



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Sessione di Laurea Ottobre 2023

**Applicazione dell'Industria 4.0 in
un'azienda manifatturiera:
la transizione digitale e l'implementazione
dell'Advance Manufacturing Solution in
OLV officina meccanica s.r.l.**

Relatore:

Luca Iuliano

Candidato:

Emanuele Rainero

A.a. 2022/2023

INDICE

ABSTRACT	1
INTRODUZIONE	3
1. CAPITOLO 1	5
1.1. Rivoluzioni industriali passate fino all'introduzione industria 4.0.....	5
1.1.1. Industria 1.0: 1784, Meccanizzazione, energia a vapore ed acqua.....	6
1.1.2. Industria 2.0: 1870, Produzione di massa ed elettricità.....	8
1.1.3. Industria 3.0: 1969, Sistemi elettronici, IT ed automazione.....	10
1.1.4. Industria 4.0: Oggi.....	13
1.2. Passaggio da società tradizionale a rivoluzionaria.....	16
1.2.1. Mutamento socioculturale: i pilastri della digital transformation.....	18
1.3. L'impresa 4.0 e i processi integrati.....	22
1.3.1. Sharing economy.....	23
2. CAPITOLO 2	25
2.1. I nove pilastri del progresso.....	25
2.1.1. Advanced manufacturing solution.....	26
2.1.2. Additive manufacturing.....	31
2.1.3. Augmented reality.....	39
2.1.4. Simulation.....	43
2.1.5. Horizontal/Vertical Integration.....	48
2.1.6. Industrial Internet of Things.....	51
2.1.7. Cloud.....	53
2.1.8. Cybersecurity.....	56
2.1.9. Big Data Analytics.....	58
2.2. L'impatto dell'industria 4.0.....	61
2.2.1. Competenze 4.0, l'uomo al centro del sistema produttivo.....	65
2.2.2. Nuovi modelli organizzativi del lavoro.....	71
3. CAPITOLO 3	74
3.1. La realtà industriale in Italia.....	74
3.1.1. La produttività italiana nel 2016.....	75
3.1.2. Piano industria 4.0 e le sue evoluzioni.....	77
3.1.3. Lo stato attuale dell'industria.....	86
4. CAPITOLO 4	90
4.1. L'impresa e l'industria 4.0.....	90
4.2. L'attività manifatturiera.....	91
4.3. Digitalizzazione nelle imprese manifatturiere.....	93

4.3.1. Reskilling ed Upskilling.....	98
4.4. L'era della "servitizzazione".....	101
4.4.1. Il ruolo dell'Iot: il modello DIKW.....	102
4.4.2. Le piattaforme per le PMI e gli Smart Connected Product.....	105
4.4.3. Integrazione tra manifatturiero e settore terziario.....	111
4.5.L'automazione industriale e digitale.....	112
4.5.1. I principali vantaggi e svantaggi dell'automazione oggi.....	117
5. CAPITOLO 5.....	121
5.1.OLV OFFICINA MECCANICA s.r.l.....	121
5.1.1. Le macchine e le lavorazioni.....	122
5.1.2. Gli strumenti gestionali.....	129
5.1.3. Processo aziendale.....	130
5.2.Esperienza in azienda.....	149
5.2.1. Analisi delle isole robotizzate tramite estrapolazioni da OverOne.....	161
5.3.Problemi legati al sistema 4.0 riscontrati.....	180
5.4.Proposta di miglioramento: l'applicazione della realtà aumentata in officina.....	182
5.4.1. L'architettura del sistema proposto.....	187
CONCLUSIONI.....	191
Bibliografia.....	194
Sitografia.....	194

ABSTRACT

La letteratura delinea l'attuale tessuto economico e sociale come il risultato di un lungo percorso evolutivo fatto di scoperte scientifiche, innovazioni tecnologiche ed integrazioni produttive, il cui avvento è stato frutto della capacità dell'uomo di applicarli in contesti utili per i propri fini. L'industria, così come la conosciamo oggi, è progredita nel tempo spinta da eventi ed esigenze differenti, arrivando al punto in cui il lavoro manuale e la realtà fisica vengono superati, e migliorati, dalla robotica e realtà digitale. Proprio nell'innovazione e digitalizzazione viene identificata la rivoluzione industriale di oggi, fatta di processi reingegnerizzati e di logiche organizzative ed economiche nuove: il nuovo paradigma "industria 4.0" si afferma e introduce nuovi strumenti per essere performanti e competitivi all'interno di una economia in continuo mutamento.

A partire da questi concetti è nata la voglia di approfondire l'interconnessione tra asset aziendali e le relative ripercussioni sulle logiche che si celano dietro la filiera produttiva, sul mondo del lavoro e sui modelli di business. Nel mese di marzo è iniziata la stesura di questo elaborato che vede come protagonisti l'industria 4.0 e suoi effetti; composto da cinque capitoli, si presenta come il risultato di una attenta ricerca volta a rendere più comprensibile cos'è e cosa c'è dietro a questa ormai nota "Quarta Rivoluzione Industriale", componendo un percorso descrittivo che evidenzia le potenzialità e difficoltà che stanno dietro alla sua espansione.

Il primo capitolo si concentra sulla descrizione delle Rivoluzioni Industriali che si sono susseguite nei secoli, rivelando le cause tecnologiche e politiche scatenanti: un percorso cronologico e logico, che spiega come si è passati dall'utilizzo del carbone e vapore all'informatica e il 4.0. Un passaggio da società tradizionale a rivoluzionaria, che riguarda non solo l'estero, ma anche l'Europa all'interno della quale si sta delineando oggi una nuova forma di normalità fatta di strumenti che, garantendo l'interconnessione continua, facilitano la condivisione di dati in tempo reale e sviluppano scenari in cui le persone dialogano con le macchine e le macchine con le macchine.

Il secondo capitolo è stato incentrato sulla trasformazione della fisionomia aziendale che il progresso tecnologico porta con sé, portando alla modernizzazione e applicazione di visioni integrazioniste utili alla transizione 4.0, fatta di sensori, macchine e sistemi IT. Vengono elencati e spiegati i nove pilastri tecnologici o tecnologie abilitanti che sorreggono "l'industria intelligente", gli impatti che questi hanno sulle diverse realtà produttive con benefici in termini di efficienza, personalizzazione, economia e sicurezza, ma anche difficoltà legate alla necessità di competenze nuove e sempre

aggiornate. Viene illustrata la criticità del mondo del lavoro, dimostrando come l'uomo, seppur in maniera differente, rimanga comunque al centro dei processi grazie alla formazione e nuovi modelli organizzativi del lavoro.

Vengono in seguito approfonditi gli aspetti relativi all'applicazione dell'industria 4.0 in senso pratico.

Dopo un piccolo focus racchiuso nel terzo capitolo incentrato sulle manovre offerte dal governo per spingere le imprese all'adozione delle nuove tecnologie e una panoramica su quelli che sono stati, e sono, i relativi risultati, l'attenzione si focalizza sul settore manifatturiero. Il capitolo quattro è stato ideato per mostrare cosa vuol dire compiere una digitalizzazione all'interno delle imprese manifatturiere, riportando indagini svolte da aziende di consulenza e ricerca relative alle applicazioni tecnologiche, i modelli di business che prendono piede a discapito di quelli tradizionali per raggiungere sempre più vantaggio competitivo, e gli elementi cruciali per attuare una buona transizione verso il digitale. Viene messo alla luce l'intrinseco legame tra il settore secondario e terziario, alimentato proprio dall'interconnessione garantita dagli strumenti dell'industria 4.0, in un mondo come quello di oggi in cui la cultura non pensa più solamente in termini di prodotto, ma anche in termini di servizi su misura per avere una prolungata e consistente profittabilità.

Infine, nell'ultimo capitolo, verrà portato un esempio pratico di transizione verso il nuovo paradigma 4.0 all'interno di una realtà manifatturiera: la OLV officina meccanica s.r.l.; tale PMI, situata nel canavese e specializzata in lavorazioni meccaniche di precisione, ha iniziato il percorso di transizione digitale ed implementazione della robotica collaborativa non autonoma in alcuni suoi reparti. Grazie a una esperienza lavorativa svolta in questa impresa, è stato possibile toccare con mano cosa vuol dire decidere di modernizzarsi e iniziare ad usare sistemi di ultima generazione per il monitoraggio e controllo del flusso produttivo, nonché manipolatori robotici per le azioni routinarie all'interno dei reparti. Un vero e proprio caso studio, scelto per verificare prima, e dimostrare dopo, che quanto riportato all'interno della letteratura trova riscontro nei suoi benefici e difficoltà sul campo.

INTRODUZIONE

Una citazione del Vicedirettore del quotidiano *La Stampa* riporta:

“La quarta rivoluzione industriale è uno stato dell’essere contemporaneo che va affermandosi nel mondo. Al suo interno ingloba un oggi che è già domani, dove la manifattura e i servizi sono in continua connessione tra loro e la creazione del valore aggiunto è affidata sempre più a macchine intelligenti. Il flusso del cambiamento produttivo appare come un inarrestabile e accelerato processo di integrazione tra mondo reale e digitale, il cui connubio da origine all’impresa odierna.”

Attraverso la progressiva ondata tecnologica che ha accompagnato l’uomo nei secoli, arriviamo oggi a quella che molti chiamano quarta rivoluzione industriale, una transizione verso il digitale che porta a sostanziali modifiche del sistema economico a partire dall’organizzazione aziendale, la quale ci accompagnerà almeno fino al 2030. Ma come siamo arrivati all’industria 4.0? Quali sono i principi alla base di questa transizione? Quali sono i concreti benefici che porta con sé? Queste sono alcune delle domande che hanno portato alla stesura di questo elaborato.

Le argomentazioni sono state riportate per sottolineare e analizzare criticamente le modalità con cui l’industria 4.0 ha preso piede con le sue tecnologie abilitanti, influenzando i modelli di business e il mondo del lavoro di oggi. Sulla base di una attenta lettura di libri come “Industria 4.0, Storia di Macchine e di Uomini” di Gianni Potti e articoli on line pubblicati da aziende come Boston Consulting Group, Gartner, Pwc Italia e Mckinsey & Company, vengono messi in evidenza i meccanismi che ci sono stati, e ci sono tutt’ora, dietro alla transizione da società tradizionale a società rivoluzionaria fatta di interconnessioni tra cose, robot e realtà digitali.

L’obiettivo è quello di verificare e dimostrare se i risultati e i fenomeni riportati nei vari articoli e documenti trovano effettivamente riscontro nelle realtà manifatturiere italiane. In particolare, per poterlo fare è stata riportata l’esperienza svolta durante il tirocinio curricolare negli ultimi mesi in una piccola-media impresa specializzata nelle lavorazioni meccaniche di precisione. Nel caso specifico vengono descritti la struttura aziendale e il suo funzionamento, il quale oggi si sta evolvendo verso il nuovo paradigma 4.0 mediante la digitalizzazione dei processi gestionali, sfruttando software di gestione e controllo della produzione, e l’implementazione di nuove tecnologie come quelle proposte dall’Advance Manufacturing Solution. Verranno messi alla luce gli andamenti teorici che la letteratura porta con sé sui vantaggi e svantaggi dell’automazione, e attraverso i risultati di analisi

produttive ed economiche svolte sul campo, saranno esaminati per trarne riflessioni e conclusioni. Inoltre, grazie alla lettura di testi di ricerca relativi alle applicazioni delle tecnologie abilitanti, verrà esposta una proposta di miglioramento laddove sorgono problematiche di applicazione, che punta non solo ad essere un possibile aiuto per la direzione aziendale, ma anche una dimostrazione che la tecnologia e il cambiamento non sono da considerare minacce per l'uomo.

CAPITOLO 1

1.1 Rivoluzioni industriali passate fino all'introduzione industria 4.0

Col termine *rivoluzione industriale* si intende un processo di metamorfosi socioeconomica globale che ha segnato indelebilmente la storia del mondo a partire dall'Europa negli ultimi secoli. Tutti gli eventi che andrò a descrivere in questo capitolo hanno influenzato lo sviluppo delle società e determinato un susseguirsi di trasformazioni che hanno formattato il mondo così come lo conosciamo oggi. Il fulcro dell'evoluzione industriale è l'innovazione tecnologica all'interno dei processi produttivi, la cui integrazione è stata ed è tutt'ora facilitata dalla capacità dell'uomo di applicarli in contesti utili.

Come di consuetudine in molti processi storici, anche per la rivoluzione industriale non esiste una data certa di inizio; ogni mutamento dell'economia viene influenzato da cambiamenti precedenti, e così per molti la rivoluzione industriale viene considerata come l'ultimo momento di una serie di mutamenti che trasformarono l'Europa da terra povera a zona più ricca e sviluppata del mondo nel corso dell'Ottocento. Da un punto di vista economico, l'elemento caratterizzante è stato il salto di qualità nella capacità di produrre beni, in particolare in Gran Bretagna a partire dalla seconda metà del Settecento. La rivoluzione industriale costituì un terreno fertile per l'implementazione delle conoscenze scientifiche sul mondo naturale; fu infatti il nuovo metodo scientifico initializzato da Galileo Galilei a portare a una crescita delle competenze che gli europei avevano sui materiali e loro proprietà, le quali si tramutarono in conoscenze tecniche e tecnologiche applicabili nelle industrie tessili e siderurgiche.

Secondo gli storici, tutto partì con un fenomeno antecedente l'industrializzazione, definita fase proto-industriale, verificatasi agli inizi del 1600 in India e che interessò in seguito soprattutto le Fiandre e l'Inghilterra. Con l'avvento della privatizzazione e recinzione delle terre comuni i contadini non riuscirono più a mantenersi esclusivamente tramite l'agricoltura; dunque, iniziarono a filare la lana e produrre tessuti per i mercanti mediante metodi puramente artigianali, creando un'industria rurale gestita da imprese familiari. Col trascorrere degli anni l'aggravarsi della crisi agricola, la lavorazione tessile divenne la principale fonte di reddito: questo fu il primo impulso che portò alla rivoluzione industriale. Ma non solo, da un punto di vista culturale, l'impulso permise la creazione

dell'invenzione cardine della prima rivoluzione industriale: il motore a vapore.

“Nella storia dell'umanità il maggior vincolo alla crescita produttiva di beni è stato quello energetico; l'energia di cui si disponeva era principalmente quella meccanica di uomini ed animali, e questo comportava un limite non trascurabile. La progressiva introduzione del mulino ad acqua e a vento rappresentò la prima innovazione di rilievo nel medioevo, ma sfruttando l'abbondante energia creata dalla macchina a vapore (soprattutto in campo tessile) si rese possibili una efficiente organizzazione della produzione, con una divisione del lavoro e spostamento delle lavorazioni in nuove fabbriche appositamente costruite, nonché alle estrazioni minerarie e ai trasporti.” (contributori di Wikipedia, 2023, Rivoluzione industriale)

La rivoluzione industriale comportò dunque una profonda trasformazione che a partire dai sistemi produttivi arrivò al sistema economico e sociale: l'avvento della fabbrica e macchina modificò sostanzialmente il tessuto interno dei settori produttivi delineando la nascita della classe operaia e parallelamente quella del capitalista industriale.

Il termine rivoluzione, tra i suoi diversi significati, ricopre anche quello di rottura/capovolgimento; aggiungendo l'aggettivo industriale, si fa implicitamente riferimento proprio a questo senso: il sistema produttivo risultante dalla rivoluzione industriale è totalmente differente dal sistema precedente di tipo agricolo-manifatturiero e gli effetti in campo economico, tecnologico, nei rapporti di classe, cultura, politica e condizioni generali di vita, provocarono un aumento dei consumi e quota di reddito con ripercussioni positive sul livello demografico.

“L'evoluzione industriale e tecnologica non si fermò tra una rivoluzione industriale e l'altra, bensì continuò a ritmi inferiori, portando altre importanti innovazioni come l'invenzione del motore a combustione interna (1853), tra la prima e la seconda rivoluzione, o l'aereo (1903) e la radio tra la seconda e la terza, in concomitanza con le guerre mondiali nella prima metà del Novecento.

Secondo alcuni le rivoluzioni industriali sono il risultato di un cambiamento culturale innescato in primis dalla rivoluzione scientifica e fiducia nella scienza. “(contributori di Wikipedia, 2023b, Rivoluzione industriale)

1.1.1. Industria 1.0: 1784, meccanizzazione, energia a vapore ed acqua

La Gran Bretagna fu il primo Paese ad avere un'agricoltura per profitto e non per autoconsumo; questa, insieme all'innovazione

tecnologica, eliminò molta manodopera dalle campagne facendola confluire nelle nascenti industrie in città, che insieme alla alta disponibilità di carbone per le macchine a vapore, contribuì al grande sviluppo del Paese. Si venne inoltre a trovare in una posizione geografica favorevole per il commercio e facilmente difensibile dalle periodiche devastazioni belliche.

Per spiegare come si è passati da un sistema manifatturiero artigianale a uno di tipo industriale, bisogna considerare che la domanda dei beni aumentò nel periodo che precedette la rivoluzione, grazie alla crescita demografica sia al livello del reddito pro-capite e dei salari, sia alla domanda di beni britannici proveniente dagli immensi territori coloniali. Si trattava di una domanda di beni di largo consumo destinati a soddisfare i bisogni elementari di crescenti masse di persone in patria e all'estero. Questa, aiutò notevolmente gli investimenti in impianti industriali e in macchinari; tuttavia, in settori quali il tessile, il passaggio ad un sistema fabbrica permise di compiere investimenti in maniera graduale via via che venivano accumulati i capitali. Fu il caso dei canali navigabili e delle ferrovie, la cui costruzione si ebbe grazie all'iniziativa dei privati, indotti ad investire in settori nuovi.

Per definire se un paese sta sviluppando un processo di industrializzazione deve esserci una crescita in positivo del PIL più rapido dell'incremento demografico, segno di una produttività in aumento (rapporto tra quantità prodotto e numero lavoratori in crescita). Nel caso inglese, la crescita era mediamente tra il 2% e il 4% all'anno, mentre l'aumento demografico annuale era del +1% grazie alla migrazione della forza-lavoro dalla campagna in direzione città: l'aumento della manodopera permise un abbassamento dei prezzi, favorendo l'offerta.

Tra i principali settori coinvolti nelle innovazioni tecnologiche ritroviamo il tessile, metallurgica e meccanica. Nel 1733 John Kay, brevettò la spoletta volante, strumento che permetteva di ridurre i tempi di tessitura in modo notevole; nella seconda metà del secolo, due importanti invenzioni modificarono maggiormente la panoramica di questo settore: la Giannetta (1765, James Hargreaves) e il filatoio idraulico (1767, Richard Arkwright). Ma solo a partire dal 1787 con Edmund Cartwright si arrivò al telaio meccanico, macchina che permetteva a un operaio di svolgere un lavoro che con i telai manuali avrebbero richiesto l'opera di una di quindicina di persone (se prima per tessere una matassa di filato di 5600 yard ci volevano più di 10000 ore manualmente, con queste macchine bastavano solamente 135 ore). L'incremento della produzione di tessitura stimolò anche lo sviluppo dell'industria chimica che

divenne fondamentali per tutti i rami di produzione, compresa quella agricola.

