFFICOLTA' NEL PROCESSO DI TRANSIZIONE.....	29
3.3    IMPRESE ITALIANE E SOSTENIBILITA' .....	31
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>37</b>

## INTRODUZIONE

Lo sfruttamento dell'ambiente per fini produttivi è sempre avvenuto ma è stato particolarmente accentuato dai processi di industrializzazione degli ultimi secoli che hanno trasformato radicalmente le strutture economiche e sociali attraverso le rivoluzioni industriali. Queste hanno indubbiamente migliorato il benessere della società ma hanno anche introdotto modelli di crescita lineari, basati sulla produzione di massa e sul consumo slegato da effettivi bisogni. Amplificato dal crescente livello di globalizzazione e da un aumento esponenziale della popolazione, il modello tradizionale di produzione è divenuto oramai insostenibile.

Per poter limitare catastrofiche conseguenze a livello ambientale, sociale e infine economico, si richiedono cambiamenti senza precedenti. Vi è la necessità di un cambio di paradigma che permetta di coinvolgere l'ambiente naturale nei processi di sviluppo economico attraverso un approccio integrato che possiamo definire "sostenibile". Lo sviluppo sostenibile è quindi la grande sfida del ventunesimo secolo, ma non è l'unica. È da circa dieci anni che stiamo assistendo ad un'ulteriore rivoluzione dei sistemi di produzione: la quarta rivoluzione industriale.

Il mio elaborato vuole integrare queste due grandi tendenze, analizzando come l'Industria 4.0 (I4.0) possa non essere considerata come una minaccia, come le precedenti rivoluzioni, ma, piuttosto, come i suoi principi e le sue tecnologie possano contribuire alla creazione di valore sostenibile nei tre livelli descritti dalla Triple Bottom Line.

Nel primo capitolo presenterò le caratteristiche principali dell'I4.0, della sostenibilità e dello sviluppo sostenibile.

Successivamente, nel secondo capitolo analizzerò come le tecnologie abilitanti dell'I4.0 possano stimolare le imprese ad adottare una visione olistica delle tre dimensioni della sostenibilità, creando sinergie positive potenzialmente capaci di rinnovare in modo radicale i sistemi di produzione e di consumo, in ottica sostenibile. In particolare, approfondirò l'impatto dell'I4.0 sulla dimensione economica, sociale e ambientale della sostenibilità, con riferimento non solo alla singola impresa, ma anche alla sua supply chain.

Infine, affronterò il caso italiano, analizzando i vari Piani Industriali introdotti per promuovere questo processo di transizione e per sfruttare i vantaggi competitivi che può offrire, ponendo l'accento anche sulle difficoltà che le imprese italiane hanno dovuto affrontare nell'implementazione di progetti 4.0 e sullo scenario attuale di sostenibilità.

# CAPITOLO I

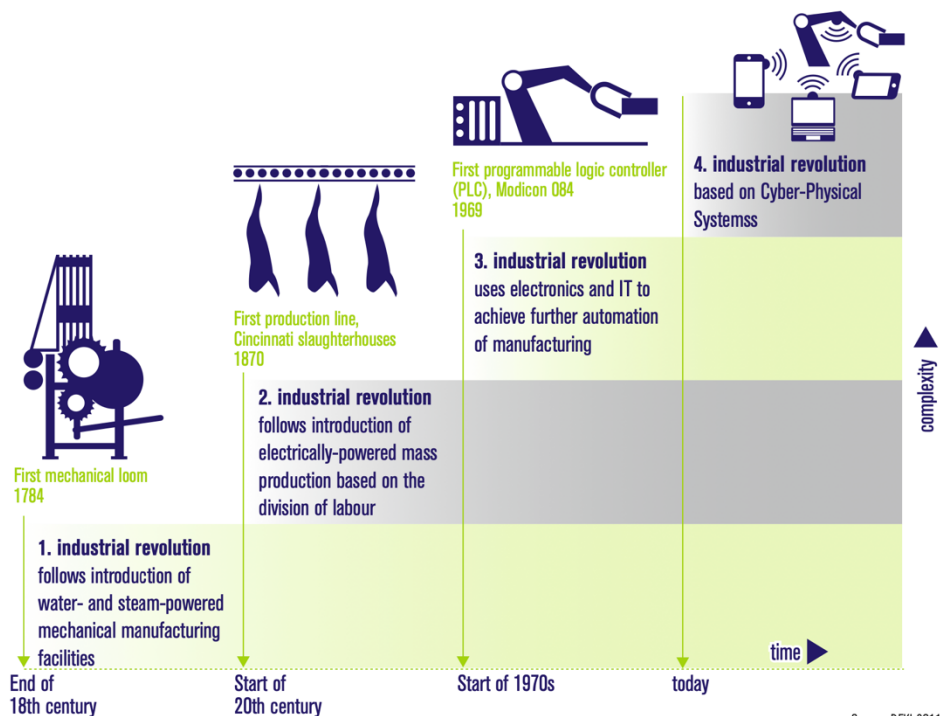
## 1. LE DUE GRANDI TENDENZE DEL NUOVO MILLENNIO

Sono passati circa 250 anni dall'introduzione della macchina a vapore e dallo sviluppo delle prime fabbriche che hanno definito l'avvento della prima di quattro rivoluzioni industriali. Rivoluzioni, non semplici cambiamenti. È la radice stessa del termine rivoluzione, dal latino *revolvĕre*, ossia "rovesciare", che ci fa capire l'imponenza di queste trasformazioni radicali, *disruptive* proprio nella loro rottura con il passato. Accomagnate da una costante innovazione tecnologica, hanno mutato dapprima i sistemi produttivi e successivamente anche quelli economici e sociali.

La velocità e l'intensità di queste innovazioni è cresciuta esponenzialmente negli ultimi 50 anni, che hanno visto l'affermarsi dei computer, dell'informatica e dell'elettronica nelle fabbriche, avviando la *digital transformation* e i primi processi di automazione. Questi superano il concetto della catena di montaggio che definì la seconda rivoluzione industriale (1870) portando dunque alla terza (1970) (Figura 1.1). Dal 1970 ad oggi lo sviluppo scientifico e tecnologico è accelerato, ed è in un mondo sempre più caratterizzato da complessità, incertezza e rapidi cambiamenti che si inserisce la quarta rivoluzione industriale orientata verso l'integrazione di tecnologie digitali e virtuali.

Figura 1.1: Le quattro tappe della rivoluzione industriale.

Figure 1:  
The four stages of  
the Industrial Revolution



Source: DFKI 2011

Fonte: *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.*, (2013, p.13).

## 1.1 INDUSTRIA 4.0

Il termine Industria 4.0 (I4.0) ha origine dal piano tedesco *Industrie 4.0*, progetto industriale presentato nel 2011 alla fiera di Hannover da tre ricercatori tedeschi, Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlste con il fine di supportare la competitività futura dell'economia tedesca.

L'Industria 4.0 mira a connettere risorse, servizi e persone in tempo reale lungo tutto il processo produttivo sulla base dei *Cyber Physical Systems (CPS)* e dell'*Internet of Things (IoT)* (Stock et al., 2018; Bauernhansl et al., 2016). I CPS sono dei sistemi tecnologici collegati in modo intelligente che, grazie a sensori, attuatori ed *embedded software* nei componenti fisici sono in grado di raccogliere, elaborare e distribuire dati in tempo reale, permettendo, così, l'unione tra le macchine e i dispositivi del mondo fisico con il mondo digitale. La distribuzione di tutti questi dati è possibile attraverso l'IoT, un'infrastruttura informatica che permette ai dispositivi di comunicare e interagire sia tra di loro che con controllori più centralizzati, identificando, localizzando e tracciando gli oggetti. Questo costante collegamento di prodotti, processi e infrastrutture trasforma le catene di valore rigide in reti altamente flessibili (Kagermann H., 2013).

Sono tre le dimensioni in cui, secondo l'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano, l'I4.0 può apportare modifiche con l'obiettivo di creare flussi produttivi perfettamente integrati in modo intelligente (Zanotti L., 2021):

- **Smart factory**, ovvero l'integrazione verticale tra tutte le fasi di produzione all'interno di un'azienda, come produzione, logistica, manutenzione e altre attività legate alla catena del valore, come marketing, vendite e sviluppo tecnologico;
- **Smart lifecycle management**, relativo all'ingegneria end-to-end attraverso l'intero ciclo di vita del prodotto, che comprende il processo di sviluppo dello stesso e la sua gestione;
- **Smart supply chain**, ovvero l'integrazione orizzontale attraverso l'intera rete di creazione del valore tra più aziende che fanno parte del sistema produttivo-logistico allargato.

### 1.1.1 TECNOLOGIE ABILITANTI

Tra le tecnologie abilitanti che caratterizzano l'I4.0 e che riescono a creare l'integrazione nei processi produttivi delle tre dimensioni prima presentate, il *Boston Consulting Group* (BCG) ne identifica ben 9 (Rübmann M. et al., 2015) (Figura 1.2).

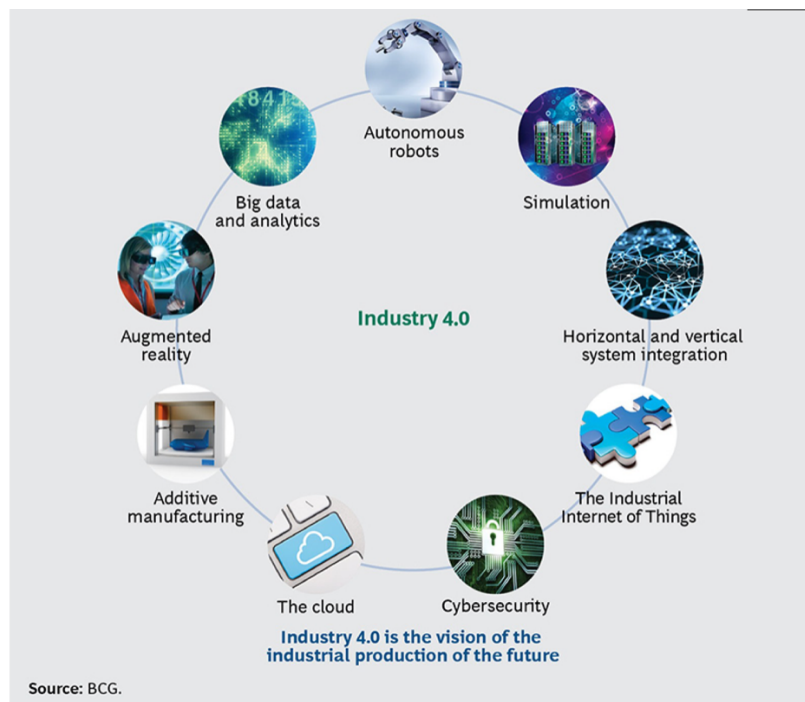
Oltre all'IoT, elemento di collegamento essenziale prima menzionato, possiamo trovare:

- **The cloud**, è, secondo il *National Institute of Standards and Technology* (NIST), “un modello per consentire un accesso di rete ubiquo, conveniente e su richiesta a un pool condiviso di risorse informatiche configurabili (ad esempio, reti, server, storage, applicazioni e servizi) che possono essere rapidamente forniti e rilasciati con il minimo sforzo di gestione o interazione del fornitore di servizi”. È dunque un insieme di tecnologie ICT che si possono adattare alle esigenze aziendali, e che permettono la condivisione di risorse e di dati con l'obiettivo di migliorare i vari processi produttivi. Esistono tre modelli di cloud che possono rispondere a necessità diverse come *Infrastructure as a Service* (IaaS), che offre risorse di calcolo per supportare le proprie applicazioni, *Platform as a Service* (PaaS), che offre piattaforme per lo sviluppo e la progettazione di applicazioni custom e, infine, *Software as a Service* (SaaS), che permette di accedere ad applicazioni già pronte all'uso (Osservatorio I4.0, 2019).
- **Additive manufacturing** o manifattura additiva, consiste nella fabbricazione di oggetti (componenti, semilavorati o prodotti finiti) che si distingue dalle tradizionali tecnologie di *subtractive manufacturing*, come il tornio o la fresa, aggiungendo e generando strati successivi di materiale (Sandonnini P., 2020). È spesso associata alle stampanti 3D che permettono una prototipazione più flessibile e la creazione di oggetti più complessi e leggeri. La manifattura additiva permette di creare varianti di prodotto a costi molto sostenuti, mantenendo un certo standard qualitativo che facilita la personalizzazione di massa. Le tecnologie di *additive manufacturing* possono rappresentare il fattore vincente per tutte quelle aziende che mirano a rispondere rapidamente alle esigenze di mercato.
- **Realtà aumentata**, ossia una tecnologia che permette di integrare informazioni aggiuntive in tempo reale che l'uomo non può percepire, supportandolo nei processi decisionali e in procedure di lavoro più complesse.
- **Big data analytics**, che rappresenta una delle evoluzioni maggiormente *disruptive* del mondo tecnologico e consiste in un'analisi di grandissimi set di dati, eterogenei per fonte e formato, raccolti e analizzati in tempo reale, permettendo di costruire processi decisionali più rapidi e precisi.
- **Robot autonomi**, frutto del progresso tecnologico degli ultimi anni che ha portato un'evoluzione anche dei robot che da lungo tempo vengono utilizzati dalle aziende per

diverse mansioni. Ora sono più autonomi e flessibili, in grado di affrontare compiti e realtà tipicamente umani. Vengono definiti robot intelligenti in quanto dotati di intelligenza artificiale e capaci di sviluppare processi di apprendimento grazie all'esperienza, adeguando il loro comportamento in relazione all'ambiente con il quale interagiscono.

