



**Politecnico  
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi degli impatti delle nuove tecnologie 4.0  
sui centri di lavoro**

Relatore accademico:  
Carlo Rafele

Candidato:  
Federica Rota

Co-relatore:  
Maurizio Schenone

Anno Accademico 2021/2022

# Sommario

<b>Introduzione</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Il nuovo paradigma 4.0</b> .....	<b>6</b>
1.1 Prima Rivoluzione Industriale .....	7
1.2 Seconda Rivoluzione Industriale .....	8
1.3 Terza rivoluzione Industriale .....	8
1.4 Industria 4.0: introduzione alla trasformazione digitale .....	9
1.4.1 <i>I principi dell'Industria 4.0</i> .....	10
1.4.2 <i>Incentivi per gli investitori: il Piano nazionale Industria 4.0</i> .....	12
<b>2 Evoluzione delle imprese 4.0</b> .....	<b>17</b>
2.1 Vantaggi della nuova rivoluzione sulla produzione .....	17
2.2 Le nuove tecnologie 4.0 per le PMI .....	19
2.2.1 <i>IoT, Big Data e intelligenza artificiale</i> .....	19
2.2.2 <i>Advanced HMI</i> .....	23
2.2.3 <i>Il cloud computing</i> .....	25
2.2.4 <i>Soluzioni Cyber security</i> .....	26
2.2.5 <i>Additive manufacturing</i> .....	29
2.2.6 <i>Advanced automation</i> .....	30
2.3 Esempi applicativi .....	31
2.3.1 <i>MES</i> .....	32
2.3.2 <i>Sistemi per la logistica Pick e put to light</i> .....	34
2.3.3 <i>Robotica collaborativa</i> .....	35
2.4 Conseguenze sul mondo del lavoro .....	40
<b>3 Caso studio: Next S.r.l.</b> .....	<b>42</b>
3.1 Presentazione azienda: organizzazione pre-investimenti 4.0 .....	42
3.2 Problematiche riscontrate da Next: scelta delle nuove tecnologie .....	44
3.2.1 <i>Descrizione Smiro</i> .....	46
3.2.2 <i>Descrizione MES Agile Factory</i> .....	48
3.3 Implementazione nuove tecnologie: organizzazione post-investimenti 4.0 .....	50
3.3.1 <i>Benefici ottenuti</i> .....	53
3.3.2 <i>Analisi impatto economico</i> .....	58
<b>4 Conclusioni</b> .....	<b>62</b>
4.1 Risultati osservabili dal lavoro di tesi .....	62

4.2	Industria 4.0 e sostenibilità: applicazioni ed impatti futuri .....	64
<b>5</b>	<b>Allegato A .....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>Allegato B .....</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>Sitografia .....</b>	<b>73</b>

# Introduzione

L'obiettivo del lavoro di tesi è mostrare i vantaggi e le applicazioni possibili delle nuove tecnologie 4.0, in particolare alle piccole medie imprese, che risultano ancora diffidenti o ignare dei possibili benefici.

L'analisi avverrà mediante l'esposizione della letteratura di riferimento, considerazioni personali, brevi esempi applicativi, fino a passare alla presentazione del caso studio dell'azienda Next S.r.l.

Negli ultimi anni il progresso tecnologico ha permesso di vivere una nuova realtà che prende il nome di quarta rivoluzione industriale. Particolarità di questa rivoluzione è la digitalizzazione, ovvero riuscire a rendere ogni cosa visibile in rete e controllabile da applicazioni software ed interazioni fra sistemi informativi. Ciò in particolare ha permesso di far sì che questa rivoluzione coinvolgesse anche la vita dei singoli individui e cambiasse anche alcune dinamiche sociali. Si prendano ad esempio sistemi come Alexa, i chat bot, gli Apple watch...tutte tecnologie portate dalla quarta rivoluzione che sono entrate nelle nostre case e nella vita quotidiana delle persone.

Tali innovazioni trovano posto anche e soprattutto nell'ambito industriale, ma da questo punto di vista, per certi versi, la trasformazione appare più lenta.

In generale una parola chiave dell'evoluzione dell'industria 4.0 è la smart factory di cui però al momento non se ne comprende a pieno il significato. Nel contesto italiano, le aziende più piccole vedono, infatti, questo cambiamento ancora lontano dalla loro realtà sia da un punto di vista economico che applicativo. Diversi sono i casi osservati di diffidenza verso le innovazioni o verso la loro utilità e praticità.

Scopo della tesi è illustrare, invece, come queste nuove tecnologie siano ormai accessibili da un punto di vista economico e siano applicabili a differenti contesti aziendali anche meno evoluti, mostrandone gli svariati vantaggi.

Attraverso un'analisi della letteratura di riferimento, nel primo capitolo saranno esposti pertanto, i principi del contesto 4.0 e come il governo italiano abbia cercato di incentivare la trasformazione digitale ottenendo importanti risultati e riuscendo a far avvicinare le imprese alle nuove tecnologie.

Tali incentivi rappresentano solo una prima parte dell'impatto economico che può generare l'applicazione delle nuove tecnologie. Infatti, se le agevolazioni fiscali fornite dal governo si sono dimostrate un'importante spinta per il progresso, non bisogna tuttavia considerarle come unico beneficio e non devono essere l'unico motore trainante della digitalizzazione.

Motivo per cui il secondo capitolo sarà incentrato sull'approfondimento dei cambiamenti apportati dall'industria 4.0 e dalla nuova realtà economica e produttiva che stiamo e saremo portati a vivere anche nel futuro. Saranno approfondite le diverse tipologie di innovazioni,

come queste possono essere applicate ai centri di lavoro e quali sono i vantaggi che ne derivano tramite alcuni esempi.

Il terzo capitolo prevederà l'illustrazione del caso studio, dell'azienda Next S.r.l. al fine di analizzare più in dettaglio il processo di digitalizzazione di una fabbrica. Saranno esaminati i motivi che hanno indotto l'azienda ad adottare le nuove tecnologie, la metodologia applicata e le differenze a livello organizzativo e produttivo che l'impresa ha riscontrato rispetto alla gestione iniziale che stava adottando.

Il quarto capitolo comprenderà una riflessione sui risultati del lavoro di tesi e considerazioni finali sugli impatti che le nuove tecnologie hanno sui centri di lavoro e potranno avere in futuro coinvolgendo non solo la sfera economia, ma anche sociale ed ambientale.

# 1 Il nuovo paradigma 4.0

Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale, l'automazione, l'intelligenza artificiale e la robotica sono i risultati di anni di ricerca nel campo delle scienze, dell'economia e della tecnologia e già dalla fine del XX secolo sono applicati in quasi tutti i settori.

La *rivoluzione industriale* fu un processo di evoluzione economica e di industrializzazione della società che da agricolo-artigianale-commerciale si trasformò in un sistema industriale moderno caratterizzato dall'uso generalizzato di macchine azionate da energia meccanica e dall'utilizzo di nuove fonti energetiche inanimate (come, ad esempio, i combustibili fossili), il tutto favorito da una forte componente di innovazione tecnologica e accompagnato da fenomeni di crescita, sviluppo economico e profonde modificazioni socio-culturali e anche politiche [1]. Ciò comportò una profonda e irreversibile trasformazione che partì dal sistema produttivo fino a coinvolgere il sistema economico nel suo insieme e l'intero sistema sociale. L'avvento della fabbrica e della macchina modificò i rapporti fra i settori produttivi. Nacque così la classe operaia che ricevette, in cambio del proprio lavoro e del tempo messo a disposizione per il lavoro in fabbrica, un salario. Sorsero anche il capitalista industriale, imprenditore proprietario della fabbrica e dei mezzi di produzione, che mirava a incrementare il profitto della propria attività.

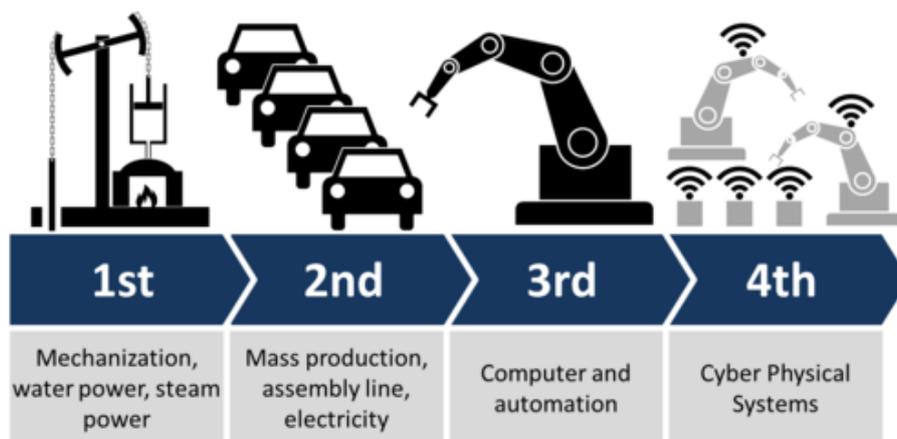


Figura 1.1: Rappresentazione dell'evolversi dell'industria [2]

L'immagine 1.1 schematizza molto bene il succedersi delle rivoluzioni industriali della storia umana a partire dalla fine del 1700. Non sono state le uniche rivoluzioni, ma sono quelle determinate da avanzamenti tecnologici che hanno aperto nuove opportunità, trasformato la produzione, i modelli sociali, l'economia, gli stili di vita, la comunicazione, il benessere, il pensiero.

La Prima Rivoluzione Industriale utilizzava l'acqua e il vapore per meccanizzare la produzione. La seconda ha usato l'energia elettrica per creare una produzione di massa. La terza ha usato

l'elettronica e la tecnologia dell'informazione per automatizzare la produzione. Ora una quarta rivoluzione industriale si sta costruendo sulla terza, ed è caratterizzata da una fusione di tecnologie che sta sfocando i confini tra la sfera fisica, digitale e biologica [2].

Nei prossimi paragrafi si vede dunque, quali sono stati i passaggi storici fondamentali che hanno permesso di raggiungere l'attuale stato tecnologico.

## 1.1 Prima Rivoluzione Industriale

La prima rivoluzione, iniziata alla fine del Settecento in Inghilterra, riguarda prevalentemente il settore tessile metallurgico ed è connessa all'introduzione della macchina a vapore, che potrà avvalersi della grande disponibilità di carbone delle miniere [1].

Le cause di questa rivoluzione sono molte e tutte concatenate tra loro. Nei vari stati sono però accaduti alcuni fenomeni comuni:

- Innovazione tecnica: cambia il modo di produrre grazie all'invenzione di nuove macchine, come la macchina a vapore.
- Accumulazione di capitali per investimenti, necessari per acquistare macchinari ed edifici.
- Sviluppo delle città.
- Rivoluzione agricola: la rivoluzione industriale si è affermata quando l'agricoltura ha superato la fase di sussistenza<sup>1</sup>.
- Rivoluzione demografica.

Difficile identificare il momento esatto in cui ebbe inizio la Prima Rivoluzione industriale e per questo motivo il suo periodo storico può essere ricondotto ad una serie di invenzioni che hanno delineato un cambiamento economico e politico, nello stile di vita e nella cultura popolare nell'Inghilterra del XVIII secolo. Due furono i simboli principi della Prima Rivoluzione industriale: il carbone che rese possibile la macchina a vapore, e il ferro, con il quale vennero costruiti treni, ferrovie, macchine, edifici e ponti. Questi cambiamenti portarono inevitabilmente allo sviluppo di industrie, nel settore tessile e siderurgico. L'ingegneria meccanica è stata un'attività centrale della Rivoluzione Industriale, generando una quota sproporzionata di innovazioni.

---

<sup>1</sup> L'agricoltura di sussistenza o di autoconsumo ha luogo quando uno o più contadini crescono colture alimentari per soddisfare i propri bisogni e quelli delle loro famiglie. Nell'agricoltura di sussistenza i prodotti della fattoria sono diretti alla sopravvivenza e ai bisogni locali, con un basso o inesistente surplus.

## 1.2 Seconda Rivoluzione Industriale

La Seconda prese piede a cavallo tra il XIX e il XX secolo, e fu caratterizzata dall'utilizzo di mezzi produttivi ad energia elettrica, dalla produzione di massa e dalla divisione del lavoro.

La seconda rivoluzione industriale viene fatta convenzionalmente partire dal 1870 con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio a cui è seguito l'utilizzo di nuovi sistemi di comunicazione e di trasporto [1]. Oltre che per le grandi innovazioni tecnologiche e scientifiche, la seconda rivoluzione industriale si caratterizza in modo incisivo rispetto alla prima perché più rapidi furono i suoi effetti, più prodigiosi i risultati che determinarono una trasformazione rivoluzionaria nella vita e nelle prospettive dell'uomo.

Avvenimenti di rilievo prima dilatati nello spazio e nel tempo ora si concentrano in uno spazio temporale ristretto che rende più veloce e concitata la vita dell'uomo.

Inizia quel fenomeno che porterà, per effetto della contrazione dello spazio e del tempo, conseguenza dei nuovi più veloci mezzi di trasporto e comunicazione, alla globalizzazione dei mercati, delle tecnologie e dei linguaggi, e in definitiva all'accelerazione della storia dell'uomo.

## 1.3 Terza rivoluzione Industriale

Talvolta ci si riferisce agli effetti dello svolgimento massiccia dell'elettronica, delle telecomunicazioni e dell'informatica nell'industria come alla *terza rivoluzione industriale*, che viene fatta partire dal 1970 [1].

La Terza si sviluppò negli anni '70 del XX secolo, grazie alle nuove tecnologie elettroniche in grado di automatizzare l'esecuzione dei processi.

Due secoli dopo una prima rivoluzione industriale che ha costruito la ferrovia, un secolo dopo la seconda che ha prodotto l'automobile e l'aereo, con la terza rivoluzione ci imbarchiamo in una rivoluzione che trasforma ciascuno di noi nel motore di una miriade senza fine di trasferimenti virtuali: la rivoluzione informatica.

Le tecnologie ad alta intensità di capitale, concentrate nei settori dell'informatica e della telematica, avviarono un nuovo sistema di produzione, che determinò il brusco declino di tutte le lavorazioni basate su grandi concentrazioni di manodopera; la presenza umana cominciò allora ad affievolirsi sia nella produzione sia nell'erogazione di servizi [1].

Un fattore di sviluppo legato alla terza rivoluzione industriale è il costante sviluppo dei trasporti terrestri, aerei e marittimi favorito dallo sviluppo tecnologico nei rispettivi settori industriali (industria automobilistica, industria aeronautica con nascita e sviluppo dell'aviazione civile, industria navale) nonché dalla realizzazione di sistemi stradali sempre più evoluti e capillari. Questa complessa rete di trasporti finirà per favorire sempre più il commercio internazionale alimentando il fenomeno della globalizzazione.

Per quanto concerne invece l'ambito produttivo, un notevole contributo alla sua crescita è dovuto alle attività economiche immateriali, come innovazione tecnologica e scientifica, informazione, R&S, arte, spettacolo, che hanno prodotto un valore aggiunto rispetto ai beni materiali. Visibili furono i cambiamenti che le nuove realtà aziendali industrializzate adottarono nel modo di produrre: si passò dalla catena di montaggio alla Lean Production, un nuovo sistema tra il Taylorismo e la teoria che definisce l'organizzazione del lavoro industriale, nella quale vengono stabiliti in modo dettagliato i ritmi delle operazioni nella catena di montaggio.

Durante questo periodo storico fu raggiunto uno dei più famosi ed importanti successi degli ultimi secoli: Internet.

#### **1.4 Industria 4.0: introduzione alla trasformazione digitale**

Il termine Industria 4.0 è stato coniato in Germania nel 2011 quando, durante la fiera di Hannover, fu presentato il progetto *Zukunftprojekt Industrie 4.02*, il cui obiettivo era quello di rinnovare completamente il sistema produttivo tedesco e portare così la Germania tra le prime manifatture a livello mondiale [3]. Il termine rimanda quindi al concetto di quarta rivoluzione industriale ed in effetti in realtà rappresenta una evoluzione della terza in quanto, invece di focalizzarsi sulla sola automazione delle macchine e dei processi, cerca di digitalizzare tutto ciò che circonda l'uomo, dai macchinari utilizzati nelle fabbriche fino agli oggetti di uso più comune, combinando assieme mondo fisico e mondo virtuale e modellando un ecosistema totalmente digitale.

Rispetto alle precedenti, la Quarta Rivoluzione Industriale si distingue per velocità, portata e impatto sui sistemi. La velocità delle attuali scoperte non ha precedenti storici, evolve a un ritmo esponenziale piuttosto che lineare. Inoltre, sta sconvolgendo quasi ogni industria in ogni Paese. E l'ampiezza e la profondità di questi cambiamenti preannunciano la trasformazione di interi sistemi di produzione, gestione e governance. Come le rivoluzioni industriali precedenti, anche la quarta rivoluzione industriale porta con sé grandi opportunità di sviluppo all'umanità, ha il potenziale per aumentare i livelli di reddito globale e migliorare la qualità della vita delle popolazioni di tutto il mondo. Ma, la rivoluzione potrebbe produrre anche una maggiore disuguaglianza, laddove il digital gap non sia stato colmato per esempio; ma anche in relazione al suo impatto sui mercati del lavoro. Poiché l'automazione sostituirà gran parte della forza lavoro in tutta l'economia, ciò potrebbe comportare l'acuirsi del divario tra i profitti del capitale e il rendimento del lavoro. D'altro canto, è anche possibile che grazie all'automazione vengano a crearsi nuovi posti di lavoro più sicuri e gratificanti.

Negli ultimi anni le innovazioni tecnologiche e la trasformazione digitale stanno rimodellando in modo sconvolgente e quasi radicale il mondo, trasformando le abitudini dell'uomo, le

relazioni con gli altri, ma soprattutto il modo in cui lavora, modificando gli scenari economici, sociali e culturali (Negri, G. (2017)).

Il fattore principale scatenante le rivoluzioni industriali è il ruolo che assumono le innovazioni tecnologiche all'interno del processo produttivo la cui integrazione è favorita dalle capacità dell'uomo di utilizzarle al fine di migliorare le attività legate alla produzione.

La quarta rivoluzione riprende tutti gli aspetti positivi di quelle precedenti, ma si contraddistingue per il formarsi di un elemento digitale: la materia prima non è più un prodotto prevalentemente materiale, ma si vendono dati, conoscenza, comportamenti digitali degli utenti. In tale contesto, la conoscenza delle persone, sapere come queste pensano, agiscono e si muovono può orientare il *marketing* digitale e i comportamenti in quanto la gente può modificare le proprie abitudini. Dunque, la società della conoscenza non si basa solo sui dati, ma anche sulle preferenze delle persone.

Si è giunti, grazie all'utilizzo di tali innovazioni tecnologiche, alla creazione di contesti intelligenti privi di barriere dove dati ed informazioni sono utilizzati in modo molto più efficiente permettendo una riduzione dei tempi e dei costi di trasmissione: ciò è permesso a seguito di una più profonda integrazione e connessione tra soggetti, macchinari e dispositivi.

Si parla di una trasformazione che non riguarda solo la fase della produzione, ma che include anche quella organizzativa e strategica potendo, così, giovare dei vantaggi, i quali permettono alle aziende di divenire efficaci, efficienti e in grado di far fronte a configurazioni differenti del mercato. Così facendo, si possono venire a creare nuovi modelli di business.

#### **1.4.1 I principi dell'Industria 4.0**

Il mondo della produzione sta subendo una trasformazione guidata dalla convergenza di tecnologie come la robotica avanzata, la stampa 3D, l'intelligenza artificiale, i big data, la realtà virtuale e aumentata, l'internet delle cose (IoT) con cui attraverso la rete Internet, potenzialmente ogni oggetto dell'esperienza quotidiana acquista una sua identità nel mondo digitale in modo da scambiare le informazioni possedute, raccolte e/o elaborate. È proprio questa trasformazione della produzione che viene definita Industria 4.0, una combinazione di tecnologie che aggiunge precisione, efficienza, produttività e servizio personalizzato al business e all'industria in modi senza precedenti, abbattendo i costi e anche i rischi connessi allo svolgimento di lavori pericolosi.

Tutto questo significa che i sistemi di produzione saranno sempre più automatizzati, guidati dalla raccolta dei dati e cambieranno i processi lavorativi, le modalità, le mansioni degli addetti, le responsabilità e le competenze.

La trasformazione digitale si basa su alcuni principi fondamentali, i quali delineano il profilo dell'attività e dell'organizzazione all'interno dell'industria 4.0. Questi principi devono essere concepiti come fattori abilitanti che, impiegati efficacemente nelle pratiche aziendali, avranno

un impatto rilevante sull'organizzazione, tali da garantire all'azienda una redditività superiore rispetto alle organizzazioni più tradizionali.

Essi sono:

- *Interconnessione*: capacità da parte degli *asset* e delle risorse della filiera produttiva di interagire e di scambiare informazioni con i sistemi interni ed esterni mediante l'utilizzo di una rete di scambio dati. Queste collaborazioni e connessioni costanti superano il limite dell'individualismo e della mancata collaborazione migliorando l'operatività di un sistema e la risoluzione dei problemi che potrà essere condivisa in tempo reale a tutte le aree interessate.
- *Virtualizzazione*: consiste in una riproduzione virtuale dell'azienda, realizzata tramite sensori applicati ai componenti dei processi fisici. Il mondo virtuale è utilizzato per creare la realtà aumentata, per comprendere da questa come può essere migliorato il prodotto o il processo, per testare cambiamenti apportati alla realtà senza dover toccare il prodotto fisico ma, attraverso una simulazione realizzata che rappresenta la realtà. La virtualizzazione permette di eseguire delle simulazioni in grado di gestire i rapidi mutamenti delle condizioni di mercato.
- *Decentralizzazione*: fa riferimento alla capacità che hanno i sistemi intelligenti, resi tali dalla tecnologia, di assumere delle decisioni autonomamente e di agire senza un intervento umano, essendo in grado di riconoscere eventuali anomalie nei processi e modificare secondo modalità autonome il loro comportamento. È il caso di tutti i meccanismi dotati di intelligenza artificiale, come ad esempio i robot che, proprio tramite questa, possono comprendere cosa sta avvenendo attorno a loro e agire di conseguenza senza un intervento esterno.
- *Interazione da remoto*: con questa funzione si è in grado di interagire, a distanza, con il sistema, di monitorare i processi o di intervenire.
- *Elaborazione in tempo reale*: per essere più produttivi ed efficaci, e per risolvere qualsiasi problema nel tempo più breve possibile, viene richiesta la presenza di funzioni che permettano di raccogliere rapidamente informazioni, tranne un valore utile in modo da esercitare azioni immediate. In questo modo, ogni aspetto del processo produttivo risponde in modo tempestivo alle richieste. Questo permette di raggiungere una completa integrazione tra produzione e manutenzione, coinvolgendo operatori totalmente autonomi e capaci di eseguire attività di manutenzione preventive a guasti o fermi macchina.
- *Interoperabilità*: capacità di due o più sistemi appartenenti ad imprese diverse di scambiarsi dati al fine di creare delle reti di aziende che possano estendersi anche oltre i confini del territorio nazionale in modo da consentire anche alle imprese medio-piccole di incrementare la propria competitività.

Quelli appena descritti sono degli aspetti fondamentali per interpretare correttamente il concetto di Industria 4.0. Da questi derivano una serie di nuove opportunità e tecnologie che rappresentano l'innovazione portata da questa rivoluzione [4]:

- Advanced Manufacturing Solutions: robot collaborativi interconnessi e modulari, che permettono flessibilità e migliori performance
- Additive Manufacturing: stampanti in 3D connesse a software di sviluppo digitali
- Horizontal/Vertical Integration: integrazione delle informazioni lungo la catena del valore dal fornitore al consumatore
- Industrial Internet: comunicazione multidirezionale tra processi produttivi e prodotti
- Cloud: gestione di elevate quantità di dati su sistemi aperti
- Cyber-security: sicurezza durante le operazioni in rete e su sistemi aperti
- Big Data e Analytics: gestione di un'ampia base dati per ottimizzare prodotti e processi produttivi

Non bisogna dimenticare che l'essenza dell'innovazione 4.0 presuppone che, mediante la maggiore interconnessione tra soggetti, macchine e dispositivi, si abbia un'unificazione di tutte le innovazioni tecnologiche allo scopo di integrare l'intera catena di produzione.

Non si tratta pertanto di una esclusiva adozione delle nuove tecnologie. Tale trasformazione a livello produttivo deve essere accompagnata da un'evoluzione della visione strategica dell'azienda vista nel suo insieme, intesa come riqualificazione non solo della forza lavoro, la quale deve essere istruita delle competenze necessarie, ma anche di prontezza dinanzi ad una domanda di mercato sempre più mutevole, il tutto finalizzato ad una visione di medio-lungo periodo.