Lo sviluppo industriale richiese quantità energetiche via via maggiori, che solleccitarono la ricerca nella creazione di motori adeguati alle richieste: James Watt modificò la macchina a vapore incrementando i rendimenti e questo permise l'affermazione di queste macchine anche nei trasporti terrestri e marittimi.

Durante il Diciottesimo secolo, si ebbe un progresso nel campo della siderurgia grazie ad Abraham Darby, il quale introdusse per la lavorazione dei minerali ferrosi l'uso dell'antracite distillata a secco o Coke. Poiché la combustione del coke negli altiforni doveva essere ravvivata da correnti d'aria intense, fu necessario usare proprio la macchina a vapore. Henry Cort nel 1784 introdusse nella siderurgia il pudellaggio, purificazione da sostanze ossidanti mediante rimescolamento dei minerali ad altissime temperature, e la laminazione, processo che purificava il ferro e lo sagomava secondo le forme richieste mediante rulli di un laminatoio. Grazie a queste innovazioni si incrementò la produzione di barre, rotaie e travi.

Emerge dunque come in Inghilterra la rivoluzione industriale fu il risultato di iniziative private non incluse in alcun programma, aspetto differente rispetto agli altri paesi nei quali tali processi avvennero grazie ad interventi più o meno importanti dello Stato.

La prima rivoluzione industriale innescò diverse dinamiche socioeconomiche che provocarono nelle aree coinvolte un rapido e notevole innalzamento del numero della popolazione a livello demografico. La crescita delle rese agricole e i progressi in campi igienico-sanitari aiutarono questo incremento esponenziale, abbattendo i tassi di mortalità e aumentando l'età media della popolazione. Mediamente, in quei secoli, la popolazione europea crebbe di quasi quattro volte e l'aspettativa di vita passò da un massimo di 35 anni fino a raggiungere i 75. Questo aspetto rappresenterà nella seguente rivoluzione industriale un fattore di sviluppo della economia e una fonte di problemi politici, soprattutto per il disordinato inurbamento dei centri cittadini e distribuzione delle risorse.

1.1.2. Industria 2.0: 1870, Produzione di massa ed elettricità

La seconda fase dello sviluppo industriale è cronologicamente situata nel periodo che intercorre tra il Congresso di Parigi (1856) e quello di Berlino (1878), anni che cambiarono radicalmente la vita del continente. Oltre che per le innovazioni scientifiche e tecnologiche, la seconda rivoluzione industriale risulta essere più

rapida e prodigiosa negli effetti sulla vita dell'uomo rispetto alla prima.

Wolfgang Schivelbusch, sociologo tedesco, affermò che la rivoluzione dei mezzi di trasporto non solo andò a modificare la geografia fisica in cui si verificò, ma cambiò pure la geografia psicologica degli uomini, ovvero il loro modo di percepire lo spazio e il tempo: è così che ebbe inizio quel fenomeno che porterà alla globalizzazione dei mercati, tecnologie e linguaggi.

Dal 1870 si verificò uno sviluppo tecnologico che assicurò ai paesi occidentali la supremazia tecnica in tutto il mondo. Questo risultato arrivò grazie a ricerche specializzate in laboratori scientifici ed università finanziate da imprenditori e governi per il miglioramento dell'apparato produttivo nazionale.

Nel settore metallurgico, grazie ai nuovi forni Martin-Siemens e Convertitore Bessmermer fu possibile la realizzazione di macchine più robuste e resistenti; nel 1878 con l'adozione del Processo Thomas si iniziarono ad usare materiali con una alta percentuale di fosforo, processo che rese le acciaierie tedesche superiori rispetto a quelle inglesi.

Più lento fu lo sviluppo nel campo della elettricità, ancora in via di sperimentazione. Nel 1870 si produssero i primi prototipi di generatori come la dinamo, ancora inefficiente per poterla applicare in produzione. Spinta decisa fu quella della corrente alternata (Nikola Tesla), invenzione che permise il trasporto della corrente su lunghe distanze al contrario di quella continua (Thomas Alva Edison) che poteva percorrere al più 3 km. I gradual progressi in questo ramo permisero la diffusione dell'illuminazione ad uso civile, nelle case e luoghi di lavoro: si trasformò così la vita dei cittadini, rendendo più sicure le strade anche durante la notte, e incrementando i ritmi di lavoro nelle fabbriche nelle quali si poteva lavorare con turni ininterrotti nelle 24 ore.

Nella seconda metà dell'Ottocento i trasporti divennero molto più estesi e complessi; a partire dal sistema ferroviario, il quale ebbe un accrescimento di quasi il 90 %, si concretizzò in breve tempo le possibilità di movimento delle popolazioni interessate divenendo un potente elemento di accelerazione dello sviluppo economico. Anche il sistema navale grazie ai progressi nella metallurgia, si evolse con la creazione dei primi transatlantici alimentati da motori compound a vapore.

Nel 1883 l'ingegnere Gottlieb Daimler brevettò un motore a benzina, precursore dei primi motori a combustione interna: l'invenzione dell'automobile si rivelerà fondamentale con effetti tangibili sullo stile di vita dei paesi industrializzati.

Parallelamente, anche nel campo delle comunicazioni si ebbero notevoli miglioramenti, attorno al 1840 il mondo conobbe il telegrafo elettrico Morse, primo traguardo che permetterà la comunicazione istantanea a distanza e darà luogo a sviluppi come la creazione delle prime agenzie di stampa. Ma soprattutto l'invenzione del telefono avvenuta nel 1860 e la seguente diffusione porterà ad una vera rivoluzione, imprimendo in poco tempo uno sviluppo totalmente nuovo nei rapporti sociali e commerciali tra individui.

Per quanto riguarda il rapporto agricoltura-industria, nel 1871 in Inghilterra il 35% della popolazione lavorava nel settore agricolo mentre nel 1910 si contava solamente un 25%. La produzione agricola europea non subì però un percettibile calo, soprattutto grazie alla meccanizzazione dell'agricoltura che divenne prettamente scientifica con una forte applicazione della coltivazione intensiva di ortaggi e frutta.

Il sistema finanziario alla base dello sviluppo industriale si andò a modificare verso i primi monopoli: fabbriche e capitali si concentravano nelle mani di poche grandi società a danno delle aziende più piccoli. I principi della libera concorrenza si alterarono con formazione di nuove coalizioni commerciali come quelle dei cartelli, associazioni tra imprese che producevano beni simile chiamati trust; queste avevano lo scopo di ridurre il costo di produzione, eliminare la concorrenza e realizzare maggiori profitti.

1.1.3. Industria 3.0: 1969, Sistemi elettronici, IT ed automazione

Tra le numerose cause che innescarono questa nuova rivoluzione industriale possiamo ritrovarne tre principali:

- Accumulo e sviluppo delle conoscenze scientifiche e tecnologiche, grazie al contesto militare delle guerre mondiali della prima metà del secolo scorso e successivamente in quella della guerra fredda del dopoguerra.
- Condizioni politiche più stabili hanno favorito una crescita economica verso settori inesplorati permettendo la diffusione massiccia del ceto medio.
- Grazie alla scoperta dell'energia atomica si entrò in una fase del tutto nuova: sotto il profilo pacifico lo sfruttamento dell'atomo significò la liberazione di energia immensa e l'emergere di enormi problemi legati all'inquinamento.

La sinergia di queste forze si è concretizzata in una forte spinta al progresso e all'innovazione in molti settori industriale, favorita dall'inizio del processo di globalizzazione dei mercati, con stravolgimenti micro/macroeconomici nel mercato del lavoro e sugli stili di vita della popolazione occidentale.

“Negli anni successivi al 1945, Stati Uniti ed Unione Sovietica si contesero per decenni il primato dell’esplorazione dello spazio; se inizialmente i russi ebbero la meglio con il lancio in orbita del primo satellite (1957) e del primo essere vivente (il cane Laika, 1957) ed umano (Gagarin, 1961), nel 1969 gli statunitensi riuscirono ad avere un primato nella storia mandando sulla Luna L’Apollo 11. Dagli anni ‘70 in avanti aumentarono i lanci di satelliti artificiali (soprattutto Europa e Stati Uniti) per migliorare le telecomunicazioni, rilevamenti meteorologici/geologici e aspetti militari. Negli stessi anni lo shock petrolifero innescò un terremoto tecnologico che trasformò la vita quotidiana dei Paesi più ricchi, attraverso la produzione di oggetti che modificarono non solo gli aspetti relazionali pubblici degli uomini, ma anche quelli domestici. La ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie divenne un settore fondamentale della crescita economica, un indicatore di efficacia per stabilire una gerarchia tra Paesi ricchi e poveri.” (contributori di Wikipedia, 2023a, Terza rivoluzione industriale)

“Le tecnologie ad alta intensità di capitale, concentrate principalmente nell’informatica e telematica, avviarono una nuova forma di produzione che determinò l’inizio del declino di tutte le lavorazioni basate su elevate concentrazioni di manodopera: la presenza dell’uomo diventa sempre più futile sia nella produzione che erogazione dei servizi. Questi enormi cambiamenti in ambito produttivo portarono all’introduzione dell’alta tecnologia che ha permesso di distinguere questa rivoluzione industriale dalle precedenti. Due secoli dopo la prima rivoluzione che ha visto l’affermazione della ferrovia e un secolo dopo la seconda che ha definito il ruolo essenziale dell’automobile e aereo nella vita dell’uomo, si arriva alla rivoluzione che ha trasformato ciascuno di noi nel motore statico di una infinità di trasferimenti virtuali: la rivoluzione informatica”. (contributori di Wikipedia, 2023b, Terza rivoluzione industriale)

Fino agli anni Settanta il modello industriale era caratterizzato da una produzione standardizzata di massa, i cui costi (legati a materie prime, energia e lavoro) però riducevano in maniera inequivocabile i profitti di un’economia di scala fino ad allora vantaggiosa; questo modello fu definito da Gramsci ed Henri de Man col termine Fordismo. Il sistema di fabbrica instaurato negli anni Venti negli Stati Uniti si basava su una sinergia di produzione-lavoro attraverso la catena di montaggio e frazionamento del lavoro, il quale trovò origine nelle fabbriche per automobile Ford. I due capisaldi del fordismo erano il *paradigma industriale tayloristico* (creazione del lavoratore tipo adatto a quel genere di mansione e selezione attenta

per formarlo ed introdurlo in azienda), e la concessione di *retribuzioni più elevate* di quelle riconosciute in media nelle relazioni industriali dell'epoca col fine di facilitare l'economia del consumo ("una classe operaia povera non può permettersi neanche una utilitaria standard"); questi concetti erano interconnessi anche sul piano funzionale: infatti attraverso un salario più generoso assegnato all'operaio, si poteva razionalizzare il ciclo produttivo applicando un'intensa sottomissione alla disciplina organizzativa. Dopo gli anni Settanta, per ovviare all'erosione del profitto, prese ad affermarsi la fase postfordista, un modello segnato dall'avvento di una miriade di aziende di piccole dimensioni che andavano dal laboratorio familiare ai piccoli stabilimenti ad alta tecnologia. Una rete produttiva diffusa senza un centro geografico riconoscibile che portò i grandi stabilimenti industriali a cambiare radicalmente i propri assetti interni, automatizzando e modificando le precedenti lavorazioni a catena; in particolare si ebbe:

- una dislocazione in aree a basso costo di lavoro;
- una riduzione di scorte, magazzini e produzione calibrata sulle ordinazioni (just-in-time);
- una diversificazione dei modelli e prodotti con abbattimento delle spese generali;
- creazione di appalti e subappalti a imprese esterne competenti;
- riduzione del numero degli operai ed allargamento delle basi aziendali;

questo moto di cambiamento può essere riassunto con la parola flessibilità: la produzione si adatta riducendo i tempi morti, approfitta della diminuzione del costo dei trasporti e nuove opportunità finanziarie sviluppandosi orizzontalmente, e si concretizza in una fitta ed intensa rete di scambio di informazioni in tempi rapidi.

“La trasformazione del ventennio 1970-90 furono accompagnate da un aumento della disoccupazione; il successo, seppur temporaneo, che ha accompagnato il “toyotismo” e la filosofia del “total quality” delle fabbriche giapponesi, si assegna in parte al tentativo di diminuire i problemi di produttività ed innovazione senza intaccare il legame che univa l'operaio all'azienda per tutta la vita. I principi ispiratori della produzione snella possono essere sintetizzati come segue:

- combinazione vantaggi produzione artigianale e di massa evitando l'elevato costo e la rigidità.
- Impiegare minore quantità rispetto alla produzione di massa, dalle risorse umane, allo spazio, investimenti e ore di progettazione.

- Quantità di scorte prossimo allo zero, così da avere una maggiore varietà di prodotti con minori difetti.
- Fissare gli obiettivi sulla perfezione.

Dall'insieme di questi punti si possono ottenere costi in continuo calo, zero scorte e difetti, ma soprattutto una infinita varietà di prodotti.” (contributori di Wikipedia, 2023c, Terza rivoluzione industriale)

Ha così inizio nei Paesi economicamente più avanzati e strutturati, con l'avvento di nuove forme di produzione, una fase di terziarizzazione in termini sia occupazionali che come contributo del PIL rispetto all'agricoltura ed industria. Si è dunque passati da una deindustrializzazione a una consapevolezza che la proporzione dei lavoratori in fabbrica possa ridursi ai livelli della quota dell'agricoltura, consolidando una società basata sui servizi e nella quale ciò che conta non sono le forze del mondo fisico, quanto l'informazione. È da qui che si ha lo sviluppo delle tecnologie dell'informatica, elettronica, telematica, telecomunicazione e multimedialità. In particolare, con l'informatica si sono ampliati gli studi sui principi dell'automa, calcolabilità, cibernetica e teorie dell'informazione portando allo sviluppo di hardware, software nonché alle sue applicazioni in vari sistemi fisici, economici e biologici (Intelligenza Artificiale e robotica). Con questa disciplina si consolida l'importanza di concetti e principi di calcolo, le metodologie di risoluzione di problemi tecnici ed organizzativi sempre più frequenti con l'insorgenza dei computer oltre che per l'interazione uomo-macchina.

“In molti tipi di macchine, dalla lavatrice alla macchina, dai robot industriali alle serre agricole, sono stati incorporati microprocessori che eseguono azioni ripetitive preordinate attraverso un linguaggio di programmazione informatico; se con la seconda rivoluzione industriale si aveva un'elettronica di tipo analogica, con la terza si ha la diffusione dell'elettronica digitale, attraverso le invenzioni come transistor allo stato solido.” (contributori di Wikipedia, 2023d, Terza rivoluzione industriale)

1.1.4. Industria 4.0: Oggi

Con il termine Industria 4.0 viene identificata l'odierna propensione all'automazione industriale mediante l'inserimento di alcune nuove tecnologie produttive, non solo per creare i nuovi modelli di business, ma anche per migliorare le condizioni di lavoro insieme alla produttività degli impianti ed un aumento sempre crescente della qualità dei prodotti.

Nel 2011 presso la Fiera di Hannover, alcuni economisti tedeschi quali Hennig Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster,

impiegarono per la prima volta tale termine illustrando la relazione “Industria 4.0: L’internet delle cose sulla strada della quarta rivoluzione industriale”.

Tale progetto prevedeva investimenti in infrastrutture, sistemi energetici, enti di ricerca ed aziende per rendere più moderni i sistemi produttivi e riportare ai vertici il settore manifatturiero rendendolo competitivo a livello globale.

Come accennato in precedenza, e confermato da uno studio della Boston Consulting, la quarta rivoluzione industriale si concentra sull’adozione di alcune tecnologie definite *abilitanti*; tali tecnologie risultano essere fondamentali in quanto incrementano in maniera inequivocabile la catena del sistema produttivo, possedendo la capacità di innovare i processi, i prodotti e i servizi in tutti i settori economici dell’attività umana. Riprendendo la definizione data dalla Comunità Europea, rientrano in questa categoria le tecnologie “*ad alta intensità di conoscenza e associate a elevata intensità di R&S, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati*”; tali sistemi risultano essere diversi e sono state individuate per questo differenti classificazioni, come quella dalla Boston Consulting e dell’Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano, che di seguito vengono elencate brevemente:

- Advanced manufacturing solution, un sistema modulare di produzione ed interconnesso che garantisce rendimento ed elevata flessibilità, applicabile mediante l’utilizzo di sistemi automatici di movimentazione dei materiali e robotica avanzata (robot collaborativi o cobot);
- Additive Manufacturing, la produzione additiva già presente in alcuni ambiti a partire dagli anni Ottanta, aumenta l’efficienza nella produzione e uso dei materiali;
- Simulazioni e Realtà aumentata, sistemi di visione per simulare od osservare meglio gli oggetti col fine di ottimizzare non solo i processi produttivi ma anche l’operatività degli operatori;
- Integrazione Verticale ed Orizzontale, integrazione e scambio delle informazioni in orizzontale e verticale a seconda dalla strategia scelta dall’azienda;
- Cloud, utile soprattutto per la gestione di grandissime quantità di dati mediante sistemi aperti;
- Sicurezza Informatica, tematica relativa alla salvaguardia e mantenimento dell’informazione e sistemi che non devono essere alterati dall’esterno;

“L’osservatorio Industria 4.0 invece, propone un’ulteriore classificazione di sei tecnologie dette intelligenti, raggruppandole in due grandi sottoinsiemi di tecnologie digitali innovative, cioè le

tecnologie operazionali OT e le tecnologie dell'informazione IT;" (contributori di Wikipedia, 2023g, Industria 4.0) nel primo gruppo rientrano:

- Additive Manufacturing: categoria affine a quella individuate dalla Boston Consulting;
- Advance Human Machine Interface o HMI: interfacce uomo-macchina e dispositivi indossabili;
- Advanced Automation: tutte quelle tecnologie che si avvicinano alla robotica, con riferimento ai sistemi di produzione automatizzati;

Nel secondo raggruppamento invece:

- Industrial Internet of Things: tutte quelle tecnologie che si basano sugli smart objects e reti intelligenti;
- Industrial Analytics: per tutte quelle invenzioni in grado di usufruire delle informazioni contenute nei Big Data;
- Cloud Manufacturing: per identificare l'applicazione nel manifatturiero del cloud computing;

Alcune di esse si basano su concetti già presenti ma che non hanno mai sfondato il divario presente tra ricerca applicata e produzione vera e propria. Grazie alla interconnessione tra sistemi, il panorama globale del mercato sta cambiando in direzione della personalizzazione di massa, soprattutto per il settore manifatturiero. Tale personalizzazione, detta anche Mass Customization risulta essere una strategia di produzione di beni e servizi orientata a soddisfare i bisogni individuali dei clienti e contemporaneamente preservare i benefici della produzione di massa come il basso costo e relativi prezzi di vendita contenuti; la strategia presuppone che le imprese produttrici siano dotate di notevole flessibilità durante la produzione ed assemblaggio, inserendo anche una interazione col cliente. "Oggi l'adozione fa ricorso a sistemi di computer-aided manufacturing e a tecnologie di informazione e comunicazione basate sul web, con risultati tangibili per quanto riguarda la riduzione del tempo tra manifestazione delle esigenze dei clienti e disponibilità del bene da essi richiesto." (contributori di Wikipedia, 2022, Mass customization)

L'industria 4.0 passa per il concetto di Smart Factory, che si compone di 3 aspetti:

- Smart Energy: attento occhio ai consumi energetici, con sistemi più performanti e riduzione degli sprechi di energia secondo i tipici paradigmi dell'energia sostenibile.
- Smart Service: dati informatici e tecnici che permettono di integrare sia sistemi che strutture interne/esterne in modo collaborativo.