- **Simulazioni;** grazie all'utilizzo di software e modelli 3 D è possibile simulare prodotti, processi e materiali, e nel prossimo futuro anche operazioni molto più complesse. La disponibilità di dati in tempo reale permetterà infatti di poter creare modelli virtuali con i quali testare e ottimizzare i macchinari e processi produttivi.
- **Horizontal and vertical system integration,** relativi all'integrazione orizzontale (tra aziende della stessa *supply chain*) e verticale (intra-aziendale) possibili attraverso i CPS e all'IoT come precedentemente affermato.
- **Cybersecurity,** o sicurezza informatica, che è relativa all'esigenza, da parte di molte aziende, di proteggere e difendere i server, i computer e la propria rete aziendale da attacchi informatici. Con l'aumento della complessità e dell'importanza della gestione di dati e della connettività presente in tutti i livelli aziendali è necessario sviluppare una gestione affidabile delle identità e degli accessi di macchine e utenti (Rübmann M. et al., 2015).

Figura 1.2: Le tecnologie abilitanti dell'I4.0.



Fonte: *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, BCG, (2015).

La disponibilità di tutte le informazioni rilevanti in tempo reale, grazie al collegamento in rete di tutti gli attori coinvolti nel processo di creazione del valore, e quindi, lo sviluppo di un'azienda perfettamente integrata, permette di fronteggiare le sfide che il nuovo millennio ha messo dinanzi. Fattori come la crescente competizione internazionale, l'aumento della volatilità del mercato, la richiesta di prodotti altamente personalizzati, e l'accorciamento del ciclo di vita del prodotto richiedono approcci diversi da quelli esistenti; maggiore efficienza dei costi, flessibilità, adattabilità e sostenibilità saranno dunque i nuovi punti di forza da sviluppare per poter competere nel mercato (Hofmann e Rüschi, 2017).

## 1.2 RELAZIONE UOMO-AMBIENTE

*“Pertanto, bisogna far valere per tutti gli esseri venuti alla vita indistintamente questo principio: che le piante servano per gli animali, e gli animali per l'uomo. [...] Se dunque la natura non fa nulla d'incompiuto né invano, è necessario che la natura abbia fatto tutto a causa degli uomini.”* Aristotele, Politica: I, 8, 1256 b

Con questa citazione di Aristotele vorrei introdurre il concetto di antropocentrismo e la visione dell'ambiente naturale profondamente radicata nel mondo occidentale sin dall'antichità. Ritengo che questi concetti siano essenziali per comprendere il contesto odierno e il cambiamento di paradigma che sta avvenendo.

La storia dell'ambiente naturale è sempre stata caratterizzata da uno sfruttamento da parte dell'uomo. L'essere umano ha infatti adottato una visione antropocentrica del mondo, suo habitat naturale, ponendosi come fine e centro dell'universo. Questo approccio ha dunque influenzato profondamente il rapporto dell'uomo con l'ambiente circostante, in particolar modo “lo sviluppo di ogni sistema economico considerato come il complesso di tecniche e culture con cui l'uomo ricorre per sopravvivere, è storicamente passato attraverso lo sfruttamento più o meno intenso e sistematico del mondo fisico” (Marcelli A., 2014, p.14). In quest'ottica economica l'ambiente ha, per l'uomo, tre funzioni principali (Figura 1.3):

- fornisce materie prime e fonti energetiche;
- assorbe parte dell'inquinamento e gli scarti derivati dai processi economici;
- viene considerato come bene estetico, di svago o godimento.

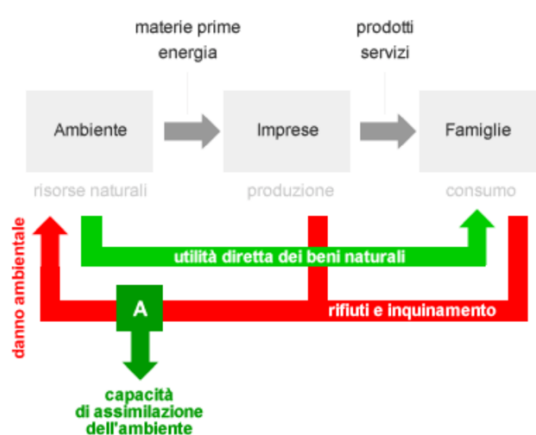
Le risorse naturali entrano dunque nei processi produttivi come input, e ne escono come output per soddisfare i bisogni dei consumatori. Durante questi passaggi si creano degli scarti che non possono essere riciclati. È qui che introduciamo la seconda funzione economica. L'ambiente



ha infatti una capacità di assimilazione che permette di riassorbire i rifiuti derivati dalla produzione e dal consumo così come parte dell'inquinamento. Tuttavia, questa funzione può essere danneggiata se la quantità di scarti che viene generata è molto più grande rispetto alla capacità di assorbimento. In questo caso le risorse naturali cominceranno a perdere parte della capacità assimilativa, impoverendosi e deteriorandosi, e non potendo più essere utilizzate per altre finalità.

La questione principale è, dunque, quando queste tre funzioni economiche entrano in conflitto tra loro, generando costi-opportunità e, dunque, problemi di scarsità.

Figura 1.3: Le funzioni economiche dell'ambiente.



Fonte: *Le funzioni economiche dell'ambiente*, Okpedia.

Lo sfruttamento dell'ambiente per fini produttivi è pertanto sempre avvenuto, ma si è accentuato a partire dai processi di industrializzazione degli ultimi secoli che hanno trasformato radicalmente le strutture economiche e sociali. Sviluppo tecnologico, economico e scoperte scientifiche hanno portato ad un miglioramento del benessere della popolazione, ma hanno anche introdotto modelli di crescita lineari, capitalistici, basati sull'aumento costante di reddito e quantità prodotta, inducendo i consumatori a comportamenti di tipo consumistici, slegati da effettivi bisogni.

Il paradigma tradizionale di produzione, accompagnato da un aumento esponenziale della popolazione mondiale, è ormai insostenibile per l'ambiente naturale.

L'uomo sta utilizzando risorse naturali in quantità che non sono compatibili con la biocapacità globale, ovvero la capacità del pianeta di rigenerare risorse. Secondo il Global Footprint Network, che confronta la domanda di risorse di individui, governi e imprese con la capacità della Terra di rigenerazione biologica, gli esseri umani usano tante risorse ecologiche quanto se vivessimo su 1,6 Terre. L'*Overshoot Day*, ovvero il giorno del sovra sfruttamento delle

risorse, in cui l'uomo consuma tutti i beni prodotti dal pianeta in un anno, si sta di volta in volta presentando prima. La figura 1.4 riporta il calendario del 2021, e per l'Italia questo giorno cade il 13 maggio; ciò significa che, per mantenere il nostro stile di vita fino alla fine di quest'anno, ci servirebbero 2,7 terre (Intini E., 2021).

Figura 1.4: Calendario dell'*Overshoot Day* 2021.



Fonte: *Overshoot day 2021: per l'Italia è il 13 maggio*, Focus, (2021).

Come si può notare, i paesi che consumano più risorse e che quindi hanno un deficit ecologico molto alto, sono anche i paesi più ricchi. Questi utilizzano circa il 52% delle risorse rinnovabili del pianeta, ma rappresentano appena il 14% della popolazione (ibid.).

Il modello di crescita che ci ha portato fin qui, incurante del rapporto uomo-ambiente, ha dunque sfruttato più del dovuto le risorse naturali con costi-opportunità elevatissimi. Il degrado ambientale creato da un impoverimento delle risorse naturali, dalla distruzione di ecosistemi e dall'inquinamento atmosferico genererà perdite per ben 10 mila miliardi di dollari secondo un report del World Wildlife Fund (WWF) del 2020 che prende in considerazione sei servizi essenziali che la natura offre: fornitura di acqua, fornitura di legname, popolazione ittica, impollinazione delle colture, protezione da inondazioni, mareggiate ed erosione e stoccaggio naturale del carbonio (Roxburgh T., 2020).

Le conseguenze devastanti del depauperamento delle risorse naturali come inondazioni, carestie, o pandemie saranno maggiormente acute nei paesi più poveri, aumentando il divario

sociale e causando crisi economiche di vasta portata che diminuiranno anche il livello di qualità della vita. Il legame tra la crescita economica e la disponibilità di risorse è infatti inscindibile. Da qui la necessità di un cambio di paradigma che permetta di coinvolgere l'ambiente naturale nei processi di pianificazione e sviluppo economico in un approccio integrato che possiamo definire sostenibile.

### 1.2.1 SVILUPPO SOSTENIBILE

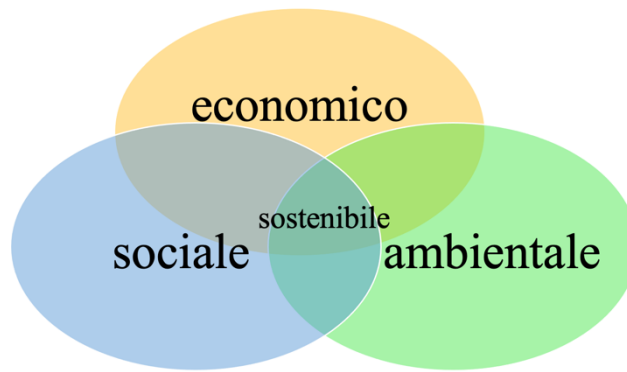
I concetti di sostenibilità e sviluppo sostenibile furono introdotti nel 1987 nel Rapporto Brundtland (*Our Common Future*) dopo che l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite (ONU) istituì la Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo. In tale rapporto si afferma che:

*“L'ambiente e lo sviluppo non sono sfide separate; sono inesorabilmente legati. Lo sviluppo non può sussistere sulla base di risorse ambientali deteriorate; l'ambiente non può essere protetto quando la crescita non tiene conto dei costi della distruzione ambientale. Questi problemi non possono essere trattati separatamente da istituzioni e politiche frammentate. Sono collegati in un complesso sistema di causa ed effetto. (Our Common Future, 1987, p. 32)*

Brundtland continua definendo il concetto di sviluppo sostenibile, considerato come lo sviluppo che soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere quelli delle generazioni future. In quest'ottica, la sostenibilità si basa su tre dimensioni (Figura 1.5):

- **sostenibilità economica**, ovvero la capacità di generare reddito e profitti economici;
- **sostenibilità sociale**, intesa come la capacità di garantire un certo livello di benessere (salute, istruzione e sicurezza) equamente distribuito tra tutta la popolazione globale;
- **sostenibilità ambientale**, ossia la capacità di rispettare e mantenere la qualità della biocapacità globale, e cioè la riproducibilità delle risorse.