#### **1.4.2 Incentivi per gli investitori: il Piano nazionale Industria 4.0**

In Italia, la digitalizzazione industriale è stata più lenta. Prima di ogni cosa è dovuto cambiare l'approccio gestionale verso il nuovo modello di business che l'industria 4.0 comporta ed in secondo luogo rendere di facile acquisizione questi nuovi modelli.

Per favorire l'implementazione delle tecnologie di Industria 4.0, il Governo italiano ha elaborato un Piano nazionale che prevede una serie di misure a supporto delle aziende.

Nasce così il Piano Industria 4.0, il quale entrò in vigore nel 2017 con la legge di bilancio introducendo incentivi per finanziare beni materiali e immateriali che consentono la trasformazione digitale. Esso rispecchia la strategia di politica industriale del Governo per promuovere la digitalizzazione e il rafforzamento competitivo del settore produttivo italiano. Consiste in diverse policy tese a creare un ambiente attrattivo per gli investimenti, anche dall'estero, e a incentivare la creazione e lo sviluppo di imprese ad alto valore tecnologico: filo conduttore delle varie misure è il focus sull'innovazione, concepita come principale leva per la

crescita economica del Paese. In pratica le agevolazioni premiano le imprese che investono, specie se in strumenti e tecnologie innovative.

Le misure fiscali descritte di seguito rappresentano le pietre miliari del Piano [5]:

- Incentivi fiscali per gli investimenti in startup e PMI innovative. Gli investimenti nel capitale di rischio di startup innovative e PMI innovative beneficiano di una detrazione Irpef (imposta sul reddito delle persone fisiche) o deduzione dall'imponibile Ires (imposta sui redditi delle società), in base alla natura giuridica dell'investitore. La deduzione ammonta al 30% dell'investimento, fino a un massimo di 1 milione di euro, per investimenti da persone fisiche e 1,8 milioni di euro se da persone giuridiche
- Credito d'imposta in Ricerca e Sviluppo. Le imprese che aumentano i propri costi di R&S nel periodo 2017-2020 beneficiano di un credito d'imposta del 50% su tali spese incrementalmente, fino ad un tetto massimo di 20 milioni di euro annui
- Patent Box. È un regime di tassazione speciale e opzionale che prevede una riduzione del 50% degli oneri fiscali sul reddito derivante dall'uso diretto o indiretto di beni immateriali quali brevetti industriali, disegni e modelli industriali e software protetti da copyright
- Super-ammortamento. È un incremento del 40% del valore degli investimenti in nuovi macchinari, consistente nell'aumento del costo di acquisizione a fini contabili per il calcolo dell'ammortamento. Poiché i costi di tali beni sono soggetti ad agevolazione fiscale, questo meccanismo determina una netta e duratura riduzione della base imponibile e, di conseguenza, degli oneri fiscali
- Iper-ammortamento. Simile al super-ammortamento, l'iper-ammortamento consiste in un aumento del 150% del valore degli investimenti in beni strumentali, che risulta in un notevole risparmio fiscale. Tale misura è applicabile a specifici beni materiali, dispositivi e tecnologie abilitanti la trasformazione dei processi industriali in chiave 4.0. Le imprese sono dunque incentivate a trasformare in chiave digitale i loro processi di produzione e distribuzione
- Nuova Sabatini. La misura prevede finanziamenti o leasing da parte di banche o società di leasing convenzionate a copertura del 100% del programma d'investimenti. Inoltre, è riconosciuto un abbattimento sugli interessi in misura maggiore se avvenuti in ambito industria 4.0

Dal Rapporto sulla competitività dei settori produttivi - Edizione 2018 [6] sono noti i risultati di una indagine qualitativa condotta su un campione rappresentativo delle imprese della manifattura, i quali forniscono prime indicazioni sulla percezione del mondo imprenditoriale in merito all'efficacia di alcune delle misure contenute nel Piano Impresa 4.0 nello stimolare la domanda di investimento da parte delle imprese. In particolare, i dati, raccolti a novembre

2017, permettono di indagare la rilevanza degli incentivi nella decisione di investimento nel corso del 2017.

Tra le principali misure, il super ammortamento ha svolto un ruolo “molto” o “abbastanza” rilevante nella decisione di investire per il 62,1% delle imprese manifatturiere, con valori compresi tra il 57,3% delle piccole e il 66,9% delle medie (figura 1.2).

Per quanto riguarda l’iper-ammortamento, la sua rilevanza sulle decisioni d’investimento per il 2017 è stata riconosciuta da un ampio segmento di imprese: oltre la metà delle unità di media (53,0%) e grande (57,6%) dimensione e da oltre un terzo (34,2%) delle imprese con meno di 50 addetti.

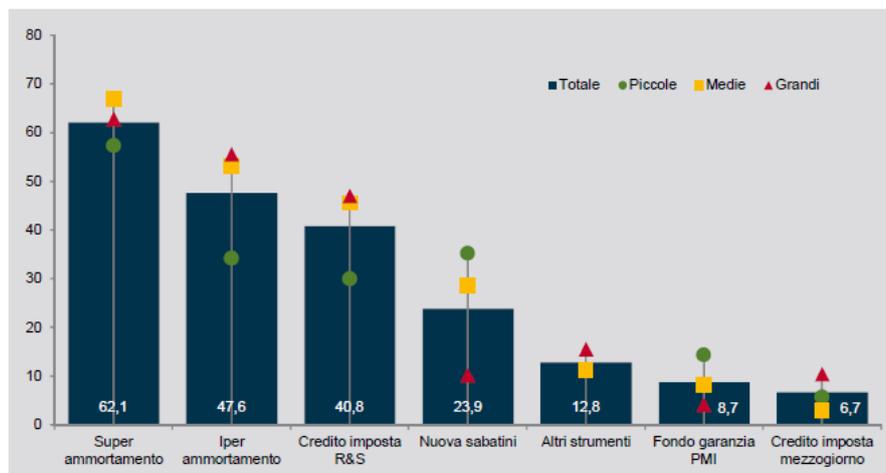


Figura 1.2: Percentuale d'impresa che hanno dichiarato che gli incentivi sono stati rilevanti [6]

Quasi altrettanto efficace, nello stimolare gli investimenti, è risultato il provvedimento che concede un credito d’imposta per le spese legate alla ricerca e sviluppo: un giudizio favorevole è stato espresso da oltre il 40% delle imprese manifatturiere, con picchi vicini al 50% nelle classi dimensionali più elevate.

Le agevolazioni finanziarie previste dalla “Nuova Sabatini”, strumento introdotto per incentivare gli investimenti in beni strumentali di imprese di minore dimensione, sono state considerate di rilievo dal 35,2% delle piccole e dal 28,9% delle medie imprese.

Verso la fine del 2020 il MISE (il Ministero dello Sviluppo Economico) ha impresso un’ulteriore spinta verso l’innovazione tecnologica per favorire la trasformazione digitale. Infatti, tutti gli incentivi fino ad allora previsti sotto forma di ammortamenti hanno cambiato pelle e si sono trasformati in credito d’imposta, offrendo così un vantaggio, in termini economici, considerevole. Gli incentivi sono stabilizzati per tre anni. A differenza di quanto avveniva in passato, però, questa cifra può essere recuperata interamente, in cinque tranches, già nell’anno successivo e non su arco temporale più lungo come accadeva per i tempi dell’ammortamento dei beni.

Con l'intervento da parte del Mise, le nuove agevolazioni fiscali rientrano sotto il nome di Piano Transizione 4.0 e sono valide per un triennio, quindi dal 2021 al 2023.

Per gli investimenti realizzati prima del 16 novembre 2020, l'iper-ammortamento beni materiali (connessi all'Industria 4.0 allegato a legge 27 dicembre 2019 n. 160) viene trasformato in credito d'imposta: con aliquota del 40% in cinque anni per investimenti fino a 2,5 milioni di euro; con aliquota del 20% in cinque anni per investimenti eccedenti i 2,5 milioni di euro e fino a 10 milioni di euro. In entrambi i casi l'agevolazione è compensabile dall'anno successivo nel quale è avvenuto l'investimento [5].

Invece, per gli investimenti realizzati dopo il 16 novembre 2020 e fino al 31 dicembre 2021, sono ora previste tre aliquote: 50% fino a 2,5 milioni di euro; 30% da 2,5 a 10 milioni di euro; del 10% da 10 a 20 milioni di euro.

Oltre all'iper-ammortamento dei beni materiali, anche il super ammortamento dei beni immateriali (connessi all'Industria 4.0 allegato a legge 27 dicembre 2019 n. 160) viene trasformato in credito d'imposta. In questo caso per tutti gli investimenti fino a 700 mila euro, è prevista l'aliquota del 20%, compensabile in tre anni. Inoltre, novità non di poco conto, l'accesso al beneficio è stato svincolato dall'acquisto di beni materiali. Di seguito le tecnologie abilitanti che permettono di avere accesso alle agevolazioni [5]:

1. Beni strumentali materiali tecnologicamente avanzati (allegato A, legge 11 dicembre 2016, n. 232 - ex Iper ammortamento)
2. Beni strumentali immateriali tecnologicamente avanzati funzionali ai processi di trasformazione 4.0 (allegato B, legge 11 dicembre 2016, n. 232, come integrato dall'articolo 1, comma 32, della legge 27 dicembre 2017, n. 205)

Da un'indagine dell'Osservatorio Transizione Industria 4.0 della School of Management del Politecnico di Milano, risulta che nel corso degli ultimi anni, dal punto di vista numerico, le tecnologie su cui si sono concentrati maggiormente gli investimenti sono le soluzioni IoT, pari a un quarto del totale, spesso combinate con algoritmi di Analytics e Intelligenza Artificiale (figura 1.3).

Le soluzioni Industrial Analytics, focalizzate sulla previsione delle prestazioni degli assetti industriali e dei processi produttivi, iniziano a diventare un importante strumento di supporto decisionale e pertanto cresce anche il numero di investimenti a loro dedicati.

Seguono le tecnologie Cloud Manufacturing, utilizzate soprattutto per il monitoraggio e la diagnostica degli impianti industriali da remoto; Advanced HMI, come le interfacce uomo-macchina per acquisire e veicolare dati in formato visuale, vocale e tattile; Advanced Automation, cioè i sistemi di produzione automatizzati come i robot collaborativi.

L'Additive Manufacturing, principalmente usato nei settori automotive e aerospaziale, risulta invece una tecnologia ancora poco usata e costosa.

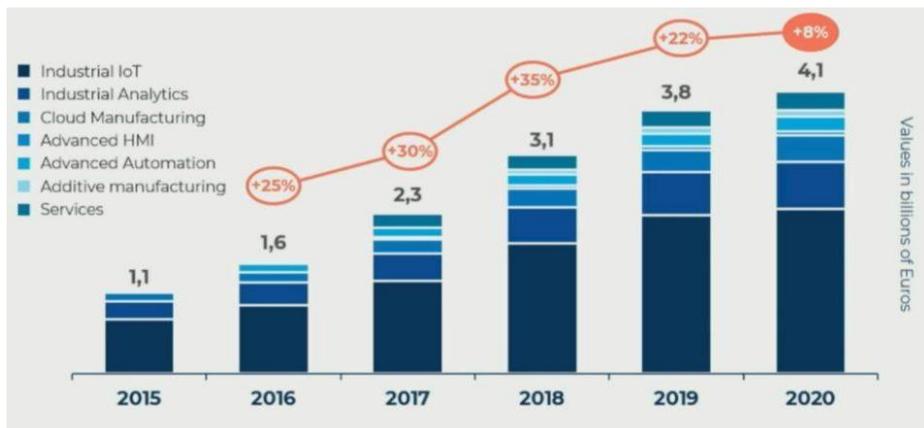


Figura 1.3: Investimenti in tecnologie 4.0 suddivisi per anno dal 2015 al 2020 (Canna, F. (2021))

Poco conosciuti sono invece i servizi 4.0 (consulenza per trasformazione digitale, perizie tecniche, consulenza per investimenti 4.0...). Nel 2020 questi risultano tuttavia in crescita dell'8% rispetto all'anno precedente. A trainare il mercato soprattutto i servizi di consulenza operativa, mentre la consulenza strategica continua a trovare poco spazio [7].

## **2 Evoluzione delle imprese 4.0**

Come esaminato nel capitolo precedente, la nuova Rivoluzione industriale appare caratterizzata da tecnologie sempre più disponibili e a basso costo per le imprese e le persone. Le conseguenze possono riguardare sia i modelli di business che i processi produttivi, introducendo una nuova modalità di relazione con i consumatori e con i mercati, attraverso percorsi di coordinamento più efficienti, personalizzati ed immediati.

La caratteristica della rivoluzione 4.0 è infatti l'integrazione tra i processi fisici e le tecnologie digitali secondo un rinnovamento dei modelli organizzativi. Le grandi fabbriche affrontano il superamento delle linee e la loro sostituzione con "isole" autonome dove convivono uomini e macchine, gruppi di lavoratori e robot. La maggior parte delle piccole imprese, invece, si adopera per far convivere abilità artigianali classiche con quelle digitali.

Se grazie alle innovazioni passate si è parlato di produzione di massa, adesso questo concetto evolve in personalizzazione di massa, ovvero riuscire ad offrire prodotti personalizzati ad un prezzo che consente la vendita su mercati ampi.

L'industria 4.0 rappresenta, infatti, un modello in cui le nuove tecnologie sconvolgono i metodi di produzione e di consumo attraverso un utilizzo sempre più massiccio dei dati e degli algoritmi di Intelligenza Artificiale. Si fa riferimento, pertanto, alla "fabbrica intelligente", come un luogo in cui le attività di produzione sono trasformate dalla digitalizzazione dei processi, dalla robotica e dall'impiego di sensori connessi alla rete.

### **2.1 Vantaggi della nuova rivoluzione sulla produzione**

L'automazione dei processi implica la trasformazione e la ridefinizione, in senso tecnologico, dei metodi di lavoro e delle mansioni esistenti. Ciò accade maggiormente quando si parla di attività manuali e ripetitive, ma anche per quelle di più alto livello come la raccolta e l'elaborazione dei dati (tecnologie Big Data), nonché l'intero comparto della logistica grazie alle nuove tecnologie, fisiche e informatiche, applicate ai trasporti e alla gestione dei magazzini. L'obiettivo è ottimizzare l'integrazione delle informazioni e il coordinamento sia all'interno della fabbrica sia lungo tutta la supply chain, nell'interesse dei fornitori e soprattutto dei consumatori.

Grazie alle nuove tecnologie, diverse imprese hanno migliorato la relazione con il cliente finale, la quale inizia già dalla fase di progettazione e design e si prolunga anche dopo il momento della vendita in una costante connessione e interazione mediante la rete.

L'innovazione apportata dall'industria 4.0 crea ulteriori opportunità per le imprese, le quali possono collocarsi su nuovi ambiti di mercato combinando beni e servizi in offerte nuove.

Il maggior cambiamento avvenuto è stato il cambio di paradigma adottato ai vari livelli aziendali (produttivo, organizzativo, economico...), ovvero fare di più spendendo di meno. In definitiva si guarda sempre più a modelli organizzativo-gestionali e tecnico-operativi fondati su metodologie di processo innovative, quali il Quality management, il Lean manufacturing<sup>2</sup> o il Just in time<sup>3</sup>; ovvero metodologie e soluzioni organizzative caratteristiche di processi fortemente orientati alla produttività, senza sprechi, elevata efficienza e qualità.

Fra i vari benefici, i più rilevanti derivanti dall'utilizzo delle nuove tecnologie consistono in [8]:

- Maggiore flessibilità attraverso la produzione di piccoli lotti ai costi della grande scala
- Maggiore velocità dal prototipo alla produzione in serie attraverso tecnologie innovative
- Maggiore produttività attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermi macchina
- Migliore qualità e minori scarti mediante sensori che monitorano la produzione in tempo reale
- Maggiore competitività del prodotto grazie a maggiori funzionalità derivanti dall'Internet delle cose

Questi vantaggi primari determinano in seguito l'impatto economico che l'implementazione di tali innovazioni ha sull'azienda. Ed è proprio tale impatto, come illustrato nella figura 2.1, (risparmio dei costi, incremento dei ricavi), che maggiormente interessa alla direzione aziendale.

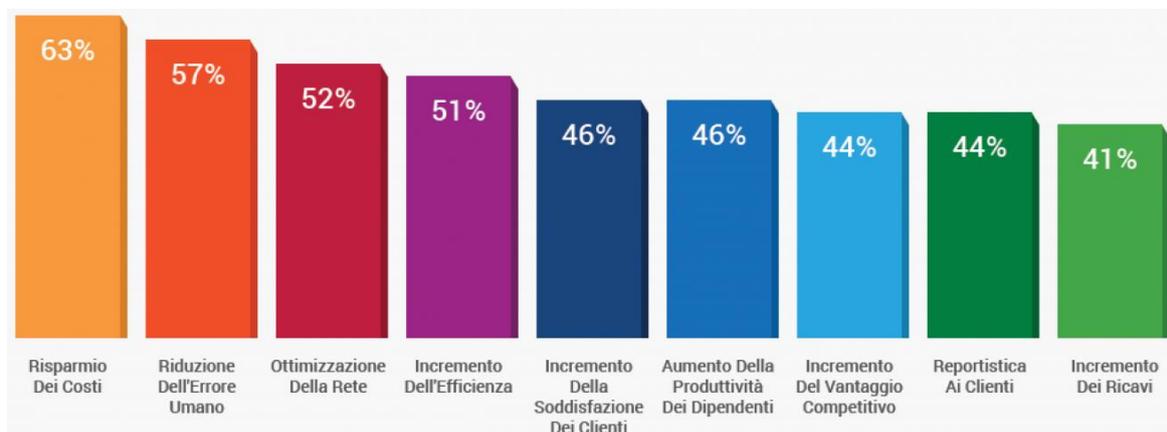


Figura 2.1: Impatto dell'IoT nelle aziende che operano nel settore dell'energia (Sintesi tratta dal report Microsoft "IoT Signals Boost Wave Energy Spotlight" [9])

<sup>2</sup> <<Fare di più con meno>>. Indica l'insieme di principi, metodi e strumenti che portano l'azienda ad operare bene con meno risorse (materiale, energia, inquinamento) per ottenere la sostenibilità finale (Cagliano, 2019).

<sup>3</sup> <<Realizzare il prodotto giusto, nella quantità richiesta, nel momento in cui esso è richiesto e nelle condizioni pattuite dal cliente>>. Organizzazione del processo produttivo che prevede il rifornimento del materiale di trasformazione esattamente nel momento in cui viene richiesto, allo scopo di ridurre i costi legati all'accumulo di scorte (Rafele, 2021).

Tramite il collegamento di tutti gli asset coinvolti nella filiera logistico-produttiva, un vantaggio ulteriore, è sicuramente la disponibilità di tutte le informazioni pertinenti in tempo reale. Ricavare dai dati in qualsiasi momento, avere a disposizione la rendicontazione ed il supporto necessario a superare eventuali problematiche produttive, non sono un aspetto da sottovalutare.

La tecnologia 4.0 d'altronde non favorisce l'efficienza in sé, ma la comunicazione: tiene insieme, mette a disposizione set informativi complessi e preelaborazioni che facilitano la comprensione e risoluzione dei problemi.

È una tecnologia digitale che guarda all'intelligenza e deve essere messa al servizio non solo dell'efficienza dei processi produttivi ma anche della qualità del lavoro.

## **2.2 Le nuove tecnologie 4.0 per le PMI**

Entriamo ora nel cuore di questa rivoluzione esaminando nello specifico quali sono effettivamente nel concreto le nuove invenzioni che consentono la digitalizzazione.

Precedentemente abbiamo parlato soprattutto di internet of things che effettivamente rappresenta probabilmente il fulcro e la base dell'innovazione osservata negli ultimi anni, ma non è l'unica. Collegate a questa vi sono infatti innovazioni legate ai Big data, industrial analytics ed intelligenza artificiale. Queste, come osservato precedentemente, sono fra le tecnologie più ricercate dalle grandi aziende e dalle PMI, le quali stanno cercando di sfruttare recentemente tutti i vantaggi che ne conseguono.

Fra le tecnologie più vicine all'IT vi sono anche il cloud computing e la cyber security. L'altro ramo di innovazione è invece più vicino al livello operativo delle industrie ed è formato da sistemi advanced automation, advanced Human Machine Interface (HMI), e additive manufacturing [10].

### **2.2.1 IoT, Big Data e intelligenza artificiale**

L'espressione internet of things è stata formulata per la prima volta nel 1999, in stretta relazione con i dispositivi radio frequency identification (RFID)<sup>4</sup>, dall'ingegnere inglese Kevin Ashton, cofondatore dell'auto-id center di Massachusetts [11].

Secondo questo scenario ogni oggetto che usiamo quotidianamente può diventare intelligente, cioè con capacità di auto identificazione, localizzazione, diagnosi di stato,

---

<sup>4</sup> RFID è la tecnologia di identificazione automatica basata sulla propagazione nell'aria di onde elettromagnetiche, consentendo la rilevazione univoca, automatica, massiva e a distanza di oggetti, animali e persone sia statici che in movimento (RfidGlobal, 2020). Si basa su etichette (tags) contenenti le informazioni relative all'oggetto su cui sono poste, che entro una certa distanza fisica possono essere lette da un apposito apparecchio capace di captare i segnali radio riflessi o emessi dal tag stesso.

acquisizione dati ed elaborazione. Per internet of things (IoT) si intende quel percorso nello sviluppo tecnologico in base al quale, attraverso la rete internet, potenzialmente ogni oggetto dell'esperienza quotidiana acquisisce una sua identità nel mondo digitale.

Le tecnologie che rendono possibile questa interconnessione si sono moltiplicate e sviluppate: partendo da tecnologie consolidate come reti cellulari, Near Field Communication (NFC), bluetooth e wi-fi, si profilano oggi nuovi orizzonti tecnologici che permettono di evolvere in meglio i dispositivi IoT sia in termini di prodotto che soprattutto di servizio [12].

Alcuni esempi sono dati da:

- protocolli di comunicazione a corto raggio (wireless LAN, Wireless M-Bus, Bluetooth Low Energy...)
- tecnologie di comunicazione a lungo raggio (ad esempio tecnologie di telefonia mobile e cellulare)

In particolare, le tecnologie a lungo raggio sono quelle che si stanno sviluppando più rapidamente e sono maggiormente a supporto dell'IoT in quanto coprono distanze sempre maggiori con consumi inferiori di energia (vedi figura 2.2).

Fra queste, la quinta generazione della telefonia mobile è risultata fra le innovazioni che maggiormente sostengono lo sviluppo delle nuove tecnologie IT. Il 5G nasce infatti con l'idea di poter servire diversi casi d'uso, tra i quali l'IoT e conseguentemente l'Industrial IoT. Nel 2019 ne è stata avviata la distribuzione a livello globale.

Uno dei vantaggi del 5G è, la possibilità di gestire fino a un milione di dispositivi per chilometro quadrato, grazie a un componente, l'mMTC (massive Machine Type Communications), ideato proprio per consentire a una singola antenna di gestire un numero elevato di dispositivi connessi [13]. Aspetti prioritari in una fabbrica intelligente dove tutto avviene in tempo reale sono proprio le funzioni in ambito industriale quali, appunto, la bassa latenza e una maggior larghezza di banda che permettono una maggiore velocità di trasmissione di dati e tempi di risposta rapidi.

Un'altra caratteristica del 5G è il Network Slicing, cioè la possibilità di suddividere in più parti la rete, per dedicarle a servizi diversi. In più, essendo implicitamente una connessione wireless, il 5G semplifica una serie di operazioni di comunicazione che prima avvenivano a livello cablato, con il vantaggio parallelo di ridurre i costi di implementazione [13].