- Smart Production: nuove tecnologie produttive che si fondano sulla stretta collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.

La decentralizzazione e collaborazione che ne derivano, diventano il fulcro per questa nuova rivoluzione, grazie anche ai CPS (sistemi ciber-fisici), sistemi fisici distribuiti con capacità computazionale e di controllo, connessi con quelli informatici e che a loro volta possono interagire/scambiare/collaborare con altri sistemi CPS.

Se le precedenti rivoluzioni industriali si verificarono in situazioni di crescita in tutti i settori e propensione all'avanguardia scientifica, trainate fundamentalmente da alcune scoperte chiave, ora la rivoluzione sembra essere scaturita semplicemente dalla convergenza di diverse novità in campo scientifico e tecnologico.

Un fattore sicuramente non trascurabile che contraddistingue ulteriormente questa rivoluzione è la velocità di implementazione, decisamente esponenziale, grazie alla capacità di propagazione odierna dell'informazione su rete globale. Anche se non è del tutto delineata una linea di accordo tra gli studiosi sulle condizioni e veri effetti sul lavoro, l'implementazione di queste tecnologie vuole sottolineare la necessità del fattore umano. Le abilità nel mondo del lavoro dell'uomo idealmente non verranno sostituite dalle macchine, ma bensì queste vogliono essere semmai un ausilio nonché potenziamento. È difficile prevedere ad oggi, e per questo fonte di discussione, cosa avverrà domani nel mondo del lavoro e come l'interazione uomo-macchina cambierà le occupazioni nelle aziende.

1.2. Passaggio da società tradizionale a rivoluzionaria

Dal paragrafo precedente si è capito dunque che l'industria 4.0 rappresenta il termine col quale sono identificati tutti i processi di automazione e digitalizzazione che stanno interessando l'industria tradizionale. È una trasformazione che non riguarda solamente le Big Tech statunitensi, ma una fonte di vantaggi anche per le realtà economiche europee, da quelle più grandi a quelle più piccole, grazie ai modelli di produzione sempre più automatizzati e sempre meno legati all'intervento umano.

Oggi nell'economia dell'Unione Europea il *Sistema Industria* svolge un ruolo fondamentale; rispetto al 12% negli Stati Uniti, in Europa rappresenta il 20% del valore aggiunto grazie alla ricerca, innovazione, produttività che racchiude, fornendo circa 35 milioni di posti di lavoro e garantendo una esportazione merci pari all'80% del totale. Dando una breve immagine rappresentativa, che sarà analizzata meglio in seguito, l'industria europea risulta essere variegata, caratterizzata da una frattura sempre più ampia tra gli stati appartenenti: il settore tedesco con quello orientale incrementano le

loro quote di mercato separandosi dal Sud-occidente d'Europa. A tal proposito nel gennaio del 2014, la commissione europea pone l'obiettivo ambizioso e centrale di accompagnare il settore manifatturiero alla creazione del 20% del PIL entro il 2020 (Industrial Compact, 22 gennaio 2014); grazie a questo piano nasce in ogni Stato dell'UE un programma Industria 4.0, partito nel nostro Paese alla fine del 2016.

Con l'arrivo del virus Covid-19, nei primi mesi del 2020 l'industria 4.0 in Italia ha ricoperto una pressante attualità; il covid ha colpito duramente il sistema produttivo italiano e non solo, ma allo stesso tempo ha messo in evidenza la stringente esigenza di cambiamento, che a partire dal primo lockdown, ha dato sfogo alla quarta rivoluzione industriale.

Mentre alcuni settori vedono veloci modifiche, altre mutano molto lentamente, con un passo evolutivo costante: si va delineando una nuova forma di normalità caratterizzata da smart working, webinar, app, social, delivery e tutti quegli strumenti che ci permettono di essere interconnessi a qualunque ora della giornata con altre persone. In questa nuova evoluzione gli oggetti fisici sono perfettamente integrati nella rete delle informazioni globale, creando uno scenario nel quale l'Internet of Things (internet delle cose o IoT) ne fa da protagonista facendo dialogare le macchine con le macchine e le macchine con le persone. Questa tecnologia permette di massimizzare la capacità di raccolta e utilizzo dati da una fonte infinita di input dando un vantaggio alla digitalizzazione ed automazione dei processi, concedendo la facoltà di sfruttare il machine learning e AI nella creazione di nuovi business con servizi esclusivi per il consumatore finale. L'IoT nasce dalla convergenza tra sensoristica, elaborazione e comunicazione in rete di apparati digitali pensati per essere impiegati ovunque sia necessario raccogliere ed elaborare informazioni/automatizzare/integrare apparati diversi.

Secondo stime Gartner, già nel 2021 le aziende hanno speso 4.100 miliardi di dollari nei dispositivi informatici come hardware, software e servizi ICT; il numero di dispositivi IoT in rete si aggirava intorno ai 20,4 miliardi rispetto ai 8,4 degli anni precedenti, con una crescita media annua stimata del 13,6% nei prossimi anni che porterà al raggiungimento di 1,2 trilioni di dollari (la spinta maggiore all'acquisto proviene dal manufacturing e trasporti che supereranno i 150 miliardi nel 2023).

Ma concretamente, quali sono le principali applicazioni dell'IoT? "Risulta essere importante nei progetti atti a rendere intelligenti macchine e linee produttive, mediante l'integrazione di sensori, attuatori e componenti di edge computing per l'elaborazione in

tempo reale; un macchinario provvisto di sensori, qualunque sia il suo utilizzo, potrà comunicare il suo stato avvertendo tempestivamente in caso di criticità o anche solo a scopo di manutenzione preventiva. A titolo esemplificativo, in un ambito che ci tocca tutti da vicino come quello della mobilità e trasporti, il controllo remoto della posizione e stato di funzionamento dei veicoli mediante il raccoglimento dati da parte delle centraline, permetterà migliori assistenze ottimizzando l'uso del mezzo, migliorandone aspetti legati alla costruzione e la sicurezza. Il collegamento istantaneo via rete ai centri di servizio permetteranno adeguati premi assicurativi ai km percorsi e allo stile di guida del conducente, ma anche una pronta risposta in caso di emergenze.

I campi dove già si sta lavorando e da cui aspettarsi novità sono molteplici, dall'ambito edile, al mondo della biomedica, telemetria, sorveglianza, smart agrifood e zootecnia. Esiste sul mercato una vasta gamma di dispositivi che possono essere inseriti in una rete IoT, ma certamente è necessario porre attenzione alla diffusione e al suo utilizzo: essendo una rete virtuale, può essere bersaglio per attacchi informatici; anche se per gli esperti molte applicazioni non saranno a rischio, per i sistemi critici occorrerà scegliere le soluzioni migliori e più sicure. Ecco perché diventa fondamentali gli investimenti nella cyber-security: sempre secondo indagini Gartner, entro il 2025 il 60% delle organizzazioni utilizzerà il rischio di sicurezza informativa come fattore determinante primario nella conduzione di transazioni di terze parti ed impegni commerciali, e il 70% dei CEO imporrà una cultura di resilienza organizzativa per sopravvivere alle minacce concomitanti del crimine informatico.

Così, dopo l'epoca caratterizzata da una società tradizionale, fatta di lavoro manuale e realtà fisica, inizia quella in cui le cose comunicano tra di loro, in cui la digitalizzazione è il motore della nuova rivoluzione." (*Anche Gli Oggetti Si Parlano*, 2022)

1.2.1. Mutamento socioculturale: pilastri della digital transformation

La trasformazione digitale che ha subito il mondo a partire dai primi anni del ventunesimo secolo è inarrestabile. A partire dal fatidico 11 settembre 2001, con l'attentato alle Torri Gemelle e conseguente grave crisi economica, si è innescato un meccanismo di risposta per dare consistenza e incremento allo sviluppo, compreso quello digitale. Meccanismo che fu frutto di una necessità di abbattere i costi, avvicinare le persone e i territori: per fare meglio e più rapidamente, con processi tecnologici affidabili e trasparenti, tutto quello che già si faceva prima. Alcuni esempi li ritroviamo in:

- Creazione dei programmi per la gestione di tutto ciò che riguarda il cliente dell'azienda: CRM o Customer Relationship Manager; questo software viene usato in un'impresa o lavoratore autonomo per facilitare la gestione dei potenziali ed effettivi clienti, sfruttando la sua capacità di raccolta automatica dell'informazione per individuare con più facilità le esigenze del cliente e studiare i prodotti più in linea con esse (semplificazione della fidelizzazione); facilitare la raccolta e analisi dei dati per individuare e al più risolvere problemi nel gestire il cliente facilitando la comunicazione, anche all'interno dell'azienda stessa. Nasce così una risorsa a cui fare riferimento per tenere traccia degli scambi di informazione.
- Il Cloud; utile per raggruppare i servizi per l'utilizzo e trasmissione dati, offerti su richiesta da un fornitore a un utente finale a partire da un insieme di risorse preesistenti, le quali risultano configurabili e disponibili in remoto sotto forma di architettura distribuita. Si intendono dunque quei programmi per mettere a disposizione moduli atti alla gestione delle attività da un unico portale in maniera intuitiva, semplice e moderna.
- Un altro esempio di successo del digital transformation e di come le cose evolvano, è racchiuso nel caso Netflix che ha condotto al fallimento la catena Blockbuster e alla rinascita di quest'ultimo negli ultimi tempi; Netflix creando una piattaforma digitale di distribuzione dei film fruibile dal cliente tramite dispositivo mobile, ha dato origine a una condizione tale per cui chiunque in ogni parte del mondo e in ogni momento può riprodurre una serie tv/film; il business di Blockbuster non ha tenuto il passo di questa tecnologia innovativa. Un domani però, grazie all'invenzione del metaverso, la vecchia catena blu e gialla potrebbe rinascere sul web3 (internet del metaverso che ambisce ad essere organizzata in maniera decentralizzata) tramite una Dao (comunità di investitori, tenute insieme mediante una blockchain), creando una sorta di Netflix di nuova generazione.

La trasformazione digitale poggia il suo sviluppo su alcuni principi cardine che delineano l'organizzazione e il business dell'industria 4.0, considerati essenziali per l'ottenimento dell'efficacia commerciale e quindi una maggiore redditività rispetto alle organizzazioni passate. Vediamo ora in successione alcuni di questi pilastri:

1. *Maggiore automazione*: non è più sufficiente automatizzare solamente i singoli processi; oggi le aziende devono implementare nuove tecnologie e gestirne le regole, investendo maggiormente in sviluppatori che devono creare sistemi in grado di automatizzare

un'intera attività, applicando dunque una reingegnerizzazione dei processi produttivi (Concurrent Engineering).

2. *Dematerializzazione*: il documento dematerializzato viene considerato il nuovo paradigma della società dell'informazione e rappresenta una discontinuità nella struttura relazionale interpersonale e sociale, le cui conseguenze sono evidenti solamente in parte. È evidente che nella trasformazione digitale la carta deve lasciare il posto ai file digitali, per creare archivi e raccolte riducendo i tempi di lavoro svolto dagli addetti e fornendo una metodica più sicura per proteggere i dati e documenti importanti.
“Questa transizione implica una serie di adattamenti operativi e tecnologici centrali perché il processo avvenga in modo sicuro e coerente; risulta essere articolato propedeutico alla digitalizzazione dei processi, che necessita di una costruzione di infrastrutture, prassi e soluzioni che permettano a utenti e macchine di accedere, fruire e conservare il formato.” (Aliperto & Aliperto, 2023)
3. *Informatizzazione*: anche per la gestione dei processi più semplici, un'azienda ha bisogno di sistemi informatici efficienti; nonostante molte imprese siano restie ad aggiornare i propri hardware, il rimanere indietro su queste tecnologie implica rimanere indietro sul margine di profitto. L'informatizzazione, infatti, è l'introduzione e applicazione dei sistemi computer e reti informatiche in un certo settore o attività, e prevede l'automatizzazione delle procedure d'ufficio mediante software; da questo si capisce come i principi cardine risultino essere uno dipendente dall'altro.
4. *Virtualizzazione*: come già accennato in un esempio in precedenza, affinché i dati siano sempre fruibili da tutti, devono essere memorizzabili, e per questo uno dei sistemi che si è maggiormente diffuso è quello del cloud. Basti pensare alle necessità delle aziende nella gestione di documenti importanti, come il salvataggio istantaneo, la possibilità di condividerlo e averlo a disposizione in ogni istante; la virtualizzazione risponde a queste esigenze, consentendo la suddivisione delle risorse hardware di un singolo computer (processori, memorie, storage, ecc.) in più computer virtuali, definite tecnicamente virtual machine; oggi è una prassi standard dell'architettura IT.
5. *Cloud computing*: attraverso la virtualizzazione di cui è appena stato parlato, si ha una erogazione di un servizio da parte di un fornitore on demand tramite l'uso di internet. Ne fanno parte strumenti di sviluppo, applicazioni aziendali, servizi di calcolo, storage dei dati e soluzioni di networking: è una sorta di affitto dell'IT che evita l'acquisto; invece, di investire pesantemente in database, software e hardware, le aziende scelgono di sfruttare le loro capacità e pagare quanto utilizzano.

6. *Tecnologia mobile*: studi condotti da una equipe del Politecnico di Milano hanno evidenziato come oltre 32 milioni di italiani usano ogni mese dispositivi mobili come smartphone per collegarsi a Internet, ovvero l'82% della popolazione online; secondo Groupon invece, in un campione di 2000 cittadini britannici, ogni utente passa in media 52.560 sullo smartphone all'anno, che corrispondono a 36,5 giorni. Ormai il mobile ha sorpassato di gran lunga il pc da scrivania; i programmi creati dagli sviluppatori sono sempre più compatibili alla visualizzazione da piccoli schermi e questo impatta sull'esperienza utente in maniera concreta e veloce.
7. *Esperienza delle persone*: la digital trasformation deve rispondere non solo alle esigenze dei clienti, ma anche a quelli dei lavoratori in termini di qualità del lavoro e integrazione all'interno del gruppo: sicuramente grazie alla rivoluzione digitale c'è stato uno snellimento drastico dei processi con implementazione della fruibilità. L'uomo deve essere sempre al centro, e i suoi bisogni dovrebbero essere sempre il primo dato da tenere in considerazione per la buona riuscita di un qualsiasi business.
8. *Innovazione*: inteso come visione creativa che concede alle diverse aziende la possibilità di utilizzare le tecnologie presenti sul mercato per applicare un'invenzione o una scoperta. Può riguardare un processo o un prodotto, il quale garantisce risultati o benefici maggiori apportando un progresso sociale; l'innovazione non è limitata solo all'ambito tecnico, ma esiste in qualunque settore e viene spesso legata alla tecnologia sotto forma di progresso tecnico, che a sua volta funge da fondamento del progresso scientifico. La tecnologia, a sua volta, è un dei mezzi più importanti per migliorare condizioni di lavoro o vita in generale, e non un semplice fine.
9. *Trasformazione*: l'innovazione per essere applicata e apprezzata deve naturalmente essere messa in pratica, il che implica una trasformazione vera e propria in base alle esigenze, sviluppando all'interno dell'impresa la capacità a adattarsi ed essere flessibile.

Ne conviene che una trasformazione a livello produttivo deve essere obbligatoriamente accompagnata da un'evoluzione della strategia aziendale, non solo nella riqualificazione della manodopera che deve essere istruita sulle competenze necessarie, ma anche nella prontezza di risposta di una domanda di mercato sempre più mutevole e incostante nel medio-lungo periodo.

Chi decide di applicare una trasformazione digitale deve essere consapevole che il modo di fare affari non può modificarsi immediatamente e con facilità, ma ci deve essere uno spirito di iniziativa nel cambiare la mentalità di ciascuno dei membri dell'organizzazione, in modo tale da creare un ambiente nel quale le

esperienze maturate quotidianamente siano al centro del processo non intaccando l'obiettivo dell'azienda.

1.3. L'Impresa 4.0 e i processi integrati

È proprio dalle premesse e considerazioni fatte finora che si ha la necessità di fornire risposte immediate alla grande sfida proposta dalla quarta rivoluzione industriale: nasce così la progettazione della prima "Fabbrica 4.0", in seguito "industria 4.0", infine "impresa 4.0". Per quanto possa essere differenziata in diversi aspetti, come l'IoT, l'officina che offre servizi personalizzati di fabbricazione digitale (FabLab), o la struttura di record collegati tra loro mediante crittografia (Blockchain), il minimo comune denominatore è la consistente digitalizzazione che collega tutte le unità produttive. Infatti, alla base dell'industria 4.0 c'è l'interconnessione continua tra macchine, dispositivi e soggetti, ovvero una sorta di unificazione delle innovazioni tecnologiche col fine ultimo quello di integrare l'intera filiera produttiva; aspetto da non sottovalutare per non inciampare nel rischio di equiparare la trasformazione digitale alla semplice ed esclusiva adozione di una nuova tecnologia. Ma non bisogna porre limiti all'applicazione alle sole aziende, ma ampliarla all'economia generale, fino ad arrivare alla Pubblica Amministrazione.

Nella produzione non basterà più solamente parlare di IT, ma di sistemi complessi cyber-fisici che hanno la capacità di interagire con la produzione con il mercato grazie all'utilizzo intensivo della rete interne, con controlli in tempo reale dei sottosistemi; tecnologie sempre più intelligenti, interagiscono tra loro sviluppando quello che oggi viene chiamata Intelligenza Artificiale.

Ma che cos'è l'IA? Facendo riferimento a un articolo pubblicato dal Parlamento Europeo "è l'abilità di una macchina di mostrare capacità umane quali il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione e la creatività". Una disciplina che permetta ai sistemi di capire il proprio ambiente e di mettersi in relazione con ciò che percepisce, affrontando i problemi ed agendo verso un obiettivo prefissato. Il computer riceve i dati, inseriti manualmente o raccolti mediante sensori, li processa ed elabora una risposta. Alcune tipologie esistono nella nostra società da almeno 50 anni, ma solo di recente si sono avuti grandi balzi avanti in questa tecnologia, grazie soprattutto per i progressi nel campo dell'informatica e disponibilità di enormi quantità di dati.

Esistono tante applicazioni dell'intelligenza artificiale, come i software per l'assistenza vocale, motori di ricerca, sistemi di riconoscimento facciale e vocale, ma anche quelli definiti d'intelligenza incorporata, che permettono di usufruire di nuove

funzioni (robot collaborativi, veicoli autonomi, droni, ecc.) dalla lettura dei dati e la loro analisi.

Nasce dunque un nuovo approccio al mercato con una nuova impostazione delle aziende, nelle quali il cloud computing sarà di centrale importanza nello stoccaggio, lettura e condivisione dati. Dalla capacità di lettura rapida dei dati, si avrà la possibilità di porre modifiche on line alla produzione, efficienza energetica e decentramento per far fronte alla mega tendenza relativa al cambio climatico e scarsità di risorse che caratterizza il nostro oggi. L'impresa sfrutterà le simulazioni e verifiche virtuali per la produzione, con un incremento della qualità in termini di efficienza, garantita da macchine che mediante i loro software saranno in grado di gestire parametri e matrici numeriche sempre più complesse.