Figura 1.5: Le tre dimensioni della sostenibilità.



Fonte: elaborazione propria.

È su questi tre pilastri che l'ONU ha fondato gli obiettivi dell'Agenda 2030, un programma d'azione per lo sviluppo sostenibile sottoscritto nel 2015 da 193 paesi. Il piano è costituito da 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Goals*, SGDs) che rappresentano obiettivi comuni come la lotta contro il cambiamento climatico, la fame e la povertà, la ricerca di un consumo e la produzione responsabili, pace e giustizia, e istituzioni solide.

Questi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile devono diventare la base per una trasformazione dell'economia globale verso uno sviluppo sostenibile promettendo uno sviluppo economico in accordo con l'uguaglianza sociale e i confini ambientali.

Come stakeholder essenziali per uno sviluppo sostenibile globale, le organizzazioni industriali devono spostarsi verso un nuovo paradigma che pone l'accento sulla creazione di valore sostenibile (Stock et al., 2018). Come responsabili dello sviluppo economico le organizzazioni devono quindi concentrarsi anche sugli impatti che hanno, non solo a livello economico-finanziario, ma anche a livello sociale ed ambientale. Per questo motivo anche a livello aziendale si è sviluppata l'analisi della triplice dimensione, che possiamo definire *Triple Bottom Line* (TBL o 3BL). Il termine è stato coniato nel 1994 da John Elkington, un consulente inglese, e si riferisce ad un modello di rendicontazione finanziaria che va oltre la tradizionale "bottom line" riferita solo ai profitti, considerando anche l'impatto dell'azienda a livello sociale e ambientale. Il concetto di fondo è che solamente un'azienda che produce una TBL può considerare tutti i costi legati al suo business.

Questi tre aspetti, che possono essere sintetizzati come "*people, profit and planet*", rappresentano dei punti di riferimento per le aziende per promuovere uno sviluppo più sostenibile. Come afferma Elkington: "La triple bottom line non è stata progettata per essere solo uno strumento contabile. Doveva provocare una riflessione più profonda sul capitalismo e sul suo futuro" (Elkington, 2018).

## CAPITOLO II

### 2. INDUSTRIA 4.0 E SVILUPPO SOSTENIBILE: SINERGIE POSITIVE

Inserendosi nel complesso contesto che vede i processi produttivi odierni insostenibili per l'ambiente, l'I4.0, definita come la rivoluzione industriale del momento, può presentare un'ottima opportunità per lo sviluppo sostenibile, grazie al potenziale che deriva dalla sua tecnologia. Infatti, anche se il principio guida dell'I4.0 è incentrato soprattutto sull'aumento della produttività lungo tutto il processo produttivo e sulla crescita dei ricavi, è opportuno che, nello scenario attuale, lo sviluppo sostenibile diventi uno dei principali driver per consentire alle aziende di poter competere in un'ottica di lungo periodo.

Il fine di questo capitolo è indagare il rapporto tra l'I4.0 e lo sviluppo sostenibile, inteso a livello aziendale come 3BL, e quindi come la sinergia tra queste nuove tendenze possa tradursi in un rinnovamento radicale dei sistemi di produzione.

In particolare, l'obiettivo è individuare come le applicazioni della nuova rivoluzione industriale possano contribuire alla creazione di valore sostenibile interpretata dalle tre dimensioni: economica, sociale e ambientale.

Queste dimensioni, per la loro natura di interdipendenza, spesso interagiscono, si sovrappongono ed entrano in conflitto, rendendo più complesso il raggiungimento degli SGD. Per perseguire la Triple Bottom Line si richiede quindi una visione *olistica* da parte delle aziende. Ogni dimensione è una condizione necessaria, ma non sufficiente per raggiungere la sostenibilità: quando le organizzazioni non sostengono una di queste, non agiscono in modo sostenibile (Braccini e Margherita, 2019). Si è scoperto infatti che bilanciarle attraverso l'adozione della tecnologia è un fattore critico di successo per ottenere benefici sostenibili.

In generale, la digitalizzazione e l'interconnessione dei processi industriali previsti dall'I4.0, facilitati dall'analisi dei dati, dall'apprendimento automatico e dall'intelligenza artificiale, portano benefici potenziali in tutti e tre gli aspetti della sostenibilità (Müller J.M et al., 2018). Tenendo in considerazione il carattere inscindibile e i rapporti causa-effetto dei pilastri della 3BL, una delle difficoltà principali è distinguere chiaramente i benefici economici da quelli sociali e ambientali.

#### 2.1 DIMENSIONE ECONOMICA

Facendo riferimento alla prospettiva economica dell'I4.0, la flessibilità e l'interconnessione dei processi permettono la loro ottimizzazione, aumentandone l'efficienza e la produttività, la

qualità e la possibilità di personalizzazione, riducendo anche i costi. L'I4.0 offre poi opportunità per ripensare i prodotti e i modelli di business con il fine di rispondere più efficacemente alle esigenze del mercato.

Per fare ciò sono necessarie tecnologie di produzione intelligente (si veda il Capitolo I) che permettono lo sviluppo di nuove proposte di valore orientate maggiormente verso la domanda e il cliente finale. Le organizzazioni possono infatti soddisfare le mutevoli richieste di mercato, anche attraverso la produzione di piccoli lotti o addirittura di un singolo articolo (Ghobakhloo, 2019; Venugopal et al., 2019).

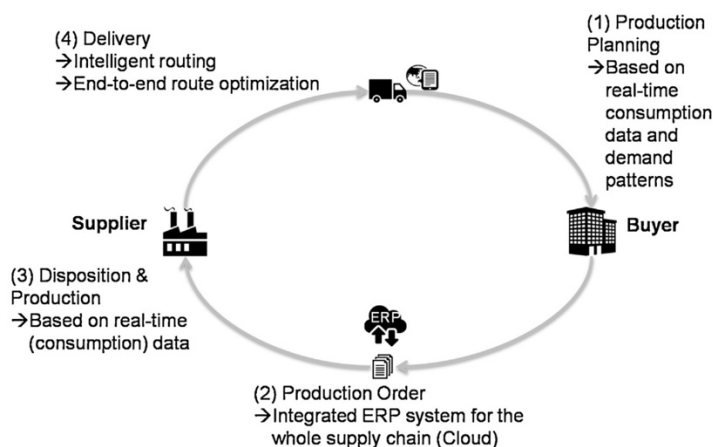
Per quanto riguarda l'efficienza e la produttività, grazie all'automazione, l'interoperabilità e l'intelligenza dei CPS si possono migliorare le misure di controllo dei processi, facilitando la manutenzione in tempo reale, monitorando le prestazioni delle macchine e riducendone i tempi di fermo (Ghobakhloo, 2019).

L'adozione dell'analisi e della manutenzione predittiva aiutano poi a ridurre gli errori e i difetti lungo la catena di montaggio permettendo un aumento della qualità del prodotto finale e una riduzione dei costi dovuti ad errori o scarti.

Anche nei processi di logistica intra- e inter-aziendale, l'I4.0 permette di abbassare i costi, aumentando l'efficienza. Le potenziali implicazioni dell'I4.0 nel contesto dei sistemi *Kanban* e *Just-in-Time* sono svariati.

Anche per un sistema già consolidato come il *Just in Time* (JIT), un modello snello, orientato ad una logica di tipo *pull* che prevede la produzione di solo ciò che è necessario con lo scopo di ridurre ogni potenziale spreco, i benefici derivati dall'I4.0 sono diversi.

**Figura 2.1:** Modifiche del Just-in-Time dovute all'applicazione dell'I4.0.



**Fonte:** *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*, (2017).

La Figura 2.1 mostra come il modello JIT, suddiviso nelle 4 fasi del processo, (1) pianificazione della produzione, (2) ordine di produzione, (3) disposizione e produzione e (4) consegna, possa essere modificato attraverso l'I4:

- (1) la pianificazione della produzione può essere migliorata grazie alla crescente tracciabilità dei materiali e dei prodotti intelligenti, poiché i flussi di produzione possono essere tracciati in tempo reale, consentendo di ridurre al minimo la pianificazione deterministica;
- (2, 3) per quanto riguarda il coordinamento tra gli agenti lungo la supply chain, attraverso la creazione di un sistema ERP <sup>1</sup>virtuale basato su cloud o attraverso tecnologia blockchain, tutti possono condividere e prendere decisioni sulle stesse informazioni riducendo o evitando gli effetti *bullwhip*<sup>2</sup> ;
- (4) i sistemi di routing intelligenti forniscono un grande potenziale per le consegna just-in-time. Si può tracciare la posizione della merce o i dati relativi allo stato durante il trasporto e avvisare il trasportatore con informazioni riguardanti le condizioni di traffico, consentendogli di adattare il percorso. Gli strumenti di simulazione possono quindi aiutare a calcolare un trasporto adeguato, dati i requisiti specifici dell'ordine. Inoltre, la raccolta e la consegna potrebbero essere effettuate da veicoli autonomi.
- (Hofmann e Rüsçh, 2017).

Oltre agli esempi appena presentati, le implicazioni dell'I4.0 in termini di riduzione dei costi comprendono anche l'ottimizzazione nell'impiego delle risorse umane e materiali, la maggiore efficacia dei cicli produttivi, nonché la riduzione degli errori umani nei processi di realizzazione e di distribuzione dei prodotti finiti.

Le aziende possono poi rispondere alla sempre maggiore richiesta di individualizzazione dei prodotti sviluppando nuove proposte di valore, grazie all'automazione flessibile e all'additive manufacturing, unita alla modularità produttiva. Oggi si possono produrre prodotti personalizzati, di qualità maggiore, che permettono la differenziazione nel panorama competitivo e la vendita a prezzi più elevati. Inoltre, l'emergere dell'*IoT* e *IoS* (*Internet of Service*) e della capacità di *data mining* (l'esplorazione e l'estrazione da grandi set di dati, di informazioni potenzialmente utili) ha permesso alle aziende di comunicare e interagire

---

<sup>1</sup> ERP, *Enterprise Resource Planning*, è un software utilizzato dalle aziende per la gestione di attività quotidiane.

<sup>2</sup> L'effetto *bullwhip* è la tendenza delle supply chains di amplificare cambiamenti relativamente piccoli che avvengono dal lato della domanda, in grandi disordini quando si spostano a monte. È spesso dovuto ad una inefficiente comunicazione tra gli attori della catena di approvvigionamento.

direttamente con i clienti, raccogliendo e analizzando un enorme volume di dati sulle loro preferenze e abitudini di consumo (Ghobakhloo, 2019).

Le aziende stanno sperimentando nuovi modelli di business che mirano a ridurre asimmetrie informative tra le parti coinvolte (per esempio cliente-fornitore) o che si basano su innovazioni tecnologiche, come l'*additive manufacturing*, che permette la personalizzazione dei prodotti e la riduzione dei costi delle varianti.

In particolar modo, grazie alle tecnologie ICT, all'*IoT* e ai *Big Data* le organizzazioni hanno la possibilità di aggiungere servizi al prodotto fisico con lo scopo di creare maggior valore aggiunto al cliente finale. Vendere un *Product Service System* (PSS) significa offrire nuove esperienze di consumo ai clienti. Questi, infatti, non diventano proprietari del prodotto ma possono usufruire dei servizi legati ad esso. Viene introdotto così il concetto di *servitization* o “servitizzazione” intesa come la vendita di servizi associati all'utilizzo di un prodotto, attraverso i quali, l'azienda, può stringere relazioni più durature con il cliente e, quest'ultimo, può evitare l'obsolescenza del prodotto senza sostenere costi importanti. I PSS vengono poi considerati come un mezzo per estendere l'attuale ciclo di vita del prodotto in ottica sostenibile. Attraverso la diffusione di sensori, di CPS e di formule *analytics* che consentono la continua gestione di informazioni derivate dai dati, è possibile supportare l'OEE, *Overall Equipment Effectiveness*, ovvero un monitoraggio costante e in tempo reale dello stato di operatività del bene, che permette di ridurre i costi di assistenza e di manutenzione (Della Mura M.T, 2020). Il controllo costante dà la possibilità ai produttori di analizzare il comportamento del prodotto in modo più efficace, evidenziando le possibili difficoltà future e supportando così il processo decisionale, programmando interventi di manutenzione, riparazione o sostituzione, oppure modificando il prodotto con il fine di migliorare le sue funzioni (ibid.).