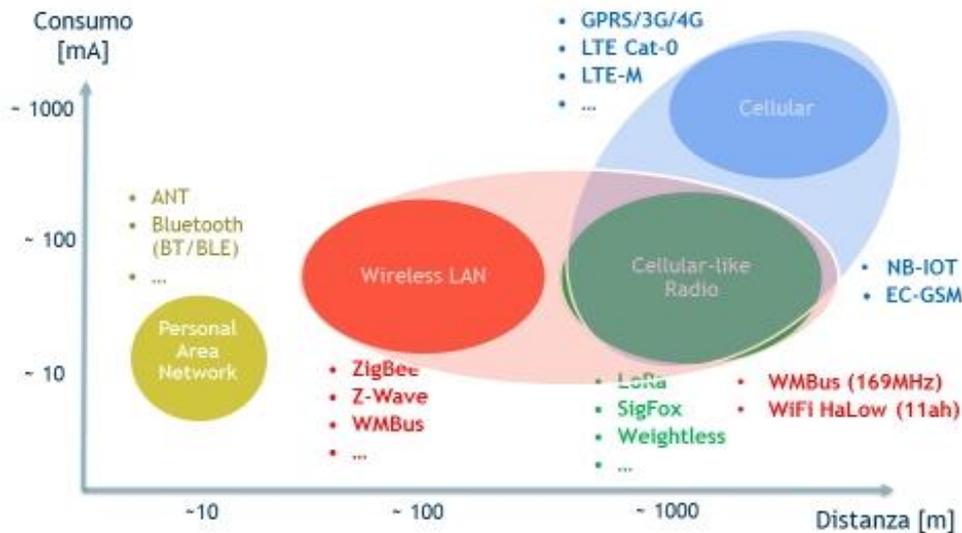


Figura 2.2: grafico sui protocolli di comunicazione presentato durante il convegno dell'Osservatorio Internet of Things [12]

Tali tecnologie rendono sempre più semplice l'interoperabilità tra dispositivi IoT. Il primo passo prevede l'integrazione a livello cloud, cioè tra i diversi sistemi informativi che governano il funzionamento dei dispositivi connessi: in questo modo, le componenti cloud dei dispositivi possono integrarsi tra di loro e creare funzionalità comuni.

L'Internet of Things è un paradigma che non conosce, potenzialmente, confini applicativi ed in particolare nelle aziende può essere sfruttato per gli scopi più vari [14] :

- monitoraggio di parametri microclimatici a supporto dell'agricoltura per migliorare la qualità dei prodotti, ridurre le risorse utilizzate e l'impatto ambientale
- connessione delle auto per comunicare informazioni in tempo reale al consumatore, connessione tra veicoli o tra questi e l'infrastruttura circostante per la prevenzione e la rilevazione degli incidenti
- abilitare la tracciabilità della filiera avvalendosi di sensoristica e di tag RFID, nonché di GPS e altri sistemi di localizzazione in tempo reale impiegati soprattutto all'interno di magazzini e centri distributivi.
- soluzioni per la gestione in automatico e da remoto degli impianti e degli oggetti connessi alla fabbrica, con il fine di ridurre i consumi energetici e migliorarne la sicurezza delle persone al suo interno
- adozione di cyber physical systems (CPS), connessione dei macchinari, degli operatori e dei prodotti per abilitare nuove logiche di gestione della produzione

L'oggetto deve però essere innanzitutto identificabile, cioè dotato di un identificativo univoco nel mondo digitale, e poi deve essere connesso, per poter trasmettere e ricevere informazioni. L'evoluzione tecnologica dell'Internet of Things è declinabile in ambiti tra di loro molto trasversali. Le aziende di qualsiasi settore, ad esempio, possono oggi raccogliere tantissime

informazioni sul funzionamento dei macchinari e sulle persone che li utilizzano attraverso la moltiplicazione e l'evoluzione dei dispositivi connessi.

L'IoT e l'interconnessione dei sistemi di fabbrica permettono la raccolta di una grande mole di dati, definita come Big Data. La definizione di opportune strategie volte alla loro valorizzazione, sia in ambito consumer sia business, rappresenta un tema sempre più rilevante per le aziende. I Big Data rappresentano infatti una vera e propria merce di valore. Non sfruttarli vorrebbe dire sprecare un'occasione di guadagno economico e ulteriore sviluppo tecnologico.

Aggiuntiva innovazione apportata dalla Rivoluzione 4.0, è pertanto la specializzazione dei metodi e strumenti per trattare ed elaborare queste grandi quantità di dati soprattutto nell'ambito manifatturiero e di supply chain management. Tali dati prendono pertanto il nome di manufacturing big data grazie ai quali sta trovando spazio l'applicazione di nuove tecniche e strumenti di analisi di dati per evidenziare l'informazione celata nei dati e il suo uso efficace per supportare decisioni rapide (figura 2.3). A questo scopo rientrano i software di simulazione e di previsione. Allo stato attuale, gli impieghi principali riguardano la rilevazione delle anomalie e la predizione degli eventi, così da permettere agli operatori di reagire prontamente a ordini urgenti, a potenziali guasti o a cambi nei volumi di produzione.



Figura 2.3: Elaborazione dati in informazioni a supporto decisionale [15]

Un interessante filone è quello del monitoraggio della qualità del prodotto sulla base dell'analisi continua dei dati di produzione: tutto ciò consente non solo di realizzare prodotti migliori e di risparmiare sull'assistenza, ma anche ridurre gli scarti in modo sensibile (Repetto, V. (2021)).

Le tecniche di analisi dei big data risultano quindi fondamentali per dare concretezza al modello industriale 4.0 e sono il completamento dello sviluppo del mondo IoT.

I software applicati all'analisi dei big data e allo sviluppo di informazioni utili, si fondano su un altro importante applicativo dell'industria 4.0, ovvero l'intelligenza artificiale.

Questo processo si chiama “machine learning”: la macchina si auto-istruisce, senza necessità di un intervento umano esterno.

La differenza rispetto ad un normale algoritmo di programmazione risiede nel fatto che, in quest’ultimo, da un input definito nasce un output definito in base alle regole e ai parametri che sono stati codificati manualmente: un programmatore pensa a una soluzione algoritmica e la programma in un software [11].

Il machine learning invece è strutturato in modo da rivalutare il modello dei dati e, senza alcun intervento umano, formulare ipotesi; agli input e agli output che ne derivano, unisce la logica, per fornire nuovi output: un programmatore crea un modello matematico che mappa gli input in output e alimenta un modello a coppie (input-output previsto) per addestrarlo (regolare i parametri interni) [11].

Una programmazione “machine learning” diventa Intelligenza Artificiale, quando non è utilizzata per eseguire un’attività, ma per imparare a svolgere l’attività. Sistemi hardware e software sono programmati in modo tale che le soluzioni a cui essi arrivano siano tramite ragionamenti applicati dall’uomo.

L’utilizzo dell’intelligenza artificiale sta già caratterizzando negli ultimi anni l’industria della Moda. Grandi marchi come Nike, Amazon e Decathlon hanno innovato la loro gestione dei magazzini e della produzione, inserendo ad esempio sistemi RFID che permettono la tracciabilità del materiale lungo tutta la catena di fornitura ed elementi di machine learning per la produzione del design e di modelli personalizzati per i clienti.

In campo logistico, l’IoT, in relazione con i sistemi Warehouse Management System (WMS)<sup>5</sup>, sta invece permettendo di ottimizzare la gestione degli inventari, di accelerare tutti i flussi logistici di magazzino, di abilitare l’automazione avanzata come sistemi di traslo elevatori, mezzi a guida autonoma (AGV) e di perfezionare tutta la distribuzione, con effetti benefici sull’efficacia del processo, sulla sua flessibilità, sui tempi e sui costi.

### **2.2.2 Advanced HMI**

L’espressione indica i recenti sviluppi nelle nuove interfacce uomo/macchina, per l’acquisizione e veicolazione di informazioni in formato vocale, visuale e tattile. I dispositivi nel campo advanced HMI facilitano l’interazione tra operatori e sistemi meccanici e informatici (figura 2.4). In origine, i prodotti e le tecnologie HMI utilizzati per il controllo di impianti industriali erano prevalentemente stand-alone, in quanto integrati nei macchinari stessi, o comunque posti nelle immediate prossimità dell’impianto. Con Industria 4.0 vengono invece introdotte

---

<sup>5</sup> Sistema *software* che ha il compito di supportare la gestione operativa dei flussi fisici che transitano per il magazzino; dal controllo della merce in ingresso in fase di accettazione alla preparazione delle spedizioni verso i clienti (Logistica Efficiente, 2017)

nuove soluzioni, le quali prevedono postazioni di controllo remote, con la possibilità di gestire a distanza macchinari e interi sistemi anche complessi.

Nonostante gli avanzamenti nelle tecnologie dell'Industria 4.0, le quali hanno aumentato significativamente il numero di sistemi di produzione in grado di lavorare autonomamente e con intervento limitato da parte dell'operatore, il contributo di quest'ultimo rimane uno dei fattori più significativi e critici nel rendimento di un impianto. All'avanzamento tecnologico dei macchinari è dunque necessario affiancare sistemi avanzati di interazione uomo-macchina che supportino l'operatore all'interno di sistemi produttivi. La digitalizzazione della fabbrica impone infatti nuovi processi di interazione tra uomo e macchina, da cui l'esigenza di interfacce che abilitino tale dialogo. In ambito HMI risultano pertanto di primaria importanza i concetti di usabilità e accessibilità per garantire un uso tipicamente *user-friendly* della macchina stessa a ogni tipologia di soggetto.

Lo sviluppo di HMI innovativi è un iter in perenne evoluzione, il cui punto di partenza sono le interfacce touch, che devono essere moderne, quindi, non solo a livello di user experience, ma anche per adattarsi ad ambienti inospitali e all'uso di strumenti di protezione, come ad esempio i guanti da lavoro.



*Figura 2.4: Esempio di HMI [16]*

L'advanced HMI include però soluzioni più innovative e bidirezionali. Infatti, il termine *Advanced* utilizzato per la definizione di queste tecnologie di Industria 4.0, indica proprio soluzioni non banali di interazione tra persone, componenti software e componenti meccaniche hardware [16]. Affiancati ai sopracitati sistemi di HMI basati su schermi o display touchscreen, e alle loro versioni più recenti, si possono dunque trovare soluzioni completamente differenti ed innovative. Un primo esempio è rappresentato dalle tecnologie *wearable*, ovvero dispositivi "intelligenti" indossabili come smartwatch, smartband, etc., che

permettono ad esempio di misurare e rilevare parametri ambientali e di sicurezza relativi alla postazione di lavoro di un operatore.

L'esempio più innovativo dell'Advanced HMI risiede però nell'introduzione di tecnologie per la *realtà aumentata* e la *realtà virtuale* (vedi figura 2.5): esse sfruttano generalmente dispositivi indossabili, i visori, i quali sono in grado di incrementare le informazioni a disposizione di un operatore in ambienti reali. All'interno di uno stabilimento produttivo, tali tecnologie sono inserite a supporto delle attività lavorative degli operatori.

In ambito produttivo, la realtà virtuale/aumentata può essere impiegata per le simulazioni, il training degli operatori in caso di criticità sulle linee, per la manutenzione, attività di inventario e molto altro [17].

Le aziende manifatturiere stanno aprendo progressivamente i loro sistemi di produzione a queste tecnologie che possono rivelarsi molto utili negli ambiti della manutenzione e della simulazione del ciclo di vita dei prodotti, con notevoli vantaggi in termini di risparmi di tempo e denaro.



Figura 2.5: Esempio di visualizzazione realtà aumentata [17]

### **2.2.3 Il cloud computing**

È una delle tecnologie più usate nell'Industria 4.0, si tratta di più servizi e modelli che si differenziano in base alle esigenze delle PMI.

Il cloud computing è una delle tecnologie che negli ultimi tempi sta subendo continue evoluzioni per adattarsi in maniera perfetta al contesto dell'Industria 4.0. Si tratta di una tecnologia che consente di usufruire, tramite server remoto, di risorse software e hardware, ad esempio memorie di massa per l'archiviazione di dati, il cui utilizzo è offerto come servizio

da un provider. Tali servizi di cloud computing, offerti alle imprese che operano nell'Industria 4.0, sono fondamentalmente tre [18]:

- IaaS (Infrastructure as a Service). In questo caso la risorsa fornita è un hardware virtualizzato. Questo modello include uno spazio virtuale su server, delle connessioni di rete, una larghezza di banda, indirizzi IP e bilanciatori di carico. Fisicamente, il gruppo di risorse hardware viene estratto da una moltitudine di server solitamente distribuiti presso numerosi Data Center. Il cliente, invece, ha accesso ai componenti virtualizzati per costruire le proprie piattaforme IT.
- PaaS (Platform as a Service). Questo servizio fornisce agli sviluppatori una piattaforma per costruire applicazioni e servizi su Internet. I servizi PaaS vengono ospitati su cloud e gli utenti vi accedono con facilità tramite il proprio browser web.
- SaaS (Software as a Service). Si tratta di un servizio cloud con il quale i consumatori possono accedere ad applicazioni software tramite Internet.

Esistono inoltre tre differenti tipi di cloud computing. Fra questi vi è il cloud pubblico, soluzione che permette a ogni azienda di utilizzare un servizio cloud a seconda delle proprie esigenze. Per le PMI che lavorano con dati sensibili è meglio invece utilizzare un servizio cloud privato che punta sulla protezione delle informazioni e dei dati necessari per i processi produttivi di un'impresa. Infine, c'è il servizio di cloud ibrido, che è l'unione dei due precedenti modelli descritti [18].

Il cloud e i suoi servizi sono sempre più usati da grandi aziende e startup, perché offrono possibilità di crescita, maggiore sicurezza e risparmio. Con il cloud storage (come Google Drive, Dropbox, OneDrive, Mega...) le aziende possono archiviare e fare il backup di una grande quantità di dati in pochissimo tempo. Con il cloud computing potranno eseguire invece dei software pesanti da remoto. Infine, con la parte di analytics ottengono dei vantaggi dall'elaborazione, l'analisi e la visualizzazione dei dati. Sicurezza e vantaggi produttivi quindi, ma non solo. L'aspetto che interesserà maggiormente le PMI è quello legato al risparmio. Utilizzare delle soluzioni cloud, infatti, permette alle piccole aziende di risparmiare denaro: ad esempio potranno evitare di acquistare dei sistemi ad hoc per l'analisi dei dati e per il backup dei file.

#### **2.2.4 Soluzioni Cyber security**

La digitalizzazione ha sicuramente semplificato diverse attività, ma esistono anche dei rischi collegati a questo nuovo scenario.

Il risvolto della medaglia è che si è esposti al rischio di attacchi informatici capaci di violare le reti, rendendo estremamente vulnerabili i propri sistemi e i propri dati.

Per questo, la cybersecurity, è un tema che sta diventando sempre più cruciale per le aziende di qualsiasi settore e dimensione per garantire la protezione e la riservatezza delle informazioni archiviate e gestite nei sistemi informativi aziendali.

La cybersecurity è un insieme di regole e procedure che mirano a difendere i sistemi informatici (reti, computer, dispositivi mobili e server) dal rischio di attacchi.

Il 2020 è stato un anno di emergenza anche sotto il profilo della sicurezza informatica in quanto per fronteggiare le difficoltà legate alla diffusione del Covid-19, molte aziende sono ricorse a sistemi di gestione del lavoro da remoto (smart working), esponendosi al rischio di un attacco informatico. Secondo la ricerca dell'Osservatorio Cyber Security del Politecnico di Milano, per il 40% delle grandi imprese sono aumentati gli attacchi informatici, costringendole ad incrementare il budget destinato alla cybersecurity [19].

Gli hacker possono infatti agire sulla vulnerabilità dei sistemi informatici in modi diversi:

- **Malware:** è un software malevolo capace di criptare i dati, alterare le funzioni di un computer e persino spiare le attività compiute dall'utente a sua insaputa. Il software si installa quando l'utente apre un link o un allegato ricevuto via e-mail.
- **Phishing:** Il phishing è una truffa informatica che spinge l'utente a fornire dati sensibili (informazioni personali, codici di accesso e dati finanziari) tramite l'invio di una e-mail che riporta il logo contraffatto di un istituto di credito, fingendosi attendibile.
- **Attacco Denial-Of-Service:** Un attacco denial-of-service invia grandi flussi di traffico al sistema informatico bersaglio per esaurire le risorse, fino a renderlo indisponibile.
- **Sql Injection:** Sfrutta i difetti di progettazione di un'applicazione web, iniettando un codice che forza la condivisione di informazioni che dovrebbero invece restare riservate.

È possibile tentare di salvaguardare le proprie informazioni usando password complesse e diversificate, non cliccando su link contenuti in messaggi e-mail provenienti da indirizzi sconosciuti o su siti non affidabili o evitando di accedere a reti Wi-Fi pubbliche libere. Ma queste semplici regole non sono sufficienti ed è indispensabile utilizzare software antivirus all'avanguardia per avere un grado di protezione più elevato.

Con il GDPR, il regolamento generale per la protezione dei dati, l'Unione Europea ha inoltre notevolmente rafforzato la tutela dei dati personali e della privacy dei cittadini europei, prevedendo una serie di obblighi per i titolari del trattamento dei dati, aumentando la sensibilità delle organizzazioni rispetto ai temi della cybersecurity [19]. Maggiore incentivo è stato dato inserendo la sicurezza informatica tra le tecnologie abilitanti del Piano Nazionale Transizione 4.0. Le imprese che intendano proteggere il proprio sistema informativo potranno pertanto adottare soluzioni di cybersecurity avvalendosi della consulenza di esperti del settore e beneficiare al contempo del credito d'imposta.

Si tratta di sviluppare ed installare nei propri sistemi dei software sempre più avanzati che permettano di rilevare eventuali attacchi esterni e soprattutto bloccarli.

Un esempio sono sistemi efficienti di rilevamento delle intrusioni (IDS), i quali consistono in software di sicurezza progettati per avvisare automaticamente gli amministratori quando qualcuno o qualcosa sta tentando di compromettere il sistema informativo attraverso attività dannose o violazioni delle politiche di sicurezza (vedi figura 2.6).

Un IDS funziona monitorando l'attività del sistema attraverso l'esame delle vulnerabilità del sistema stesso, l'integrità dei file e conducendo un'analisi dei modelli basati su attacchi già noti. Inoltre, monitora automaticamente Internet per cercare le minacce più recenti che potrebbero causare un attacco futuro.

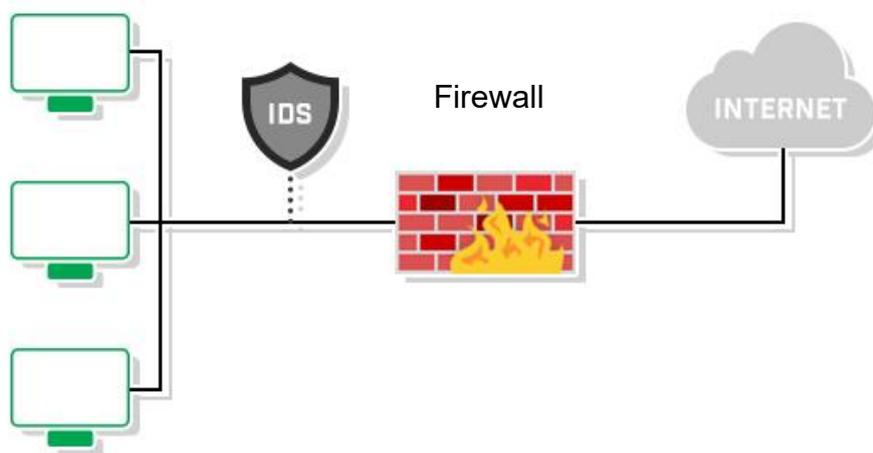


Figura 2.6: Funzione software IDS [20]

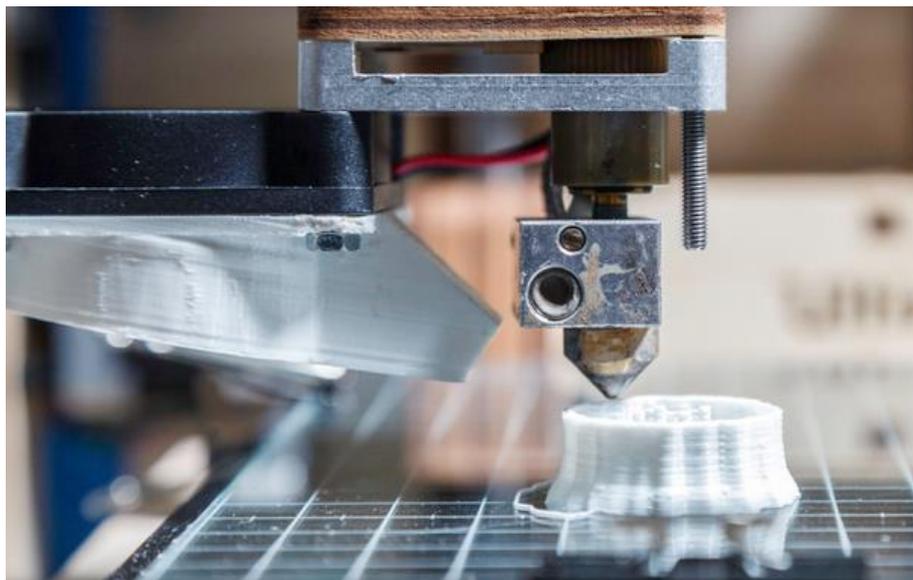
Esistono differenti tipi di IDS [20]

- IDS attivi e passivi. Un sistema di rilevamento delle intrusioni attivo è configurato per bloccare automaticamente gli attacchi sospetti senza alcun intervento richiesto da un operatore. Il sistema ha il vantaggio di fornire un'azione correttiva in tempo reale in risposta a un attacco. Un IDS passivo invece è un sistema configurato per monitorare e analizzare solo l'attività del traffico di rete e avvisare un operatore di potenziali vulnerabilità e attacchi, non è in grado di svolgere da solo alcuna funzione protettiva o correttiva.
- Network intrusion detection system (NIDS): sono generalmente costituiti da un sensore di rete con una scheda di interfaccia di rete che opera in modalità promiscua e un'interfaccia di gestione separata. L'IDS è posizionato lungo un segmento di rete o un confine e monitora tutto il traffico su quel segmento.
- Sistemi di rilevamento delle intrusioni host (HIDS): ha applicazioni software (agenti) installati sulle postazioni da monitorare. Gli agenti monitorano il sistema operativo e scrivono i dati nei file di registro e attivano allarmi. Un sistema HIDS può monitorare

solo le singole workstation su cui sono installati gli agenti e non può monitorare l'intera rete. I sistemi IDS basati su host vengono utilizzati per monitorare eventuali tentativi di intrusione su server critici.

### **2.2.5 Additive manufacturing**

Nota anche come stampa 3d, questa tecnologia è una reale rivoluzione rispetto ai processi produttivi tradizionali, perché si giunge a creare un oggetto “stampandolo” strato per strato come illustrato in figura 2.7. Per poter stampare in 3D un oggetto bisogna avere un modello, il quale viene prodotto con dei software di modellazione 3D come AutoCAD o OpenSCAD [21]. Se non si ha familiarità con questi software è possibile comunque utilizzare delle soluzioni con scanner 3D per poter replicare l'oggetto che si desidera stampare. Finito questo passaggio si carica il modello in un software di Slicing. In questi software si possono impostare tutti i dati della stampante 3D e molti parametri per la stampa, come lo spessore del layer, l'infill<sup>6</sup>, la velocità di stampa. I materiali più comunemente utilizzati per la stampa 3D sono le leghe di plastica e metallo, ma è possibile lavorare praticamente qualsiasi tipo di materiale [22].



*Figura 2.7: Stampa 3D di un componente automotive [21]*

L'additive manufacturing trova applicazione negli ambiti prototyping, manufacturing (realizzazione diretta di prodotti vendibili) e manutenzione (riparazione in modo additivo di particolari usurati o danneggiati).

Attraverso settori che vanno dall'aerospaziale alla medicina, la stampa 3d consentirà un significativo risparmio di materiale facilitando al contempo una produzione maggiormente

---

<sup>6</sup> L'infill, in italiano riempimento, è un reticolato che viene stampato all'interno dell'oggetto strato dopo strato. Più la percentuale di riempimento impostata è alta, più robusto sarà l'oggetto stampato.

personalizzata. I consumatori potranno cogliere e personalizzare articoli a un livello di dettaglio mai visto prima, arrivando ad avere la possibilità di modificarne persino il design.

Le stampanti 3d hanno un significativo impatto anche sulla gestione della supply chain, ovvero l'insieme delle relazioni che intercorrono tra fornitori della materia prima e clienti che acquistano il prodotto finito.

Più precisamente, le tecnologie di additive manufacturing paiono poter influenzare le scelte di localizzazione geografica delle attività produttive. Tale evidenza assume un particolare significato laddove si tenga presente che, dopo anni di forte delocalizzazione produttiva generalmente alla ricerca di minori costi di produzione e manodopera, da qualche tempo si va diffondendo la scelta di "rimpatriare" le produzioni. A tale decisione si accompagna quella di "riavvicinamento" del trasferimento delle produzioni in contesti geografici più vicini alle imprese. Si tratta di alimentare una rivoluzione che condurrà a un futuro di fabbriche più intelligenti, di supply chain più corte e di risposta localizzata alla domanda.