1.3.1. Sharing economy

Ma tutto questo a cosa porta? Nell'era dei social media, una delle parole chiave delle nostre interazioni è la condivisione (sharing) di ogni tipo, dal lavoro, al processo e alle informazioni. Si ha un vasto fenomeno che ridefinisce il sistema di valori e stili di vita, dove il processo è parte integrante di tutto.

Secondo una ricerca svolta dalla PwC, a partire dal 2015 l'Europa ha assistito a una diffusione della collaborazione mediante sharing economy delle imprese dei principali settori come finanza collaborativa, servizi domestici e professionali su richiesta.



Figura 1.: Ricavi e transazioni totali facilitate dallo sharing economy in Europa.
(Fonte PwC)

Questo mercato, dal valore di 28 miliardi di euro, è destinato a sfiorare i 570 miliardi entro il 2025. Si prevede che i ricavi maturati dalle piattaforme nei settori sopracitati potrebbero raggiungere 83 miliardi rispetto i soli 4 del 2017. I servizi di sharing transportation, che rappresenteranno il 40% del mercato nel 2025, sono forse l'esempio migliore per comprendere l'impatto di questi nuovi business contribuendo a ridisegnare il volto del noleggio auto.

Giusto per dare due numeri, questa ricerca ha rilevato che nei principali Stati europei sono state fondate almeno 275 organizzazioni di economia collaborativa; concentrandoci sull'Italia invece, secondo uno studio commissionato da PHD Italia nel 2015, si aveva già un giro di affari pari a 3,5 miliardi con una prospettiva di crescita nel giro di qualche anno del 14%.

Questi nuovi servizi di condivisione hanno effetti sullo stile di vita e consumi dei clienti, ma allo stesso tempo è importante considerare i limiti che rallentano la loro diffusione. La Commissione Europea, per monitorare il grado di diffusione del digitale nei paesi Ue, ha sviluppato il Digital Economy and Society Index 2016 (DESI) il quale comprende i profili nazionali che sostengono gli Stati membri nell'individuazione dei settori che richiedono un'azione prioritaria, che confina l'Italia alla diciottesima posizione fra i 27 Paesi. Nel nostro Paese sono principalmente i Millennial ad utilizzare i servizi di sharing economy, ovvero i giovani appartenenti alla fascia d'età compresa tra i 27 e i 42 anni, i quali hanno sviluppato una cultura dell'accesso ai beni e servizi più che al possesso di questi, a causa soprattutto della crisi e i tanti cambiamenti sociali che han creato più attenzione al risparmio e alla convenienza. Per questo motivo alcuni servizi come quelli del car sharing trovano meno resistenza tra i giovani favorendone la diffusione, al contrario rispetto la generazione X precedente: infatti per avere una crescita sostanziale e raggiungere il momento in cui si origina un cambiamento completo del modello di business precedente (digital disruption) dovrebbero diffondersi a tutte le fasce d'età così da poter portare un valore compreso tra lo 0,7% e l'1,3% del PIL nel 2025 sul mercato.

Secondo una ricerca condotta da Ipsos e commissionata da Airbnb e Blablacar, in Italia 6 italiani su 10 sono propensi ad avvicinarsi a questo modello di consumo, anche se solamente l'11% lo ha realmente fatto. I settori più interessanti risultano essere la mobilità e gli alloggi, mentre nel settore professionale cresce la condivisione di spazi con il coworking che si traduce in sinergie professionali e nuove opportunità.

Sono dunque l'innovazione e il digitale i due capisaldi dell'industria di oggi, con processi reingegnerizzati da un lato e una logica sharing economy dall'altro; dal loro incontro si origina il grande progetto Industria 4.0, sfida che permette di essere competitivi e performanti all'interno di un'economia che si evolve sempre più velocemente.

CAPITOLO 2

2.1. I nove pilastri del progresso tecnologico: la modifica della fisionomia manifatturiera

Nel 2015 un report pubblicato dalla società Boston Consulting Group descriveva i mutamenti caratterizzanti l'espansione tecnologica all'interno dell'industria, la quale, ha esponenzialmente aiutato il mondo del lavoro a progredire puntando in maniera considerevole sulla qualità della routine giornaliera col fine di amplificare la produzione, e quindi, i guadagni.

Numerose aziende con l'avvento della quarta rivoluzione industriale hanno apportato sostanziali modifiche nella propria fisionomia, tenendo il passo col progresso in continua crescita e alla tecnologia innovativa che sembra non subire rallentamenti. Benché alcune imprese non si sentano pronte per effettuare la transizione al 4.0, altre han puntato sulla modernizzazione trasformando la loro ottica tradizionalista in una visione di integrazione, che scommette sulla tecnologia puntando all'abilitazione di sistemi cyber fisici in grado di creare connessioni a livello di tutti i processi interni aziendali e lungo l'intera supply chain.

In questa transizione, sensori, macchine, pezzi e sistemi IT interagiscono tra loro sfruttando protocolli standard basati su Internet e analisi dei dati per attuare azioni preventive, di configurazione e adattamento ai cambiamenti. L 'industria 4.0 consente di raccogliere e analizzare i dati tra le macchine, permettendo ai processi di essere più veloci, flessibili ed efficienti nella produzione di beni a costi ridotti. Ciò promuove la crescita industriale, modificando il profilo dell'economia e la competitività tra aziende.

All'interno di questo capitolo saranno descritti i nove pilastri tecnologici che sorreggono l'industria 4.0 e le concedono vantaggi tecnici ed economici per i produttori e fornitori di apparecchiature di produzione.

Tenendo fede a quanto preannunciato nel paragrafo 1.1.4., e confermato dal Piano Nazionale industria 4.0, le tecnologie Abilitanti rientrano in 9 macrocategorie:

1. Advanced manufacturing solution
2. Additive manufacturing
3. Augmented reality
4. Simulation
5. Horizontal/Vertical integration
6. Industrial internet of things
7. Cloud

8. Cybersecurity
9. Big Data and Analytics

Molti di questi progressi sono già applicati nella produzione, ma con l'industria 4.0 si trasformano ulteriormente creando celle isolate ed ottimizzate connesse al flusso di produzione in maniera integrata mediante l'automazione.

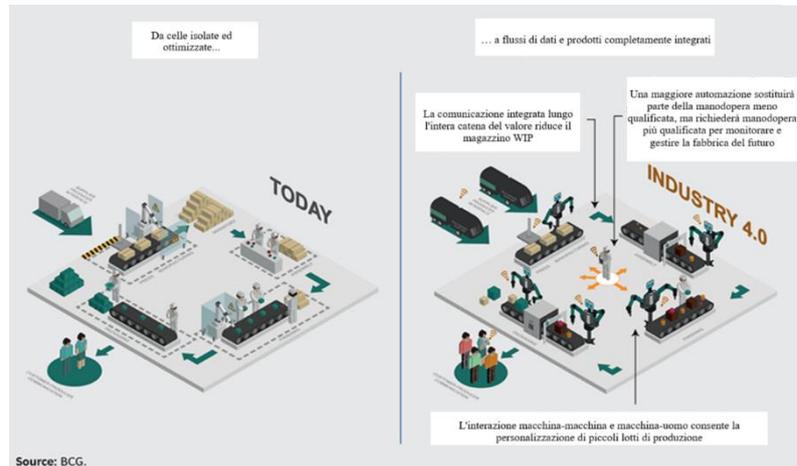


Figura 2.: Come l'Industria 4.0 cambia le relazioni manifatturiere tradizionali
(Fonte: Boston Consulting Group)

2.1.1. Advanced manufacturing solution

Questa prima categoria comprende il gruppo di tecnologie formate da diverse macchine o sistemi che si possono connettere tra loro e implementare il controllo da remoto. La componente principale è rappresentata dalla Robotica Collaborativa o Robotica Autonoma Industriale, che vede la condivisione di uno spazio di lavoro tra uomo e robot in modo sicuro ed efficiente, grazie in particolare all'intelligenza artificiale delle macchine in grado di percepire lo spazio circostante. L'applicazione dei robot nelle fabbriche certo non è nuova, ma col progresso tecnologico oggi presentano miglioramenti evolutivi notevoli. I nuovi robot sono autosufficienti, autonomi, interattivi e costituiti in ottica di unità integrata di lavoro che funziona al fianco della forza lavoro umana. Alla fine, interagiranno tra loro e lavoreranno in qualunque condizione, raggiungendo costi inferiori e una differenziazione prototipale più ampia rispetto a quelli usati oggi.

“I Robot attuali vengono essenzialmente classificati in due categorie:

- Robot non autonomi: macchine gestite da un software che le dà indicazioni su ogni aspetto riguardante le operazioni da compiere; possono anche essere gestiti direttamente dall'uomo tramite sistemi di controllo da remoto. Nel primo caso ne sono un esempio i sistemi applicati in ambito industriale, attivi sulle linee di montaggio, mentre i Secondi possono essere rappresentati dai droni controllabili a distanza.

- Robot autonomi: risultano essere macchine in grado di percepire, tramite sensoristica, il contesto in cui si trovano e in funzione della programmazione e situazione prendere decisioni. Questa capacità è il risultato di diversi sistemi di apprendimento, tra cui quelli basati sul machine learning e tecniche di intelligenza artificiale. Qui il software non agisce in maniera deterministica, ma consente un autoapprendimento grazie ai dati rilevati che gli regolano il comportamento in maniera dinamica.” (La Trofa, 2023)

“Naturalmente nella letteratura sono presenti altre forme di classificazione; per esempio, è anche possibile differenziare i robot in base alla generazione e funzionalità connessa. Vengono chiamati Robot di Prima Generazione, tutte quelle macchine non autonome in grado di svolgere solamente sequenze di operazioni stabilite a prescindere dall’azione di controllo dell’uomo; vengono delineati all’interno della Seconda Generazione, le macchine autonome capaci di rilevare i dati dall’ambiente e prendere decisioni grazie ai sistemi di apprendimento automatico; infine rientrano nella Terza Generazione le macchine autonome dotate di sistemi di intelligenza artificiale, che sviluppano autonomamente algoritmi di apprendimento e verificano la loro coerenza rispetto alle operazione da eseguire. “(La Trofa, 2023b)

“Il livello di autonomia e generazione di appartenenza costituiscono informazioni utili per identificare una tipologia di robot, ma non per descriverne il funzionamento e relativa utilità. I robot vengono convenzionalmente costituiti da quattro strutture funzionali, che lavorando in maniera sinergica garantendo la corretta operatività nei sistemi complessi; sono pertanto distinguibili

- Unità meccanica: tutti gli apparati che permettono al robot di compiere operazioni da una postazione fissa piuttosto che spostandosi nello spazio. Come, per esempio, le sequenze di bracci e nodi che costituiscono il corpo del Robot, che presentano una base fissa da cui si articolano elementi snodabili, in corrispondenza del quali viene collocato uno strumento terminali utili allo svolgimento dell’operazione.
- Unità sensoriale: sistema di sensori capace di rilevare i dati dal contesto ambientale per trasmetterli ad una struttura di governo dotata di unità computazionali; i sensori possono essere propriocettivi oppure esteroceettivi, a seconda che percepiscono l’interno o l’esterno della struttura.
- Unità di controllo: insieme di attuatori che attivano il robot, componenti capaci di connettere la percezione con l’azione.
- Unità di governo: sistemi di memorizzazione e computazione dei dati utili alla programmazione, calcolo e verifica delle attività del

robot. La struttura di governo coincide solitamente con l'hardware e software, essenziali per il funzionamento della macchina.” (La Trofa, 2023c)

Tra le proprietà di un sistema meccanico ritroviamo i gradi di libertà, i quali esprimono il livello di complessità tecnologica di un robot per quanto concerne il movimento. Un robot è definito in fisica come una catena cinematica aperta di corpi rigidi connessi da giunti, che possono essere di natura rotoidale o prismatica. Il numero dei gradi di libertà corrisponde al numero di variabili necessarie per la definizione della posizione nello spazio; nel caso dei manipolatori semplici, i gradi di libertà possono essere limitati a sei. Il computo complessivo considera la somma dei gradi di libertà di ogni suo componente. (“Robotica: cos’è, come funziona e quali sono le applicazioni”)

Basandoci sui vari percorsi di innovazione, nel corso degli anni la robotica si è diffusa in molti ambiti differenti tra loro, trovando forme di specializzazione verticali sempre più specifiche. La robotica presenta un denominatore comune tecnologico che permette ai produttori di essere attivi su più fronti; ma ciò che crea differenza è il software, il quale determina le modalità e l'autonomia nella risoluzione delle esigenze di ogni applicazione. I rami di applicazione sono diversi, ma in questo paragrafo mi limiterò a parlare di quelle categorie caratterizzanti l'industria manifatturiera.

“Per comprendere al meglio il ruolo di un robot in una fabbrica risulta utile la definizione fornita dal Robot Institute of America: “un robot è uno strumento multi-funzionale riprogrammabile, realizzato con il preciso scopo di spostare, aggiungere, rimuovere oggetti come materiali, parti ed attrezzi attraverso movimenti che vengono programmati anteriormente”. Questa visione esprime l'azione di un robot non autonomo, attualmente il più diffuso nel contesto di industria, ma va precisato che l'industria 4.0 sta agevolando in maniera non trascurabile anche la diffusione di sistemi autonomi.” (La Trofa, 2023d)

- **Robotica Collaborativa**

I robot collaborativi, definiti anche Cobot, hanno trovato spazio all'interno dei reparti produttivi molto rapidamente e con successo. Nonostante in passato fu accolta con scetticismo tra le varie tecnologie emergenti, oggi ricoprono un segmento della robotica che cresce esponenzialmente divenendo una fonte inesauribile di nuove opportunità per integrare l'automazione nella fabbrica intelligente. Dai dispositivi costruiti per il sollevamento di pesi in maniera sicura

ma privi di movimento autonomo, alla comparsa dei primi Cobot dotati di sistemi di visione integrata per evitare ostacoli.

“Nel 1999, venne data la prima definizione di Cobot in un brevetto statunitense registrato con “apparato e metodo per l’intelligenza diretta tra una persona e un manipolatore generico controllato da un computer”, risultato della General Motors per applicare la robotica nel settore automobilistico; queste macchine, che oggi vengono definiti dispositivi di assistenza intelligente o IAD, potevano muoversi in un ambiente non ingabbiato per aiutare i lavoratori nelle operazioni di assemblaggio senza fonti interne di alimentazione del movimento.

Nel 2004, una azienda pioniera della robotica in Germania, rilasciò un modello di cobot leggero dotato di alimentazione del movimento propria (KUKA, modello LBR3). Nel 2008 la Universal Robot rilasciò una macchina in grado di lavorare in maniera sicura accanto a qualunque forza lavoro, eliminando la necessità di gabbie o barriere protettive. Questo nuovo robot aprì l’era dei robot collaborativi e flessibili, facili da usare ed economicamente convenienti, offrendo anche alla PMI la possibilità di automatizzare i loro stabilimenti senza il bisogno di grossi investimenti o ammodernamento drastico degli impianti.” (Hand & Hand, 2021)

“Oggi il mercato di questa categoria fa registrare una crescita annuale del 50% e si prevede negli anni a venire ricavi per diversi miliardi di dollari. Bisogna però puntualizzare sul fatto che, nonostante si sviluppino molto velocemente, per la maggior parte degli impianti di produzioni è ancora difficile prevederne l’applicazione; necessitano infatti di alcune caratteristiche ricercate dalle realtà manifatturiere, come la manualità raffinata e capacità di prendere decisioni istantanee per evitare ostacoli alla produzione. Per risolvere tali problematiche, i leader del settore stanno sviluppando processori più veloci e sistemi di visione integrata da applicare alle macchine; così da poter elaborare i dati planimetrici e generare un controllo del movimento ad oggi irraggiungibili dalle soluzioni tradizionali che si basano su hardware di vecchia generazione. Infatti, le soluzioni tradizionali, si limitano semplicemente a fermarsi quando rilevano un ostacolo, come per esempio il braccio di un operatore, mentre quelli innovativi riescono ad aggirarlo e a trovare il percorso migliore senza interrompere l’attività; la maggiore sensibilità agli ostacoli permette a diversi Cobot di lavorare insieme in maniera indipendente, eseguendo diversi lavori senza mai entrare in collisione, combinando la necessità di sicurezza con la possibilità di operare a piena velocità.” (Hand & Hand, 2021b)

- **Robotica Autonoma**

“In un ambito di applicazione industriale la robotica non costituisce una novità, in quanto le sue manifestazioni risalgono ormai agli anni Settanta. I robot attualmente più diffusi sono orientati ad automatizzare un processo ripetitivo, sostituendo l’uomo in un quel determinato frangente, ma quelli di nuova concezione adottano logiche della industria 4.0 che vede i dispositivi interconnessi e funzionalmente autonomi. Tra gli obiettivi di questo paradigma vi è la diffusione dei robot capaci di apprendere e decidere in maniera autonoma grazie alla presenza di reti neurali e alla capacità di scrivere un proprio algoritmo necessario per supportare le loro operazioni.” (La Trofa, 2023e) Ad oggi un robot autonomo intelligente è in grado di acquisire autonomia grazie a sensori e mediante la interconnettività, può apprendere attraverso l’esperienza e l’interazione, svolgere un supporto di tipo fisico adeguando le azioni in base al contesto ambientali in cui si trova.

“Nell’ultimo decennio, grazie ai progressi tecnologici, questi tipi di macchine sono in grado di apprendere e prendere decisioni quasi indipendenti, con rilevanti conseguenze sotto il punto di vista della responsabilità giuridica connessa alla possibile azione nociva di un robot. La maggiore autonomia è direttamente proporzionale al considerarli strumenti nelle mani di altri attori; l’accento, infatti, si pone sulla comprensione del punto in cui le regole ordinarie in materia di responsabilità siano sufficienti e applicabili al contesto. “(Piro & Piro, 2018)

In termini più generali, si può però affermare che la robotica 4.0 è maggiormente usata per operazioni di monitoraggio, acquisizione ed analisi dati, simulazione, diagnostica e manutenzione predittiva.

Esempio: Robot Mobili Autonomi

Dalle attività ripetitive in fabbrica fino alle attività nei campi di agricoltura, logistica, alberghiero e altri, l’uso di questa tipologia di robotica autonoma sta cambiando il modo di fare impresa, attuando processi innovativi per migliorare l’efficienza operativa, aumentare la velocità di applicazione e garantire elevati livelli di precisione e sicurezza. Un Robot mobili autonomo (AMR) è una tipologia di robot in grado di comprendere il suo ambiente e spostarsi al suo interno in maniera autonoma; differiscono dai veicoli a guida autonoma (AGV) perché non fanno affidamento a tracciati o percorsi definiti, ma sfruttano sensori, AI, apprendimento automatico computing per pianificare i percorsi ottimali senza alimentazione cablata.

Essendo dotati di videocamere e sensori, se rilevano un ostacolo inatteso durante la navigazione dei loro ambienti applicheranno una tecnica di prevenzione delle collisioni per rallentare, spostarsi e

deviare il percorso intorno all'oggetto per poi continuare la loro attività.