## **2.2 DIMENSIONE SOCIALE**

La rivoluzione 4.0 con l'adozione di nuove tecnologie e nuovi modelli di produzione determinerà profondi cambiamenti a livello sociale e nelle condizioni di lavoro.

Per quanto riguarda queste ultime, l'I4.0 può contribuire al miglioramento delle condizioni di sicurezza nei cicli produttivi, della salubrità negli ambienti di lavoro, della gestione della dinamica vita privata-lavoro, riducendo gli infortuni e le malattie professionali, migliorando il welfare aziendale e il benessere dei dipendenti.

I sistemi di produzione intelligente e autonomi, infatti, possono essere utilizzati per svolgere i compiti più monotoni e ripetitivi, permettendo ai lavoratori di dedicarsi ad attività più soddisfacenti e motivanti, riducendo errori dovuti a distrazione e aumentando la produttività



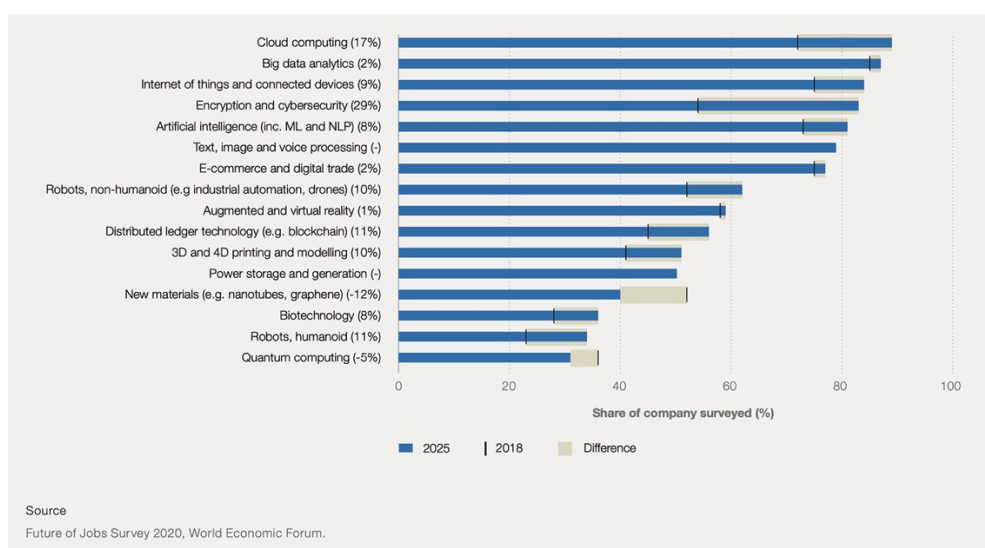
(Müller J.M et al., 2018). Inoltre, l'implementazione di dispositivi intelligenti, sistemi di assistenza robotica nelle postazioni di lavoro e tecnologie come la realtà aumentata, permettono di sostituire e supportare l'uomo in attività ad alto rischio, preservando la sua salute e limitando il numero incidenti. Infine, le nuove tecnologie e la digitalizzazione possono essere utilizzate per rendere gli orari di lavoro più flessibili e adattabili alle esigenze individuali del personale, attraverso, per esempio, il lavoro da remoto o *smartworking*.

Dall'altra parte invece, gli impatti della digitalizzazione e dell'automazione a livello occupazionale sono più ambigui. Secondo alcune teorie l'automazione e la digitalizzazione porteranno un aumento dell'occupazione con la creazione di nuovi posti di lavoro più qualificati; altre invece sostengono che determineranno massicce perdite occupazionali.

Il World Economic Forum (WEF) stila ogni anno un report, *Future of Jobs*, che riguarda lo sviluppo del mondo del lavoro. Il report 2020 ha individuato i diversi impatti che il progresso tecnologico e l'adozione di nuovi modelli produttivi hanno sul livello occupazionale, fornendo una panoramica globale dell'aumento tecnologico, dei lavori, delle competenze emergenti e della riqualificazione e degli aggiornamenti necessari.

Per cogliere le opportunità create dall'I4.0, molte aziende hanno intrapreso un riorientamento della loro strategia. Dalla Figura 2.2 si possono individuare le tecnologie che più probabilmente verranno adottate entro il 2025. Il *cloud computing*, i *big data* e l'IoT rimangono prioritari per le organizzazioni, con un aumento significativo della *cybersecurity*, dei robot non umanoidi e dell'intelligenza artificiale.

**Figura 2.2:** Tecnologie che probabilmente saranno adottate entro il 2025, secondo le società intervistate.

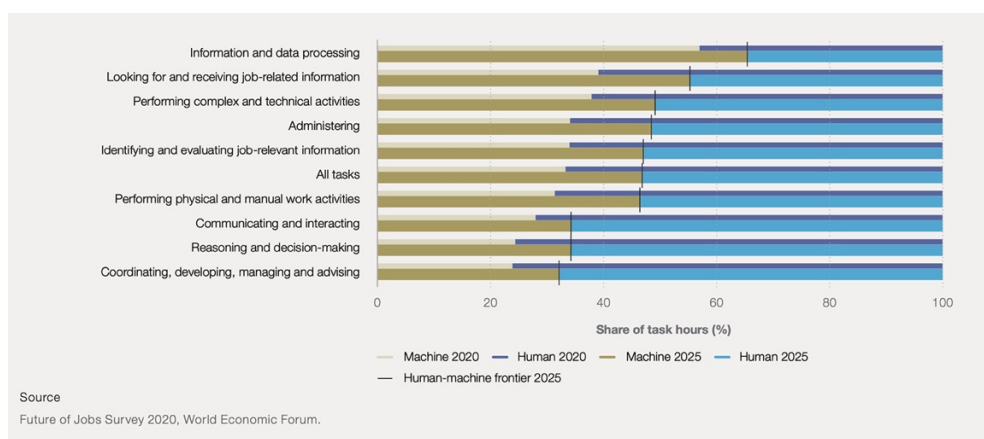


**Fonte:** *Future of Jobs Survey 2020*, World Economic Forum, (2020, p. 27).

Secondo il WEF (2020, p. 8), entro il 2025, “l’automazione delle macchine e degli algoritmi saranno ampiamente impiegate tanto che le ore di lavoro eseguite dalle macchine eguaglieranno il tempo di lavoro degli uomini”. L’adozione tecnologica da parte delle aziende trasformerà quindi compiti, lavori e competenze. Nell’immagine qui allegata (Figura 2.3) si possono osservare le attività più suscettibili di sostituzione da parte delle macchine. Si tratta di lavori meccanici e fisici e il trattamento di dati e informazioni. Il nuovo contesto richiederà dunque figure professionali più qualificate, spostando il ruolo dell’uomo da un livello manuale ad uno decisionale, eliminando di fatto i lavori con bassi requisiti di qualificazione, routinari e con limitata complessità di azione.

Tra le aziende intervistate circa il 43% indica che dovrà ridurre la forza lavoro a causa dell’introduzione tecnologica mentre il 34% prevede di espanderla proprio per riuscire a gestirla.

Figura 2.3: Quota di compiti eseguiti dall’uomo rispetto alle macchine, 2020 e 2025 (attesi).



Fonte: *Future of Jobs Survey 2020*, World Economic Forum, (2020, p. 29).

L’adozione di queste tecnologie rivoluzionerà le prospettive di impiego dei lavoratori in molti settori. In media, circa il 15% della forza lavoro di un’azienda è a rischio di cambiamenti fino al 2025, e il 6% verrà completamente spostata.

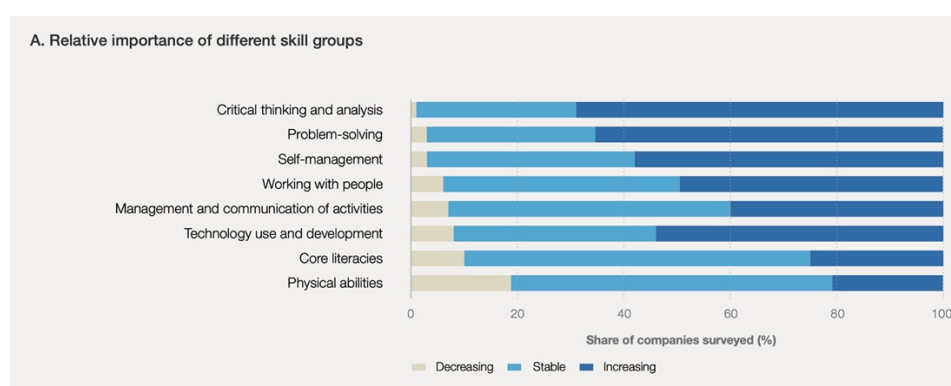
Nel medio periodo, i datori di lavoro si aspettano che entro il 2025 i ruoli sempre più ridondanti diminuiranno del 6,4%, e che le professioni emergenti cresceranno del 5,7%. Tra i profili indicati come “lavoro del futuro” possiamo trovare, per esempio, specialisti IT e di IA, *data analyst*, ingegneri robotici, programmatori e sviluppatori di nuovi prodotti.

Basandosi su questi dati, il report stima che, entro il 2025, verranno spostati circa 85 milioni di posti di lavoro, sostituiti dall’utilizzo di macchine intelligenti, mentre 97 milioni potranno emergere per gestire l’integrazione tecnologica.

Questo rapporto prevede dunque che, nel medio termine, la distruzione di posti di lavoro sarà molto probabilmente compensata dalla crescita dei "lavori del futuro". Nel contesto attuale, però, gli effetti della pandemia globale sono tali da non rendere ancora evidente questa tendenza.

Per poter gestire questa transizione, evitando disuguaglianze e iniquità, le aziende dovranno fornire riqualificazioni e aggiornamenti ad una porzione considerevole della loro forza lavoro. La Figura 2.4 illustra le competenze e le abilità trasversali, cioè le *soft skills*, che verranno maggiormente richieste come il pensiero critico, la capacità di *problem solving*, *teamwork*, e le abilità digitali.

Figura 2.4: Gruppi di abilità con una domanda crescente entro il 2025.



Fonte: *Future of Jobs Survey 2020*, World Economic Forum, (2020, p.36).

Un numero significativo di leader aziendali intervistati nel report ritiene la riqualificazione dei dipendenti uno dei fattori essenziali per l'ottimizzazione delle risorse e per la produttività a medio e lungo termine, portando benefici non solo per l'impresa ma anche per la società in generale.

### 2.3 DIMENSIONE AMBIENTALE

Anche per quanto riguarda la dimensione ambientale, gli impatti dell'I4.0 possono risultare ambigui. Da una parte l'I4.0 permette di ridurre e monitorare i consumi di energia, materie prime e risorse riducendone l'utilizzo. Dall'altra, la connessione costante e la comunicazione tra i vari processi produttivi richiedono grandi quantità di energia e di materiale elettronico.

Prendendo in considerazione i benefici, sono diverse le opportunità che l'I4.0 mette a disposizione. Riutilizzando la divisione proposta dall'Osservatorio 4.0 del Politecnico di Milano, possiamo individuare gli impatti della rivoluzione industriale, in ottica sostenibile, a livello di:

- *Smart factory*;
- *Smart lifecycle management*;
- *Smart supply chain*.

Le caratteristiche e le tecnologie della smart factory, descritte nel Capitolo I, che permettono l'integrazione verticale tra tutte le fasi di produzione attraverso un flusso costante di dati e informazioni, oltre a portare benefici in termini di flessibilità, produttività e maggior ricavi, impattano positivamente anche sulla dimensione ambientale.

Sistemi di produzione efficiente e tecnologie avanzate come CPS, produzione additiva e robotica intelligente, contribuiscono al risparmio dei materiali in modo significativo.