Oggi, varie università e aziende hanno modelli di macchine simili e stanno spingendo la ricerca in questo settore.

L'additive manufacturing abbate inoltre i costi di prototipazione e dà la possibilità di risparmiare sui materiali. Il progresso tecnico permette oggi di sviluppare e realizzare micro-lotti o prototipi di altissima qualità in stampa 3d, con materiali innovativi e a costi ragionevoli, cosa non possibile con i tradizionali metodi di produzione [22].

Tuttavia, rimangono, almeno per il momento, limiti di lentezza del processo, prestazioni meccaniche, e tutela della proprietà industriale.

### **2.2.6 Advanced automation**

Quest'espressione indica i più recenti sviluppi nei sistemi di produzione automatizzati in campi come la capacità d'interazione con l'ambiente, l'auto-apprendimento e la guida automatica, l'uso di tecniche di visione e pattern recognition<sup>7</sup>, sistemi di manipolazione, controllo qualità e infine la capacità di interagire con gli operatori [14].

In particolare, con industria 4.0, l'automazione è un tema sempre più connesso con lo sviluppo e l'evoluzione dei metodi produttivi e logistici. Alcuni esempi sono la guida autonoma degli AGV nel contesto dei centri distributivi, dei robot per il picking di magazzino o i droni che effettuano autonomamente operazioni di inventario durante le ore notturne. Nell'ambito dell'advanced automation rientrano quindi soprattutto la robotica e i cobot, ovvero i robot collaborativi nati per affiancare gli operatori umani e sfruttare al massimo le potenzialità di entrambi in un contesto di collaborazione.

---

<sup>7</sup> Il campo del pattern recognition riguarda la scoperta automatica di regolarità nei dati attraverso l'uso di algoritmi informatici e, con l'uso di queste regolarità, intraprendere azioni come la classificazione dei dati in diverse categorie.

Un caso rappresentativo può essere la gestione della logistica dei magazzini da parte di Amazon, che impiega infatti soluzioni robotiche in grado di eseguire tutte le operazioni di pick, pack and ship, ovvero svolgono autonomamente azioni di prelievo, imballaggio e spedizione sotto supervisione del personale addetto.

Altro esempio è la soluzione di Exotec adottata da Decathlon, i robot Skypod, grazie ai quali la movimentazione della merce in magazzino si evolve sempre di più da man-to-good a good-to-man, portando enormi vantaggi in termini di tempo impiegato per il prelievo della merce in magazzino. (figura 2.8)



*Figura 2.8: Applicazione in magazzino dei robot Skypod di Exotec (Carlin, 2021)*

## **2.3 Esempi applicativi**

Le tecnologie implementate dalle PMI, sono principalmente appartenenti al settore dell'IOT e della robotica. In particolare, per quanto concerne l'IoT le aziende ultimamente stanno investendo in software e sistemi collegati all'internet che permettono di controllare e monitorare la produzione tramite raccolta dei dati dai macchinari. Tali software prendono il nome di Manufacturing Execution System (MES) ed in base alle funzionalità implementate e all'integrazione con i sistemi gestionali aziendali, possono fungere da supporto a livello decisionale tramite funzioni di analisi di tali dati raccolti e reportistica. Altri software e strumenti rientranti nel piano 4.0 riguardano la gestione della logistica e del magazzino, i quali consentono di avere maggior controllo sulle scorte, i tempi e le quantità di riordino della merce nonché di migliorare velocità e precisione delle attività di picking.

Nei successivi paragrafi saranno spiegate meglio in dettaglio questo tipo di tecnologie e verranno illustrati gli effetti del loro utilizzo al fine di mostrare più in concreto come e per cosa vengono applicate.

### 2.3.1 MES

I software MES rientrano fra le nuove tecnologie 4.0 con cui è possibile accedere ai benefici fiscali, questi possono essere interconnessi con i macchinari di un impianto produttivo al fine di raccoglierne i relativi dati di produzione ed essere integrati con il sistema ERP aziendale (figura 2.9).

In particolare, l'interconnessione dei macchinari e l'integrazione dei dati con un software gestionale sono uno dei nuovi servizi 4.0 grazie al quale ogni macchinario su cui è stato svolto tale lavoro, può godere del credito d'imposta. In pratica tale servizio consiste nel riuscire a rendere possibile la raccolta di informazioni sullo stato macchina, produttività, allarmi e fermi macchina e far sì che sia possibile vederli in remoto dal sistema gestionale.

Lo scambio dei dati deve essere però bidirezionale, ovvero è necessario che la macchina non fornisca solo dati in lettura, ma vi siano predisposte anche delle variabili in scrittura come ad esempio codice commessa, ordine di produzione o part program. In pratica da remoto tramite il software gestionale deve essere possibile anche inviare dati al macchinario.

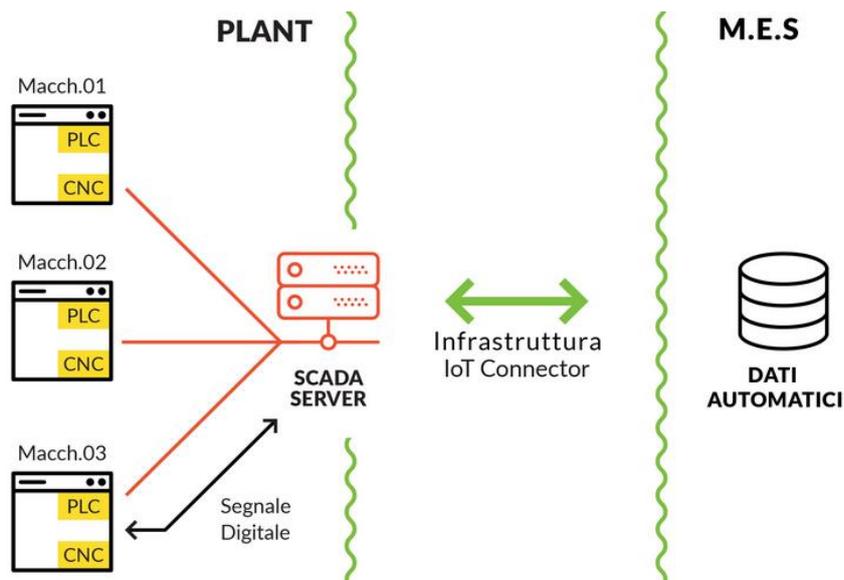


Figura 2.9: Schema per l'interconnessione [23]

Tali tecnologie e servizi sono fra i più richiesti dalle aziende proprio perché consentono di accedere al credito d'imposta per ogni macchinario interconnesso, arrivando pertanto a risparmiare migliaia di euro. Oltre a tale beneficio però, questa soluzione permette anche di ottenere vantaggi che portano a maggior efficienza ed un risparmio continuo dei costi produttivi e organizzativi. Tutte le sue funzionalità dovrebbero essere sfruttate per migliorare qualità, individuare sprechi, idle time produttivi, in modo da individuare costi in eccesso che è possibile eliminare. L'obiettivo è poter monitorare in tempo reale tutto lo stato dell'impianto.

Un esempio è dato dalle aziende del settore alimentare. La prima sfida, dovuta a questo settore, riguarda il mantenimento della catena del freddo lungo tutta la linea di trasformazione del prodotto. Per questo le temperature non possono mai scendere al di sotto una certa soglia ed è necessario ricevere comunicazioni tempestive in caso di problemi e di avere un sistema per visualizzare gli allarmi di tutto l'impianto da ciascuna delle postazioni [24].

Le aziende cercano di gestire in modo ottimale la gran quantità di elementi da controllare e l'elevata mole di dati fisicamente distribuiti in un impianto di notevoli dimensioni, trasformandoli in informazioni consultabili per data in modo semplice e veloce per ciascun passaggio della produzione.

Grazie all'implementazione del MES diverse aziende hanno documentato di aver raggiunto obiettivi di:

- Digitalizzazione aziendale: tutti i dati disponibili vengono raccolti in modo automatico, ottenendo risparmio di tempo, ottimizzazione dei processi e aumento della produttività.
- Tutti i valori sono monitorati costantemente per garantire che rimangano nei range prestabiliti.
- Visualizzazione e gestione ottimale degli allarmi
- Tracciabilità dei prodotti: grazie alla raccolta delle temperature è possibile garantire per ogni confezione che i requisiti di produzione siano stati rispettati.
- La documentazione cartacea è ridotta e i dati sono trasferiti in modo automatico evitando errori dovuti a trascrizioni manuali e riducendo i costi di stampa

Altri casi di aziende riguardano il settore metallurgico e artigianale. Per queste il sistema MES si è rivelato uno strumento indispensabile per controllare i costi di commessa, analizzare le efficienze delle macchine e dei reparti. L'abbattimento dei costi è diventato, infatti, una condizione necessaria per competere sul mercato senza compromessi sulla qualità delle materie prime e senza un sistema di questo tipo non è possibile arrivare alla conoscenza completa e profonda della produzione.

I numerosi report e gli strumenti di analisi dei principali KPI di produzione hanno reso le aziende più abili nel controllo di efficienza delle risorse e dei processi: quantità attese, quantità reali, scarti, attività in corso, tempi di produzione, attività ausiliarie, margine di commessa.

L'esigenza, infatti, è quella di poter rintracciare tutti i dati relativi alla produzione, tenendo conto delle molte variabili che incidono sui costi delle varie lavorazioni. Molte di queste possono essere complesse perché estremamente personalizzate per cliente e ciò rende complicato il miglioramento dei prezzi, adeguandoli meglio ai costi di produzione reali. Prima, invece, la maggior parte delle aziende stimava un prezzo basandosi su quello che dichiarava il mercato e sui propri costi diretti, cercando di ripartire grossolanamente quelli indiretti senza avere informazioni precise [23].

### **2.3.2 Sistemi per la logistica Pick e put to light**

Il picking, la preparazione ordini e l'allestimento spedizioni sono attività sempre più critiche nella gestione dei processi logistici, per snellirle ed ottimizzarle molte aziende stanno ricorrendo alla strategia del "Pick to Light".

Il pick-to-light (PTL) è un sistema che supporta le operazioni di prelievo che consente di ridurre gli sprechi di tempo e, conseguentemente, di guadagnare efficienza in magazzino. Si tratta di una soluzione di prelievo manuale, nella quale ciascuna ubicazione di magazzino, utilizzata per il prelievo o il deposito, viene dotata di un dispositivo elettronico provvisto almeno di un led ad alta luminosità, che indica all'operatore dove prelevare e/o depositare (figura 2.10).

Per quanto riguarda "cosa" e "quanto" prelevare invece, i tag possono essere connessi a dispositivi a loro volta collegati ad un sistema informatizzato di magazzino (WMS) o al sistema ERP aziendale che ne governa il controllo e che consente di coordinare e gestire le varie attività.

La particolarità di tale soluzione consiste nel fatto che l'operatore è guidato da un sistema di spie luminose che si accendono, nella corretta sequenza, in corrispondenza delle ubicazioni contenenti il materiale da movimentare.



*Figura 2.10: Esempio di sistema pick to light [25]*

L'operatore non ha l'impaccio di leggere le specifiche di prelievo, né di rilevare codici a barre o di inserire le quantità movimentate.

Grazie a ciò, l'operatore può quindi muoversi agevolmente dedicandosi attivamente all'attività logistica. I grandi vantaggi di questo modo di operare sono la semplicità, la velocità e l'accuratezza delle attività dell'operatore.

Di recente i sistemi di Pick to Light sono stati impiegati anche per la gestione delle fasi di montaggio di elementi complessi, come ad esempio la corretta sequenza di assemblaggio.

In generale, possiamo affermare che un sistema basato sul Pick to Light ben si adatta a qualunque realtà in cui venga movimentato del materiale, sia di piccole che di grandi dimensioni, a velocità elevata.

Il sistema put-to-light svolge, invece, la funzione opposta a quella del pick-to-light e indica all'operatore in quale posizione collocare la merce e in che quantitativi. Si tratta quindi di un dispositivo che snellisce le operazioni di smistamento.

Di solito, i due sistemi sono complementari. Il sistema put-to-light può essere installato su scaffalature statiche o su scaffalature su basi mobili nei quali si prepara più di un ordine.

Tali sistemi possono essere implementati in modi diversi a seconda l'uso che se ne vuol fare e il livello di integrazione che si vuole ottenere con i propri sistemi gestionali. I tag possono essere infatti dotati di sistemi ulteriori e connessi a tablet o altri dispositivi che l'operatore può consultare e che sono collegati direttamente al sistema ERP per consultare le bolle di prelievo e scarico.

Ad esempio, in un'azienda è stata implementata una versione modifica ad hoc dell'elettronica del sistema pick to light, richiesta dal cliente ed inserita all'interno di alcuni loro prodotti. Questa permette di identificare da remoto e senza contatto i vari componenti alla stregua di etichette RFID, ma con un campo di copertura molto più ampio. Un gateway dedicato permette di controllare la presenza di migliaia di componenti all'interno della stessa area in pochi secondi senza muoversi all'interno dell'area [26].

Diversi esempi applicativi mostrano come grazie a questi sistemi gli operatori preparano i pacchi da spedire prendendo i componenti dalle zone indicate, il quale integrato con il gestionale mostra il documento di uscita e accende le sue luci, di conseguenza, diminuendo il numero di errori di spedizione.

Il sistema è stato applicato anche per permettere di ridurre il fattore di errore umano durante lo smistamento di buste nei vari vani. L'operatore legge il codice a barre sulla busta e immediatamente il tag corrispondente si accende per una facile individuazione.

In un'azienda che stampa particolari metallici, il sistema è stato utilizzato per indicare le posizioni fisse di un grande magazzino a parete caricato e scaricato con dei muletti. Gli autisti dei muletti hanno a disposizione su di un palmare rugged i documenti di carico e scarico forniti dall'integrazione con il gestionale per capire velocemente in che posizione possono caricare o prendere le materie prime.

### **2.3.3 Robotica collaborativa**

L'automazione è ormai una realtà diffusa in ogni settore industriale e contesto produttivo, ha cambiato radicalmente i processi delle aziende. Essa risulta però molto performante su lotti

lunghi con poca variabilità. Come detto precedentemente però, un fenomeno che si sta sviluppando grazie all'industria 4.0 è quello della mass customization.

La robotica collaborativa nasce quindi in risposta a questo bisogno. Una soluzione di automazione flessibile, facilmente programmabile, capace di trovare spazio anche all'interno del più congestionato dei layout come illustrato in figura 2.11.

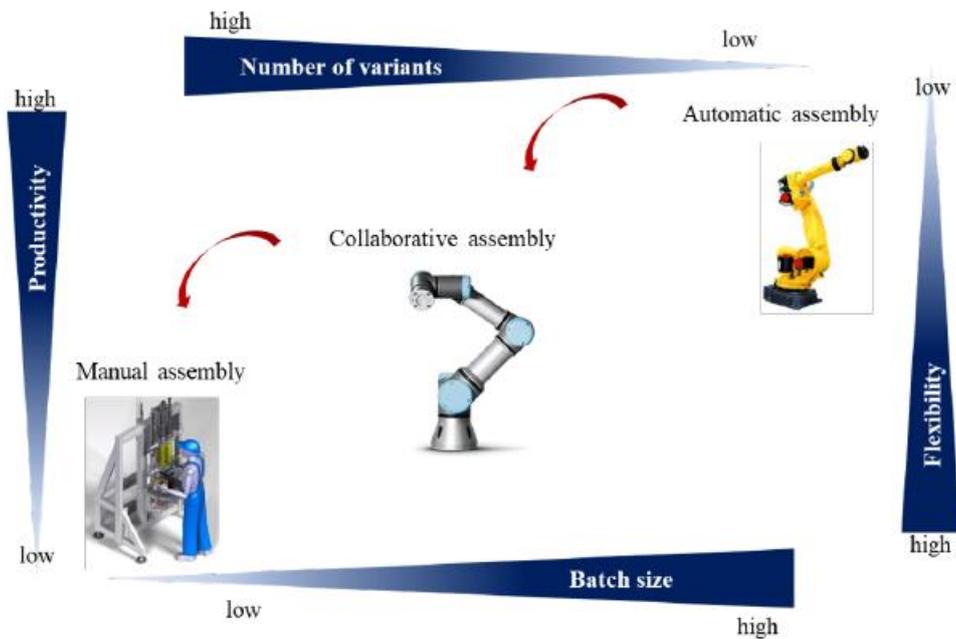


Figura 2.11: Livello di automazione in relazione alle caratteristiche di produzione. (Lotter, 2012 e Heilala & Voho, 2001).

Un esempio di una fabbrica che produce metallo, ammette che la preoccupazione maggiore riscontrata era il rischio di infortunio che alcune delle sue attività produttive comportavano per i dipendenti. L'automazione collaborativa ha consentito una *flessibilità produttiva molto maggiore*. Il robot può essere utilizzato anche per caricare e scaricare le macchine a controllo numerico (CNC). Il robot è risultato essere un lavoratore efficientissimo, consentendo alle sue controparti umane di svolgere contemporaneamente tre attività e ponendo le basi perché l'azienda si aprisse ad ulteriori fasi di automazione.

Mentre prima il processo di taglio era un'attività separata, adesso può essere svolta in automatico contemporaneamente al controllo di qualità e al confezionamento. Ciò ha ridotto in modo significativo i tempi di consegna.

Un altro esempio è stata la necessità di soddisfare un'esigenza specifica, cioè la foratura e la filettatura di viti sfruttando un centro di lavoro. L'azienda ha scelto di dotarsi di un co-robot con lo scopo specifico di automatizzare le fasi di pick&place e asservimento macchina in precedenza svolte da un operatore per ciascun turno di lavoro [27]. Ciò ha permesso di sollevare gli operatori addetti all'asservimento macchine da incombenze faticose e lavori

ripetitivi ed elimina il rischio di lesioni. Inoltre, lo scopo è di liberare gli operatori e assegnarli a mansioni a maggior valore aggiunto.

In questo modo è stata inoltre aumentata la velocità e la qualità del processo riducendo allo stesso tempo il rischio di lesioni associato all'attività svolta in prossimità di macchinari pesanti. Un esempio più specifico di caso studio pubblicato nella rivista *Gestão & Produção*, mostra meglio l'impatto che ha avuto su un'impresa automobilistica l'implementazione di robot collaborativi all'interno di una stazione di lavoro.

Prima che il processo di operazione collaborativa fosse implementato, la gestione dei macchinari, era caratterizzata da diverse operazioni manuali che coinvolgono quattro lavoratori. Questi svolgono le attività in regime di tre turni, che comporta l'esecuzione di 21 ore di lavoro al giorno per soddisfare le richieste di produzione mensili.

I processi di produzione e il flusso delle operazioni eseguite dalle macchine utensili (iniezione, lavorazione, ispezione, lucidatura/ingrassaggio e assemblaggio) si basano sul layout standard a forma di U di questa linea come mostrato nella figura 2.12, e ogni lavoratore esegue le seguenti attività del processo produttivo basate su tale layout standard:

- Compiti svolti dal lavoratore 1:
  - Caricare i pezzi nello stampo a iniezione della pressa;
  - Caricare piccoli componenti metallici in un alimentatore automatico;
  - Scaricare le parti iniettate da una cavità dello stampo dopo che il sistema di espulsione ha espulso la parte dallo stampo.
- Compiti svolti dal lavoratore 2:
  - Carico e scarico pezzi dalla fresatrice (eliminare eventuali bave dai bordi di parti);
  - Caricare e scaricare i pezzi dalla macchina di misura (per monitorare la produzione processi);
  - Ispezionare nuovamente le parti scartate selezionate dalla macchina di misura (monitorare la qualità e rimuovere parti).
- Compiti svolti dal lavoratore 3:
  - Carico e scarico di parti della macchina di assemblaggio;
  - Aggiungere i componenti della molla a spirale durante questo processo.
- Compiti svolti dal lavoratore 4:
  - Caricare e scaricare parti della macchina lucidatrice/grassatrice; carico e scarico paraolio prodotti presso la stazione di imballaggio (merce da imballaggio);
  - Etichettare e impilare accuratamente le merci (preparare i prodotti per la spedizione).

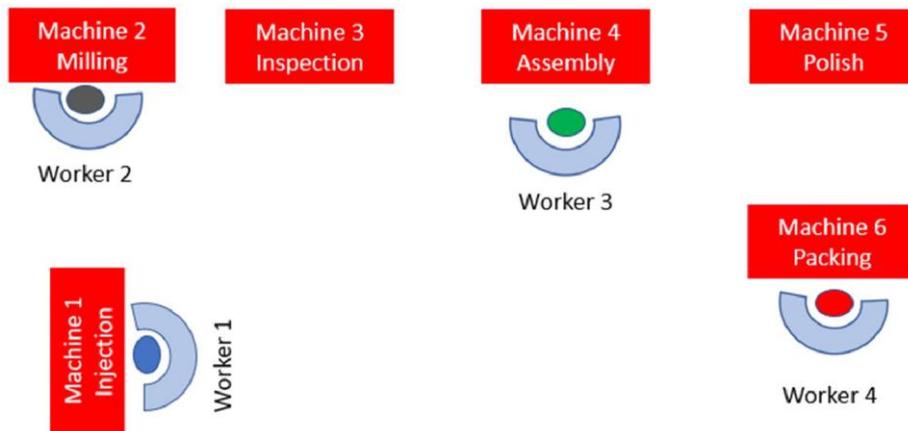


Figura 2.12: Sistema di assemblaggio manuale (Vido, M., Scur, G., Massote, A. A. e Lima, F.,2020)

Tale layout migliora la visibilità della produzione e lavoro di squadra e, infine, aiuta a rivelare i problemi in maniera più efficace.

In considerazione di questo scenario, sono stati adottati i cobot per supportare i lavoratori nelle performance e in compiti di movimentazione dei materiali considerati dagli ingegneri dell'azienda automobilistica come di basso valore aggiunto. Ai lavoratori è stato concesso più tempo per svolgere attività a più alto valore per il processo produttivo.

Uno degli obiettivi dell'introduzione dei cobot nella cella di produzione a forma di U era di mantenere flessibilità nella produzione di una varietà di prodotti. Sono anche state realizzate piccole modifiche al posizionamento delle macchine all'interno della cella per mantenere lo stesso livello di flusso di materiale e per adattare la portata dei cobot al corretto livello di movimentazione dei materiali tra le macchine.

Con la nuova configurazione, figura 2.13, la cella ora coinvolge un lavoratore e due cobot che lavorano sullo stesso regime a tre turni, che prevede le seguenti attività:

- Compiti eseguiti dal cobot 1:
  - Caricare le parti nello stampo a iniezione della macchina per lo stampaggio a iniezione per essere stampate dall'unità di iniezione;
  - Scaricare le parti iniettate da una cavità dello stampo dopo che il sistema di espulsione ha espulso la parte dallo stampo.
- Compiti eseguiti dal cobot 2:
  - Carico e scarico della stazione di confezionamento del prodotto dei paraoli (etichettare le merci imballate);
  - Caricare e scaricare parti della macchina di assemblaggio.
- Compiti svolti dal lavoratore:
  - Caricare piccoli componenti metallici in un alimentatore automatico;
  - Ispezionare nuovamente le parti scartate selezionate dalla macchina di misura (monitorare la qualità e rimuovere parti);
  - Caricare i componenti della molla a spirale;

- Etichettare e impilare accuratamente le merci (prepara i prodotti per la spedizione).

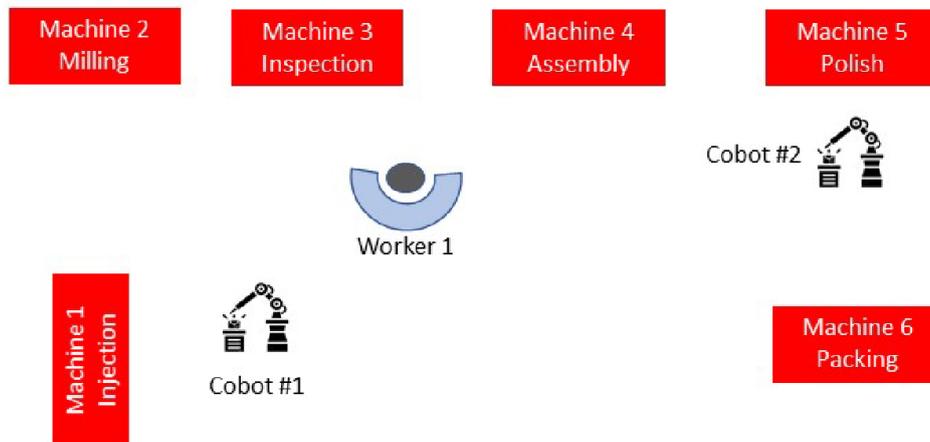


Figura 2.13: Cella di produzione collaborativa (Vido, M., Scur, G., Massote, A. A. e Lima, F. 2020)

Con il nuovo layout, i cobot possono interagire fisicamente con i lavoratori in un cellulare ambiente produttivo. Nella distribuzione delle attività, il cobot esegue movimenti ripetitivi durante la movimentazione per caricare e scaricare parti dalle macchine utensili. Nel frattempo, i lavoratori possono concentrarsi sui compiti che richiedono l'uso di strumenti cognitivi e capacità di ragionamento.