“La robotica può veramente cambiare il modo di produrre e concepire il lavoro degli operatori nei processi di assemblaggio e controllo qualità; l'obiettivo è ridurre i compiti ripetitivi ed usurati per i lavoratori, spostando la loro attenzione e capacità su compiti più strutturati e a maggior soddisfazione personale.” (Menegatti & Menegatti, 2022)

Riuscire a progredire nella robotica e nell'AI, con la costituzione di una nuova generazione di robot intelligenti in grado di adattarsi e riconfigurarsi in base alle esigenze e presenza di operatori, permetterà di realizzare sempre di più lo scenario di Industria 4.0 e garantire l'operatività anche in situazioni sfavorevoli per l'uomo.

2.1.2. Additive manufacturing

In ambito industria 4.0 la stampa 3D è una delle tecnologie più dirompenti in grado di potenziare e stravolgere i tradizionali paradigmi produttivi. Secondo il documento Standard Terminology for Additive Manufacturing- Coordinate System and Test Methodologies, le tecnologie additive rappresentano “i processi che aggregano materiali al fine di creare oggetti partendo dai loro modelli matematici tridimensionali, solitamente per sovrapposizione di layer e procedendo in maniera opposta a quando avviene nei processi sottrattivi (o da asportazione di truciolo)”. Il panorama applicativo di questa tecnologia è complementare a quello delle tradizionali, le macchine utensili per asportazione o deformazione; sono ampiamente usati per la produzione di modelli fisici, prototipi, componenti, attrezzature e prodotti di vario genere, impiegando diverse tipologie di materiali: polimeri, metalli, ceramiche e materiali compositi.

Il processo di produzione additiva ha come input la realizzazione di un modello dell'oggetto tramite progettazione CAD, a cui segue un processo quasi automatico di conversione del file in formato STL (Standard Triangulation Language) che converte il modello di tipo solido in un modello di tipo shell, la cui superficie esterna viene approssimata attraverso triangoli di diverse dimensioni in modo da seguire il profilo del modello. L'uso di questo formato pone molti problemi, ma grazie alla diffusione di software correttivi è il più diffuso e affidabile nell'ambito della fabbricazione additiva. Il risultato prevede la scomposizione dell'oggetto in strati, chiamati Layer, stampabili mediante le macchine. Sovente a valle del

processo, in base alla finalità d'uso dell'oggetto, può essere associata una attività di post-produzione, per ottenere adeguati livelli di finitura e proprietà meccaniche del manufatto. Uno dei punti di forza di questa tecnologia è sicuramente la possibilità di realizzare in unico processo di stampa oggetti che, tradizionalmente, sono realizzati come singoli componenti da assemblare in un secondo momento. “Certo, vanno rivisti i tradizionali approcci progettuali al fine di sfruttare i gradi di libertà offerti da questa tecnologia, tramite approcci innovativi di progettazione che prevedano la generazione del pezzo a partire dalla missione cui è destinato contrapponendosi al classico approccio che vede una geometria definita prima e verificata dopo mediante calcoli e prototipi. Si tengono in considerazione i vincoli del processo additivo, mediante un approccio di Design for Additive, che consideri le necessità di sostenere parti a sbalzo durante la realizzazione, i materiali disponibili, impossibilità di fare fori di diametro troppo piccolo ecc. “(Canna, 2018)

Il primo brevetto fu depositato negli anni Ottanta, da Chuck Hull, tutt'ora chief technology officer di una delle aziende leader sul mercato delle stampanti industriali; il primo modello lanciato fu una stampante stereolitografica, la quale grazie all'ausilio di una lampada UV permette la solidificazione di fotopolimeri strato dopo strato. Nel 1989 si arriva ad un nuovo brevetto di Carl Deckard, il quale registra il processo di sinterizzazione selettiva (Selective Laser Sintering), che tramite un fascio laser tra i 200 e 400 KW, porta a fusione la polvere di metalli. Nel 1992 viene realizzata da Scott Crump la prima stampante Fused Deposition Modeling, la quale mediante l'utilizzo di un filamento di polimeri riscaldato e fatto passare in un ugello crea l'oggetto per stratificazione. Negli anni 2000 si ha una evoluzione che permette la creazione di componenti finali, con un incremento pari al 55% di macchinari installati. Ad oggi, il settore delle tecnologie additive è in rapidissima evoluzione per questo è difficile delineare uno stato dell'arte consolidato, tranne che per i processi base impiegati in diversi campi come aerospaziale, medicale, automotive e gioielleria.

Tra i diversi aspetti che offre questa tecnologia possiamo ritrovare:

- A livello di processo, per la produzione di oggetti viene usata una singola macchina che permette la creazione di forme illimitate senza il bisogno di attrezzature e dispositivi di bloccaggio; si ha un singolo step produttivo con un primo e contenuto intervento dell'operatore. I tempi e i costi sono funzione della dimensione e non della complessità geometrica del pezzo: se la produzione tradizionale è caratterizzata da bassi costi legati al design e una diretta

proporzionalità tra costo e complessità dell'oggetto, con l'additive manufacturing a fronte di un costo maggiore legato alla progettazione del design, mantiene una stabilità senza incrementi: geometria del pezzo non incide sul costo. Tra gli svantaggi è giusto però sottolineare i limitati volumi produttivi di pezzi con dimensioni contenute, soprattutto in funzione della macchina; presenta inoltre una velocità di lavorazione non elevata e con un numero ristretto di materiali.

- A livello di prodotto invece, tra i vantaggi si riscontra la libertà nella progettazione di un design ergonomico che crea nuove generazioni di prodotti free formig e near net shape (realizzare parti con forma vicina a quella finale); vengono realizzati oggetti ibridi che integrano parti realizzate mediante additive con altre prodotte tramite tecnologie differenti, col fine di alleggerirli, aumentare le prestazioni e renderli più sostenibili. Sono strutture leggere anche di forme complesse che spesso richiedono in fase di stampa la necessità di supporti e trattamenti post-lavorazione per la finitura superficiale scarsa. È presente una grande varietà di materiali in commercio (come i materiali ceramici, polimerici, metallici ed organici) adatti a questa tecnologia, ma con costi decisamente sostenuti.

In realtà, gli aspetti positivi di questa tecnologia sono anche riconducibili a tematiche di natura gestionale e legate a obiettivi delineati dal Piano Industria 4.0 e più in generale, la transizione del manifatturiero verso la manifattura digitale, come la richiesta di prodotti a impatto zero, mass customization e servitizzazione (aspetti che saranno approfonditi nei prossimi capitoli); questi sono tra i principali input che portano a una totale riprogettazione dei prodotti. In particolare, devono diventare leggeri per avere elevati livelli di efficienza energetica con impiego di materiali più sofisticati e smart per integrare funzioni informatiche che consentono l'acquisizione di dati riguardanti performance. La transizione al digitale impone al settore manifatturiero di allontanarsi da alcuni suoi paradigmi tradizionali, per dar vita a nuovo concetto di produzione: la fusione delle tecnologie di lavorazione con quelle informatiche per effettuare progettazione e simulazione di prodotti, processi e sistemi. Queste nuove necessità portano al distacco quindi dal design for manufacturing tradizionale e ci porta a cambiamenti della sequenza produttiva del prodotto riscontrabili nella fabbricazione additiva, come:

- Riduzione attrezzature e tempo ciclo del prodotto, con impatto su flessibilità di processo e time to market;
- Riduzione delle fasi di assemblaggio;
- Riduzioni di scarti e sfridi di lavorazione;

- Miglioramento di altri processi industriali permettendo la realizzazione di attrezzature efficienti;
- Ottimizzazione della produzione just in time;

Inoltre, è giusto ricordare che le tecnologie additive sono per natura digital; infatti, la generazione del prodotto è completamente gestita in maniera informatizzata.

Ma quali sono le principali tipologie e tecnologie di manifattura additiva? Prima di rispondere a questa domanda è necessario procedere con una classificazione delle principali tipologie di tecniche; ritroviamo diverse forme di classificazione, una di queste vede la suddivisione dei vari processi additive in base al tipo di materiale (polimerico, metallico, organico, ecc) e a sua volta allo stato fisico dei materiali da utilizzare. Per esempio, per quanto riguarda i polimeri, riscontriamo:

1. Materiale in polvere: Selective Laser Sintering, 3 Dimensional Printing e Multijet Fusion;
2. Materiale liquido: Drop On Demand (stampa a getto) e tecnologie che sfruttano la fotopolimerizzazione come la Stereolitografia;
3. Materiale solido: Fused Deposition Modelling (estrusione);

“Ma è anche possibile delineare, a seconda del tipo di processo, sette famiglie differenti di tecnologie:

- *Estrusione*: il materiale viene portato allo stato pastoso e distribuito mediante ugello sulla piattaforma di lavorazione;
- *Jetting*: il materiale viene distribuito in maniera selettiva sulla piattaforma sottoforma di goccioline per creare i layer;
- *Binder jetting*: tramite la somministrazione di un componente legante liquido viene creato l’oggetto;
- *Sheet lamination*: il manufatto viene creato tramite l’unione di fogli sagomati;
- *Fotopolimerizzazione*: sfruttando la solidificazione selettiva di un polimero allo stato liquido mediante radiazioni create da sorgenti luminose;
- *Power bed fusion*: un flusso di energia concentrato, in genere creato da un laser o fasci di elettroni, fonde localmente uno strato di polvere;
- *Direct energy deposition*: un laser fornisce energia per fondere il materiale, nel momento stesso in cui esso viene depositato per costruire il pezzo;” (Canna, 2018b)

Essendo lo scopo di questo paragrafo illustrare le principali tecnologie abilitanti per l’industria 4.0, di seguito saranno descritte nel dettaglio solo alcune tecniche per la produzione additiva, col fine

di dare l'idea del loro funzionamento e vantaggi che offrono concretamente.

- **Selective Laser Sintering**

Questa tecnologia è stata sviluppata e brevettata per la prima volta durante gli anni '80 presso l'università del Texas ad Austin. Vengono usati come materiali di produzione polveri con granulometria controllata che vengono depositate in uno strato uniforme; successivamente mediante l'applicazione di energia termica fornita da un fascio laser ad alta potenza e deviata da un sistema di movimentazione basato su galvanometri, si ha la sinterizzazione delle polveri localmente. Il laser fonde selettivamente seguendo una descrizione digitale 3D della parte. Dopo che ogni sezione trasversale è stata scansionata, il letto di polvere viene abbassato di uno spessore grazie a un pistone inserito sotto la piattaforma di lavoro, un nuovo strato di materiale viene applicato sulla parte superiore tramite un rullo e il processo viene ripetuto un numero di volte tali da garantire la formazione del manufatto. La macchina preriscalda il materiale distribuito nel letto di polvere a una temperatura al di sotto del suo punto di fusione; questo avviene principalmente per facilitare la fusione delle particelle, garantendo una riduzione della viscosità e creazione di un ponte radiale concavo tra esse noto col nome di necking, e per evitare il fenomeno del ritiro di solidificazione.

I sistemi in genere operano in copertura di azoto per evitare ossidazioni del materiale; una volta che la lavorazione è giunta al termine, la polvere inutilizzata che circonda il pezzo viene aspirata manualmente e viene effettuata una pulizia accurata.

La qualità delle strutture stampate dipende da diversi fattori, come le dimensioni e forme delle particelle di polvere, la densità, rugosità e porosità; inoltre, la distribuzione delle particelle e le loro proprietà termiche influiscono molto sulla fluidità della polvere. I materiali disponibili in commercio per questa tecnologia sono diversi ma limitata a polimeri come poliammidi, poliesteri, elastomeri termoplastici e il PEAK. Il policarbonato è un materiale di molto interesse per SLS grazie alla sua spiccata tenacità e stabilità termica, anche se questi polimeri amorfi lavorati in genere tendono a produrre parti con proprietà meccaniche ridotte.

La SLS è ampiamente usata in diversi settori grazie alla sua capacità di realizzare geometrie complesse con un minimo sforzo; tra le applicazioni più comuni ritroviamo la prototipazione all'inizio del ciclo di progettazione, ad esempio per i modelli di microfusione, ma anche per la produzione di parti di uso finale in ambiti aerospaziale, militare, medico ed elettronico.

Tra i diversi vantaggi citabili, ritroviamo sicuramente la buona resistenza chimica e rigidità, con varie possibilità di finitura; il letto di polvere sinterizzato è completamente autoportante; dunque, non necessita di supporti neanche per le geometrie più complesse; grazie alle proprietà meccaniche affidabili, le parti prendono sovente il posto di materie plastiche per stampaggio ad iniezione. Tra gli svantaggi ritroviamo invece la porosità che spesso porta all'applicazione di metodi post-elaborazione come rivestimenti in ciano-acrilato o tramite pressatura isostatica a caldo, inoltre le parti create presentano una resistenza meccanica inferiore rispetto a oggetti creati mediante fusione totale come lo stampaggio a iniezione.

- **Selective laser melting**

Questa tecnologia, anche conosciuta con l'acronimo SLM o DMLS, è impiegata nella produzione di parti in metallo a partire da un letto di polveri fuse per mezzo di un laser con fotoni coerenti ad alta potenza concentrata. Il suo funzionamento è simile alla tecnologia SLS, dalla quale differisce per il materiale di stampa. Per questa tecnica si impiegano polveri realizzate tramite un processo di micronizzazione, che porta alla creazione di grani sferici e con una granulometria costante, caratteristiche perfette per una maggiore distribuzione in fase di stesura dello strato; i materiali più usati sono polveri di alluminio, rame, tungsteno, titanio, leghe di acciaio o cromo-cobalto che permettono una fusione completa con minimi livelli di porosità e massima densità nell'oggetto.

A partire da leghe fuse si ottengono sfere grazie a un trattamento tramite gas atomizzatore (in genere cationi di Argon ad alta pressione), le quali vengono setacciate e divise per diametro.

Come accennato in precedenza, l'energia termica necessaria alla fusione è fornita da una sorgente laser che sfrutta come mezzo attivo la CO_2 oppure una fibra di itterbio e alluminio drogato. L'energia è sufficiente a rifondere una porzione di struttura in precedenza solidificata, garantendo aderenza tra gli strati; grazie a questa rapida fusione-solidificazione a temperatura ambiente, le caratteristiche meccaniche/metallurgiche di queste leghe si dimostrano migliori di quelle ottenute con metodi tradizionali. I forti gradienti termici innescano nello strato solidificato delle dilatazioni termiche cicliche e contrazioni che superano la massima deformazione elastica del materiale, portando alla creazione di strutture con grani piccoli e fini; le proprietà meccaniche delle leghe prodotte con questa tecnologia possono differire da quelle fabbricate convenzionalmente nel loro stato as-built: un elemento centrale è l'anisotropia, data da un sostanziale allungamento dei grani nella direzione di costruzione;

per contro, l'anisotropia strutturale è associata a quella dei difetti (creazione di tensioni interne, con comparsa di crepe durante il processo di costruzione) e possibilità di ritiro del materiale. Per questo sono necessari supporti per parti in sottosquadro e l'utilizzo di strati di materiale sottili con granulometria fine.

Le macchine SLM all'interno dell'area della camera di costruzione possiedono una piattaforma di erogazione del materiale e una di costruzione dotata di una lama o un rullo, utile per la distribuzione uniforme della polvere attraverso la piattaforma di costruzione. La camera contiene un'atmosfera altamente controllata di gas inerte, argon o azoto a livelli di ossigeno inferiori a mille parti per milione; una volta che ogni strato è distribuito, ogni fetta 2D della geometria della parte viene fusa. Il raggio laser è diretto nelle direzioni X e Y con due specchi di scansione ad alta frequenza e rimane a fuoco lungo lo strato utilizzando una disposizione delle lenti F-Theta. Le parti dell'oggetto vengono costruite in modo additivo strato per strato, in genere utilizzando strati di 30-60 micrometri di spessore.

SLM risulta essere un processo in rapido sviluppo che viene implementato sia nella ricerca che nell'industria: le applicazioni più adatte sono geometrie e strutture complesse con pareti sottili e vuoti o canali nascosti; i vantaggi possono essere ottenuti quando si producono forme ibride in cui parti solide e parzialmente formate possono essere fatte insieme per creare un singolo oggetto.

Le tecniche di produzione tradizionali, come stampaggio per iniezione, forgiatura e microfusione, hanno un costo di allestimento relativamente elevato, mentre questa tecnologia ha attualmente un costo elevato solamente per quanto riguarda l'apparecchiatura che viene facilmente ammortizzato grazie alla quantità di pezzi personalizzabili producibili; viene inoltre usata per produrre parti dirette per una varietà di settori, tra cui quello aerospaziale, dentale, medico e altri settori che trattano oggetti di piccole dimensioni, altamente complessi e nell'ambito manifatturiero per la produzione di inserti da utensili che richiedono tempi di consegna estremamente brevi.

La tecnologia viene usata sia per la prototipazione rapida, riducendo i tempi di sviluppo per i nuovi prodotti, ma anche per la produzione definitiva. I componenti costruiti strato per strato possono presentare un numero di parti inferiori rispetto al tradizionale, essere quindi più economici e resistenti grazie alla poca porosità e maggior controllo della struttura cristallina.

- **Stereolitografia**

Nota anche come fotopolimerizzazione in vasca o stampa in resina (SLA), è una tecnologia di stampa 3D impiegata principalmente

nella produzione di modelli e prototipi tramite processi fotochimici che si basano sulla fotosensibilità di monomeri e oligomeri, i quali a causa della luce, formano polimeri reticolari solidi.

La stampa SLA fu creata nel 1980 da Hideo Kodama, inventore del primo processo di stereolitografia che sfruttava luce ultravioletta per trattare polimeri fotosensibili; nel 1984 Chuck Hull depositò il primo brevetto per questo processo, il quale riguardava la creazione di oggetti tridimensionali stampando successivamente strati sottili composti da materiali sensibili alla luce ultravioletta, a partire dallo strato inferiore, contenuti in una vasca riempita con fotopolimeri allo stato liquido. Il fascio focalizzato sulla superficie di questo contenitore innesca un processo di reticolazione che porta alla creazione di legami intermolecolari nei polimeri. Dopo che il brevetto fu concesso nel 1980, Hull co-fondò la prima società di stampa 3D al mondo per commercializzarlo: la 3D Systems.

Ma come funziona nel dettaglio questa tecnologia? Con l'aiuto di un software di produzione assistita dal calcolatore CAD/CAM, il laser UV viene sfruttato per creare un disegno o una forma pre-programmata sulla superficie della vasca fotopolimerica. I fotopolimeri sono molto sensibili alla luce ultravioletta, quindi la resina viene solidificata fotochimicamente; la piattaforma di costruzione si abbassa di uno strato e una lama va a ricoprire la parte superiore del serbatoio contenente la resina. Questo processo viene ripetuto per ogni livello dell'oggetto, fino al suo completamento. Esiste anche un processo bottom-up, il quale basa la stampa abbassando la piattaforma di costruzione per toccare il fondo della vasca riempita di resina per poi spostarsi verso l'alto dell'altezza del recipiente in seguito; il laser UV delinea lo strato più basso dell'oggetto attraverso il fondo trasparente della vasca e con successive scosse flette e stacca il materiale dal fondo, il quale rimarrà attaccato alla piattaforma della stampante permettendo al fotopolimero liquido di fluire sui bordi della parte parzialmente costruita. A questo punto il laser procederà alla solidificazione del secondo strato, e il processo si ripete.