Grazie ai sistemi intelligenti è possibile, infatti, condurre analisi predittive sulla domanda finale e programmare le macchine in modo tale da produrre solo lo stretto necessario, riducendo fluttuazioni della qualità che producono scarti e permettendo dunque di bilanciare il consumo di energia e di materiali con le reali esigenze dell'organizzazione (Braccini A.M, Margherita A.G., 2019).

La diffusione dei sistemi CPS, l'automazione e la digitalizzazione dei sistemi di produzione con reti ICT e tecnologia blockchain che rende possibile lo scambio informativo costante, ha invece permesso l'integrazione della fabbrica con le cosiddette *smart grid* (Ghobakhloo, 2019).

Una *smart grid* è, secondo l'ENEA (*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile*) "un sistema di reti elettriche che utilizza la tecnologia digitale per monitorare e gestire il trasporto di elettricità da tutte le fonti di generazione per soddisfare le diverse richieste di energia elettrica degli utenti finali" (Valenti M., 2020). Si può così perfezionare l'utilizzo delle risorse, ottimizzando i processi di produzione di energia anche da fonti rinnovabili, minimizzando i costi e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Lo sviluppo dei modelli di produzione verso una maggiore personalizzazione, legati ad un'integrazione a valle con il cliente finale (grazie al *cloud*), consente la produzione di piccoli lotti personalizzati, evitando così la sovrapproduzione e riducendo sprechi di energia e materiali, oltre che costi di magazzino. Ciò riflette anche un cambiamento, in ottica sostenibile, del comportamento d'acquisto dei consumatori.

La riduzione di scarti poi è strettamente connessa a processi di *additive manufacturing* che, rispetto a tecnologie tradizionali come, ad esempio, il tornio (*subtractive manufacturing*), utilizzano solo la materia prima necessaria per la creazione del prodotto.

La stessa produzione additiva, assieme ad altre tecnologie ha impatti anche a livello di *smart lifecycle management*, facilitando lo sviluppo di nuovi prodotti e nuovi utilizzi rispettosi dell'ambiente. L'*additive manufacturing* può essere utilizzata, assieme ad un design efficiente, per la realizzazione di nuove e complesse strutture leggere che permettono di risparmiare

materiale, mantenendo la funzionalità del prodotto. Questa tecnologia viene poi impiegata anche per produrre singoli pezzi di ricambio che estendono il ciclo di vita di un prodotto o macchinario, rientrando in quelle che sono pratiche tipiche del modello di economia circolare. La possibilità di creare prodotti dotati di chip e sensori, supportati da sistemi intelligenti, permette all'azienda di memorizzare tutti i dati rilevanti alla fase di fine vita del prodotto supportando cicli di vita chiusi che danno la possibilità di riciclare, riutilizzare o rigenerare parti del prodotto o lo stesso.

A livello di logistica e di *smart supply chain*, la condivisione di dati e informazioni tra gli attori della catena di approvvigionamento permette la previsione della domanda di ciascuno, evitando per l'appunto effetti *bullwhip* e flussi di materiale non necessari; inoltre, la possibilità di sviluppare strutture organizzative decentralizzate vicine ai luoghi di consumo, diminuisce i tempi di trasporto. Ciò si traduce in una riduzione dell'impatto ambientale e dei costi di logistica. Ulteriori effetti positivi saranno forniti dall'adozione di veicoli autonomi e tracciabili come spiegato nel Paragrafo 2.1.

Si evince, pertanto, come la nuova rivoluzione industriale possa indurre uno sviluppo sostenibile delle tre dimensioni proposte e come possa spingere le organizzazioni e i consumatori verso un cambio di paradigma, sostituendo il tradizionale modello di crescita lineare.

Il progresso tecnologico ed economico che ha caratterizzato gli ultimi 250 anni ha infatti affermato una visione lineare che segue il modello “*take-make-use-waste*”, incurante della disponibilità delle risorse nel lungo periodo, della biocapacità globale e degli impatti ambientali derivati dai rifiuti della produzione e del consumo. Come anticipato nel Capitolo 1 questo approccio è oramai divenuto insostenibile e una maggiore responsabilità è richiesta da parte delle aziende e dei consumatori.

Per questo motivo gli ultimi anni vedono lo sforzo di introdurre un nuovo modello, coerente e capace di adattarsi alla drammatica situazione ambientale.

Figura 2.5: Confronto tra il modello di economia lineare e quello circolare.



Fonte: *Economia circolare vs economia lineare*, Inchiostro unipv.

Come riporta la Figura 2.5, il modello di economia circolare (EC) ha l'obiettivo di chiudere il cerchio del ciclo di vita del prodotto, assicurando, attraverso un'attenta progettazione e modelli di business innovativi, un flusso continuo di materiali tecnici e biologici, salvaguardando risorse naturali e rispettando la loro rigenerazione. La logica diventa quindi “*make, use, reuse, remake, recycle*”. L'EC prevede che le materie biologiche possano essere reintegrate nell'ambiente naturale, mentre per quelle tecnologiche è previsto un sistema di rivalutazione. In particolare, secondo la definizione dell'EU, l'economia circolare implica un modello di condivisione, prestito, riutilizzo, ricondizionamento e riciclo che consente di estendere il più possibile il ciclo di vita dei prodotti riducendo al minimo i rifiuti e generando ulteriore valore là dove possibile (Parlamento Europeo, 2021).

Le tecnologie connesse all'I4.0 danno l'opportunità di perseguire questi obiettivi agendo in tutte le fasi della filiera produttiva. Tra i benefici sostenibili presentati precedentemente, sono diversi quelli che rientrano anche in un approccio di economia circolare.

La flessibilità e l'efficienza dei processi consente un risparmio di energia e materia prima; con i sensori e i microchip inseriti all'interno dei prodotti è invece possibile tracciare, monitorare e raccogliere informazioni utili per i processi di riciclo e di rigenerazione del prodotto e delle parti connesse ad esso. L'*additive manufacturing* permette poi lo sfruttamento di nuovi

materiali, sostenibili e riciclabili, che, uniti ad una corretta progettazione e design, creano strutture con la minor quantità possibile di risorse.

La vita utile del prodotto o del macchinario è resa più lunga dalla capacità di ricreare pezzi di ricambio a costi sostenuti e dalla previsione di possibili guasti e malfunzionamenti con analisi predittive.

Infine, lo sviluppo dei *Product Service Systems* e della *servitization* non solo modifica il comportamento di consumo dei consumatori, ma incentiva anche le aziende ad estendere la vita utile dei prodotti per sfruttare al meglio i ricavi e per rafforzare il rapporto con il cliente a lungo termine.

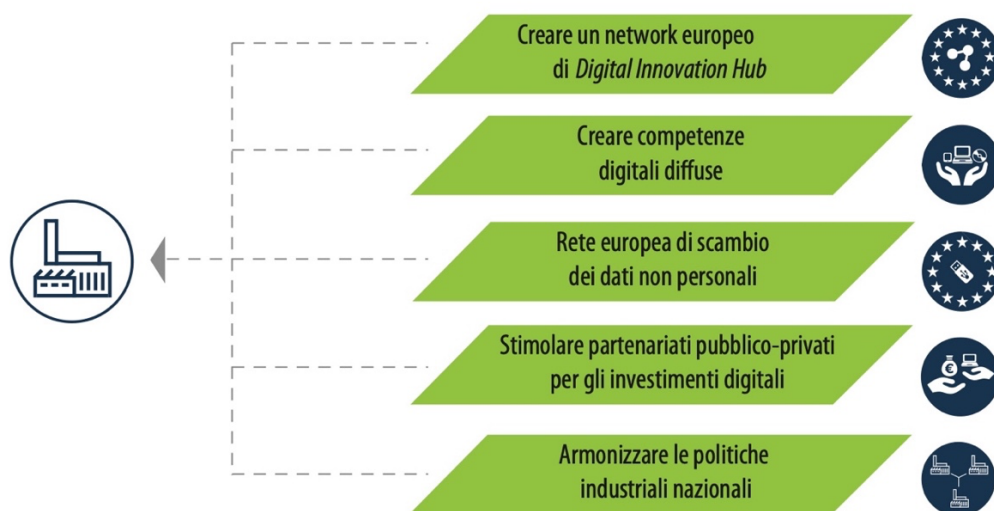
## CAPITOLO III

### 3. SCENARIO ITALIANO

La Quarta rivoluzione industriale, risultato di un processo tecnologico in continua evoluzione, sta richiedendo alle imprese un cambiamento radicale nel modo in cui generano valore. L'adozione delle tecnologie non basta però per poter definire un programma di transizione, serve una riorganizzazione di tutti i processi produttivi e decisionali. Per questo motivo la trasformazione digitale delle imprese deve essere sostenuta da politiche specifiche che permettano lo sfruttamento delle potenzialità che i nuovi sistemi possono offrire. In particolar modo, sono due le questioni che le politiche industriali dovrebbero affrontare: la prima riguarda la capacità delle imprese di produrre e sviluppare tecnologie abilitanti per la transizione, in modo tale da assumere ruolo di leader globale per la definizione di standard tecnologici, la seconda riguarda, invece, l'applicazione e l'integrazione di queste all'interno del proprio sistema produttivo con il fine di massimizzarlo (Labartino et al., 2019).

Sin dalla presentazione del primo piano industriale tedesco del 2011, *Industrie 4.0*, divenuto poi punto di riferimento, l'Europa e altri Paesi europei, caratterizzati da un vasto e differenziato settore manifatturiero hanno promosso politiche volte allo sviluppo tecnologico innovativo con l'obiettivo di ottenere vantaggi competitivi di lungo termine e poter competere così con le grandi potenze mondiali (USA e Cina). Questi piani riguardano principalmente investimenti in tecnologie, creazione di relazioni più solide tra mondo della ricerca e industria, e formazione professionale.

Figura 3.1: Obiettivi della strategia UE per digitalizzare l'industria.





Fonte: *Dove va l'industria italiana*, (2019, p. 103).

Oltre al piano Europeo, *Digitising European Industry - Reaping the full benefits of a Digital Single Market*, di cui la Figura 3.1 mostra i principali punti, anche l'Italia, sebbene un po' in ritardo rispetto ad altri Paesi, si è munita di un piano industriale volto al sostegno pubblico per l'adozione di tecnologie abilitanti dell'I4.0.

### 3.1 STRATEGIA ITALIANA PER L'INDUSTRIA 4.0

Nel 2016 è stato istituito il **Piano Nazionale Industria 4.0** d'allora Ministro per lo Sviluppo Economico Carlo Calenda. Il piano, finanziato con la Legge di Bilancio 2017, ha riallineato la politica industriale italiana alle *best practice* già adottate dagli altri Paesi europei (Labartino et al., 2019). Le misure che prevedeva erano sgravi fiscali per le imprese che avessero investito in tecnologie 4.0, e crediti d'imposta per attività di R&D e formazione. In particolar modo, seguendo la presentazione del Piano Nazionale Industria 4.0 del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE, 2016), i principali punti erano:

- **Iper e Super ammortamento**, che rispondevano all'esigenza di supportare la domanda di investimenti in beni strumentali alla trasformazione digitale. Con strumentale indichiamo tutti quei beni materiali e immateriali, controllati da sistemi computerizzati e cyberfisici, software, capaci di supportare le interazioni uomo-macchina migliorando la sicurezza del posto di lavoro e assicurando qualità e sostenibilità nella produzione. La misura poteva essere utilizzata da tutte le imprese con sede legale in Italia, senza distinzioni in base al settore di attività e la dimensione. L'Iperammortamento era inteso come “supervalutazione del 250% degli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti la trasformazione in chiave 4.0 acquistati o in leasing” mentre superammortamento come la “supervalutazione del 140% degli investimenti in beni strumentali nuovi acquistati o in leasing” (MISE, 2016, p.4).
- **Nuova Sabatini** consistente in un contributo in conto interessi dal 2,75% al 3,57% per sostenere finanziamenti bancari in nuovi beni strumentali, macchinari, attrezzature, impianti e tecnologie digitali.
- **Credito d'imposta per R&D**, ossia un credito d'imposta del 50% su spese incrementalmente in ricerca e sviluppo, riconosciuto fino a un massimo annuale di 20 milioni di euro l'anno, per stimolare la ricerca e lo sviluppo di processi e prodotti innovativi, essenziali per il futuro competitivo del Paese.