L'azienda automobilistica ha pianificato di applicare questo design della cella per ridurre i costi indiretti combinando un uso massiccio di macchine utensili con il supporto di cobot che gestiscono prodotti, riducendo così il numero di attività svolte dai lavoratori.

Questa configurazione fornisce quindi un flusso efficiente e supporta un alto tasso di produzione.

Troviamo quindi che la configurazione della cella a forma di U, applicando la collaborazione al processo operativo, è più affidabile e si comporta meglio nel raggiungere lo stesso livello di domanda mensile di produzione:

- **Costi:** come riduzione della manodopera si ottengono riduzione dei costi oltre ad un aumento dell'efficienza da 21 a 24 ore/giorno
- **Qualità:** si osservano miglioramenti della qualità dovuti a livelli di precisione in quanto la ripetibilità fornita da un cobot non è possibile tramite l'assemblaggio manuale
- **Flessibilità:** nel caso di movimenti più complessi che non possono essere eseguiti da braccia robotiche, è lasciato spazio al lavoro manuale

Questi risultati indicano che i cobot possono rafforzare la competitività di un'azienda.

Dal punto di vista ergonomico, l'azienda automobilistica aveva inoltre identificato i seguenti problemi tecnici:

- esposizione del corpo del lavoratore a temperature elevate dalla pressa ad iniezione
- lavoratori che eseguono la stessa serie di movimenti continuamente per un lungo periodo del tempo e in posizioni che sottopongono a stress il corpo

pertanto, i relativi compiti sono stati assegnati a robot della cella di produzione collaborativa. L'obiettivo era quello di migliorare le prestazioni dei lavoratori per limitare i rischi e gli infortuni.

L'analisi di questo caso, pubblicato sulla rivista *Gestão & Produção* (Vido, M., Scur, G., Massote, A. A. e Lima, F. 2020), può inoltre far riflettere su di un dettaglio molto importante: nonostante i vantaggi preventivati, la semplice adozione di robot per automatizzare la linea e gestire meglio la produzione non è di per sé efficiente. Ciò che ha fatto anche la differenza è il modo in cui sono stati applicati in base al sistema produttivo e agli obiettivi aziendali. La mancanza di visione strategica può portare infatti ad un ambiente più incerto per investimenti in robotica ed in generale per le nuove tecnologie.

## 2.4 Conseguenze sul mondo del lavoro

La quarta rivoluzione industriale porta cambiamenti ed innovazione anche nel mondo del lavoro dando nuove opportunità, creando nuove mansioni e sviluppando maggiormente quelle già esistenti. È semplicistico dare per scontato un rapporto negativo tra lavoro e tecnologia. Certo non si può negare che, cogliendo solo i benefici economici portati dall'innovazione, diverse imprese hanno scelto di investire esageratamente in tecnologie di processo *labour saving*.

Ciò è ricondotto ad una sorta di diffusa diffidenza nei confronti del lavoro, testimoniata anche dalle forti resistenze ai rapporti di lavoro a tempo parziale in modo da contenere comunque il numero delle persone di cui occuparsi. Ma questo dimostra solo come le scelte politiche ed economiche siano il vero motore dell'utilizzo della tecnologia e come a causa di queste il reale beneficio passi in secondo piano. Non si può infatti neanche negare, che sia proprio la tecnologia ad aver consentito negli ultimi decenni un miglioramento della qualità del lavoro e della produttività delle imprese, oltre che della vita di ognuno, e allo stesso tempo creato nuovi lavori. Questo ha portato anche alla scomparsa di altri posti in un fenomeno che è di sostituzione e trasformazione, non solo di pura distruzione.

Le nuove tecnologie, se sfruttate correttamente, sono mirate a rendere più sicuri i lavori in fabbrica, diminuire l'esposizione al rischio e alla fatica. Tutto dipende da come verranno sfruttate le nuove opportunità (Crisantemi M., Canna F. (2021)).

Gli esempi più rappresentativi sono pertanto proprio quelli visti nel caso dell'applicazione di MES o a software di fabbrica che riescono a rendere i processi organizzativi, un tempo fatti in

modo cartaceo o mediante passa parola, più veloci e più smart. In questo senso la tecnologia non sostituisce infatti l'operaio, ma lo supporta.

Come già accennato precedentemente, si sta andando a velocità sostenuta verso un mondo interconnesso, nel quale molti lavori pesanti o ripetitivi saranno automatizzati e i computer collegati in rete e in cloud potranno supportare il lavoratore in compiti complessi mentre la produzione di beni e servizi si interfacerà in tempo reale con le richieste di clienti ed utenti.

In particolare, si indica che nelle fabbriche intelligenti, il ruolo dei dipendenti cambierà in maniera significativa in quanto il controllo sempre più in tempo reale trasformerà il contenuto del lavoro, i processi e l'ambiente di lavoro; l'implementazione di un diverso approccio sociotecnico all'organizzazione del lavoro offrirà ai lavoratori l'opportunità di godere di maggiori responsabilità e migliorare lo sviluppo personale. Mansioni più gestionali e meno noiose o alienanti, vengono loro assegnate grazie all'introduzione delle nuove tecnologie, introducendo per i lavoratori processi di up-skill o re-skill (Mazali, T. (2021)).

Le competenze e i gruppi di abilità più importanti che i datori di lavoro considerano sempre più indispensabili, includono gruppi come il pensiero critico e l'analisi, nonché la risoluzione dei problemi e le abilità nell'autogestione come l'apprendimento attivo, la resilienza, la tolleranza allo stress e flessibilità (Claudi, M. (2018)). Le soft skill vengono sempre più prese in considerazione. In questo senso l'industria 4.0 fa leva su potenzialità e capacità soggettive, necessarie per l'arricchimento qualitativo del lavoro.

Accanto a nuovi compiti gestionali, con la quarta rivoluzione si sviluppano inoltre anche nuovi ruoli pratici e tecnici: le nuove generazioni pongono infatti maggiore enfasi sull'apprendimento di competenze digitali come l'analisi dei dati, l'informatica e la tecnologia dell'informazione.

Nascono così nuove figure di elettronici, tecnici e programmatori capaci di fornire e sviluppare i nuovi servizi e le nuove tecnologie viste nei precedenti paragrafi (ad esempio i servizi di interconnessione o programmazione di algoritmi di machine learning).

### **3 Caso studio: Next S.r.l.**

L'azienda che sarà presentata in questo capitolo ha il ruolo di illustrare in modo più specifico l'impatto che l'applicazione dei principi dell'industria 4.0 può avere sulle aziende. In particolare, si vogliono meglio evidenziare le ragioni che possono spingere le imprese ad abbracciare il nuovo paradigma e come avviene la trasformazione ad impresa digitalizzata.

Sarà pertanto illustrata la realtà aziendale prima e dopo l'implementazione delle nuove tecnologie al fine di coglierne le principali differenze.

I dati e le informazioni, presentate in questo capitolo, sono stati raccolti tramite documentazione aziendale e colloqui con la direzione. Le immagini, gli schemi ed i grafici proposti sono frutto di un'elaborazione personale di quanto appreso.

#### **3.1 Presentazione azienda: organizzazione pre-investimenti 4.0**

Next S.r.l. è un'azienda conto terzi che si occupa di progettazione, costruzione e collaudo di prodotti elettronici, situata a San Maurizio Canavese in provincia di Torino.

L'impianto presenta una suddivisione in reparti per diverso tipo di processo: reparto per la costruzione di componenti Surface Mounting Device (SMD), così chiamati in quanto realizzati tramite l'utilizzo di tecnologia a montaggio superficiale Surface Mount Technology (SMT), reparto per le operazioni di Pin Through Hole (PTH) e reparto finitura. La SMT è una tecnica utilizzata in elettronica per l'assemblaggio di un circuito stampato, la quale prevede l'applicazione dei componenti elettronici sulla sua superficie senza la necessità di praticare dei fori come invece richiesto nella tecnica classica, detta appunto PTH. Sono inoltre presenti stazioni dedicate a specifici clienti, specialmente per quanto concerne le operazioni di finitura manuale, collaudo e chiusura (imballaggio), presentando dunque un sistema produttivo ibrido (per processo + su commessa) ed una produzione sia make to stock che make to order.

Nel magazzino principale vi sono diverse tipologie di materiale ed il prodotto finito non è univoco, in base alle specifiche del cliente i componenti da consegnare cambiano. Si sviluppano così diversi flussi, mostrati in figura 3.1, che rendono ancora più complesso gestire le code di lavoro, le quali saranno pertanto differenti per ogni stazione operativa.

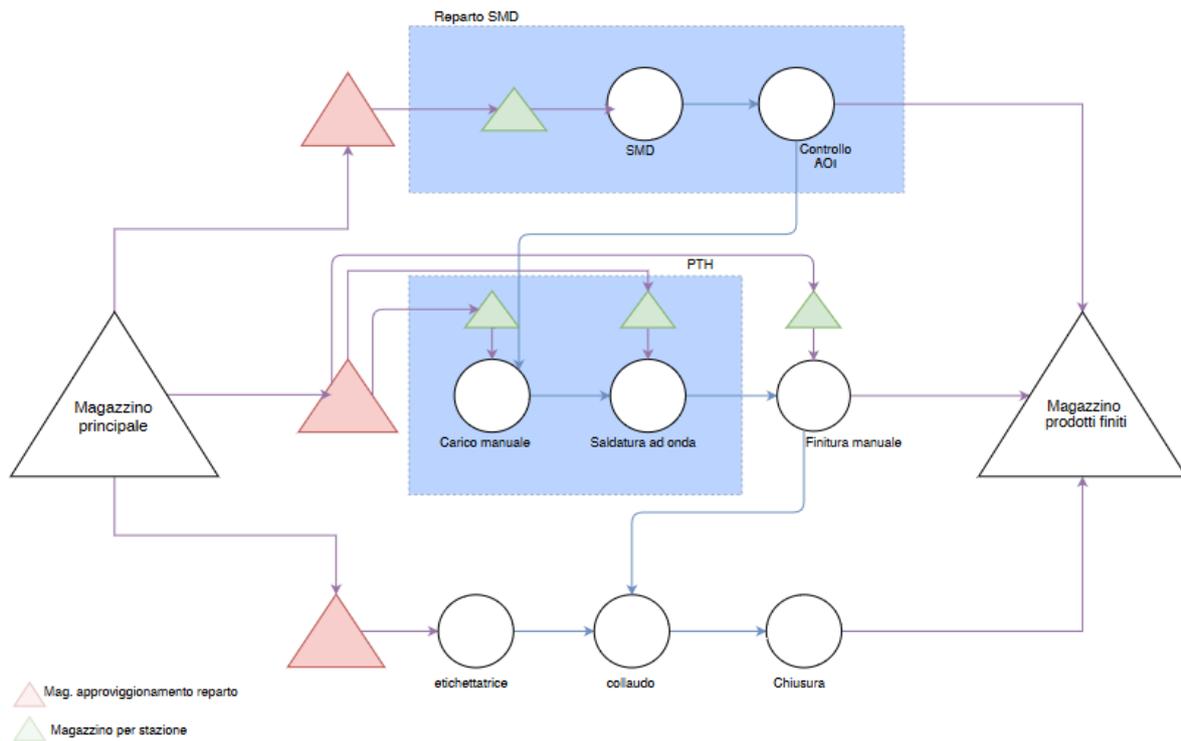


Figura 3.1: Flusso produttivo di Next S.r.l.

Al piano superiore del fabbricato è presente un magazzino generale. Le scorte di ogni reparto sono contenute in scaffali per il materiale di consumo e semilavorati corrispondenti e vi sono anche scorte di materiale necessario presso ogni postazione che richiede approvvigionamento. I magazzini sono di tipo statico, alcuni a scaffalatura tradizionale e altri a scaffalatura mobile.

L'azienda si avvale di un gestionale per il controllo del magazzino e gli ordini di produzione.

Nel gestionale vi sono due livelli uno che controlla le giacenze di stabilimento di tutti i codici e l'altro le disponibilità a fine giornata.

Inizialmente il flusso era organizzato partendo dal prelievo di tutti i materiali dai vari magazzini a cui segue solitamente la prima fase di produzione nel reparto SMD. Qui il materiale prodotto era accatastato e lasciato da parte finché qualcuno della fase seguente non lo andava a cercare. E così si continuava per tutto il percorso produttivo: l'operatore della fase successiva andava a cercare il materiale nel reparto della fase precedente senza una logica di spostamento.

In ogni reparto c'era la documentazione di fase per ogni singolo prodotto ed i dipendenti seguivano un foglio di produzione che dava indicazioni sui vari ordini da svolgere.

L'azienda cercava di adattare la produttività in base ai clienti che ordinavano con continuità e, per accettare nuove commesse, consultava il proprio gestionale tramite il quale verificava la fattibilità della presa in carico dell'ordine. Si controllava soprattutto la disponibilità dei materiali in magazzino e, in funzione di quelli mancanti, erano eseguite delle stime ad hoc sul tempo di consegna finale.

L'azienda usava i fogli Excel per tenere traccia dell'avanzamento produzione e tenuta codici in magazzino.

Nell'impianto non sono presenti mezzi di movimentazione interna.

### **3.2 Problematiche riscontrate da Next: scelta delle nuove tecnologie**

L'organizzazione adottata da Next non era chiara. L'azienda si era accorta di gestire la produzione ed il magazzino in modo inefficiente ed inefficace, iniziando dagli errori relativi alla gestione delle scorte e finendo con gli accavallamenti in produzione.

In particolare, la ricerca di materiale in magazzino occupava spesso più tempo del dovuto. Errori ve ne erano sempre e anche difficili da risolvere e non c'era allineamento a volte fra gestionale e realtà:

- a fine anno le fattibilità non erano mai reali
- errori in ingresso merci
- lentezza nella preparazione commesse
- cattiva organizzazione degli spazi
- la ricerca del materiale avveniva senza una logica definita

Il principale problema riscontrato è stato pertanto l'ordine all'interno della società, era la parte più dispendiosa sia in termini di tempo che di denaro.

Ciò, infatti, aveva ripercussioni anche sulla produzione. Vi era una grossa confusione delle commesse da mandare avanti, delle precedenze che avevano alcune rispetto ad altre, fogli di lavoro che si perdevano e l'azienda lavorava sempre e solo su sollecito del cliente. Questo portava ad un ulteriore problema: essendo in ritardo su tutto, in produzione si saltava da una lavorazione all'altra in modo da riuscire a svolgere diversi ordini insieme, ma ciò allungava ancora di più i tempi di consegna per la singola commessa. L'azienda ha iniziato a fare fatica ad ottenere profitti.

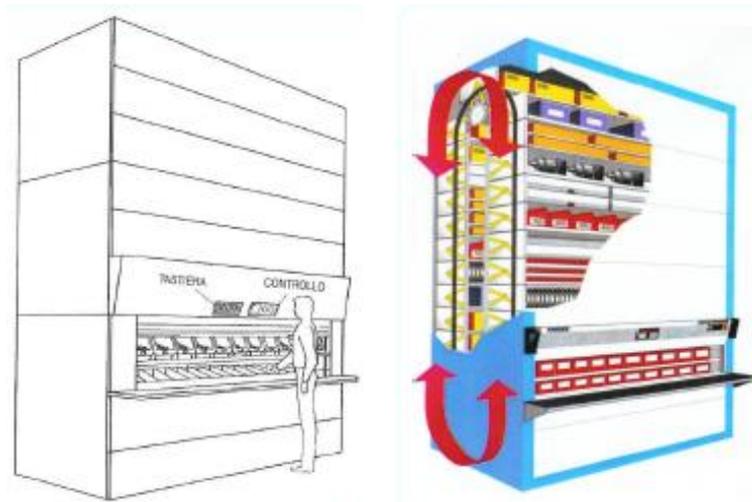
Next era dunque consapevole di dover migliorare la propria gestione e per prima cosa ha scelto di riorganizzare il proprio magazzino. La logica è stata sapere cosa si ha e dove lo si ha. Il materiale inoltre deve essere vicino a dove deve essere utilizzato.

Inizialmente l'azienda era orientata verso l'acquisto di un magazzino verticale<sup>8</sup>, ma vi era bisogno di fornire specifiche riguardanti il peso che ogni piano del magazzino dovesse supportare e la distanza fra questi (figura 3.2). Dato che Next è un contoterzista, non vi era la possibilità di conoscere esattamente a priori le dimensioni dei materiali, in quanto sono variabili, e fornire misure determinate era rischioso poiché queste potevano risultare sbagliate

---

<sup>8</sup> In questi sistemi l'operatore invia e controlla le liste di prelievo/deposito attraverso un PC a bordo macchina e riceve il vassoio contenente il materiale richiesto presso la baia di lavoro (Carlin, 2021)

o inefficienti se troppo grandi o piccole. In più l'azienda ha valutato che in presenza di eventuali guasti vi era il rischio di avere la merce bloccata all'interno del magazzino verticale ed essere soggetti ai servizi di assistenza da parte dei fornitori.



*Figura3.2: Struttura di un magazzino verticale (Carlin, 2020)*

La soluzione è arrivata grazie ad Excel: in una tabella di Excel si possono scrivere infiniti codici e per trovarli è sufficiente usare la funzionalità “trova” ed inserire la parola da cercare. Quindi si può saturare uno spazio di codici alla rinfusa e trovare comunque ciò che si vuole. L'idea finale è stata quindi di trasferire questo principio ad un software ed un sistema visivo di rilevamento in modo da riuscire ad applicare tale funzione di Excel all'interno di un magazzino fisico.

Un sistema del genere permette all'azienda di non dover necessariamente organizzare gli spazi in magazzino in base al tipo di materiale o di cliente, e di poter invece sistemare scatole con codici diversi nello stesso piano e in qualsiasi posto risulti più opportuno. Un sistema così sarebbe stato molto più efficace e non avrebbe richiesto un cambiamento drastico di organizzazione.

L'azienda ha pertanto deciso di implementare il sistema di magazzino pick to light Smiro System.

L'obiettivo era riuscire ad ottimizzazione degli spazi volumetrici sovrapponendo merci differenti facilmente e rapidamente rintracciabili in luoghi interni ed esterni. Ciò ha consentito all'azienda di poter comunque utilizzare ancora i sistemi di scaffalatura già esistenti in azienda, evitando dispendiosi investimenti.

Rispetto ad altri, il sistema è di semplice installazione, utilizzo, manutenzione e si adatta ad ogni realtà di magazzino.

Nei classici sistemi di Pick To Light ci sono differenti limitazioni come la postazione fissa, la cablatura e la poca personalizzazione. Smiro System propone invece un tag RFID/NFC a batteria

che non necessita di infrastruttura, ma soprattutto ha la possibilità di essere posizionato su uno scaffale o su una scatola, carrello ecc., risolvendo così il grande problema della cablatura di un sistema tradizionale.

Smiro system può inoltre essere integrato su ogni tipo di gestionale permettendo così una rapida acquisizione di informazioni sui prodotti in ricerca, attraverso un software/hardware altamente innovativo.

L'implementazione di Smiro avrebbe creato inoltre per l'azienda diverse opportunità per:

- ottimizzare i percorsi di prelievo utilizzando il sistema degli indici di rotazione del magazzino.
- ridurre rischi di errore umano
- ottimizzare il tempo di ricerca del materiale con conseguente riduzione delle risorse umane
- sfruttare le agevolazioni fiscali riducendo l'impatto economico di tale investimento.

In seguito, l'azienda si è preoccupata di cercare di introdurre un sistema simile anche in produzione. Il problema principale era cercare di gestire gli ordini e avere consapevolezza dell'andamento reale della fabbrica. Eliminare la raccolta dati manuale era importante per iniziare ad incrementare l'efficienza e ridurre gli errori. Bisognava trasmettere in modo veloce e preciso le informazioni ai vari reparti produttivi e allo stesso tempo i dipendenti dovevano riuscire a trasmetterle alla direzione aziendale. Era pertanto necessario prima di tutto migliorare la comunicazione.

A questo scopo l'azienda ha deciso di investire anche nel sistema MES Agile Factory. La sua implementazione avrebbe permesso infatti di eliminare la documentazione cartacea e fare in modo, grazie alla funzionalità del giornale orario dinamico, di rendere note le operazioni svolte per ogni operazione. L'interfaccia manager, messa a disposizione dal sistema, avrebbe permesso alla direzione di comunicare a distanza con gli operatori in reparto e a questi di poter comunicare rapidamente eventuali problemi e segnare l'aggiornamento della produzione in tempo reale tramite l'interfaccia operatore. Ulteriore vantaggio sarebbe stato riuscire ad organizzare meglio la produzione per tempo.

Rispetto ad altri MES, Agile Factory è risultato più intuitivo e semplice da capire ed usare, dotato di un'interfaccia molto user friendly. Ciò è stato un fattore importante per gli operatori inesperti che avrebbero dovuto iniziare ad avvicinarsi al sistema ed utilizzarlo.

Next aveva bisogno di monitorare e controllare al meglio l'andamento della fabbrica e Agile Factory offriva loro una soluzione semplice da usare, ma efficace.

### **3.2.1 Descrizione Smiro**

Smiro System è un sistema evoluto di Pick & Put to Light nato 4 anni fa da un'esigenza interna del Gruppo Eldeco e dal 2018 è approdato sul mercato. Il sistema permette ad uno o più utenti,

di individuare all'istante oggetti collocati in aree non delimitate del magazzino. Ciò consente di sfruttare al massimo ubicazioni verticali ed orizzontali ottimizzando le aree di allocazione, senza l'impiego di coordinate spaziali o di zone dedicate.

Il sistema presenta una struttura (figura 3.3) basata sull'utilizzo dei seguenti dispositivi:

- **Tag** senza limitazione di numero: il dispositivo, che viene agganciato all'oggetto da identificare, è munito di segnalazione luminosa. Il Tag dispone di un'interfaccia radiofrequenza bidirezionale per la connessione alla Base Station ed ha un identificativo univoco che sarà associato dal Tablet al codice dell'oggetto da individuare. La bidirezionalità permette al Tag di segnalare lo stato di carica della batteria. Smiro ne utilizza diverse tipologie in base alle esigenze del tipo di magazzino, dai Tag luminosi e sonori, ai Tag secure che consentono di aprire o chiudere armadietti e contenitori.
- **Base Station**: una o più a seconda della dimensione dell'area adibita a magazzino. È lo strumento d'interfaccia tra TAG e Tablet ed è posizionato all'interno delle aree operative. La quantità di Base Station dipende dall'ampiezza delle aree stesse. La connessione verso i TAG è realizzata tramite protocollo RF proprietario, mentre la connessione verso i Tablet avviene per mezzo di un access point Wi-Fi oppure tramite rete LAN.
- **Tablet** per ciascuno degli operatori. È il dispositivo intelligente, con sistema operativo Windows® e App SMIRO. Tramite le Base Station, il Tablet, si connette ai TAG e vi è l'interfaccia utente per l'inserimento e la ricerca del materiale. Lo stesso dispositivo, tramite Access Point Wi-Fi, provvede ad interfacciarsi verso i sistemi gestionali aziendali per il recupero degli ordini di lavoro, distinte basi, ordini di prelievo o altro inerente alla gestione dei materiali.