La stereolitografia richiede l'uso di strutture di supporto create automaticamente durante le preparazioni dei modelli CAD, che si attaccano alla piattaforma di costruzione per prevenire una deflessione dovuta alla gravità. Le parti completate, una volta che il processo è ultimato, devono essere lavate con un solvente per pulire la resina bagnata dalle loro superfici.

Tra gli usi più comuni di questa tecnica ritroviamo la modellazione medica (già dagli anni Novanta) e nella prototipazione, per valutare la progettazione del prodotto o per realizzare modelli master per lo stampaggio ad iniezione.

Il principale vantaggio è la velocità di costruzione, anche se il costo risulta essere sovente elevato.

“Le tecnologie additive stanno prepotentemente uscendo dalla dimensione della prototipazione, andandosi ad affiancare alle macchine utensili in produzioni sempre più industriali. Tuttavia, ad oggi, non è pensabile affrontare una completa sostituzione delle metodiche produttive tradizionali. Le macchine additive e quelle sottrattive sono nella maggior parte delle applicazioni complementari; i prodotti vanno riprogettati, riconsiderando anche le modalità di collaudo e qualificazione di prodotti e processi, con conseguenti nuovi modelli di costo nella filiera differenti da quelli adottati per la manifattura tradizionale. Le normative in grado di descrivere i vari aspetti produttive sono ancora largamente incomplete e le figure professionali skillate a livello operativo e manageriale sono ancora poche. Tuttavia, il rapido sviluppo del settore, unito al grande interesse dei settori industriali, porterà alla soluzione di queste problematiche in un’ottica di medio-breve periodo.” (Canna, 2018c)

2.1.3. Augmented reality

Con il termine realtà aumentata, o realtà mediata dall’elaboratore, viene inteso quel sostegno delle informazioni manipolate e convogliate elettronicamente alla percezione sensoriale umana.

La prima volta che si iniziò a parlare di questa tecnologia fu nel 1968 con un lavoro di Ivan Sutherland, ma solo negli anni Novanta sono nate le prime visioni coerenti ed organizzate per condurre a mondi mediati ed arricchiti dal virtuale.

Gli elementi che “incrementano” (o “impoveriscono”, nel caso sia presente una necessità di maggiore chiarezza sensoriale) la realtà fisica possono essere applicati attraverso dispositivi mobili, di visione, ascolto e manipolazioni che permettono la percezione multimediale di informazioni a chi li governa.

La differenza principale, tra realtà virtuale e realtà aumentata è principalmente artificiosa; infatti, la realtà virtuale porta a situazioni nelle quali i cinque sensi dell’uomo non sembrano essere più presenti o sostituiti, mentre in quella aumentata vengono amplificati per permettere una maggiore interattività e migliore manipolazione del mondo reale. Dunque, la realtà aumentata fa parte della realtà mista: descrive la connessione di ambienti reali con quelli virtuali, come per esempio le macchine e il personale di una fabbrica con dati virtuali provenienti da un’ampia varietà di fonti.

Esistono diverse tipologie di AR, come:

- Realtà aumentata su dispositivo mobile, il quale deve essere dotato di un sistema di posizionamento globale, magnetometro e concedere la visualizzazione di un flusso video istantaneo con ricezione di dati mediante internet. Un esempio può essere il telefonino, che inquadrando l'ambiente circostante, può sovrapporgli alcuni livelli di contenuto, da dati di interesse geolocalizzati a elementi tridimensionali.
- Realtà aumentata su computer, basata sull'uso di marcatori chiamati ARtags riconoscibili dall'elaboratore e sovrapposti mediante webcam in tempo reale a contenuti multimediale; un esempio sono le implementazioni mediante Adobe Flash e HTML5.
- Realtà aumentata senza marker, una evoluzione delle appena citate tecniche, caratterizzata da una maggiore comodità data da una inutilità dei marcatori, che concede piena libertà di movimento.

“Dunque l'implementazione di questa tecnologia risulta essere possibile solo mediante l'applicazione di alcune attrezzature tecniche adeguate, come per esempio il Display head-up (hud), che presenta i dati senza richiedere agli utenti di distogliere lo sguardo dalla loro mansione; oppure un palmare che si adatta alla mano dell'utente; la mappatura della proiezione avviene tramite proiettori digitali che permettono di visualizzare le informazioni grafiche su oggetti fisici aumentandone gli oggetti e scene del mondo reale senza l'uso di display speciali come monitor o dispositivi portatili.”

(contributori di Wikipedia, 2023g, Realtà aumentata)

Molte delle tecnologie relative alla realtà aumentata sono ancora in via di sperimentazione o sono progetti evoluti in direzioni differenti rispetto a quello ipotizzate all'inizio. Un esempio si ha con le HoloLens di Microsoft, caratterizzate da un visore sviluppato in collaborazione con la NASA, progetto aperto a tutti gli sviluppatori che hanno intenzione di contribuire al miglioramento delle potenzialità del progetto tramite l'uso di specifiche API. Ma i progetti per la realtà aumentata non sono limitati alla possibilità di avere informazioni su strade che permettono di raggiungere un posto rispetto a un altro, ma si potranno ottenere traduzioni in tempo reale, visionare dati statistici relativi all'oggetto e situazioni che si analizzano.

I campi applicativi sono diversi, dall'architettura alla progettazione, dal commercio all'interazione sociale; di notevole interesse, e per questo approfondita, risulta essere l'applicazione nella produzione industriale. Qui, infatti, L'AR viene utilizzata per sostituire i manuali cartacei con istruzioni digitali sovrapposte al campo visivo dell'operatore di produzione, riducendone il tempo di applicazione; rende efficiente la manutenzione delle macchine offrendo l'accesso diretto alla cronologia, permettendo contemporaneamente un

aumento della sicurezza all'interno dell'area di lavoro e trasmissione di informazioni aggiuntive sullo stato della macchina e sue pericolosità. Inoltre, L'AR è una tecnologia importante per l'approccio all'Industria 4.0, il quale promuovendo un ambiente industriale incentrato sull'uomo, la si può considerare uno strumento per migliorare e aumentare l'operatività sul campo. All'interno dei diversi settori dell'industria, la gamma di applicazione è ampia, dalla progettazione e produzione, all'operazione di assemblaggio e sistema guida online per gli operatori. Altri ambiti industriali applicativi sono la logistica, all'interno della quale permette la comunicazione in tempo reale delle quantità di prelievo e luoghi, ma anche in ambito qualità, manutenzione, controllo di supervisione e acquisizione dati. Anche l'implementazione nella collaborazione uomo-robot è una grande tendenza degli ultimi anni, che punta principalmente al miglioramento della sicurezza sul posto di lavoro. Brevemente, grazie allo scambio informativo in tempo reale garantito da questa tecnica, è possibile fruire di queste sul posto immergendo l'operatore nella digitalizzazione.

I componenti costitutivi di un sistema AR sono:

1. Tecnologia di visualizzazione
2. Telecamera
3. Sistema di tracciamento
4. Interfaccia utente

Ad oggi, le tecnologie di visualizzazione sono rappresentate dai HMD o display montati sulla testa, dispositivi palmari HHD, schermi statici e proiettori. A seconda dell'attività da svolgere, possono essere fissi o mobili; tuttavia, al centro dell'attenzione del mondo industriale nonché accademico, ritroviamo gli HMD che permettono ai lavoratori di spostarsi ed accedere alle informazioni lasciando le mani libere, accelerando le operazioni in modo notevole. La telecamera è il sensore principale per relazionare il mondo reale con quello digitale. I sistemi di tracciamento invece, consentono il posizionamento preciso di oggetti digitali all'interno del mondo fisico sfruttando dei marker, marcatori fisici attaccati in determinati punti, i quali permettono una triangolazione corretta della posizione. L'interfaccia consente la comunicazione bidirezionale del sistema con l'utente, che sfrutta metodi di interazione come riconoscimento dei gesti e vocale, direzione dello sguardo o soluzioni hardware di input discrete (mouse e tastiera).

Vediamo di seguito alcune applicazioni nel dettaglio:

- Supporto per attività di assemblaggio: applicare l'AR in questo campo significa semplificare i compiti complessi, come all'interno di una catena di montaggio in cui prodotti e processi devono essere

composti ed eseguiti con una estrema precisione e in tempi ristretti; le informazioni possono essere rese accessibili e ben visibili, mediante per esempio il controllo vocale, permettendo all'operatore di avere costantemente le mani libere senza la necessità di interrompere l'assemblaggio per ottenere informazioni esterne.

- Semplificazione dei processi di manutenzione: è un aspetto critico, soprattutto dal punto di vista economico, per gli impianti di produzione. L'Industria 4.0 punta alla riduzione dei tempi di inattività imprevisti, soprattutto nelle applicazioni automatizzate, all'interno delle quali gli interventi manutentivi sono manuali e per questo possono facilmente produrre ritardi; il confronto tra obiettivi e risultati può avvenire mediante utilizzo di controlli vocali che permettono l'utilizzo del manuale a mani libere molto più facilmente; l'applicazione della tecnologia HoloLens, permette l'implementazione di servizi di manutenzione con modelli virtuali e canali di comunicazione, tramite il quale l'operatore ha accesso a tutti i dati tecnici utili, permettendo una pianificazione anticipata e un completamento dell'intervento in tempi estremamente rapidi.
- Promozione delle modalità di lavoro collaborative: facendo sempre riferimento alla tecnologia HoloLens, si ha un miglioramento delle soluzioni collaborative con facilità di accesso alle conoscenze degli esperti; si colma così il gap di personale che esiste nelle realtà produttive per l'assenza di lavoratori qualificati, permettendo l'intervento di esperti da qualsiasi luogo senza dover essere sul posto. I dipendenti possono essere guidati grazie alla telepresenza e trasmissione della situazione in reparto.
- Migliore relazione con il cliente: grazie a una migliore visualizzazione dei prodotti, dei singoli componenti o integrazione delle macchine e sistemi operativi, si concede al cliente un livello di consulenza maggiore da parte del fornitore; i clienti hanno così idea del funzionamento del prodotto e suo ingombro per la messa in opera con una ulteriore possibilità di confrontarsi per richiedere eventuali modifiche in diretta.
- Controllo qualità: tramite i display possono essere confrontati il modello originale e prodotto in lavorazione tramite sovrapposizione, segnalando le eventuali incongruenze dalle specifiche cliente richieste.
- Miglioramento pianificazione delle aree di produzione: tramite la tecnologia AR si possono proiettare sull'ambiente reale modelli di aree di produzione o interi stabilimenti, creando la possibilità di verifica della pianificazione macchine, aree stoccaggio, trasporti col fine di ottimizzarli prima della messa in funzione.

Esempio pratico: la realtà aumentata in BMW Group

Da diversi anni il BMW Group, grazie alla realtà virtuale ed aumentata, acquisisce digitalmente le strutture impiantistiche con speciali scanner 3D e telecamere ad alta risoluzione con un precisione elevatissima; i pianificatori di costruzione, impiantistica, logistica e assemblaggio possono sfruttare immagini tridimensionali delle aree produttive eliminando la ricostruzione digitale delle strutture e registrazione manuale sul posto; vengono così pianificate più velocemente le future workstation o interi padiglioni, combinando grafici a dispersioni e dati esistenti sulle business units. Anche dal punto di vista formativo, nella sua Product Academy, vengono formati i manager sui principi della produzione snella, i quali a loro volta trasmetteranno le informazioni acquisite all'interno dei reparti; per 18 mesi, vengono implementate maschere AR per sessioni di allenamento nelle unità di assemblaggio del motore, le cui visualizzazioni guidano i partecipanti attraverso tutte le fasi del processo fornendo informazioni importanti e specifiche sulle operazioni. Gli operatori, grazie al controllo vocale, possono gestirsi il ritmo di formazione e ricevere istruzioni da un "allenatore" che supervisiona i lavori; naturalmente un singolo istruttore, può seguire più persone contemporaneamente attraverso l'AR, mentre con i metodi tradizionali riusciva a seguirne solamente uno per volta.



Figura 3.: Applicazione della realtà aumentata. (Fonte: BMW Group Production)

2.1.4. Simulation

Qualunque forma di progresso tecnologica porta inesorabilmente a un cambiamento, nel modo di operare in una industria o in un mercato, con impatti significativi negli anni. Considerando l'ambito manifatturiero, per esempio, il primo passo verso l'automazione dei processi controllati dal computer ha visto sensori e attuatori montati sulle macchine, seguito poi da collegamenti in rete di più gruppi di risorse permettendo un monitoraggio e determinazione dell'efficienza degli asset a livello di processo. Aumentano le

opportunità di ottenere sempre più efficienza da un'operazione già efficace. Un aspetto essenziale che prima mancava nel sistema fabbrica era la capacità di simulare e modellare gli asset produttivi, i processi e a volte interi stabilimenti.

“Decenni fa il concetto di gemello digitale è nato per identificare una replica di un processo in modo che il suo funzionamento potesse essere simulato e modellato per scopi di budgeting e pianificazione; tuttavia, la creazione di una rappresentazione digitale o virtuale di un asset richiede immensi volumi di dati, che solo oggi con l'avvento dell'industria 4.0 sono resi disponibili.” (Dobosz, 2022)

I dati del Global Market Insights confermano questa visione, mostrando che il mercato mondiale del digital twin è destinato a crescere a un tasso medio annuo composto di oltre 25% nel periodo che va dal 2023 al 2032, passando da un valore attuale di otto miliardi di dollari a quota novanta miliardi. Secondo la Oliver Wyman, grazie a cicli di sviluppo snelli e collaborativi, le aziende riducono i tempi di sviluppo di prodotti complessi del 25%; a livello industriale, dunque, il modello di sviluppo ha il potenziale per cambiare totalmente la progettazione, produzione, vendite e manutenzione di prodotti complessi in più settori.

Col termine onnicomprensivo Gemello Digitale, vengono rappresentate diverse cose; può identificare un processo con flussi di lavoro di macchine ed interazioni umani, oppure un sistema di automazione industriale o un sistema di gestione bagagli in un aeroporto. Digital Twin significa un proliferare di gemelli digitali legati alla diffusione crescenti di progetti IoT e alle esperienze in chiave digitale. “Questo concetto fu istituito per la prima volta nel 2001 da Micheal Grives, chief Scientist for Advanced Manufacturing nel Florida Institute of Technology, che durante un corso di Product Lifecycle Management (PLM) descrisse il gemello digitale come l'equivalente di un prodotto fisico; venne evidenziato una rappresentazione dinamica del collegamento tra dimensione reale e virtuale durante tutto il ciclo di vita del sistema.” (Zanotti & Zanotti, 2023)

Perché un gemello digitale sia creato sono necessari:

- Prodotti fisici nello spazio reale
- Prodotti virtuali nello spazio virtuale
- Sistemi di collegamento dei flussi di dati e informazioni scambiati dai precedenti

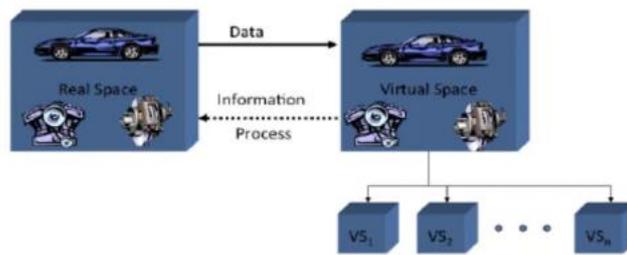


Figura 4.: Creazione del gemello digitale. (Fonte: Florida Institute of Technology)

Negli ultimi anni sono stati creati rendering 3D per riunire un intero sistema produttivo in uno spazio virtuale tale da permettere una maggiore tempestività nella scoperta dei conflitti e criticità; con l'obiettivo di testare e comprendere come si comportano i sistemi e prodotti da realizzare in più contesti, sono stati implementati mediante diverse tecnologie collegate a un unico database, spazi virtuali e simulazioni in tempo reale. A livello ideale un gemello digitale contiene tutte le informazioni dell'oggetto fisico mediante una rappresentazione dei suoi aspetti a livello meccanico, geometrico ed elettronico ottenibile grazie all'uso di software incorporati, dati di prodotti, sensori ed attuatori pervasivi. Grazie alle informazioni che si recuperano possono essere sviluppate più attività, da quelle sperimentali come l'ideazione di un prodotto risparmiando sulla prototipazione, a una attività predittiva come nelle creazioni e gestioni di processo prevedendo in anticipo comportamenti anomali.

I gemelli digitale sono principalmente di due tipologie:

1. Digital Twin Prototype o DTP: modello digitale che riduce lo spreco di materiale consentendo di eseguire simulazioni durante il processo di progettazione e di testare il funzionamento prima di passare al prototipo con riduzione del numero di prototipi fisici necessari.
2. Digital Twin Instance o DTI: gemello di un asset fisico, collegato a questo per tutto il suo ciclo di vita; contiene dati relativi alle condizioni di utilizzo acquisite attraverso i sensori, slot storico e previsto, informazioni su asset e servizi ecc. mentre un DTP si basa su informazioni di base del prototipo, il DTI si arricchisce di dati operativi nel corso del ciclo di vita del prodotto.

Queste due tipologie sono gestite dal digital twin environment o DTE, un ambiente logico in cui i componenti software e hardware interagiscono per simulare un intero sistema o sottosistema; può essere usato per testare le interazioni dei componenti o scenari e registrarne i risultati.

“L’associazione tra realtà fisica e virtuale consente di attivare un’analisi dei dati e monitoraggio dei sistemi concedendo una forma di ragionamento predittivo nell’affrontare i problemi ancora prima che si verifichino sviluppando opportunità di pianificazione future. È inoltre possibile capire come ottimizzare le operazioni, aumentando l’efficienza del sistema originale con un rischio minore e un ritorno sull’investimento maggiore. Questa tecnologia aiuta le aziende a migliorare l’esperienza dei clienti comprendendo le loro esigenze specifiche e apportando miglioramenti a prodotti, operazioni e servizi.” (Zanotti & Zanotti, 2023b)

Entrando nel dettaglio della programmazione virtuale, il digital twin abilita la modellazione in grado di cambiare sia le pratiche che le idee di come viene percepito lo spazio. Basando lo sviluppo tecnologico sulla continuità digitale tra una progettazione concettuale parametrica e una progettazione costruttiva, questo approccio generativo tridimensionale consente di realizzare digitalmente tutti gli elementi di un progetto, che sia di prodotto o componente, opera edile, impianto cittadino o organo umano. Da un progetto mono/bidimensionale, grazie a informazioni geometriche vettoriali e strumenti automatici è possibile ottenere nuove forme di rappresentazione che permettono uno studio sulle modalità di test in un ambiente virtuale a capacità infinita. Un esempio lo si può trovare nella progettazione architettonica o edile, dove i gemelli digitali forniscono agli stakeholder coinvolti nel processo di idealizzazione e realizzazione informazioni utili per comprendere meglio qualunque problematica strutturale, tecnica o funzionale in modalità predittiva nonché preventiva. È dunque possibile capire meglio come ottimizzare le operazioni virtualmente per poi applicare a un sistema originale con un rischio decisamente più contenuto. I produttori di macchine ed impianti industriali sfruttano il calcolo del Finite Element Method (suddivisione del modello geometrico in piccoli elementi che possono essere analizzati e calcolati facilmente) per realizzare prodotti complessi in un mercato molto competitivo, e comprendono grazie alle simulazioni digitali la validità del prodotto implementando informazioni dettagliate rilevanti e pertinenti sui processi decisionali, il tutto migliorando quanto più possibile il ciclo di vita e riducendone i costi.