- **Patent Box**, ovvero una riduzione fino al 50% delle aliquote IRES e IRAP sui redditi da beni immateriali come brevetti, marchi registrati e software protetti da diritto d'autore, con il fine di attrarre investimenti nazionali ed esteri di medio e lungo periodo.
- **Start-up e PMI innovative**, cioè detrazioni fiscali per investimenti in capitale di rischio fino al 30% con il fine di sostenere l'imprenditoria innovativa in tutte le fasi del ciclo di vita dell'impresa.

Ciò che rappresenta uno degli aspetti più interessanti del piano I4.0 è l'introduzione di un'infrastruttura di supporto e di riferimento per tutte quelle imprese che vogliono attuare progetti di transizione digitale e mantenersi competitive nel panorama nazionale e internazionale. È stata prevista infatti la creazione di due categorie complementari e innovative: i Competence Center (CC) e i Digital Innovation Hub (DIH). I CC sono rappresentati da poli universitari d'eccellenza, centri di ricerca e privati che operano in ambiti di innovazione tecnologica fornendo un punto di riferimento per testare tecnologie e sviluppare progetti tecnologici. I DIH sono invece strutture di supporto che possono aiutare le imprese in attività di consulenza e per comprendere le potenzialità della nuova I4.0 (Labartino et al. 2019).

Nel 2018, a proposito del Piano Industria 4.0, Giovanni Miragliotta, co-direttore dell'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano afferma che il progetto ha rappresentato uno shock positivo per la manifattura italiana e che “le aziende sono tornate ad investire in modo cospicuo dopo anni di quasi immobilità (+9% nel 2017) e a far crescere il valore aggiunto manifatturiero (+2,1% nel biennio 2016-17)” (Maci L., 2021).

Confermato anche nel 2018 e 2019, il Piano Industria 4.0 diventa poi **Piano Impresa 4.0**, volendo includere non solo il settore industriale ma anche quello dei servizi, subendo alcune modifiche. Oltre al ridimensionamento del credito d'imposta per la R&D, e il rinnovamento del iperammortamento e del credito d'imposta per la formazione 4.0, viene presentato infatti un contributo a fondo perduto sotto forma di voucher che consente di acquisire competenze professionali per supportare piccole e medie imprese nel processo di transizione digitale.

Il piano italiano vede poi una successiva trasformazione diventando **Piano Nazionale di Transizione 4.0** nel 2020 e, infine, **Nuovo Piano Nazionale di Transizione 4.0**, attraverso la Legge di Bilancio 2021. Si tratta di un investimento di circa 24 miliardi di Euro, legati al Recovery plan che mira a potenziare la transizione tecnologica delle imprese italiane, con un maggiore focus sullo sviluppo sostenibile, eco-sostenibilità e investimenti green. In particolare, ha l'obiettivo di “stimolare gli investimenti privati e dare stabilità e certezze alle imprese con

misure che hanno effetto da novembre 2020 a giugno 2023” (MISE, 2021). Il piano è caratterizzato da:

- **Credito d'imposta per beni strumentali** che sostituisce l'iper e il super ammortamento supportando le imprese nell'acquisto di beni strumentali materiali ed immateriali. L'agevolazione fiscale varia in base alla tipologia di bene. Per quelli materiali 4.0 l'aliquota sale al 50% nel 2021 e al 40% nel 2022 per spese inferiori a 2,5 milioni di Euro (30% e 20% per spese comprese tra i 2,5 e i 10 milioni, 10% per quelle superiori a 10 milioni di Euro), per i bene immateriali 4.0 è invece al 20% fino a 1 milione di euro e, infine, per i beni strumentali non 4.0, sale al 10% nel 2021 e al 6% nel 2022.
- **Credito d'imposta per ricerca, sviluppo, innovazione e design**, che mira a incentivare gli investimenti in ricerca e sviluppo industriale, in innovazione tecnologica ed attività di design. Anche in questo caso le aliquote variano in base alla tipologia di investimento, passando dal 20% per investimenti in ricerca e sviluppo al 10% e al 15% per investimenti in innovazione tecnologica e design e in innovazione green.
- **Credito d'imposta per formazione 4.0.**

È stata inoltre introdotta una tax credit anche per gli investimenti in lavoro agile pari al 15% per supportare le aziende per beni funzionali allo smartworking.

### 3.2 IMPRESE ITALIANE E 4.0

Secondo il report “*Italia 4.0, siamo pronti?*” pubblicato da Deloitte nel 2018, che intervista più di 100 C-level executive delle principali aziende italiane, il nostro Paese risulta essere all'avanguardia per quanto riguarda le nuove applicazioni 4.0. I dati presentano un quadro positivo e favorevole allo sviluppo di nuovi modelli di produzione. L'Italia rientra infatti nella classifica dei primi 10 Paesi al mondo per diverse tecnologie come robotica industriale (7° al mondo, dati 2018) e *machine-to-machine communication*, ovvero l'interconnessione fra le macchine industriali (6° al mondo, dati 2018).

L'ISTAT, presenta poi uno scenario positivo per quanto riguarda il livello di accettazione dei piani industriali proposti, con il 61,2% di imprese manifatturiere che ritengono “molto o abbastanza rilevanti” le misure del super-ammortamento, il 47,65% per l'iperammortamento e, infine, il 40,8% per i crediti d'imposta per R&D (Deloitte, 2018).

Il maggior vantaggio del Piano Industria 4.0 è dato dalla flessibilità della produzione per il 47% delle imprese che hanno adottato delle tecnologie 4.0 da più di un anno, mentre il 38% ha potuto approfittare di un aumento della produttività, e il 34% della riduzione dei tempi di progettazione. Seguono poi le imprese che hanno sperimentato una riduzione delle spese di manutenzione (28%) e una maggiore visibilità lungo la *supply chain* (25%) (Bussi C., 2020).

Gli investimenti sono trainati da imprese di grande dimensione, nonostante le misure del Piano Industria 4.0 siano rivolte particolarmente verso le PMI. Questo è lo scenario che delinea anche l'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano, che, dati 2019, rileva quasi il 90% di applicazioni tecnologiche I4.0 in grandi imprese mentre poco più del 10% nelle PMI (Osservatorio I4.0, 2020).

Seguendo lo studio dell'Osservatorio Industria 4.0, riportato in un loro comunicato stampa, il mercato I4.0 nel 2019 ha raggiunto i 3,9 miliardi di Euro, con un incremento di circa il 22% rispetto all'anno precedente. Questi investimenti sono per lo più concentrati verso l'*Industrial Iot* (60%), *Industrial analytics* e *Cloud manufacturing*, contando in media 4,5 applicazioni 4.0 per azienda; una tendenza in crescita in particolar modo verso soluzioni *Cloud* e *Analytics* per la *supply chain*, *IoT* per le fabbriche, e prime applicazioni di *Artificial Intelligence*. Infatti, la previsione della domanda futura e il monitoraggio dei sistemi produttivi, possibili grazie all'*IoT* e all'*Industrial analytics*, fanno sì che queste siano le tecnologie più utilizzate con un aumento del 42% rispetto all'anno precedente. A seguire troviamo il *Cloud* con +27% e l'*Additive Manufacturing* che aumenta la flessibilità di produzione con un +34%. È poi interessante la crescita di tecnologie quali la realtà aumentata e la realtà virtuale per le applicazioni relative all'*Advanced Human-Machine Interface*, utilizzate specialmente per supportare l'operatore in attività di manutenzione e training e anche per lo sviluppo di prodotti.

Lo studio procede poi analizzando l'impatto della pandemia di Covid-19 sulla crescita di queste applicazioni. In particolar modo, il 2020 è stato caratterizzato da molta più incertezza negli investimenti. Tuttavia, rimane ancora un sentimento positivo nei confronti di tecnologie 4.0, soprattutto dopo che hanno permesso alle imprese di poter sfruttare enormi vantaggi, gestendo meglio l'emergenza sanitaria rispetto a quelle che non le avevano ancora adottate. A tal proposito, circa il 46% delle applicazioni I4.0, è stato di fondamentale importanza. Come afferma Sergio Terzi, Direttore dell'Osservatorio Industria 4.0: "l'emergenza sanitaria legata alla pandemia ha forzato le imprese industriali a trarre il meglio dai loro investimenti digitali, per dare resilienza alle catene del valore a cui appartengono" (Osservatorio I4.0, 2020). Marco Taisch, responsabile scientifico dell'Osservatorio, aggiunge invece che: "l'introduzione del

paradigma Cyber Physical System è un'opportunità fondamentale per avere garanzia di continuità delle operazioni degli impianti e delle filiere, superando l'idea che si debba essere necessariamente sul posto per certe azioni e decisioni” (ibid.). Le tecnologie abilitanti dell'I4.0 hanno dunque permesso una gestione del lavoro anche da remoto, rispettando le misure di sicurezza richieste dall'emergenza sanitaria e riducendo l'impatto negativo sulla produttività.

### **3.2.1 DIFFICOLTA' NEL PROCESSO DI TRANSIZIONE**

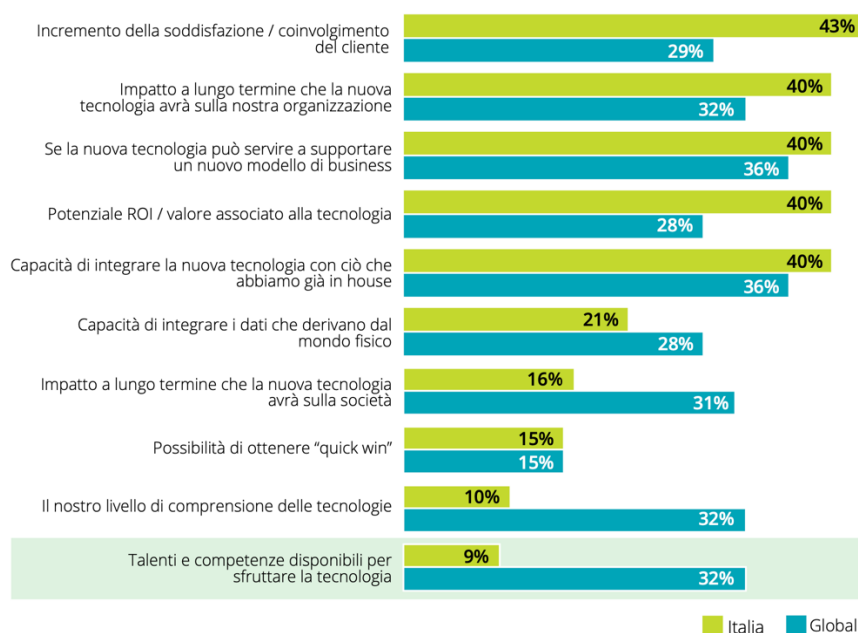
Per quanto riguarda l'implementazione di progetti 4.0, i dirigenti intervistati da Deloitte sono particolarmente favorevoli all'introduzione di nuove tecnologie, e sono ben consapevoli dell'importanza di queste come fattore chiave per la differenziazione, con il fine di competere in un panorama internazionale.

Emergono però alcune difficoltà e incertezze. Solo un terzo degli intervistati ritiene di possedere un business plan solido che possa supportare l'integrazione delle nuove tecnologie. La maggior parte non ha una visione chiara e precisa delle conseguenze a livello organizzativo che la rivoluzione 4.0 porterà, con la tendenza a adottare un'ottica di breve periodo nelle decisioni rispetto ai colleghi internazionali.