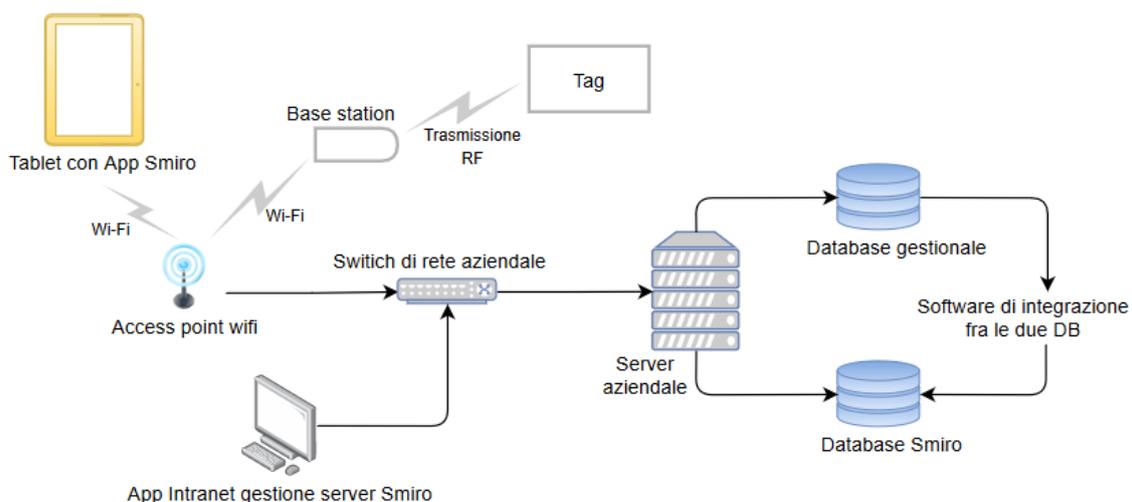


Figura 3.3: Schema strutturale di Smiro System

L'App Smiro, presente sul Tablet, rappresenta l'interfaccia utente ai fini dell'utilizzo del sistema. In fase iniziale il codice del tag viene associato ad un codice articolo presente nell'anagrafica aziendale, con l'ausilio di un lettore di codice a barre. Ne segue il posizionamento fisico del Tag sull'articolo codificato. È possibile associare più tag allo stesso articolo per gestire le modalità di immagazzinamento dei singoli oggetti.

La ricerca della allocazione dell'articolo avviene richiamando, sul Tablet, il codice dell'articolo stesso. Tramite una connessione WI-FI o LAN verso la base station viene inviato, via radio frequenza, un comando verso il tag, che risponde attivando un segnale luminoso o acustico. Il Tablet tramite access point WI-FI si collega al server aziendale ed è in grado di interagire con tutti i sistemi informativi aziendali.

Una volta esaurito il materiale a cui era stato associato un tag, lo stesso potrà essere disassociato; sarà così pronto per un nuovo utilizzo ovvero sarà disponibile per una nuova associazione tag-oggetto.

Mediante integrazione con i sistemi aziendali, Smiro System è anche in grado di offrire ulteriori funzionalità come:

- Riordino automatico dei prodotti in distinta base al raggiungimento della scorta minima
- Possibilità di riordinare automaticamente dei prodotti non in distinta base
- Possibilità di associare ad ogni operatore il suo strumento di lavoro

Inoltre, Smiro prevede l'applicazione di un indice di rotazione, il quale è utilizzato per dividere gli articoli a magazzino in tre macro-classi (bassa rotazione, media rotazione e alta rotazione). Questo valore è dato dal numero di movimenti di magazzino, su una o più causali, in un dato periodo di tempo e va tarato su uno specifico modo di lavorare aziendale.

Configurando quindi Smiro System con i parametri aziendali, l'operatore sarà in grado di capire istantaneamente se quell'articolo appartiene ad una di queste tre classi di rotazione e quindi potrà posizionare gli stessi nelle zone previste per queste classi dal metodo logistico Smiro.

### **3.2.2 Descrizione MES Agile Factory**

Agile Factory è un sistema MES che traccia e documenta la produzione, dalla materia prima al prodotto finito.

Tale soluzione mette in connessione il sistema gestionale aziendale con i sistemi di controllo delle macchine. Questo collegamento è di tipo bidirezionale, infatti il MES raccoglie i parametri di interesse dalle macchine e li invia all'ERP e, contemporaneamente, gli ordini provenienti dall'ERP sono trasferiti alle macchine.

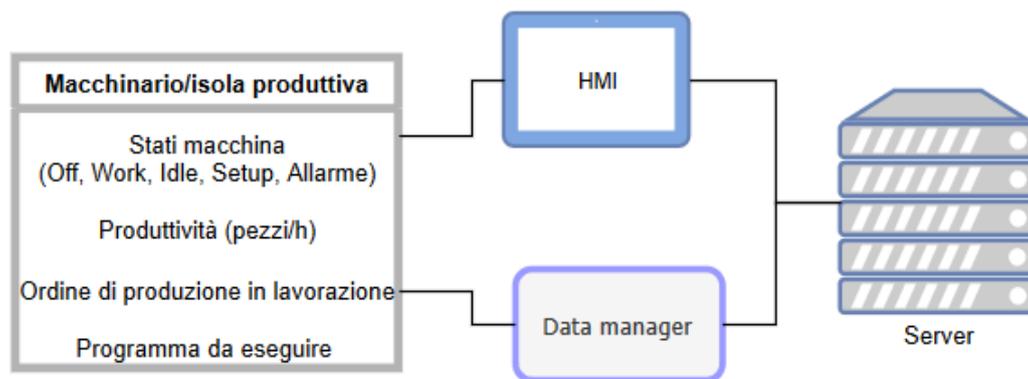
È stato classificato come un MES avanzato grazie all'elevato numero di funzionalità e strumenti analitici integrati.

Il sistema è un prodotto di Industrial Cloud e nel 2018 è diventato il core business dell'azienda.

Per rispecchiare al meglio le peculiarità di diversi settori industriali sono stati sviluppati pacchetti settoriali specifici che rendono lo strumento trasversale per i diversi settori. Inoltre, per garantire il massimo livello di personalizzazione, la soluzione prevede una serie di optional funzionali che permettono di adattare il software alle esigenze del cliente senza sconvolgere troppo il modo di operare dell'azienda.

In particolare, Agile Factory è costituito da una parte hardware e una parte software.

Per quanto concerne la prima, l'architettura è semplice (figura 3.4): ogni stazione operativa è dotata di due dispositivi, l'HMI, che permette l'interazione tra operatore e sistema, e il Data Manager, un dispositivo elettronico per la lettura, l'elaborazione e la trasmissione dei dati. Entrambi le fonti dialogano con il Server tramite una rete locale Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP).



*Figura 3.4: Schema collegamento parte hardware di Agile Factory*

L'HMI consiste nello specifico in un Panel PC con touch screen. Il dispositivo è posizionato nella stazione operativa e mostra l'interfaccia operatore. Il touch screen è dotato di una funzione multitouch che consente di visualizzare e manipolare file 2D e 3D. Su questa interfaccia l'operatore può visualizzare gli ordini di produzione inviati dalla direzione tramite l'interfaccia manager e segnalare eventuali problemi o criticità legate alla commessa da produrre o al macchinario.

La parte software comprende le componenti funzionali del sistema:

- Monitoraggio della produzione: il sistema raccoglie i dati dai macchinari e quelli degli operatori. Raccolta dei dati reali dell'intero impianto produttivo su vari livelli.
- Gestione della produzione: gli ordini di produzione e le operazioni sono organizzate e distribuite secondo criteri specifici di priorità
- Controllo della produzione: raccolta dei principali parametri di produzione e calcolo dei principali indici di efficienza produttiva. Consente di controllare in tempo reale e sulla base di dati storici i parametri aziendali.

- Analisi economica dell'impresa: analisi della produzione e dei parametri economici sulla base di dati reali.

Tali funzionalità sono gestite principalmente attraverso l'interfaccia manager del sistema. Agile Factory può lavorare in modalità stand-alone oppure companion.

In modalità companion il sistema MES può essere integrato con i software gestionali di grandi o piccole dimensioni già presenti all'interno dell'azienda, esempio Sap, Oracle, Zucchetti ed altri, talvolta anche con software proprietari. In questa modalità Agile Factory si integra direttamente con il sistema ERP aziendale e raccoglie automaticamente da quest'ultimo le informazioni sugli ordini di produzione da eseguire.

Nella modalità Stand-alone, invece, il sistema Agile Factory funziona sia come strumento di monitoraggio e controllo della produzione sia come sistema gestionale. Questa modalità è principalmente richiesta in tre diversi casi:

- l'azienda non possiede sistemi gestionali dedicati alla produzione, la quale viene gestita tramite fogli Excel;
- il sistema gestionale non è integrabile per motivi tecnici/tecnologici/economici;
- durante una sostituzione e/o aggiornamento totale del software ERP aziendale, Agile Factory è stato utilizzato come un ERP-MES transitorio, per poi essere successivamente implementato ed integrato con ERP nuovo.

### **3.3 Implementazione nuove tecnologie: organizzazione post-investimenti 4.0**

Durante l'installazione di Smiro e la riorganizzazione del magazzino, l'impresa non si è fermata e non ha avuto particolari rallentamenti in quanto l'implementazione della nuova tecnologia non ha richiesto particolari difficoltà o impedimenti dal punto di vista operativo della fabbrica. Inizialmente è stato eseguito uno studio sulla gestione del magazzino condotta da Next, sull'ampiezza dello stabilimento, sul tipo di produzione svolta, grandezza dei materiali da immagazzinare, tipologia di codici, e quantità stoccata in media.

Successivamente è stato possibile procedere con la riorganizzazione degli spazi e delle aree per il deposito. Il riempimento delle scaffalature è stato riorganizzato in modo tale da saturare gli spazi e creare un certo ordine visivo. A mano a mano sono stati applicati i tag e registrati sull'app di Smiro (figura 3.5) e ciò che ancora non era stato riorganizzato in ottica Smiro System continuava intanto ad essere gestito seguendo la metodologia iniziale.

La trasformazione dei processi aziendali è potuta quindi avvenire gradualmente e perciò è stata testata e compresa più facilmente fino al suo completamento.



*Figura 3.5: Prelievo del materiale tramite applicazione di Smiro System*

L'implementazione del MES ha richiesto invece uno studio più approfondito dell'azienda. È stata condotta infatti un'analisi del sistema produttivo in esame da parte dell'azienda fornitrice Industrial Cloud al fine di comprendere al meglio il sistema industriale e i macchinari con il quale il MES avrebbe dovuto interagire.

Mediante un'analisi funzionale e la mappatura dei processi, è stato identificato il modello più ottimale per configurare il programma in base alle esigenze della fabbrica.

Parallelamente alla parte software, è stato eseguito il lavoro per collegare macchine utensili e sistemi automatizzati in modo che possano comunicare con il sistema di raccolta dati.

È stato inoltre necessario studiare il layout aziendale per individuare i punti più strategici per posizionare gli HMI e decidere così quanti inserirne in base al numero di operatori, reparti e gruppi di processi.

Il posizionamento è stato determinato in base alle postazioni degli operatori tenendo inoltre presente la fattibilità fisica e pratica d'installazione. Oltre ad essere nelle vicinanze, gli HMI non devono infatti impedire il passaggio, e devono essere ben fissati (figura 3.6). Al termine ne sono stati installati 5: uno nel reparto finitura, uno nel reparto SMD e gli altri nelle zone di collaudo, carico manuale e chiusura.



*Figura 3.6: HMI con interfaccia operatore di Agile Factory applicato in Next*

Il lavoro di implementazione del sistema è stato considerato completo una volta che Agile Factory è stato integrato, e ha mantenuto la caratteristica dell'integrità dei dati, con l'ERP aziendale.

Non esiste un confine netto tra i sistemi informativi dedicati alla gestione della produzione e della logistica. È possibile, infatti, attuare un'integrazione completa tra SMIRO e il sistema gestionale Agile Factory, i quali insieme possono tranquillamente fungere da sistema di controllo delle giacenze e dei flussi dei materiali in ingresso dai fornitori o da altri reparti dell'azienda.

L'integrazione consente di estrarre dati da tabelle e di attuare le procedure necessarie per scriverle o leggerle.

Nello specifico, il collegamento di Smiro System con Agile Factory consente di acquisire in maniera rapida ed efficace tutte le informazioni specifiche relative ad un prodotto da ricercare in magazzino e, viceversa, la gestione della produzione da parte del gestionale sarà agevolata grazie alle informazioni relative alle commesse inviate dal sistema Smiro. Agile Factory fornisce a Smiro tutti i dati logistici di movimentazione interna e la gestione delle scorte.

Ad esempio, nel caso in cui le stazioni di un sistema produttivo siano dotate di un magazzino dedicato, le giacenze possono essere associate al sistema SMIRO grazie alla tecnologia RFID.

L'integrazione dei due sistemi consente di migliorare in maniera congiunta due aspetti cruciali della filiera logistica, la gestione del magazzino e la gestione della produzione, ottimizzare entrambe separatamente permette sicuramente di avere vantaggi per i singoli reparti, ma l'unione delle due tecnologie e la comunicazione tra queste consente di condividere l'effort e aumentare i benefici congiunti.

### **3.3.1 Benefici ottenuti**

Next ha acquistato Smiro System con l'obiettivo principale di recuperare spazio nel magazzino adottando il posizionamento casuale reso possibile dal tag Smiro e dal software di ricerca. I magazzinieri tramite tablet ora sono in grado di trovare i componenti semplicemente seguendo la luce. La fabbrica ora è più organizzata a livello di deposito e prelievo e i vantaggi immediatamente riscontrati sono stati:

- possibilità di stoccare prodotti diversi nella stessa cassetta e non avere cassette semi vuote
- localizzazione del prodotto immediata grazie all'associazione del tag RFID del prodotto con la locazione specifica
- percorsi di prelievo ottimizzati e velocizzati

Analizzando i dati e confrontando le diverse tipologie di gestione del magazzino prima e dopo Smiro, l'azienda ha constatato così di aver guadagnato il 60% di spazio in più per l'ingresso di ulteriore scorta, risparmiato il 70% di strada percorsa dai magazzinieri (per prelevare i componenti), con conseguente risparmio del 50% di tempo impiegato per la ricerca e presa in carico del materiale.

Inoltre, Smiro si è dimostrato efficace e semplice da usare, al punto da dare l'opportunità all'azienda di praticare un veloce inserimento di nuovo personale.

Dopo il periodo iniziale di prova, l'azienda ha compreso meglio come utilizzare le funzionalità del nuovo sistema e ha cercato di sfruttarle al meglio. Next è riuscita così ad avere nel tempo ulteriori vantaggi:

- inventario aggiornato in tempo reale e con pochi sforzi
- consigli sul posizionamento del materiale in base al calcolo dell'indice di rotazione
- possibilità di riordino automatico dei prodotti in distinta base al raggiungimento della scorta minima
- possibilità di associare ad ogni operatore il suo strumento di lavoro.

In Next, Smiro aiuta inoltre l'approvvigionamento delle linee di produzione. Grazie all'integrazione con il database del gestionale, le bolle di prelievo materiale sono riportate sui tablet Smiro in modo che i magazzinieri possano essere a conoscenza di quanto materiale caricare sulle linee produttive.

Con l'ulteriore inserimento del sistema MES Agile Factory l'azienda ha potuto inoltre snellire le procedure organizzative, la presa in carico delle commesse in produzione e soprattutto eliminare la documentazione cartacea, causa per lo più di rallentamenti ed errori.

Attraverso l'HMI gli operatori di linea conoscono in modo chiaro e preciso le istruzioni riguardanti le code di lavoro, hanno la possibilità di notificare problematiche, guasti ed errori.

Ciò consente ai dipendenti di essere concentrati sul proprio lavoro e non essere distolti da attività burocratiche.

In questo modo Next, già dall'avvio del sistema, ha ottenuto un miglioramento dell'efficienza produttiva del 25% e la raccolta automatica dei dati, oltre a garantire la consistenza e robustezza dei dati, ha consentito una riduzione del 35% del tempo impiegato per controllo e gestione.

Sommando quindi il risparmio delle tempistiche relative alle dinamiche di magazzino ottenute tramite Smiro (tempo di accettazione, di picking e di evasione ordine) e quelle relative alla produzione tramite il MES, l'azienda riesce ad ottenere un impatto positivo considerevole sul tempo medio di processamento per ordine.

Nel tempo inoltre, la direzione aziendale, ha apprezzato soprattutto la facilità di comunicazione raggiunta con i vari reparti, stazioni produttive e la capacità ottenuta di riuscire a sapere cosa accade nella propria fabbrica in qualsiasi momento e luogo, semplicemente collegandosi all'istanza manager di Agile Factory (figura 3.7).

Grazie all'interfaccia HMI il sistema può raccogliere oltre ai dati relativi ai macchinari, anche quelli relativi agli operatori. Il software mette a disposizione un calendario giornaliero dinamico che permette di sapere per ogni operazione quale addetto l'ha seguita, a che ora e raccoglie eventuali pause e tutti i processi di interruzione come approvvigionamento materiale, set-up, pausa, guasto. In questo modo è possibile conoscere la durata di produzione distinguendo i tempi a valore aggiunto da quelli non a valore aggiunto.

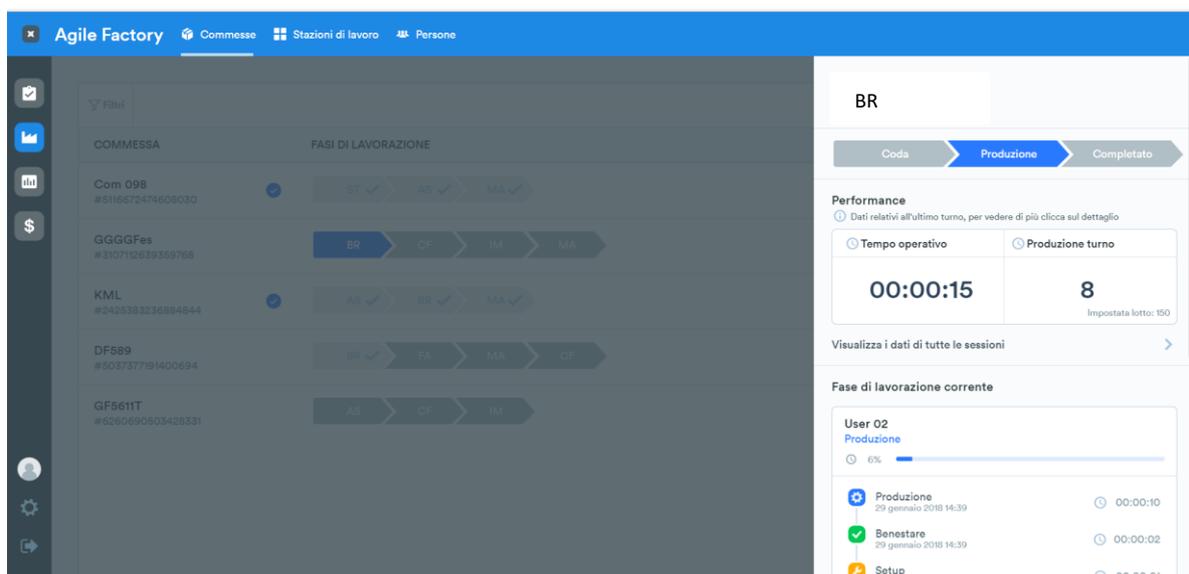


Figura 3.7: Vista componente factory live dell'Interfaccia manager di Agile Factory mostrante dettagli su un'operazione di produzione

Nell'ambito dello svolgimento di alcune funzioni aziendali quali costificazione, controllo di gestione e controllo efficienza produttiva, l'azienda è in grado ora di ottenere informazioni riguardanti l'andamento degli ordini di produzione, al fine di incrementare la propria performance, individuare sprechi, inefficienze o ottimizzare i costi.

Il MES è uno strumento che ha permesso inoltre di avere una visione generale su tutti gli ordini di produzione in base agli indici di performance (vedi figura 3.8):

- efficienza di risorsa;
- efficienza di flusso;
- indice di utilizzo on time delivery;
- OEE<sup>9</sup>;
- altri indici rappresentativi sia della performance generale di commessa, sia di ogni singola sessione produttiva.

Ciò ha facilitato la ricerca delle inefficienze, di eventuali punti critici e automatizzato la preparazione dei report su ogni singola commessa.

Il livello di servizio offerto al cliente risulta inoltre aumentato, in quanto è possibile fornirgli in ogni istante e da qualunque luogo dati certi sull'andamento del suo ordine e allo stesso tempo minimizzare i rischi di possibili ritardi. Il cliente ottiene il prodotto che vuole, della qualità richiesta, entro i tempi prestabiliti.

The screenshot shows a web interface with a search bar at the top left containing the text 'Cerca qui...'. On the top right, it displays 'Pagina 1 di 1' and '5 elementi'. Below this is a table with the following data:

ORDINE	ARTICOLO	T. EFFETTIVO	T. STIMATO	EFFICIENZA DI RISORSA	ON TIME DELIVERY	OEE
21/00012	CHOC01	794:39	30:00	97%	10%	100%
21/00013	CHOC02	792:10	00:00	100%	9%	0%
21/00015	CHOC01	02:04	00:00	0%	-	98%
21/00018	CHOC01	232:28	00:00	14%	-	0%
21/00019	CHOC01	115:31	00:00	100%	-	0%

Figura 3.8: Vista dell'interfaccia manager di Agile Factory mostrante indici di performance per i vari ordini

L'implementazione delle nuove tecnologie 4.0 non basta, però, in sé per risolvere i problemi. Next ha rinnovato le proprie procedure e si è riorganizzata in modo da sfruttare al meglio i vantaggi che ha capito di poter ottenere dai due sistemi. Se inizialmente anche le movimentazioni di materiali all'interno dell'impianto avvenivano senza logica, ora tutto è

<sup>9</sup> L'Overall Equipment Effectiveness (OEE) è la misura di efficacia totale di un impianto. È un indice espresso in punti percentuali che riassume in sé tre concetti: la disponibilità, l'efficienza ed il tasso di qualità di un impianto.

coordinato. Decade la logica del magazzino centrale unico e viene concepita una logistica funzionale alle aree produttive (figura 3.8).

Sono ora previsti:

- un magazzino centrale (MC), nel quale sono stoccati tutti i componenti di medie e grandi dimensioni
- un magazzino KANBAN in cui sono stoccati tutti i componenti di piccole dimensioni che sono condivisi tra reparti e tutti quelli che hanno una destinazione unica ma sono stoccati in grandi quantità (colore marrone in figura 3.9)
- magazzini fissi, uno per ogni area produttiva, nei quali saranno depositati i codici che sono utilizzati solo in quell'area (arancioni) ed i codici (marrone) con uno stock standard di area.

I carrelli (magazzino momentaneo MM) riforniranno di materiali ingombranti le aree produttive in base alle esigenze, per un arco temporale che può andare da poche ore a qualche giorno.

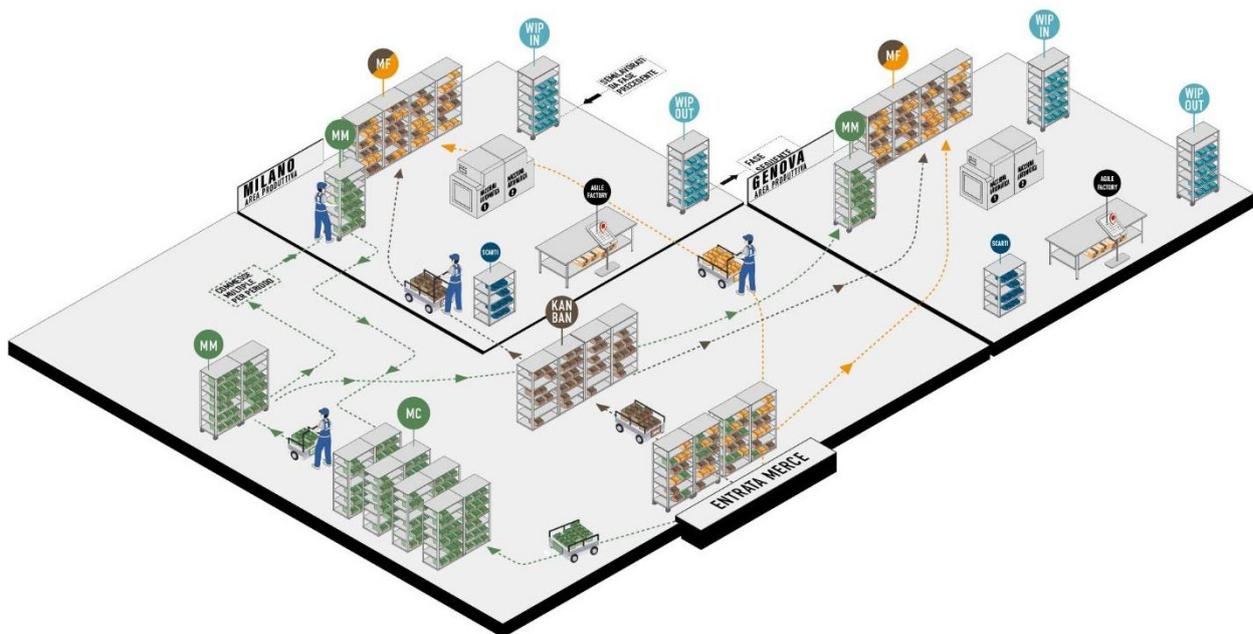


Figura 3.9: Logica di magazzino adottata da Next

Il materiale in entrata è gestito con questa procedura tramite "Smiro System": il magazziniere riceve su un tablet, il relativo documento di trasporto (DDT) e potrà controllare le merci ed eventuali errori generati dal fornitore (mancanza o sovrabbondanza di quantità). Il materiale controllato verrà inserito nel sistema, il quale darà all'operatore l'indicazione di destinazione: reparto SMD, PTH....