Confrontando il punto di vista dei produttori e consumatori, per i primi l’eliminazione dei tempi di inattività non pianificati e riduzione dei costi di manutenzione sono i principali fattori per migliorare la produttività ed efficienza; la riduzione dei tempi di fermo può essere raggiunta tramite gemelli digitali che aiutano le aziende nella raccolta dati fruibili in maniera proattiva e predittiva

per evitare danni a livello di sistema, processo e prodotto. Per chi si occupa di produzione poter gestire anche i servizi a partire da uno studio del loro equivalente virtuale è un'opportunità strategica per migliorare la capacità di ascolto del cliente e gestire l'offerta in base al delinarsi della domanda, innescando una produzione personalizzata. Oltre ai vantaggi a livello di processo, il modello aiuta a regolare i rapporti all'interno della supply chain, in un'ottica di condivisione e collaborazione grazie a una massima trasparenza informativa in fase di progettazione e realizzazione; un'azienda che sviluppa il suo modello lo consegna a un'altra che implementerà i suoi dati per far interagire al meglio il suo modello a sua volta, fino ad arrivare all'azienda che assemblerà tutti i componenti basandosi su tutti i modelli ricevuti.

Concentrandoci sul manufacturing, le tecnologie dei gemelli digitali di oggi poggiano le loro fondamenta sulla progettazione assistita da computer tramite i CAD e strumenti informatici sviluppati negli ultimi trent'anni. I sistemi software hanno permesso la creazione di simulazioni virtuali per testare le modifiche nei progetti dei prodotti, per poi permettere a modellatori di realizzare l'oggetto per i test fisici; oggi la fase di prototipazione è spostata più avanti nel processo, grazie alla massiccia crescita computazionale e di stoccaggio che permettono l'ideazione dell'intero prodotto intrecciando le informazioni sulle materie prime, componenti produttivi e funzionamenti sul campo. Questo è un enorme cambiamento rispetto ai tempi passati, dove un tipico ciclo di sviluppo prodotto durava mediamente dai sei agli otto anni, oggi invece si ha un ciclo di vita di 18-24 mesi, dove l'autoproduzione è funzione maggiormente del software.

Esempio: Siemens MindSphere

MindSphere è un servizio erogato da Siemens completa di IoT industriale, realizzata su una piattaforma applicativa; utilizza analisi avanzate per ottimizzare le operazioni dall'Edge al Cloud. Questo servizio fornisce ai clienti la possibilità di creare repliche digitali degli asset fisici di produzione, facilitando la capacità di supportare la loro implementazione durante tutto il loro ciclo di vita, dalla progettazione alla pianificazione della produzione, dalla messa in servizio alla manutenzione. Consente ai fornitori di asset-as-a-service di rafforzare ed ampliare il loro coinvolgimento dei clienti sulla base di ottimizzazioni dei dati reali, semplificando il compito dei clienti di sviluppare, testare ed eseguire applicazioni complesse di prova senza impattare sui programmi di produzione correnti. MindSphere può supportare molte applicazioni diverse, dalla fabbricazione digitale, alle industrie di processo o sanità o trasporti.

2.1.5. Horizontal/Vertical Integration

Accanto all'interconnessione degli asset aziendali, l'altra parola chiave dell'industria 4.0 è integrazione tra ambienti, tecnologie e competenze in genere gestite separatamente dal mondo dello shopfloor management e sistemi gestionali. L'integrazione di questi ambiti consente di efficientare i processi interni offrendo una maggiore trasparenza e visibilità su ciò che succede all'interno dell'azienda accedendo a informazioni su più livelli decisionali. Si punta dunque, a ecosistemi integrati e digitali per abilitare processi di filiera più resilienti, e fornire strumenti e informazioni necessarie a rispondere rapidamente ai cambiamenti della domanda a vantaggio di una maggiore competitività.

I termini "integrazione verticale ed orizzontale" sono usati in diversi contesti.

Nell'ambito della strategia aziendale, una integrazione orizzontale consiste nell'espansione dell'attività di impresa a prodotti, servizi, fasi di lavorazione e know-how che sono complementari alla filiera tecnologica-produttiva. Così, l'azienda amplia la propria clientela e riduce la concorrenza.

Una integrazione verticale invece, riguarda principalmente l'internalizzazione delle fasi di processo necessarie per la produzione di un prodotto finito, sovente anche attraverso massicce acquisizioni che introducono nuove competenze per rispondere più velocemente alle nuove opportunità di mercato, riducendo i costi.

"Operativamente, una impresa integrata orizzontalmente incentra tutta la sua produzione sulle core-competenze di cui dispone e stabilisce partnership con aziende esterne, col fine di ampliare una catena del valore end-to-end; un'impresa integrata verticalmente mantiene all'interno dei suoi confini l'intera catena del valore, partendo dalla progettazione fino ad arrivare alla vendita e distribuzione del prodotto. La transizione al paradigma 4.0 ha ulteriormente ampliato l'importanza di queste integrazioni, rendendole fondamentali per la costituzione di una smart factory. Per soddisfare l'industria 4.0, è necessario che la produzione sia organizzata velocemente e con una grande flessibilità, per riuscire a raggiungere la personalizzazione di massa tramite una raccolta Real time delle informazioni relative ai prodotti e processi.

Per soddisfare tali requisiti *l'integrazione orizzontale* prevede reti di Cyber Physical System, che portano elevati livelli di automazione, agilità, capacità lavorativa e flessibilità lungo tutta la supply chain. L'obiettivo, dunque, è l'implementazione di un processo di trasformazione digitale che porta i sistemi produttivi tradizionali

verso soluzioni intelligenti cyber-fisici. In genere tale integrazione si svolge su più livelli:

- All'interno dello stesso impianto produttivo, dove macchine e unità sono interconnesse trasformandosi ciascuna in un oggetto con proprietà definite all'interno della rete aziendale. Si crea una trasmissione costante di informazioni riguardanti stato di performance, rispondendo a esigenze di produzione dinamica con incrementi di efficienza e riduzione dei tempi di fermo attraverso la manutenzione predittiva.
- Tra più impianti produttivi, dove i dati delle strutture di produzione di diversi stabilimenti vengono condivisi nell'intera azienda; concede, ove possibile, uno spostamento automatico tra i diversi impianti di attività per rispondere rapidamente ai cambi di produzione.
- Attraverso l'intera supply chain, promuovendo la trasparenza dei dati a alti livelli di collaborazione automatizzata tra la catena di approvvigionamento a monte e la catena logistica a valle che immette i prodotti finiti sul mercato; così i fornitori di materie prime e di servizi sono incorporati nei sistemi di controllo della produzione e logistica dell'impresa in modo sicuro.

Ai fine della corretta integrazione efficiente è essenziale l'esistenza di standard di comunicazione come, per esempio, Business To Manufacturing Markup Language o B2MML, uno standard che facilita l'applicazione di sistemi ERP e sistemi di Supply Chain Management con sistemi di controllo e rilevazione dei dati produttivi (Manufacturing Execution System).” (F. I. ,2023, Integrazione verticale e orizzontale: la quinta tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0.)

Con *l'integrazione verticale* nell'industria 4.0 si ha un collegamento di tutti i livelli logici interni dell'azienda, dalla logistica interna fino ai servizi post-vendita, concedendo un flusso informativo bidirezionale tali da permettere l'applicazione di decisioni strategiche e tattiche migliori. Nella pratica si ha l'integrazione delle tecnologie che permettono una comunicazione tra macchine ed apparecchiature della fabbrica, fornendo un vantaggio competitivo che si basa su una maggiore disponibilità di dati sulla produzione e fornitura, una gestione efficiente del tempo reale, individuazione di indirizzi IP individuali per tutti i sistemi dell'impianto, una automazione delle fasi produttive e misurazione continua dei parametri del processo produttivo; si raggiunge dunque un notevole incremento delle prestazioni a livello di impianto e una risposta più efficace ai cambiamenti continui nel mercato.

Naturalmente per poter attuare integrazioni verticali e orizzontali è necessaria una trasformazione di carattere digitale, il che potrebbe

creare problemi non trascurabili; spesso internamente a uno stabilimento produttivo sono presenti macchine e sistemi usati per diversi clienti e fornitori, con livelli di automazione e livelli di comunicazione differenti, portando alla necessità di una meta-rete che risolva le possibili disparità comunicative. Possono nascere problematiche relative alla privacy dovute alla necessità di maggiore flessibilità e quindi trasparenza nella condivisione di dati tra diverse parti, ma anche una scalabilità dei sistemi e infrastrutture IT che subiscono un cambiamento fondamentale per supportare il percorso che l'impresa decide di affrontare nella transizione digitale. Infine, i sistemi IT e i processi produttivi diventano più complessi ed integrati, dunque le aziende devono assumere solide piattaforme di coordinamento in grado di garantire visibilità end-to-end e informazioni utilizzabili su diversi sistemi distribuiti.



Figura 5.: Integrazione verticale ed orizzontale nell'industria 4.0.
(Fonte: www.necte.it)

Ma quindi, una impresa quando dovrebbe integrarsi strategicamente? Le imprese dovrebbero considerare l'integrazione verticale quando i loro fornitori e clienti possiedono un elevato potere contrattuale, riuscendo così a diminuire significativamente il loro potere nelle trattative, ma anche nel caso in cui il mercato del prodotto sia giovane e per questo necessiti di arrivare efficacemente ai consumatori. È invece da evitare nel caso in cui l'azienda possieda già potere contrattuale; quindi, un investimento per integrarsi porterebbe a perdite di tempo e denaro. Risulta invece di interesse l'integrazione orizzontale nel caso in cui l'azienda cerchi di aumentare le proprie dimensioni, diversificando prodotti/servizi e raggiungendo economie di scala per ridurre concorrenza o accedere a nuovi mercati; alcuni degli svantaggi che si potrebbero creare sono legati a elevati costi, perdita di flessibilità, rischi di monopoli e problemi legali.

Dunque, le aziende, prima di effettuare una integrazione, devono procedere con un'attenta analisi di make or buy, coinvolgendo fattori come costo di creazione e acquisto prodotto, capacità produttiva ed esperienza interna.

2.1.6. Industrial Internet of Things

Nell'attuale contesto economico, lo sviluppo dei mercati e della maggior parte dei business si basa sull'uso di internet. Come già ampiamente anticipato nel capitolo precedente, nelle ultime due decadi, si è trasformato da una rete riservata ad una realtà quotidiana e scontata per miliardi di persone; guardando il singolo individuo, si può affermare che, grazie a questa grande rete che interconnette, sia riuscito a ottenere una conoscenza più estesa, accurata e utili rispetto a quella ottenibile da una semplice esplorazione del mondo basata sui propri sensi. Le aziende, in molti contesti industriali sono caratterizzati da diversi individui o attori, che fondano le proprie attività sullo scambio informativo portando alla necessità di creare standard, tecnologie e nuove basi di informazione, per massimizzare i ritorni di investimento e minimizzando i costi attraverso un'ottimizzazione nei processi.

Una forma di connettività del genere ha reso e rende tuttora necessario per poter usufruire di tutti i benefici possibili, di un continuo processo di adattamento delle aziende attraverso i quattro periodi di sviluppo di questa tecnologia elencati di seguito:

- Primo periodo: la ricerca è il fulcro di internet, utilizzato in maniera limitata per discipline di analisi all'interno dei territori statunitensi dove il web aveva il nome di Advance Research Project Agency Network o ARPANET.
- Secondo periodo, internet si è diffuso come mezzo di comunicazione e divulgazione di informazione tra le aziende, per quanto riguarda le loro attività e prodotti, ottenendo il vantaggio legato al rispetto di eventuali obblighi sulla trasparenza verso gli utenti interessati ad aggiornamenti sull'offerta proposta.
- Terzo periodo, si è iniziato concretamente a convertire i dati statici in transazionali permettendo la compra vendita di servizi online; questo è da considerare un cambiamento essenziale, che ha portato alla creazione di aziende online portatrici di novità stravolgenti per la tradizionale modalità di fare acquisiti sia per le nuove che vecchie generazioni di consumatori.
- Quarto periodo, attualmente in corso che vede lo sviluppo del web 2.0, all'interno del quale aziende come Facebook e Twitter trovano origine e permettono a chiunque, senza limiti di tempo o spazio, di poter interagire con altri interlocutori nello scambio di idee,

contenuti e rapporti riducendo virtualmente le distanze. È proprio nello sviluppo di questo periodo che nasce l'Internet of Things.

Nella letteratura sono presenti diverse definizioni, anche se nessuna delinea in maniera chiara e concreta l'oggetto della discussione. Alcuni ritengono che sia un insieme di oggetti che coinvolgano macchine, oggetti e network dotati di determinate forme di comunicazione ed interazione tra di loro. Altri riconoscono che si tratti di oggetti aventi identità propria, in grado di comunicare con altri oggetti, persone ed ambienti. Altri ancora definiscono l'ioT una rete di oggetti dotati di tecnologie avanzate in grado di percepire, comunicare ed interagire con l'ambiente che circonda (concetto trasmesso per altro già nel paragrafo 1.2.). All'interno di queste visioni sono individuabili alcuni punti in comune come la presenza di una rete, le informazioni, le tecnologie, gli oggetti con identità digitale, l'interazione persone-oggetti e oggetti-oggetti e il controllo mediante rete. È dunque possibile raggrupparli e dare una definizione compatta: "Una rete globale ed eterogenea composta da *oggetti* che hanno un'identità sia reale che virtuale. Che siano individuabili e localizzabili e, allo stesso tempo, sorvegliabili e programmabili utilizzando l'infrastruttura di comunicazione più potente al mondo, internet" (F. I., 2023b, Industrial Internet of Things: la sesta tecnologia abilitante dell'industria 4.0)

L'Industrial Internet of Things invece è l'applicazione dell'IoT ai processi industriali; fa parte di una delle tecnologie alla base dell'implementazione dell'industria 4.0 su una vasta serie di settori; esso sfrutta apparecchiature connesse a Internet e piattaforme di analisi dati, rivolgendosi non solo al produttore, ma anche al consumatore mediante applicazioni o dispositivi. L'IIoT può creare efficienze operativi e manageriali come per esempio:

1. Produzione: determinante per il monitoraggio e previsione di potenziali problematiche, diminuendo i tempi di inattività e aumentando l'efficienza effettiva dalla macchina all'intero sistema aziendale; attualmente risulta essere l'ambito di maggior impiego.
2. Supply chain: attraverso sensori predisposti, la tecnologia può ordinare automaticamente le risorse prima dell'esaurimento delle scorte. Così vengono ridotti scarti, mantenendo a magazzino solamente la merce necessaria e concedendo ai dipendenti più tempo per le attività produttive.
3. Qualità dei prodotti: avere la possibilità di monitorarla, dalle materie prime usate fino alle relazioni del cliente finale permette di contare su informazioni vitali nello studio interno di efficienza e concede la possibilità di visualizzare possibili cambiamenti produttivi.
4. Gestione infrastrutturale: con l'uso di sistemi basati su sensori è possibile monitorare gli interventi e movimenti umani

incrementando la semplicità di movimento all'interno dell'ambiente ma anche la sicurezza.

5. Retail: l'IIoT può essere sfruttata come supporto nelle scelte di marketing, in particolare nei momenti di rapida operatività creando metodiche promozionali intelligenti sulla base del target di clientela.

Le tecnologie che implementano l'IIoT sono diverse a seconda dell'ambito in cui si vuole applicare; in generale è possibile individuare un'architettura modulare stratificata, composta da dispositivi fisici come CPS, sensori o macchine al livello più basso, seguita da un livello di rete fisico, cloud computing e protocolli di comunicazioni che aggregano e trasportano i dati al livello successivo di servizio, costituito da applicazioni in grado di manipolare e combinare informazione utilizzabili da un utente mediante il livello di contenuto o interfaccia.

Dunque, le differenze tra IoT e IIoT riguardano principalmente l'ambito di applicazione, obiettivo finale e tecnologie. L'IoT viene usato soprattutto in ambito domestico e di consumo, per rendere più facile la vita e confortevole, concentrandosi prevalentemente sul prodotto; l'IIoT invece, è usato nel settore manifatturiero ed industriale, per migliorare la produttività, efficienza e sicurezza degli impianti e processi, concentrandosi sull'ecosistema della produzione e per questo richiede maggiore affidabilità, scalabilità ed interoperabilità; può aiutare nello snellimento processuale agevolando la gestione e aumentando i vantaggi economici grazie a una maggiore efficienza operativa.

2.1.7. Cloud

Il cloud computing è la fornitura di diversi servizi di calcolo e gestione mediante internet; vengono inclusi strumenti e applicazioni come archiviazione dati, server, database, rete e software.

Viene denominato cloud computing in quanto le informazioni che gestisce si trovano in uno spazio virtuale; dunque, invece di mantenere i file su un disco rigido o dispositivo di archiviazione locale, il salvataggio avviene in un database remoto. Permette dunque di superare i limiti del singolo server riuscendo ad offrire servizi con maggiore sicurezza, efficienza, rapidità tramite risorse flessibili ed economie di scala. In termini economici, concede un risparmio sui costi operativi consentendo il pagamento solo di ciò che la azienda utilizza effettivamente.

Nel processo di erogazione dei servizi, risaltano tre differenti tipologie di cloud, ognuna con compiti diversi:

- Hosting Service Provider: servizio che permette ai siti web di trovare una piattaforma o infrastruttura e rimanere connessi alla rete 24 ore

al giorno consentendogli di essere visibile su internet; il server web, definito host, è connesso alla rete in maniera da garantire l'accesso alle pagine mediante un qualsiasi browser per la navigazione. Rappresenta un fornitore di servizi di Cloud Computing pay-per-use come server virtuale, spazio di archiviazione e applicativo gestionale.

- Cloud Broker: amministratore dell'utilizzo dei servizi cloud, il quale garantisce una configurazione, fornitura e collegamento nelle relazioni tra cloud provider e cloud consumer.
- Cloud Consumer: rappresenta l'utente finale, colui che usufruisce del servizio fornito dal cloud provider.

Certo, risulta essere un servizio recente, ma viene usati da più utenti, dalle imprese di qualunque dimensione alle agenzie governative e organizzazioni no profit, ma spesso anche dai singoli consumatori; è un sistema composto principalmente da tre tipi di servizi:

1. Software-as-a-service o SaaS: modello di servizio legato a software applicativo realizzato da un produttore, il quale fornisce un programma direttamente o tramite terze parti, con modalità telematiche; consta di una licenza fornita tramite un modello di pagamento in base al numero o richieste (pay-per-use).
2. Infrastructure-as-a-service o IaaS: metodo per fornire una infrastruttura cloud scalabile comprensiva di sistemi operativi, server, archiviazione e connettività basata su IP come parte di un servizio su richiesta. Le aziende evitano così di acquistare un software o server sfruttando in outsourcing un servizio su richiesta.
3. Platform-as-a-service o PaaS: più complesso dei precedenti, risulta essere una architettura di servizi messi a disposizione per piattaforme di elaborazione e componenti software; permettono lo sviluppo, implementazione e gestione delle applicazioni aziendali senza costi e complessità di messa in opera di hardware e software di base.
4. Desktop-as-a-service o DaaS: virtualizzazione del desktop che viene reso accessibile in cloud; la configurazione di un sistema operativo viene memorizzata e distribuita su più supporti, permettendo un accesso via web tramite più dispositivi.
5. Everything-as-a-service o XaaS: rappresenta la possibilità di unire tutte le funzionalità dell'IoT con quelle del cloud, connettendo oggetti ad architetture computazionali efficaci, che racchiude tutti i servizi sopracitati in maniera integrata.