Il divario tra il nostro Paese e l'estero riguardante la gestione dei progetti di innovazione 4.0 è riportato anche dallo studio dell'Osservatorio. Circa un quarto delle imprese adotta tecnologie 4.0 sparse, senza avere un programma strategico di riferimento e di coordinamento; il 42%, invece, presenta progetti coordinati ma senza un piano complessivo e generale che solamente il 10% sviluppa, riuscendo così a creare maggiori sinergie e a massimizzare il potenziale fornito dalle applicazioni. Raffaella Cagliano, Professore Ordinario di People Management e Organization al Politecnico di Milano, afferma che "per un approccio sistemico ai progetti 4.0 serve inquadrarli in ampi programmi di digitalizzazione, con una visione strategica dei vantaggi e del ruolo delle persone nei processi operativi, coinvolgendo più funzioni, dipartimenti e livelli gerarchici, insieme agli utenti per raccogliere proposte di miglioramento (Osservatorio I4.0, 2020).

Il distacco dell'industria italiana con l'estero è poi particolarmente evidente per quanto riguarda la gestione e lo sviluppo delle risorse umane. Nella scelta di investire in una specifica tecnologia, la disponibilità di talenti e di competenze adatte da sfruttare rimane molto marginale rispetto alla prospettiva globale.

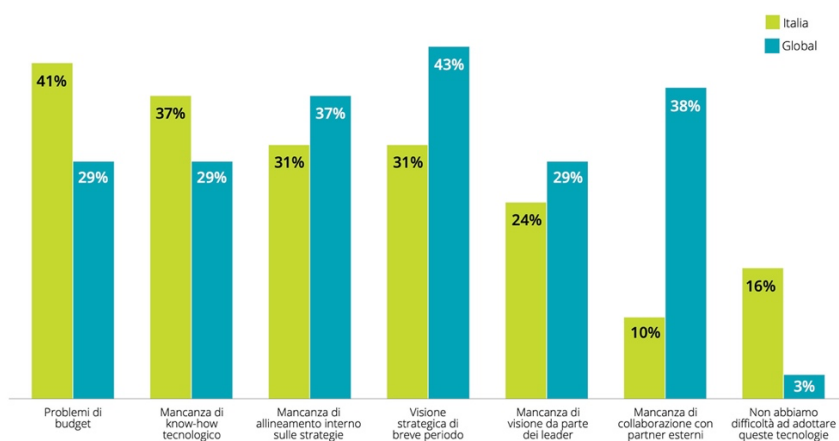
**Figura 3.2:** Cosa influenza la decisione dell'azienda di investire in una tecnologia piuttosto che in un'altra?



**Fonte:** *Italia 4.0. Siamo pronti?*, Deloitte (2018, p.23).

La Figura 3.2 mostra come, nel resto del mondo, la disponibilità di talenti e competenze che possano sfruttare la tecnologia, il livello di comprensione delle tecnologie e gli impatti a lungo termine che queste possono avere sulla società e sostenibilità, risultano essere fattori particolarmente importanti per valutare l'adozione di determinate applicazioni 4.0. Ciò non avviene in Italia. Nonostante siano pochi gli intervistati che affermano di considerare anche la presenza di talenti come guida per gli investimenti, tra le sfide principali che le imprese italiane devono fronteggiare, oltre a problemi finanziari, vi è proprio la mancanza di risorse umane aggiornate con le necessità richieste dal contesto tecnologico (Figura 3.3).

**Figura 3.3:** Quali sono le sfide più comuni che la sua organizzazione deve affrontare quando cerca di adottare nuove tecnologie?



Fonte: *Italia 4.0. Siamo pronti*, Deloitte (2018, p. 23).

Vi è infatti una profonda lacuna negli ambiti di istruzione e formazione della forza lavoro, che, come spiegato nel Capitolo II, risultano essere punti chiave per poter intraprendere una vera e propria evoluzione verso l'integrazione uomo-macchina evitando disuguaglianze e iniquità. Secondo il Ministero dell'Economia e delle Finanze, l'Italia presenta valori (29%) nettamente inferiori alla media europea (37%) nella diffusione di competenze digitali (Deloitte, 2018). Da qui l'esigenza di riformare il sistema educativo e formativo per supportare l'evoluzione del mercato del lavoro. Il 79% dei dirigenti intervistati concorda sulla necessità di una riforma del sistema di istruzione per poter riallineare il nostro Paese, seguendo soprattutto il modello tedesco e svedese. In Germania, per esempio, i giovani che sviluppano competenze coerenti con le nuove esigenze tecnologiche grazie agli Istituti Tecnici Superiori (ITS), sono circa 970.000 contro i soli 9.000 italiani.

### 3.3 IMPRESE ITALIANE E SOSTENIBILITA'

La crisi economica derivata da questo lungo periodo di pandemia da Covid-19 ha messo a dura prova numerosi Paesi. Per supportare il rilancio economico l'Unione Europea ha stanziato un programma di rilancio, il *NextGenerationEU*, da 750 miliardi di Euro che mira, non solo ad uscire dalla pandemia, ma anche a trasformare le economie e le società nazionali in ottica sostenibile, in modo tale da rendere l'Europa "più verde, più digitale, più resiliente" (Commissione Europea, 2021). All'interno di questo grande progetto si inserisce il Piano di Ripresa e Resilienza (PNRR) che ha durata di 6 anni, dal 2021 al 2026, e ha l'obiettivo di sviluppare la digitalizzazione e l'innovazione, la transizione ecologica e l'inclusione sociale.

L'ammontare dei fondi destinati all'Italia è particolarmente significativo, circa 248 miliardi di Euro e si stima che potrà impattare positivamente sulla crescita economica, aumentando il PIL

del 3,6% nel 2026. In particolare, il PNRR presentato dal Ministero dell'Economia e delle Finanze, presenta sei missioni, tra cui (MEF, 2021):

- **“Digitalizzazione, Innovazione, Competitività, Cultura”** stanziando 49,2 miliardi per la trasformazione digitale e l'innovazione del sistema produttivo del Paese.
- **“Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica”** che stanziava 68,6 miliardi con il fine di migliorare la sostenibilità e la resilienza del sistema economico, necessarie per la transizione ambientale in linea con gli obiettivi EU.
- **“Istruzione e Ricerca”** che stanziava 31,9 miliardi di euro per “rafforzare il sistema educativo, le competenze digitali e tecnico-scientifiche, la ricerca e il trasferimento tecnologico” (MEF, 2021).
- **“Inclusione e Coesione”** che stanziava 22,4 miliardi volendo promuovere l'inclusione sociale, la formazione e la partecipazione al mercato del lavoro.

Poiché questi stanziamenti si inseriscono in un progetto di crescita economica sostenibile, capace di adattarsi alle diverse esigenze che si dovranno affrontare in futuro, può essere lecito chiedersi a che punto siano le imprese italiane per quanto riguarda la sostenibilità.

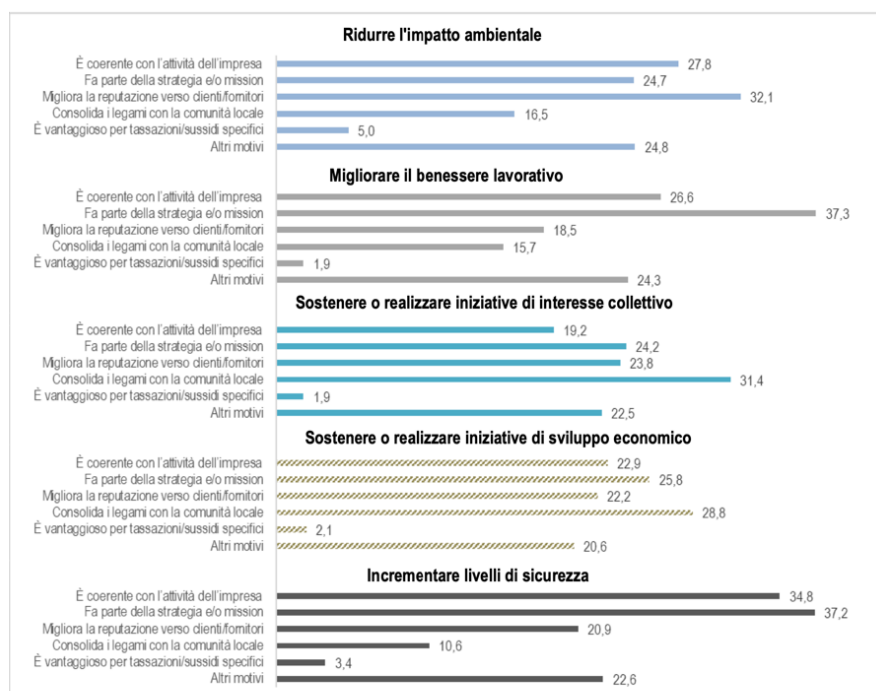
Nel giugno 2020, l'ISTAT ha presentato il rapporto *“Sostenibilità nelle imprese: aspetti ambientali e sociali”* con il fine di definire un quadro rappresentativo delle caratteristiche dei comportamenti sostenibili delle imprese in Italia. L'universo di imprese italiane composto da poco più di 1 milione di unità è stato rappresentato da un campione di 280 mila imprese, con dati acquisiti nel 2018.

Riferendoci in particolar modo all'aspetto sociale, relativo al benessere lavorativo e alla sicurezza, e all'aspetto ambientale che include attività per ridurre l'impatto ambientale, i livelli di applicazione cambiano in base alla dimensione e al settore dell'organizzazione.

In particolar modo i comportamenti sostenibili crescono all'aumentare della dimensione dell'impresa sia per quanto riguarda l'aspetto ambientale, sia per quello legato alla sicurezza e al benessere dei dipendenti. Quest'ultimo rappresenta soprattutto l'orientamento delle microimprese mentre le imprese più grandi si interessano particolarmente alla sicurezza e alla riduzione dell'impatto ambientale. In generale, “l'84,3% delle imprese ha portato a termine almeno una azione di sostenibilità sociale e il 75,8% ha realizzato almeno una azione di sostenibilità ambientale” (ISTAT, 2020).

Figura 3.4: Motivazioni per tipo di azione sostenibile.





**Fonte:** *Sostenibilità nelle imprese: aspetti ambientali e sociali*, ISTAT (2020, p. 5).

Come si evince dalla Figura 3.4, la sostenibilità ambientale, intesa come la riduzione dell'impatto sull'ambiente, è motivata principalmente dal miglioramento della reputazione verso i clienti e i fornitori e dal livello di coerenza con l'impresa.

Una delle attività principali per ridurre gli impatti negativi sull'ambiente è la gestione efficiente dell'energia e dei trasporti. Il 40,1% delle imprese ha infatti adottato macchinari e impianti efficienti, realizzando anche edifici a basso consumo di energia.

Meno diffusi sono invece programmi per la mobilità sostenibile come l'utilizzo di mezzi elettrici, e la produzione da fonti di energia rinnovabile (11,6%).

La tipologia di attività sviluppate dipende poi dalle caratteristiche dei processi produttivi e dall'intensità di utilizzo di risorse energetiche e dalla produzione di scarti: nelle imprese di fornitura energetica prevalgono iniziative volte ad un'ottimizzazione dell'energia e dei trasporti.

Per quanto riguarda invece la sostenibilità sociale, intesa come il miglioramento del benessere lavorativo e l'incremento dei livelli di sicurezza, la motivazione è dovuta alla coerenza con l'attività dell'impresa e con la *mission* e i valori aziendali. Il 68,9 % delle imprese che affermano di adottare programmi per migliorare il benessere dei dipendenti, sceglie di introdurre una maggiore flessibilità dell'orario di lavoro e piani per lo sviluppo professionale, tra cui la crescita formativa e la tutela delle pari opportunità. Anche le misure di conciliazione del tempo di vita-lavoro risultano essere fortemente influenzate dalla dimensione dell'impresa: lo smartworking

è stato introdotto dal 24,0% delle grandi imprese contro il 13,3% e il 10,2% delle medie e piccole imprese (essendo dati pre-Covid, si suppone che ora, nel 2021, queste percentuali siano aumentate).

A livello di sicurezza invece, il 64,8% delle imprese afferma di aver aumentato gli standard oltre quelli richiesti per legge attraverso l'utilizzo di macchinari e apparecchiature.

Si delinea quindi un quadro particolarmente positivo per l'Italia, con la maggior parte delle imprese impegnata a sostenere iniziative e programmi di carattere sostenibile, sia per l'ambiente, sia per i propri dipendenti.