A questo punto i magazzinieri possono seguire i rifornimenti delle aree produttive o alimentare le aree per il Kanban. In pratica, osservando la figura, la merce che arriva può avere tre destinazioni diverse. Direttamente al reparto, linea gialla, nel quale andranno codici usati solo

li. Se la quantità da stoccare è troppo elevata il resto è depositato nel magazzino Kanban, nel quale sono stoccati anche i prodotti di piccole dimensioni e che possono essere usati in più reparti. Se il prodotto è di grandi dimensioni sarà destinato invece al magazzino centrale (linea verde).

Quando il magazzino di reparto è sotto scorta arriva una segnalazione al magazzino Kanban che informa della necessità di portare il materiale. L'operatore prende il materiale dal magazzino Kanban e lo porta nel rispettivo reparto. Ciò è possibile grazie all'integrazione del MES.

Con questo sistema, codici e quantità sono segnati sul reale depositato e non sul teorico mancante.

Per quanto concerne i reparti produttivi, in ogni reparto sono stati inseriti inoltre carrelli mobili per il WIP-IN (semilavorati di ingresso da lavorazioni precedenti), WIP-OUT (semilavorati terminati e destinati al reparto successivo) e scarti (semilavorati non conformi o rifiuti di lavorazione). L'operatore preleva autonomamente la componentistica da MF e da MM ed eventuali semilavorati dal carrello WIP-IN tramite "Smiro System" ed inizia a produrre. Progressivamente, deposita lo scarto nel rispettivo carrello e la produzione nel carrello WIP-OUT (figura 3.10).

A produzione conclusa l'operatore, su indicazione del sistema, consegnerà il WIP-OUT all'area produttiva seguente, oppure al magazzino prodotti finiti se si tratta del prodotto finale.

Sarà tracciato chi ha fatto cosa, quando e relative efficienze produttive. Il MES scompone le lavorazioni per aree produttive e crea le relative code di lavoro.

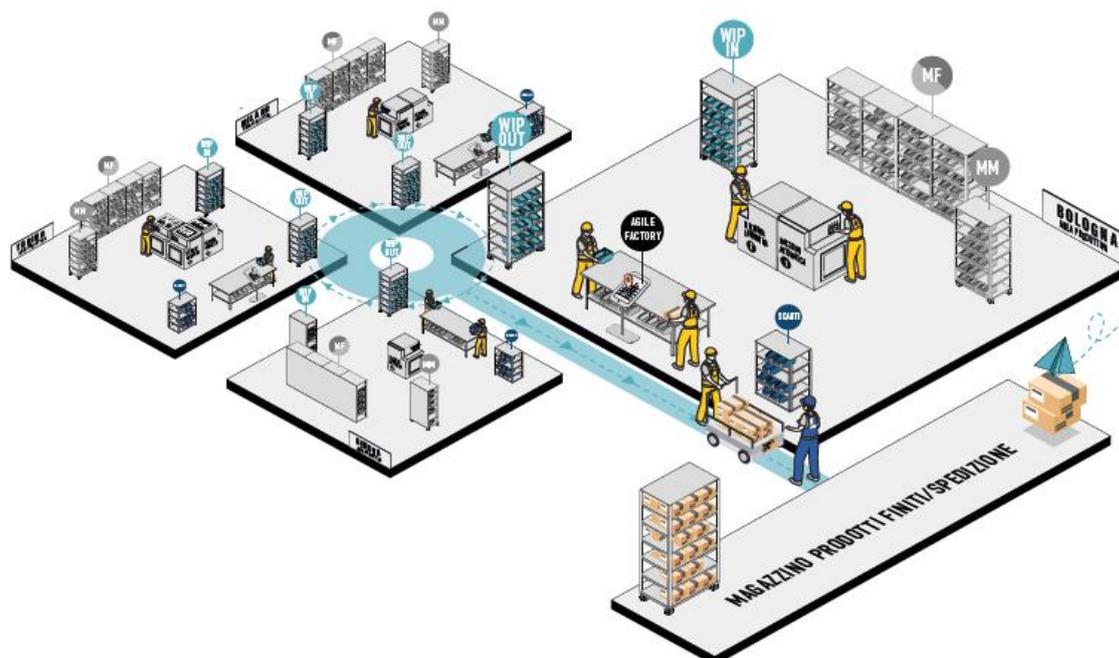


Figura 3.10: Logica di movimentazione merci nei reparti produttivi

Rispetto all'inizio, la merce non è presa quindi da un unico magazzino e portata ovunque all'interno della fabbrica. Il materiale fa solo un primo viaggio di locazione e poi si muove in funzione del lavoro. Al MES è collegata la distinta di prelievo, in tal modo è noto se è presente materiale in una determinata postazione operativa. In particolare, è data la disponibilità del materiale, tramite i due sistemi, sia a livello generale di fabbrica che di reparto, così il magazzino può sapere cosa deve portare e dove senza che gli venga chiesto.

In questo modo, l'azienda produce codici diversi con coda visibile per ogni macchinario/stazione operativa, il materiale è già nel reparto e quindi la produzione può procedere spedita.

### 3.3.2 Analisi impatto economico

Attraverso le registrazioni del fatturato ed i costi che l'azienda ha avuto nel corso degli anni, è stato possibile effettuare un'analisi dei vantaggi economici ottenuti dall'utilizzo dei sistemi in azienda. Lo studio condotto fa riferimento al periodo di rendicontazione che va dal 2015 al 2020. I dati resi disponibili sono stati rielaborati nella tabella 1.

PERIODO	FATTURATO	MAG. FINALE	MAG. INIZIALE	ACQ MATERIALE	
2015	2.878.142,00 €	244.850,32 €	168.708,00 €	748.338,00 €	
2016	2.982.523,00 €	512.192,00 €	244.850,00 €	913.559,00 €	
2017	4.247.014,00 €	654.015,00 €	512.192,00 €	1.350.723,13 €	
2018	5.739.790,94 €	969.358,00 €	654.015,00 €	2.651.390,20 €	
2019	4.457.219,50 €	731.453,00 €	969.358,00 €	1.602.285,00 €	
2020	3.841.306,24 €	667.371,00 €	731.453,00 €	1.921.803,57 €	
PERIODO	LAV.INTERINALE	TERZISTI	TOTALE	N° ORE LAV.	PRODUTTIVITA' (€/h)
2015	77.053,00 €	716.838,00 €	1.412.055,32 €	50679,25	27,86
2016	35.513,00 €	730.474,00 €	1.570.319,00 €	55370,25	28,36
2017	35.976,90 €	961.255,30 €	2.040.881,67 €	58812,50	34,70
2018	19.787,94 €	1.069.104,00 €	2.314.851,80 €	58251,00	39,74
2019		916.660,44 €	1.700.369,00 €	52763,00	32,23
2020		384.760,38 €	1.503.551,00 €	36991,00	40,65

Tabella 1: Dati relativi ad entrate e uscite di Next nel periodo 2015-2020

La voce "TOTALE" deriva dall'applicazione della seguente formula:

TOTALE= FATTURATO+MAG.FINALE-MAG.INIZIALE-ACQ.MATERIALE-LAV.INTERINALE-TERZISTI.

La voce "PRODUTTIVITÀ" deriva invece da (Totale) / (N° ore lavorate).

L'applicazione di tali formule è stata ideata per riuscire a conoscere, solo in base al lavoro svolto, quanto più o meno hanno prodotto le ore lavorate dai dipendenti come guadagno al netto dei costi di materie prime acquistate e lavoro esterno. Si precisa, però, che le ore lavorate possono comprendere anche quelle non produttive. Sarebbe stato ottimale riuscire a distinguerle in modo da verificare così il reale miglioramento, ma il risultato ottenuto ne fornisce in ogni caso una buona approssimazione.

Nel 2015 è possibile dunque osservare la situazione economica aziendale prima dell'installazione di Smiro System. L'azienda in tale anno aveva registrato circa 15 mila euro di profitti e contava su cinque magazzinieri di cui uno assunto part-time (30 ore settimanali).

Il 2016 è l'anno in cui Smiro system è stato implementato nel magazzino. Per i dipendenti è stato semplice ed immediato imparare a lavorare con tale sistema e ciò non ha causato particolari rallentamenti dovuti ad un iniziale disorientamento sul nuovo modo di operare.

In questo anno si nota un lieve miglioramento del fatturato e della produttività oraria.

La vera differenza si evince nell'anno successivo, ovvero quando Smiro era in pieno funzionamento e la riorganizzazione aziendale era stata completata. Nel 2017, infatti, il fatturato è quasi raddoppiato ed è importante sottolineare l'importante aumento del materiale acquistato e del volume della merce nei magazzini che ha comportato un aumento della movimentazione interna di materiale del 40%.

Verso il mese di ottobre l'azienda vedeva inoltre diminuire il numero dei magazzinieri da cinque a tre, di cui uno assunto part time (30 ore settimanali). Gli altri due sono stati assegnati ad altre mansioni di gestione e supervisione.

Le ore lavorate risultano aumentate, difatti, solo del 6% mentre la produttività in questo periodo aumenta del 22%. Ciò indica che è stato possibile smaltire efficacemente il maggior lavoro effettuato non caricando eccessivamente gli addetti al magazzino, i quali risultano anche in numero inferiore rispetto agli anni precedenti, grazie ai vantaggi ottenuti dal nuovo sistema implementato e alla maggior organizzazione. Next riesce così a chiudere il 2017 con circa 260.000 euro di profitti (+1633,33% rispetto al 2016 e 2015).

Nel 2018 l'azienda continua a mantenere un trend crescente riuscendo anche a diminuire la necessità di lavoro interinale e raggiungendo un guadagno ancora più alto. Next arriva così a generare 360.000 euro di profitto.

Una decrescita si può osservare nel 2019, anno in cui è stato installato Agile Factory. In questo caso l'implementazione del MES ha richiesto un periodo di rallentamento della produzione per riorganizzare e formare il personale. Durante l'anno, però, l'azienda è riuscita ad eliminare totalmente il lavoro interinale risparmiando così sui rispettivi costi. L'anno si chiude con circa 100.000 euro di profitti.

Il 2020, pieno anno di funzionamento del MES, vede invece per Next un aumento della produttività e guadagni mai visti prima. È l'anno della pandemia, il personale è stato messo in cassa integrazione e per alcuni mesi la produzione ha dovuto arrestarsi a causa del periodo di

lockdown. Nonostante ciò, il fatturato raggiunto a fine anno è comunque più alto del periodo pre-Smiro (anno 2015) e l'acquisto di materiale mantiene la sua tendenza crescente. Questo perché, verso il mese di giugno, la riapertura delle attività commerciali ha portato a ricevere improvvisamente una domanda più alta del solito ed il lavoro è dovuto riprendere a pieni ritmi per riuscire a sostenerla. La facilità di raccolta dati in tempo reale, l'automatizzazione e lo snellimento di alcune procedure organizzative, hanno permesso all'azienda di produrre comunque tanto, in poco tempo e con poche risorse. L'azienda riesce anche in questo caso a chiudere l'anno con 100.000 euro di profitti.

Osservando in generale l'arco di tempo oggetto di analisi, si evince, riportando i dati nei grafici illustrati in figura 3.11, figura 3.12 e figura 3.13, come complessivamente vi sia stato comunque un trend crescente (evidenziato tramite linea tratteggiata) nell'andamento produttivo ed economico, dell'azienda.

Il totale, guadagnato al netto dei materiali e costi di lavoro, risulta infatti sempre in crescita, malgrado l'ultimo periodo in cui l'appiattimento è legato esclusivamente ai disagi dovuti al Covid.

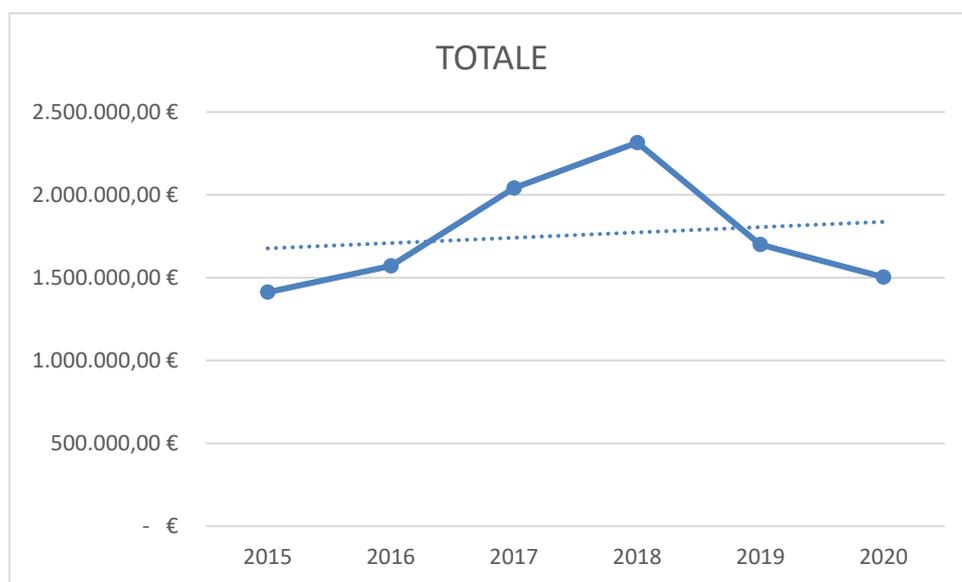


Figura 3.11: Grafico illustrante andamento del totale fra il 2015 e 2020

Il numero di ore lavorate presenta invece una tendenza decrescente, raggiungendo il minimo nell'ultimo periodo.

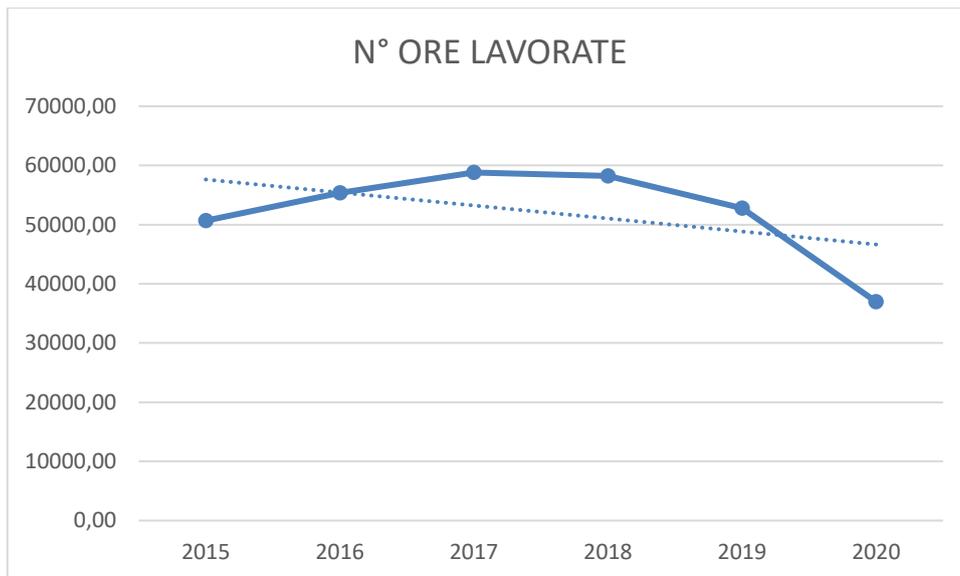


Figura 3.12: Grafico illustrante ore lavorate fra il 2015 e 2020

Ma il maggior vantaggio osservabile sta proprio nell'analisi del rapporto fra i due dati, ovvero della produttività. Questa, infatti, presenta una tendenza crescente con un picco nel 2020 nonostante la pandemia. Tale risultato è stato possibile grazie ai sistemi implementati che hanno consentito di raggiungere così valori mai avuti prima permettendo di mantenere una profittabilità perfettamente confrontabile con anni più sereni.

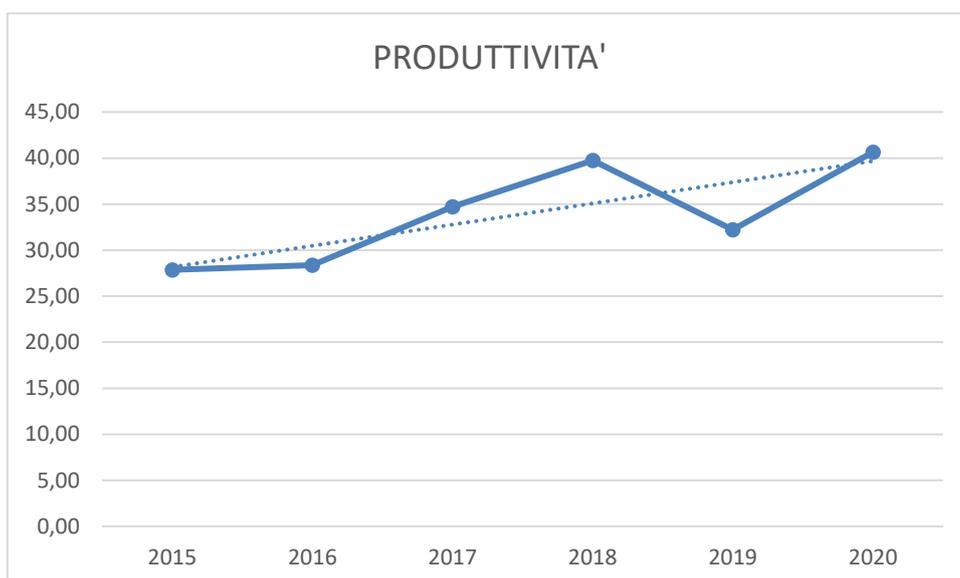


Figura 3.13: Grafico illustrante produttività fra il 2015 e 2020

L'aumento del rendimento ha consentito la sopravvivenza dell'azienda: se avesse mantenuto il rendimento iniziale non sarebbe riuscita a far fronte alla crisi.

## 4 Conclusioni

L'analisi svolta per l'applicazione dei sistemi 4.0 presso Next S.r.l. ha permesso di conoscere una serie di problematiche che diverse industrie affrontano quotidianamente. Next, infatti, non rappresenta un caso sfortunato o isolato, diverse aziende hanno difficoltà nel gestire i processi produttivi e le attività di magazzino, soprattutto per quanto concerne le produzioni su commessa in quanto vi è bisogno di una maggiore flessibilità e reattività.

### 4.1 Risultati osservabili dal lavoro di tesi

L'analisi effettuata attraverso gli esempi applicativi visti nel secondo capitolo e tramite il caso studio, evidenzia come riorganizzare e rinnovare i propri impianti tramite le nuove tecnologie rappresenti un'occasione per incrementare efficacia e qualità delle risorse. Next, infatti, è riuscita a minimizzare le perdite, ridurre gli sprechi (in termini di spazio, materiale e tempo), aumentare l'efficienza produttiva ed il livello di controllo.

Come risultato finale dell'analisi riportata, si conferma l'effetto positivo che ricade sulla gestione dei dati delle operazioni aziendali tramite sistema informativo, rendendo la filiera più snella, reattiva, accurata ed efficace.

Attraverso il caso studio, si evince come, tramite l'innovazione, sia possibile per le imprese riuscire ad utilizzare in maniera economica le risorse a propria disposizione e risolvere con successo problematiche interne che erano diventate limitanti per la crescita e lo sviluppo di nuovi obiettivi. L'azienda è riuscita a produrre e vendere maggiormente utilizzando a pieno la capacità produttiva dei propri macchinari e delle proprie risorse che non erano il reale collo di bottiglia del sistema.

Analizzando i rendimenti ottenuti dall'azienda Next S.r.l. si può infatti concludere come nel corso degli anni l'uso delle nuove tecnologie sia stato rilevante. L'impatto non si osserva solo nei primi anni ma è progressivo (medio-lungo termine).

Il periodo di pandemia vissuto, purtroppo "sporca" un po' l'analisi ed oscura il possibile guadagno ed ottimizzazione che l'azienda avrebbe potuto raggiungere. La concomitanza, infatti, del Covid-19 con lo sviluppo del MES in azienda potrebbe portare a conclusioni errate se si osservano solamente il fatturato ed il profitto. Sarebbe stato utile poter avere a disposizione anche dei dati relativi al 2021.

Nonostante ciò, è evidente come i risultati ottenuti siano comunque rilevanti se si tengono in considerazione i dati relativi la produttività. Da questo punto di vista, infatti, l'automazione di alcune procedure e la rapidità nello svolgerne altre sono stati il punto di forza per superare il periodo di crisi senza grosse perdite.

Come si evince dal caso, però, le dinamiche di funzionamento di un impianto industriale e di un sistema produttivo sono complesse e dipendenti da una serie di fattori che vanno in ogni caso anche al di là dell'applicazione della tecnologia.

Come già accennato nel caso studio di applicazione dei co-robot nel capitolo 2, bisogna tenere in considerazione che i vantaggi che derivano dall'implementazione dei nuovi sistemi 4.0 non sono automatici ed immediati. Come osservato più in dettaglio nel caso Next, infatti, l'applicazione delle tecnologie ha portato anche un cambiamento ed un'innovazione delle metodologie e dell'organizzazione aziendale.

Da questo studio si può quindi conseguire come il potenziale impatto delle nuove tecnologie 4.0 descritto sia condizionato dall'organizzazione e dalla cultura aziendale, la quale deve veder collaborare dirigenti e dipendenti ed entrambe le categorie devono essere propositive nello sviluppo del suo utilizzo. Lo sforzo iniziale per fronteggiare questo cambiamento, però, ripagherà l'azienda e sarà necessario affinché il guadagno economico non sia solo di breve periodo (conseguito unicamente tramite le agevolazioni fiscali viste nel capitolo 1) e le potenzialità delle nuove tecnologie possano essere sfruttate a pieno.

L'analisi svolta nei capitoli 2 e 3 rileva, inoltre, ulteriori aspetti fondamentali che devono essere messi in luce per completare l'analisi degli impatti dell'applicazione delle nuove tecnologie. Esse sono implementate inizialmente per permettere l'efficientamento dei centri di lavoro con conseguente generazione dei vantaggi osservati, ma l'impatto generale si espande in seguito su scala più ampia. Va tenuto infatti conto non solo dell'aspetto economico, ma anche dell'impatto ottenuto a livello sociale.

Un ulteriore risultato osservabile, difatti, è proprio il miglioramento della qualità del lavoro, del welfare aziendale e della soddisfazione dei propri clienti e consumatori.

Dal punto di vista dei dipendenti si dimostra, infatti, quanto esposto nel paragrafo finale del capitolo 2 ovvero come l'industria 4.0 non crei solo distruzione dei posti di lavoro e disagi per gli operai delle fabbriche.

L'azienda Next ha infatti constatato come il posto di lavoro risulti più sicuro, meno stressante, più coinvolgente e Smart. Lavori pesanti e monotoni vengono eliminati generandone altri. I dipendenti sono più consapevoli dei processi e della gestione della fabbrica. La comunicazione è più facile e rapida creando un ambiente più collaborativo e aperto. Il controllo ottenuto permette di operare senza sovraccaricare di mansioni i dipendenti, concedendo il tempo di fare qualche pausa in più e restare più propositivi e proattivi durante l'arco della giornata.

Da questo punto di vista, ai fini dell'analisi, sarebbe stato interessante riuscire a raccogliere qualche dato più quantitativo, somministrando dei sondaggi ai dipendenti dell'azienda usando delle scale numeriche (per esempio da 1 a 5) per indicare il grado di benessere aziendale prima e dopo l'applicazione dei nuovi sistemi integrati. Per mancanza di tempo e disponibilità, questo non è stato però possibile al momento.

L'implementazione dei nuovi sistemi ha consentito inoltre un maggior controllo sulla produzione e sul magazzino riuscendo a prevedere meglio i tempi di consegna e a rispettarli. Gli standard qualitativi sono aumentati e ciò è stato la chiave, per guadagnare la fidelizzazione dei clienti, ma anche la reputazione del brand ed il valore attribuito al consumatore. Gli stakeholder possono essere certi di aver un livello di qualità più alto, più precisione e anche più informazione sul prodotto.

L'analisi effettuata tramite il lavoro di tesi sottolinea, pertanto, la generazione di un impatto positivo rilevante che possiamo anche definire socioeconomico inglobando entrambi gli aspetti analizzati.

## **4.2 Industria 4.0 e sostenibilità: applicazioni ed impatti futuri**

Nei precedenti capitoli è stato già analizzato come le nuove tecnologie 4.0 possano riuscire ad avere un impatto positivo sia a livello economico (maggior efficienza produttiva, aumento dei profitti a lungo termine) sia a livello sociale (qualità del lavoro migliorata).

Un aspetto importante da considerare è che l'applicazione di queste innovazioni ai centri di lavoro può nel futuro aiutare anche l'impatto ambientale soprattutto per quanto riguarda l'implementazione di sensori, robot e sistemi IoT.

Il momento che stiamo vivendo è caratterizzato da una forte presa di coscienza sulla situazione in cui si trova il nostro ambiente e sulle conseguenze potenzialmente irrimediabili che potrebbero verificarsi in pochissimo tempo se non cambiamo rapidamente il nostro modo di pensare e agire nei confronti dell'ecosistema.

A questo proposito, nel settembre 2015 è stato sottoscritto dai Paesi membri dell'ONU un programma d'azione conosciuto con il nome di Agenda 2030. Essa include 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile, Sustainable Development Goals (SDGs), illustrati in figura 4.1. I Paesi si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030.

In corrispondenza di questi obiettivi anche le imprese sono portate ad adottare nuove misure e nuovi modelli di business al fine di includere la tutela dell'ambiente e della società.

Prende piede così il concetto di Corporate Social Responsibility (CSR), ovvero la consapevolezza da parte delle aziende di contribuire ad una società migliore, più pulita e creare valore condiviso.

A tal fine diversi sono i modelli di business innovativi che mettono al centro delle proprie value proposition la sostenibilità, fino ad includerla anche nello statuto, diventando aziende B-Corp<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Le B Corporation certificate, o B Corps, sono società verificate per soddisfare standard elevati di prestazioni sociali e ambientali, trasparenza e responsabilità.



Figura 4.1: SDG inclusi nell'Agenda 2030 [28]

Il termine sostenibilità ingloba per le imprese tre fattori fondamentali ovvero valore ambientale, valore sociale e valore economico. Affinché un modello di business abbia successo, infatti, è necessario che questo sia in grado di creare e catturare valore, generando benefici economici.

La sfida per le aziende risiede dunque nel non considerare esclusivamente l'inizio e la fine del proprio processo produttivo, come prevede il modello di economia lineare largamente utilizzato, ma di concentrarsi su ogni aspetto legato alla creazione di un prodotto in modo efficiente, puntando alla minimizzazione delle esternalità negative e massimizzando il profitto. Si inizia a passare pertanto ad un modello di Economia Circolare i cui capisaldi consistono nel riusare e riciclare le risorse utilizzate nei centri di lavoro, a partire dall'energia utilizzata, fino ai materiali da lavoro.

Tale transizione verso un tipo di economia più sostenibile sta avvenendo adesso in quanto, oltre la crisi climatica ed ambientale a cui il pianeta sta andando incontro, era effettivamente possibile attivarla solo nell'era dell'Industria 4.0. Infatti, solo la digitalizzazione e l'implementazione di dispositivi intelligenti possono supportare il passaggio ad un'economia circolare efficace promuovendo:

- controllo della produzione e bilanciamento dei flussi di risorse rinnovabili
- ottimizzazione dei rendimenti delle risorse
- individuazione e riciclo di scarti ed eccedenze

A sostegno di questi nuovi modelli di condotta, vi sono diversi indici da tenere in considerazione come il consumo energetico, l'emissione di gas serra ed in particolare di CO<sub>2</sub> per tenere sotto controllo la Carbon Footprint<sup>11</sup> (CFP) di un determinato prodotto e tracciare

<sup>11</sup> Parametro usato per stimare le emissioni di gas serra legate alla produzione di un prodotto, espresse in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente.

il suo il Life Cycle Assessment<sup>12</sup>. Risulta quindi necessaria la raccolta e l'analisi di una grande mole di dati attraverso i quali sarà possibile prevedere una riduzione degli sprechi e nuove soluzioni per la riduzione dell'impatto ambientale.

Tale cambiamento sta inoltre coinvolgendo anche i singoli consumatori, i quali diventano sempre più sensibili nei confronti della sostenibilità cambiando sempre di più il proprio metodo di acquisto. I più attenti, infatti, tendono ad acquistare solo da aziende di cui possono conoscere la provenienza delle materie prime, il tipo di produzione, e le relative informazioni su impatti sociali e ambientali generate dai loro prodotti. Da questo punto di vista per le imprese diventa sempre più importante agire sul modo in cui il sistema produttivo opera (emissioni, rifiuti generati, energia utilizzata...) anche al fine di mettere in atto nuove strategie di marketing.

A questo proposito, un utile strumento innovativo, che diverse aziende stanno già utilizzando, è la stesura di report di sostenibilità attraverso i quali le imprese possono certificare e presentare agli stakeholder il proprio impegno sociale, ambientale ed economico in conformità con gli SDG e gli standard GRI<sup>13</sup> (si prendano ad esempio i report di Lavazza, Oberalp Group, Reynaldi Srl...). L'IoT diventa quindi un importante strumento per quantificare la sostenibilità delle aziende e delle attività produttive e logistiche.

Si aprono infatti nuovi spazi ad innovazioni per la realizzazione di processi a basso consumo e le applicazioni dei sistemi digitali consentirà di tracciare l'impiego delle risorse e l'utilizzo dei prodotti, monitorare i cicli di vita di un prodotto, e grazie ai nuovi sistemi di previsione di acquisto e consumo sarà possibile venire incontro alle esigenze del consumatore in fase produttiva, evitando sprechi e sovrapproduzione.

Attraverso l'utilizzo di software di simulazione si potranno ricercare soluzioni da applicare ai centri di lavoro in modo tale da ottenere:

- Risparmio dei capitali
- Riduzione degli sprechi energetici

Software di analisi con potenze computazionali sempre maggiori e intelligenze artificiali potranno aiutare la razionalizzazione dei flussi di trasporto; miglioramento del parco mezzi; ottimizzazione degli imballaggi. Lo sviluppo stesso dell'additive manufacturing come visto prima può creare una contrazione delle catene di fornitura diminuendo l'utilizzo di mezzi (quindi emissioni di CO<sub>2</sub>), e materiali.

---

<sup>12</sup> Sistema di analisi utilizzato per calcolare l'impatto di un prodotto o servizio fino alla sua dismissione finale.

<sup>13</sup> I GRI (Global Reporting Initiative) Standards rappresentano le migliori pratiche a livello globale per il reporting di sostenibilità. Si tratta di standards modulari e intercorrelati, principalmente pensati per essere utilizzati come set, per redigere un report di sostenibilità concentrato su temi materiali di carattere economico, ambientale o sociale, il loro impatto e come sono gestiti. L'azienda può utilizzare tutti o parte di alcuni GRI Standards per rendicontare dati specifici.

L'impatto dell'Industria 4.0, tuttavia, potrà essere rilevante solo se si attua nell'intero sistema produttivo e come si è visto i campi applicativi sono vasti ed i benefici ancora di più.

Risulta importante comprenderne, pertanto, il potenziale di utilizzo al fine di sfruttare a pieno l'ondata innovativa portata dalle nuove tecnologie, le quali rapidamente evolvono e devono essere sfruttate a servizio degli obiettivi comuni di imprese e collettività.

## 5 Allegato A

### ALLEGATO A (Articolo 1, comma 9)

Beni funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale delle imprese secondo il modello «Industria 4.0»

Beni strumentali il cui funzionamento è controllato da sistemi computerizzati o gestito tramite opportuni sensori e azionamenti: macchine utensili per asportazione, macchine utensili operanti con *laser* e altri processi a flusso di energia (ad esempio plasma, *waterjet*, fascio di elettroni), elettroerosione, processi elettrochimici, macchine utensili e impianti per la realizzazione di prodotti mediante la trasformazione dei materiali e delle materie prime, macchine utensili per la deformazione plastica dei metalli e altri materiali, macchine utensili per l'assemblaggio, la giunzione e la saldatura, macchine per il confezionamento e l'imballaggio, macchine utensili di de-produzione e riconfezionamento per recuperare materiali e funzioni da scarti industriali e prodotti di ritorno a fine vita (ad esempio macchine per il disassemblaggio, la separazione, la frantumazione, il recupero chimico), *robot*, *robot* collaborativi e sistemi multi-*robot*, macchine utensili e sistemi per il conferimento o la modifica delle caratteristiche superficiali dei prodotti o la funzionalizzazione delle superfici, macchine per la manifattura additiva utilizzate in ambito industriale, macchine, anche motrici e operatrici, strumenti e dispositivi per il carico e lo scarico, la movimentazione, la pesatura e la cernita automatica dei pezzi, dispositivi di sollevamento e manipolazione automatizzati, AGV e sistemi di convogliamento e movimentazione flessibili, e/o dotati di riconoscimento dei pezzi (ad esempio RFID, visori e sistemi di visione e mecatronici), magazzini automatizzati interconnessi ai sistemi gestionali di fabbrica.

Tutte le macchine sopra citate devono essere dotate delle seguenti caratteristiche:

controllo per mezzo di CNC (*Computer Numerical Control*) e/o PLC (*Programmable Logic Controller*), interconnessione ai sistemi informatici di fabbrica con caricamento da remoto di istruzioni e/o *part program*, integrazione automatizzata con il sistema logistico della fabbrica o con la rete di fornitura e/o con altre macchine del ciclo produttivo interfaccia tra uomo e macchina semplici e intuitive, rispondenza ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene del lavoro.

Inoltre tutte le macchine sopra citate devono essere dotate di almeno due tra le seguenti caratteristiche per renderle assimilabili o integrabili a sistemi cyberfisici: sistemi di telemanutenzione e/o telediagnosi e/o controllo in remoto, monitoraggio continuo delle condizioni di lavoro e dei parametri di processo mediante opportuni *set* di sensori e adattività alle derive di processo, caratteristiche di integrazione tra macchina fisica e/o impianto con la modellizzazione e/o la simulazione del proprio comportamento nello svolgimento del processo (sistema cyberfisico), dispositivi, strumentazione e componentistica intelligente per l'integrazione, la sensorizzazione e/o l'interconnessione e il controllo automatico dei processi utilizzati anche nell'ammodernamento o nel *revamping* dei sistemi di produzione esistenti, filtri e sistemi di trattamento e recupero di acqua, aria, olio, sostanze, presenza di anomalie o

sostanze aliene al processo o pericolose, integrate con il sistema di fabbrica e in grado di avvisare gli operatori e/o di fermare le attività di macchine e impianti.

Sistemi per l'assicurazione della qualità e della sostenibilità: sistemi di misura a coordinate e no (a contatto, non a contatto, multi-sensore o basati su tomografia computerizzata tridimensionale) e relativa strumentazione per la verifica dei requisiti micro e macrogeometrici di prodotto per qualunque livello di scala dimensionale (dalla larga scala alla scala micro-metrica o nano-metrica) al fine di assicurare e tracciare la qualità del prodotto e che consentono di qualificare i processi di produzione in maniera documentabile e connessa al sistema informativo di fabbrica, altri sistemi di monitoraggio *in process* per assicurare e tracciare la qualità del prodotto o del processo produttivo e che consentono di qualificare i processi di produzione in maniera documentabile e connessa al sistema informativo di fabbrica, sistemi per l'ispezione e la caratterizzazione dei materiali (ad esempio macchine di prova materiali, macchine per il collaudo dei prodotti realizzati, sistemi per prove o collaudi non distruttivi, tomografia) in grado di verificare le caratteristiche dei materiali in ingresso o in uscita al processo e che vanno a costituire il prodotto risultante a livello macro (ad esempio caratteristiche meccaniche) o micro (ad esempio porosità, inclusioni) e di generare opportuni *report* di collaudo da inserire nel sistema informativo aziendale, dispositivi intelligenti per il *test* delle polveri metalliche e sistemi di monitoraggio in continuo che consentono di qualificare i processi di produzione mediante tecnologie additive, sistemi intelligenti e connessi di marcatura e tracciabilità dei lotti produttivi e/o dei singoli prodotti (ad esempio RFID – *Radio Frequency Identification*), sistemi di monitoraggio e controllo delle condizioni di lavoro delle macchine (ad esempio forze, coppia e potenza di lavorazione; usura tridimensionale degli utensili a bordo macchina; stato di componenti o sotto-insiemi delle macchine) e dei sistemi di produzione interfacciati con i sistemi informativi di fabbrica e/o con soluzioni *cloud*, strumenti e dispositivi per l'etichettatura, l'identificazione o la marcatura automatica dei prodotti, con collegamento con il codice e la matricola del prodotto stesso in modo da consentire ai manutentori di monitorare la costanza delle prestazioni dei prodotti nel tempo e di agire sul processo di progettazione dei futuri prodotti in maniera sinergica, consentendo il richiamo di prodotti difettosi o dannosi, componenti, sistemi e soluzioni intelligenti per la gestione, l'utilizzo efficiente e il monitoraggio dei consumi energetici e idrici e per la riduzione delle emissioni, filtri e sistemi di trattamento e recupero di acqua, aria, olio, sostanze chimiche, polveri con sistemi di segnalazione dell'efficienza filtrante e della presenza di anomalie o sostanze aliene al processo o pericolose, integrate con il sistema di fabbrica e in grado di avvisare gli operatori e/o di fermare le attività di macchine e impianti. Dispositivi per l'interazione uomo macchina e per il miglioramento dell'ergonomia e della sicurezza del posto di lavoro in logica «4.0»: banchi e postazioni di lavoro dotati di soluzioni ergonomiche in grado di adattarli in maniera automatizzata alle caratteristiche fisiche degli operatori (ad esempio caratteristiche biometriche, età, presenza di disabilità), sistemi per il sollevamento/traslazione di parti pesanti o oggetti esposti ad alte temperature in grado di agevolare in maniera intelligente/robotizzata/interattiva il compito dell'operatore, dispositivi *wearable*, apparecchiature di comunicazione tra operatore/operatori e sistema produttivo, dispositivi di realtà aumentata e *virtual reality*, interfacce uomo-macchina (HMI) intelligenti che coadiuvano l'operatore a fini di sicurezza ed efficienza delle operazioni di lavorazione, manutenzione, logistica.

## 6 Allegato B

### ALLEGATO B (Articolo 1, comma 10)

Beni immateriali (*software*, sistemi e *system integration*, piattaforme e applicazioni) connessi a investimenti in beni materiali «Industria 4.0»

*Software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la progettazione, definizione/qualificazione delle prestazioni e produzione di manufatti in materiali non convenzionali o ad alte prestazioni, in grado di permettere la progettazione, la modellazione 3D, la simulazione, la sperimentazione, la prototipazione e la verifica simultanea del processo produttivo, del prodotto e delle sue caratteristiche (funzionali e di impatto ambientale) e/o l'archiviazione digitale e integrata nel sistema informativo aziendale delle informazioni relative al ciclo di vita del prodotto (sistemi EDM, PDM, PLM, *Big Data Analytics*), *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la progettazione e la ri-progettazione dei sistemi produttivi che tengano conto dei flussi dei materiali e delle informazioni, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni di supporto alle decisioni in grado di interpretare dati analizzati dal campo e visualizzare agli operatori in linea specifiche azioni per migliorare la qualità del prodotto e l'efficienza del sistema di produzione, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la gestione e il coordinamento della produzione con elevate caratteristiche di integrazione delle attività di servizio, come la logistica di fabbrica e la manutenzione (quali ad esempio sistemi di comunicazione intra-fabbrica, bus di campo/*fieldbus*, sistemi SCADA, sistemi MES, sistemi CMMS, soluzioni innovative con caratteristiche riconducibili ai paradigmi dell'IoT e/o del *cloud computing*), *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per il monitoraggio e controllo delle condizioni di lavoro delle macchine e dei sistemi di produzione interfacciati con i sistemi informativi di fabbrica e/o con soluzioni *cloud*, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni di realtà virtuale per lo studio realistico di componenti e operazioni (ad esempio di assemblaggio), sia in contesti immersivi o solo visuali, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni di *reverse modeling and engineering* per la ricostruzione virtuale di contesti reali, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni in grado di comunicare e condividere dati e informazioni sia tra loro che con l'ambiente e gli attori circostanti (*Industrial Internet of Things*) grazie ad una rete di sensori intelligenti interconnessi, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per il *dispatching* delle attività e l'instradamento dei prodotti nei sistemi produttivi, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la gestione della qualità a livello di sistema produttivo e dei relativi processi, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per l'accesso a un insieme virtualizzato, condiviso e configurabile di risorse a supporto di processi produttivi e di gestione della produzione e/o della *supply chain (cloud computing)*, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per *industrial analytics* dedicati al trattamento ed all'elaborazione dei *big data* provenienti dalla sensoristica IoT applicata in ambito industriale (*Data Analytics & Visualization, Simulation e Forecasting*), *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni di *artificial intelligence & machine learning* che consentono alle macchine di mostrare un'abilità e/o attività intelligente in campi specifici a garanzia della qualità del processo produttivo e del funzionamento affidabile del macchinario e/o dell'impianto,

*software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la produzione automatizzata e intelligente, caratterizzata da elevata capacità cognitiva, interazione e adattamento al contesto, autoapprendimento e riconfigurabilità (*cybersystem*), *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per l'utilizzo lungo le linee produttive di *robot*, *robot* collaborativi e macchine intelligenti per la sicurezza e la salute dei lavoratori, la qualità dei prodotti finali e la manutenzione predittiva, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la gestione della realtà aumentata tramite *wearable device*, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per dispositivi e nuove interfacce tra uomo e macchina che consentano l'acquisizione, la veicolazione e l'elaborazione di informazioni in formato vocale, visuale e tattile, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per l'intelligenza degli impianti che garantiscano meccanismi di efficienza energetica e di decentralizzazione in cui la produzione e/o lo stoccaggio di energia possono essere anche demandate (almeno parzialmente) alla fabbrica, *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni per la protezione di reti, dati, programmi, macchine e impianti da attacchi, danni e accessi non autorizzati (*cybersecurity*), *software*, sistemi, piattaforme e applicazioni di *virtual industrialization* che, simulando virtualmente il nuovo ambiente e caricando le informazioni sui sistemi cyberfisici al termine di tutte le verifiche, consentono di evitare ore di *test* e di fermi macchina lungo le linee produttive reali.

## 7 Bibliografia

- Negri, G. (2017), “La Quarta Rivoluzione Industriale: sintesi di un cambiamento strutturale”, disponibile a:  
<https://oggiscienza.it/2017/01/20/quarta-rivoluzione-industriale-innovazione/>
- Canna, F. (2021), Industria 4.0, “Il mercato Italiano resiste alla pandemia e continua a crescere: nel 2021 attesi progetti per oltre 4,5 miliardi”, disponibile a:  
<https://www.innovationpost.it/2021/10/12/industria-4-0-il-mercato-italiano-resiste-alla-pandemia-e-continua-a-crescere-nel-2021-attesi-progetti-per-oltre-45-miliardi/>
- Crisantemi M., Canna F. (2021), “Robotica, intelligenza artificiale e occupazione, un dibattito stretto tra tecnofobia e necessità di cambiamento”, disponibile a:  
<https://www.innovationpost.it/2021/06/10/robotica-intelligenza-artificiale-e-occupazione-un-dibattito-stretto-tra-tecnofobia-e-necessita-di-cambiamento/>
- Repetto, V. (2021), “AI applicata all’industria, da Radicalbit una soluzione di analisi dei dati in tempo reale per la PMI”, disponibile a:  
<https://www.innovationpost.it/2021/07/21/ai-applicata-allindustria-da-radicalbit-una-soluzione-di-analisi-dei-dati-in-tempo-reale-per-la-pmi/>
- Cagliano, A.C. (2018), “Dispense del corso di Impianti Industriali”, corso di laurea in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino
- Carlin, A. (2020), “Dispense del corso di Supply chain management”, corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino
- Rafele, C. (2020), “Dispense del corso di Supply chain management”, corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino
- Mazali, T. (2021), “Dispense del corso di Impact Prototypes Labs”, corso di laurea in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino
- Claudi, M. (2018), “Ricollocarsi nel lavoro 4.0, il cambio di paradigma tra il lavoro di oggi ed il lavoro di domani”, disponibile a:  
[https://www.unitelmasapienza.it/sites/default/files/mediaroot/documenti/aus/ricoll  
ocarsi\\_nel\\_lavoro\\_4.0.di\\_marco\\_claudi.pdf](https://www.unitelmasapienza.it/sites/default/files/mediaroot/documenti/aus/ricoll%20ocarsi_nel_lavoro_4.0.di_marco_claudi.pdf)
- Vido, M., Scur, G., Massote, A. A., & Lima, F. (2020). The impact of the collaborative robot on competitive priorities: case study of an automotive supplier. *Gestão & Produção*, 27(4), e5358, disponibile a: <https://doi.org/10.1590/0104-530X5358-20>

## 8 Sitografia

- [1] [Online]. Available: [www.treccani.it](http://www.treccani.it).
- [2] [Online]. Available: <https://www.university2business.it/fare-carriera/industria-4-0-cose-e-come-trasforma-il-lavoro/>.
- [3] [Online]. Available: <https://www.randstad.it/knowledge360/news-aziende/guida-allindustria-40-definizione-origine-del-nome-e-soluzioni-tecnologiche/>.
- [4] [Online]. Available: <https://www.meccanicaneWS.com/2017/06/22/speciale-industria-4-0-dove-la-rivoluzione/>.
- [5] [Online]. Available: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/>.
- [6] [Online]. Available: [www.istat.it](http://www.istat.it).
- [7] [Online]. Available: <https://www.osservatori.net/it/ricerche/comunicati-stampa/industria-4-0-italia>.
- [8] [Online]. Available: <https://www.pin.unifi.it/industria4>.
- [9] [Online]. Available: <https://deltalogix.blog/2021/04/02/internet-of-things-iot-i-reali-vantaggi-per-far-crescere-la-tua-azienda/>.
- [10] [Online]. Available: <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/>.
- [11] [Online]. Available: [https://blog.osservatori.net/it\\_it/cos-e-internet-of-things](https://blog.osservatori.net/it_it/cos-e-internet-of-things).
- [12] [Online]. Available: <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/internet-delle-cose-quantit-standard-una-guida-per-orientarsi/>.
- [13] [Online]. Available: <https://it.wikipedia.org/wiki/5G>.
- [14] [Online]. Available: <https://www.zerounoweb.it/trends/smart-manufacturing-le-tecnologie-abilitanti-dalla-centralita-di-iiot-al-ruolo-delladvanced-automation/>.
- [15] [Online]. Available: <https://www.exorint.com/it/blog/tag/industrial-cloud-computing>.
- [16] [Online]. Available: <https://www.esa-automation.com/it/5-trend-futuri-delle-interfacce-uomo-macchina-hmi/>.
- [17] [Online]. Available: <https://www.progettoenergiaefficiente.it/tecnologie-abilitanti/>.
- [18] [Online]. Available: <https://www.internet4things.it/industry-4-0/come-sfruttare-il-cloud-per-lindustria-4-0-e-per-limpresa-4-0/>.
- [19] [Online]. Available: [https://blog.osservatori.net/it\\_it/iot-sicurezza-privacy?hsLang=it-it](https://blog.osservatori.net/it_it/iot-sicurezza-privacy?hsLang=it-it).
- [20] [Online]. Available: <https://itcloudnet.blogspot.com/2019/04/intrusion-detection-systems-ids.html>.
- [21] [Online]. Available: <https://www.focusindustria40.com/additive-manufacturing/>.
- [22] [Online]. Available: <https://www.autodesk.it/solutions/3d-printing>.

- [23] [Online]. Available: <https://www.bravomanufacturing.it/>.
- [24] [Online]. Available: <https://www.toolsforsmartminds.com/it/casi-di-successo/28-alimentare>.
- [25] [Online]. Available: <https://fomir.it/sistemi-lean-production/sistema-pick-to-light-per-la-lean-production/>.
- [26] [Online]. Available: [https://quadrivium.it/pick-to-light/?gclid=CjwKCAiAg6yRBhBNEiwAeVyL0L\\_bO8X2oI58wbJoXp-eRUpR7-P\\_sooUSCEKWjOXD56NNmlcBc\\_dkBoC1cQQAuD\\_BwE](https://quadrivium.it/pick-to-light/?gclid=CjwKCAiAg6yRBhBNEiwAeVyL0L_bO8X2oI58wbJoXp-eRUpR7-P_sooUSCEKWjOXD56NNmlcBc_dkBoC1cQQAuD_BwE).
- [27] [Online]. Available: <https://www.universal-robots.com/it/blog/>.
- [28] [Online]. Available: <https://unric.org/it/agenda-2030/>.
- [29] [Online]. Available: <https://www.rfidglobal.it/tecnologia-rfid/>.