## CONCLUSIONI

Il modello di crescita lineare che ha caratterizzato gli ultimi secoli, incurante del legame inscindibile tra l'uomo e l'ambiente, è divenuto ormai incompatibile con le capacità della Terra di generare risorse e servizi. Per poter invertire la rotta che sta portando ad un degrado ambientale irrimediabile, a crisi economiche di vasta portata, e alla perdita di benessere, servono nuovi modelli di produzione e consumo.

Lo sviluppo sostenibile è la strada necessaria per poter dare un futuro alle prossime generazioni, salvaguardando il nostro pianeta. Con questo obiettivo, le imprese, considerate come fonti dello sviluppo economico, hanno la responsabilità di agire impegnandosi nella creazione di valore sostenibile, garantendo una crescita economica rispettosa dell'ambiente ed equamente distribuita tra i diversi attori della società. Le imprese, per fare ciò, devono concentrarsi sugli impatti della loro attività, non solo a livello economico, ma anche sociale e ambientale, adottando la sostenibilità come driver principale.

Il presente elaborato ha dimostrato come sia possibile supportare questo cambiamento di paradigma, sfruttando le potenzialità tecnologiche dell'I4.0.

L'integrazione lungo tutti i livelli produttivi grazie a tecnologie come l'*IoT* e il *Cloud* deve essere ritenuta come un'opportunità più che una minaccia, dando la possibilità alle imprese di bilanciare le tre dimensioni della 3BL che, per la loro natura di interdipendenza, spesso entrano in conflitto.

La flessibilità e l'interconnessione della catena produttiva tipiche dell'I4.0, permettono l'ottimizzazione di tutti i processi, portando a maggior efficienza e produttività. Grazie all'adozione di nuove tecnologie è poi possibile aumentare la qualità e la personalizzazione del prodotto rispondendo alle diverse esigenze del mercato. L'I4.0 si presenta dunque come un punto di forza per affrontare la crescente competitività internazionale.

L'impatto economico si traduce poi in una riduzione dei costi dovuta ad una minore quantità di scarti, di materie prime ed energia. Ciò è un aspetto positivo anche dal punto di vista ambientale. Inoltre, le possibilità di sviluppare nuovi prodotti, di allungarne la vita utile e di ripensare modelli di business offrono le potenzialità per modificare anche le abitudini di consumo, indirizzando i consumatori verso scelte più sostenibili. Le sinergie positive e i benefici che ne derivano possono rientrare dunque in un approccio di economia circolare che mira a chiudere il ciclo di vita delle risorse.

Si prevede che la rivoluzione 4.0 determinerà profondi cambiamenti a livello sociale e nelle condizioni di lavoro. Molti di questi sono ambigui. Da una parte le condizioni di lavoro potranno essere migliorate con particolare riguardo alla sicurezza nel luogo di lavoro e al

welfare aziendale; dall'altra, gli impatti dipenderanno da come le imprese e le istituzioni saranno in grado di gestire questa transizione. L'applicazione di tecnologie 4.0 implicherà infatti la scomparsa di numerosi lavori, sostituiti dalle macchine, e la creazione di nuovi che richiederanno competenze e skills diverse. Per evitare che si possano sviluppare disuguaglianze e iniquità, è fondamentale gestire questa transizione riqualificando e aggiornando non solo la forza lavoro, ma anche il sistema educativo.

Per quanto riguarda lo scenario italiano, recentemente sono stati introdotti Piani Industriali e politiche specifiche volte a sostenere le imprese nell'implementazione di tecnologie 4.0. Nonostante sia stato delineato un quadro particolarmente positivo per l'introduzione di applicazioni 4.0, rimangono delle difficoltà e delle incertezze relative alla gestione efficace di programmi 4.0.

Molte imprese adottano ancora un'ottica di breve periodo, non riuscendo a gestire la presenza di più tecnologie, e trovano difficile reperire risorse umane con competenze adatte al contesto tecnologico.

Per poter continuare a competere nel panorama internazionale, le imprese devono riuscire ad adattarsi all'evoluzione della tecnologia e alle esigenze del mercato, adottando una struttura sempre più flessibile e proattiva, e collaborando con le istituzioni pubbliche. Solo attraverso piani strategici di lungo periodo, in grado di coinvolgere tutte le attività aziendali e tutti gli attori della catena del valore, è possibile sfruttare le sinergie derivate dalle tecnologie 4.0, riuscendo ad agire responsabilmente per creare un mondo più equo e sostenibile.

## BIBLIOGRAFIA

Braccini A.M, Margherita A.G., ( 2019 ), Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company. *Sustainability*, 11(1) 36, pp. 1-17.

Bussi C., ( 2020 ), *Industria 4.0: per metà delle imprese produzione più flessibile*. Il Sole 24 Ore, 17 marzo 2020, disponibile su: < <https://www.ilsole24ore.com/art/industria-40-meta-imprese-produzione-piu-flessibile-ADndIfD>> [data di accesso: 10/06/2021].

Marcelli A., *Economia, storia, natura. La relazione tra l'uomo e l'ambiente in una prospettiva storica: Economia Ambiente e Sviluppo Sostenibile*. Ciani Scarnicci M., Marcelli A., Pinelli P., Romani A., Russo R., ( 2014 ), Franco Angeli, Milano, pp. 13-15.

Commissione Europea, ( 2021 ), *Piano per la ripresa dell'Europa*. Disponibile su: <[https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_it](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_it)> [data di accesso: 11/06/2021].

Della Mura M.T., ( 2020 ), *Servitization, cos'è e perché è importante nel manifatturiero*. Network Digital 360, 16 marzo 2020, disponibile su: <<https://www.impresa40.it/scenari-cisco/servitization-che-cosa-e-e-perche-e-importante-nel-manifatturiero/>> [data di accesso: 05/06/2021].

Deloitte, ( 2018 ), *Italia 4.0: siamo pronti? Il percepito degli executive in merito agli impatti economici, tecnologici e sociali delle nuove tecnologie*. Disponibile su: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/process-and-operations/Report%20Italia%204.0%20siamo%20pronti\\_Deloitte%20Italy.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/process-and-operations/Report%20Italia%204.0%20siamo%20pronti_Deloitte%20Italy.pdf)> [data di accesso: 09/06/2021]

Elkington J., ( 2018 ), *25 Years Ago I Coined the Phrase "Triple Bottom Line." Here's Why It's Time to Rethink It*. Harvard Business Review, 25 giugno 2018, disponibile su: <<https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>> [data di accesso: 20/05/2021].

Ghobakhloo M., ( 2019 ), Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869, pp. 8-12.

Global Footprint Network, disponibile su: <<https://www.footprintnetwork.org>> [data di accesso: 21/05/2021]

Hofmann E., Rüsç M., ( 2017 ), *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*. *Computers in Industry* 89, pp. 23-34.

Inchiostro Unipv, *Economia circolare vs economia lineare*. Disponibile su: <<https://inchiostro.unipv.it/chiudere-il-cerchio-beni-di-oggi-risorse-di-domani/economia-circolare-vs-economia-lineare/>> [data di accesso: 04/06/2021].

Intini E., ( 2021 ), *Overshoot Day 2021: per l'Italia è il 13 maggio*. Focus, 12 maggio 2021 disponibile su: <<https://www.focus.i/ambiente/ecologia/overshoot-day-2021-italia-13-maggio>> [data di accesso: 21/05/2021].

ISTAT, ( 2020 ), *Sostenibilità nelle imprese: aspetti ambientali e sociali*. Disponibile su: <<https://www.istat.it/it/files/2020/06/Sostenibilità-nelle-imprese.pdf>> [data di accesso: 11/06/2021].

Kagermann H. et al., ( 2013 ), *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Final report, Acatech, pp. 5-16.

Labartino G. et al., ( 2019 ), *Dove va l'industria italiana*. Centro Studi Confindustria, disponibile su: <[https://www.confindustriact.it/wp-content/uploads/2020/07/rapport\\_industria\\_2019.pdf](https://www.confindustriact.it/wp-content/uploads/2020/07/rapport_industria_2019.pdf)> [data di accesso: 09/06/2021].

Maci L., ( 2021 ), *Che cos'è l'industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare*. Network Digital 360, 5 giugno 2021, disponibile su: <<https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/>> [data di accesso: 08/06/2021].

MEF, ( 2021 ), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)*. Disponibile su: <<https://www.mef.gov.it/focus/Il-Piano-Nazionale-di-Ripresa-e-Resilienza-PNRR/>> [data di accesso: 11/06/2021].

MISE, ( 2016 ), *Piano Nazionale Industria 4.0*. Disponibile su: <[https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida\\_industria\\_40.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf)> [data di accesso: 09/06/2021].

MISE, ( 2021 ), *Nuovo Piano Nazionale Transizione 4.0*. Disponibile su: <<https://www.mise.gov.it/index.php/it/transizione40>> [data di accesso: 09/06/2021].

Müller J.M., Kiel D., Voigt K., ( 2018 ), What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247, pp. 1-8.

NIST, ( 2011 ), *Final Version of NIST Cloud Computing Definition Published*. Disponibile su: <<https://www.nist.gov/news-events/news/2011/10/final-version-nist-cloud-computing-definition-published>> [data di accesso:20/05/2020].

Okpedia, ( 2018 ), *Le funzioni economiche dell'ambiente*. 17 ottobre 2018, disponibile su: <<https://www.okpedia.it/funzioni-economiche-dell-ambiente>> [data di accesso: 21/05/2021].

Osservatorio I4.0, ( 2019 ), *Cloud Computing, cos'è e quali vantaggi porta in azienda*. Disponibile su: <[https://blog.osservatori.net/it\\_it/cloud-computing-significato-vantaggi](https://blog.osservatori.net/it_it/cloud-computing-significato-vantaggi)> [data di accesso: 20/05/2021].

Osservatorio I4.0, ( 2020 ), *Industria 4.0: aumentano le applicazioni nelle imprese italiane*. Comunicato stampa, disponibile su: <<https://www.osservatori.net/it/ricerche/comunicati-stampa/industria-40-aumentano-le-applicazioni-nelle-imprese-italiane>> [data di accesso:10/06/2021].

Parlamento Europeo, ( 2021 ), *Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi*. Disponibile su: <<https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>> [data di accesso: 04/06/2021].

Roxburgh T. et al., ( 2020 ), *Global Futures: Assessing the global economic impacts of environmental change to support policy-making*. Summary report, Gennaio 2020, disponibile su: <<https://www.wwf.org.uk/globalfutures>> [data di accesso:21/05/2021].

Rübmann M. et al., ( 2015 ), *Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*. BCG, 9 aprile 2015, disponibile su: <[https://www.bcg.com/it-it/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/it-it/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries)> [data di accesso: 19/05/2021].

Sandonnini P., ( 2020 ), *Manifattura additiva, cos'è, come funziona, quali vantaggi offre*. Network Digital 360, 12 ottobre 2020, disponibile su: <<https://www.industry4business.it/industria-4-0/manifattura-additiva-cose-come-funziona-quali-vantaggi-offre/>> [data di accesso: 20/05/2021].

Stock T. et al., ( 2018 ), *Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential*. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 118, pp. 254-267.

Valenti M., ( 2020 ), *Le Smart Grid per un futuro energetico sostenibile e sicuro*. Disponibile su <<https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-eai/n-2-maggio-agosto-2020/30-focus-smart-grid.pdf>> [data di accesso: 04/06/2021].

World Economic Forum (WEF), ( 2020 ), *Future of Jobs Report 2020*. Disponibile su: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf)> [data di accesso: 01/06/2021].

World Commission on Environment and Development (WCED), ( 1987 ), *Our Common Future*. United Nations, p.32,

Zanichelli, *Dizionario di citazioni*. Disponibile su: < <https://dizionari.corriere.it/dizionario-citazioni/A/antropocentrismo.shtml>> [data di accesso: 21/05/2021].

Zanotti L., ( 2021 ), *Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business*. Network Digital 360, 13 maggio 2021, disponibile su: < <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>> [data di accesso: 19/05/2021].