“Tutti i servizi basati su cloud concedono alle aziende, di qualunque settore, alcuni vantaggi legati alla fruizione da qualsiasi dispositivo mediante una applicazione o browser. Così, gli utenti possono usare i loro file mantenendo le impostazioni su altri dispositivi in maniera totalmente continuativa, flessibile, sicuro ed affidabile, grazie anche

a una copertura globale. Ma il vantaggio più importante per le imprese è di carattere economico: prima che il cloud si diffondesse, le aziende dovevano acquistare, costruire e mantenere tecnologie ed infrastrutture onerose per la gestione delle informazioni.” (F. I., 2021, Cloud computing: la settima tecnologia abilitante dell’industria 4.0 - Focus Industria 4.0.)

“In ambito manifatturiero è stato sviluppato il cloud manufacturing, detto anche Manufacturing-as-a-service, che sfrutta la connettività per il trasferimento delle risorse informatiche aziendali impegnate nella produzione dai sistemi fisici alle infrastrutture, piattaforme, software in cloud che vengono integrate per migliorare il processo produttivo. Può essere effettuato su più livelli, dalle applicazioni e servizi fino alle risorse vere e proprie, attraverso i citati IaaS per la gestione di server, storage e networking, PaaS nella gestione delle piattaforme di sviluppo e SaaS per l’uso in cloud di qualunque software usato in produzione (ERP, MES, SCADA, ...).” (Condemi & Condemi, 2022)

Vengono ottimizzati i processi produttivi rispetto la domanda e la logistica, riducendo dipendenze ed impatti ambientali; la disponibilità di informazioni da remoto, facilita la collaborazione dalla progettazione a diverse aree dell’impresa garantendo una visibilità e trasparenza delle operazioni che facilita le decisioni incentivando il dialogo tra dipendenti, fornitori e clienti. Il cloud Manufacturing, grazie al SaaS che comprende l’uso del machine learning, concede una capacità produttiva diffusa basata sulla modulazione delle risorse a seconda dell’andamento della domanda reale, carichi di lavoro, livelli di magazzino e aderenza ai KPI di processo. Dal punto di vista della sicurezza invece, viene garantita l’accessibilità in maniera indipendente in qualunque momento per l’utilizzo della crittografia e backup automatici sui dati archiviati nei data center, portando automaticamente all’annullamento del rischio di obsolescenza e vulnerabilità esterna. A sostegno di questo, già nel 2021 l’Eurostat fece un sondaggio sui principali motivi di applicazione del cloud computing aggiungendo ulteriori tipi di servizi come applicazioni software di sicurezza, applicazione ERP e piattaforme di elaborazione per sviluppo e test; dei tre, le applicazioni software di sicurezza come servizio cloud sono state le più popolari tra le imprese (58% aveva acquistato questo servizio cloud, mentre solo una su cinque ha usato piattaforme per lo sviluppo e test).

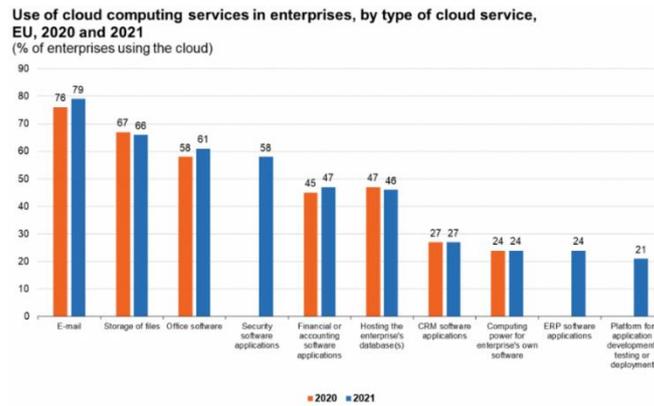


Figura 6.: L'uso del Cloud computing services nelle aziende.
(Fonte: Eurostat, 2020-21)

Concretamente viene usato in tutti i settori industriali e manifatturieri che richiedono la standardizzazione e semplificazione dei processi di pianificazione, gestionali e post-vendita della produzione; per esempio, la “nuvola” con la sua possibilità di archiviazione e connettività, permette di integrare nella produzione in maniera efficiente sia robot industriali che robot collaborativi, riducendo i costi, ottimizzando gli spazi e limitando possibilità di errore legati agli operatori. Abilita inoltre tecnologie di realtà aumentata, virtuale e manifattura additiva, utili in fase di prototipazione rapida per velocizzare lo sviluppo prodotto. Viene anche usato nell’IIoT per archiviare ed elaborare i dati, stando sul cloud i data center e server; viene centralizzata l’elaborazione delle informazioni e velocizzata per sinergia computazionali.

2.1.8. Cybersecurity

La digitalizzazione ha certamente portato a una semplificazione delle attività quotidiane rinnovando i propri modelli di lavoro che non sono ancora rallentati, gli orizzonti di questa transizione, infatti, sono in costante espansione. Si sta assistendo a una crescente convergenza tra IT tradizionale e OT: i primi, esperti della tecnologia dell’informazione, sviluppano un approccio rivolto al raggiungimento dell’agilità, trovando nuovi modi per proteggere ed utilizzare i dati; i secondi invece, specializzati nella tecnologia operativa, si concentrano maggiormente sulla disponibilità, continuità ed affidabilità. Questa convergenza nell’ambito dell’industria 4.0, porta i professionisti a cercare nuove modalità per dialogare e comprendere le rispettive esigenze, puntando naturalmente sull’elemento che più accomuna questi due rami: i dati. La connessione tra IT ed OT è data dalla necessità di comunicare con quest’ultimi come avviene già con altri sistemi, col fine di portare i benefici tipici del software come velocità, agilità e controllo da remoto e creare nuove forme di comunicazione ed elaborazione

direttamente nell'Edge. Tale processo comporta un'importante sfida in termini di sicurezza.

Senza una adeguata gestione si va incontro al pericolo di attacchi informatici alle linee produttive, infrastrutture interne di carattere energetico, trasporto o trattamento prodotti: nel corso degli ultimi anni infatti sono stati registrati importanti attacchi nel mondo del manifatturiero, che sfruttavano la compromissione degli strumenti di accesso ai sistemi OT ed IT. È dunque fondamentale una nuova concezione della cyber resilienza, che protegga sia il mondo fisico che virtuale e risponda alle esigenze di stabilità ed agilità del mondo industriale.

“Ad oggi gli strumenti tecnologici offrono efficaci funzionalità che devono essere necessariamente applicate correttamente, da personale formato e processi sviluppati con la cyber security al centro. Applicare misure di cybersecurity prevede un percorso di apprendimento volto alla collaborazione:

- Il primo passo è collegato al coinvolgimento delle persone a tutti i livelli di training specifici, utili a condividere informazione e creare linguaggio comune per affrontare efficacemente le nuove minacce e delineando soluzioni preventive per contrastarle.
- Il secondo passo consiste nell'analisi dei processi per comprendere i cambiamenti da attuare. Sistemi di monitoraggio, gestione e controllo sono solitamente separati tra IT e OT, in quanto raccolgono informazioni differenti con metriche e piani di risposta diversi. La risposta aziendale alle minacce deve essere coesa e necessita di progettualità condivisa estesa sia ai partner che fornitori.
- Il terzo passo si basa sui precedenti per delineare la tecnologia, è infatti importante comprendere e delineare correttamente l'architettura dei dispositivi connessi, comprendere cosa verrà collegato alla rete aziendale ed accertarsi che la realtà corrisponda alle aspettative. Così facendo, è possibile installare sistemi appropriati di autenticazione e difesa contro minacce esterne.
- Ultimo passo, ma non di minor importanza, è la scelta di soluzioni fornite da fornitori che applicano standard di sicurezza specifici per la propria area di attività.” (Bartolotta & Bartolotta, 2022)

“L'obiettivo di chi tenta di aggirare i sistemi informatici è principalmente quello di accedere alle informazioni digitali ed utilizzarle per ottenere un ritorno economico o politico. I modi possono essere molteplici, come la creazione di malware capaci di criptare i dati, alterare funzioni e spiare attività compiute dall'utente a sua insaputa; oppure attacchi SQL injection, che sfruttano i difetti di progettazione di una applicazione web iniettando codici per la condivisione di informazioni riservate. Tramite il GDPR (regolamento generale per la protezione dati), l'Unione Europa ha

rafforzato la tutela dei dati personali e privacy dei cittadini, prevedendo alcuni obblighi per aumentare la sensibilità delle organizzazioni rispetto ai temi della cybersecurity.” (F. I., 2023b, Cybersecurity: l’ottava tecnologia abilitante dell’industria 4.0)

Secondo il Senior Director Analyst di Gartner, Richard Addiscott, nel 2023 “i leader della sicurezza e gestione del rischio devono ripensare all’equilibrio di investimenti tra elementi tecnologici, strutturali e incentrati sull’uomo mentre progettano ed implementano i loro programmi di sicurezza informatica”. Quest’anno ci si aspetta un impatto sulle strategie aziendali che permettano alle organizzazioni di affrontare tre priorità chiave: creazione di ecosistemi reattivi, approccio di ristrutturazione ed equilibrio pratico.

- a. Creazione di ecosistemi reattivi: punta principalmente sul migliorare la prontezza organizzativa tramite la gestione di minacce col fine di comprendere meglio l’esposizione ed affrontare lacune nella postura delle pratiche di sicurezza, nell’immunità identitaria mediante investimenti nella prevenzione, rilevamento e risposta, e nella convalida della sicurezza mediante monitoraggi delle tecniche, processi e strumenti di protezione.
- b. Approccio di ristrutturazione: punta a una maggiore copertura di attacchi esterni, grazie al consolidamento di piattaforme di sicurezza informatica per utilizzare meno fornitori e beneficiare di una maggiore efficienza ed integrazione del personale, e con la trasformazione del modello operativo si distribuisce la tecnologia e il lavoro analitico per velocizzare la risposta sui rischi; anche la sicurezza componibile risulta essere un approccio che vede integrati modelli architetturali e controlli di sicurezza.
- c. Pratiche di riequilibrio: punta a soluzioni equilibrate di sicurezza basandosi sulle persone, processi e tecnologia; le metodiche sono riferite alla progettazione della sicurezza incentrata sull’uomo, dando priorità al ruolo dell’esperienza dei dipendenti durante il ciclo di vita della gestione dei controlli, al miglioramento della gestione del personale e nell’incremento della supervisione.

Le aziende per raggiungere i propri obiettivi in ambito di agilità e stabilità intraprendono percorsi diversi, ma in ogni caso, la connessione tra IT ed OT richiede una visione olistica delle specifiche dei possibili attacchi informatici, la quale con una gestione lungimirante, porterà l’era dell’industria 4.0 ai massimi livelli di flessibilità e sicurezza.

2.1.9. Big Data Analytics

I Big Data sono la nona tecnologia abilitante dell’industria 4.0 e costituiscono una risorsa per le imprese che credono

nell'integrazione di nuove tecnologie nel proprio modello produttivo di business. I Big Data, da come lascia immaginare il nome, rappresentano una grande mole di dati diversificata per contenuto informativo e origine. Una moltitudine di dati ben gestiti ed elaborati rappresenta senza dubbio una preziosa fonte di informazioni e quindi vantaggio competitivo.

La differenza tra dati ed informazione è sottile ma indiscutibile; infatti, i dati risultano essere fatti grezzi non organizzati e privi di contesto, i quali non possiedono uno scopo specifico e significativo se non elaborato. Le informazioni invece sono un insieme di dati organizzati ed elaborati in base al requisito specificato col fine di trasmettere un significato. Il passaggio da dato ad informazione non è per niente scontata: quanto maggiore è la quantità di dati eterogenei, tanto più complessa sarà la loro elaborazione.

Algoritmi complessi permettono l'elaborazione dei dati raccolti grazie a unità di memorizzazione, potenza di calcolo elevata e sistemi di alimentazione adeguati; certo, il risultato è principalmente funzione del dato di origine e sue caratteristiche. A tal proposito nel 2001 Doug Laney, Service Director dell'azienda Meta Group, descrisse il modello delle 3V per definire i requisiti che devono possedere i Big Data per poter essere catalogati come tali: *volume*, *velocità* e *varietà*.

Con volume si fa riferimento all'ingente massa di informazioni che non è possibile raccogliere con tecnologie tradizionali. Con velocità viene indicato come i dati nascano e vengano acquisiti sempre più rapidamente, e come questo richieda una capacità di raccolta e analisi di questi in tempi rapidi per poter prendere decisioni con maggiore tempestività. Varietà invece, fa riferimento alle differenti tipologie di dati oggi disponibili, proveniente da un numero sempre crescente di fonti eterogenee. Negli ultimi anni questo modello è stato ampliato con l'introduzione di altre 3V, rappresentate da:

- *Veridicità*, essendo la qualità ed integrità dell'informazione un pilastro imprescindibile per dare vita a una analisi utile, i dati devono essere affidabili.
- *Variabilità*, per i diversi formati e provenienza relativa a più contesti; la mutevolezza è un aspetto da considerare nel momento dell'elaborazione del dato, soprattutto in ambito di business o data scientist.
- *Valore*; essendo la conoscenza ottenibile dall'utilizzo di una informazione per realizzare un'azione, a far sì che i Big Data possano essere utilizzati nelle aziende per attuare questo processo, sono necessari strumenti di Analytics. Quindi risulta essere necessario considerare anche il valore, funzione della metodologia di estrazione delle informazioni tramite i Big Data Analytics.

Il potenziale fornito dai mega-dati è idealmente senza limiti essendo le informazioni di qualsiasi tipo e scopo, sia per singoli utenti che per i comparti interni aziendali.

L'integrazione in ottica 4.0 tra software e macchine, unite a soluzioni di implementazione dei Big Data, potrebbe fornire informazioni utili per la costituzione di KPI volti alla valutazione di costi, produttività e stato generale dalla qualità di ogni output. Un'impresa di produzione, individuando le fonti di guasto e problemi nel processo produttivo potrebbe avere enormi vantaggi competitivi, riscontrabili anche dalla potenzialità data dalla raccolta di informazioni riguardanti i consumatori relativa a caratteristiche ricercate e volute dal customer service.

“Il settore principale in cui il Big Data Analyst ha trovato applicazione è quello del marketing, grazie alla possibilità di raccolta utili per l'orientamento verso nuove strategie innovative aziendali, come il location-based marketing che sfrutta i dati provenienti da smartphone e dispositivi mobili per geolocalizzare i potenziali clienti al fine di inviare messaggi pubblicitari in tempo reale.

È chiaro che le informazioni ricavabili variano a seconda del modello di business dell'azienda, alle risorse che può investire e alle proprie esigenze; una corretta gestione aziendale sicuramente non può sottovalutare l'importanza dell'analisi dei dati, perché punto di partenza per efficientare i processi interni e migliorare il proprio posizionamento strategico sul mercato. “(F. I., 2021b, Big Data Analytics: la nona tecnologia abilitante dell'industria 4.0)

“All'interno del manufacturing questa tecnologia permette di accelerare il processo di sviluppo prodotto supportando progettisti e riducendo i costi di produzione, ottimizzando dunque la produttività mediante analisi predittive e garantendo una integrazione di dati provenienti da diversi sistemi aziendali; vengono migliorate la previsione della domanda lungo l'intera filiera, rendendo accessibili informazioni di utilizzo del prodotto per migliorarne la funzionalità e il design. Utilizzando strumenti di Analytics viene compreso il comportamento e relazioni esistenti con i features, con creazioni di previsionali a supporto del processo decisionale.” (Del Vecchio Manuela Marra Anna Maria Crespino Mariangela Lazoi, 2020) Gli elementi fondamentali per la costruzione di una piattaforma adeguata di Big Data Analytic per servire al meglio una Smart manufacturing facilities sono:

- Data ingestion-inception
- Archiviazione dati
- Calcolo, analisi e visualizzazione del flusso di lavoro e dei dati
- Data management

- Infrastruttura e modello di implementazione
- Cybersecurity

Come già descritto nel paragrafo precedente, è emerso parallelamente alla Smart Manufacturing, il concetto di Maas, il quale permette una collaborazione su larga scala di organizzazioni operanti nello stesso settore per facilitare l'intero processo produttivo riducendo costi operativi e fornendo una personalizzazione di prodotto migliore. Le linee produttive così risultano condivise in ottica globale, per permettere una realizzazione e customizzazione dei componenti e prodotti nell'area d'interesse, mitigando problematiche legate all'effort e limitata capacità produttiva.

Le potenzialità dei Big Data non si rivolgono solamente alle imprese; la raccolta e analisi dati può avere impatti significativi sulla società, migliorandone la qualità di vita grazie a soluzioni su misura fatte mediante l'integrazione con la sanità, l'innovazione sociale e lo sviluppo sostenibile.

2.2. L'impatto dell'industria 4.0

Ognuna delle tecnologie appena analizzate, se integrate opportunamente all'interno di una impresa, concedono l'opportunità di apportare un cambiamento di pari passo alle innovazioni, rendendola rinnovabile con costi futuri decisamente contenuti. Sicuramente per la loro implementazione è richiesto un certo lasso di tempo e un personale istruito a dovere sul loro funzionamento, in modo tale da limitare o escludere i rischi di ritardi nel lavoro, garantendogli inoltre la sicurezza tale da permettere una coesistenza fidata tra uomo e tecnologia.

I vantaggi derivanti dall'installazione delle tecnologie sono diversi, per esempio:

- *Efficienza*: se con il solo personale umano si produce una certa quantità, con l'apporto di macchine moderne la produzione aumenterebbe senza dubbi;
- *Personalizzazione*: un cambiamento radicale per la riuscita del piano aziendale, potrebbe essere l'accomodamento delle richieste della clientela su misura poiché essendoci un sistema produttivo tecnologico, dinamico, efficiente e rapido, non comporterebbe alcun danno in termini di tempistica e denaro;
- *Economico*: un'azienda con metodi produttivi superati potrebbe sostenere ritardi ampi dal punto di vista strategico con ripercussioni sulla logistica, dunque sulle tempistiche di consegna prodotto. Oltretutto, macchine non al passo tecnologico, oltre a consumare un

flusso energetico superiore alle macchine moderne, potrebbero divenire fonte di svantaggio all'interno di un ambiente competitivo.

- *Sicurezza*: i moderni sistemi di allarme permettono una prospettiva preventiva a qualsiasi problematica possa avvenire all'interno dello stabile.

Ma è possibile anche riscontrare una maggiore *flessibilità* e *produttività* attraverso minori tempi di set-up, riduzione di errori e fermi macchina; una migliore *qualità* con minori scarti e una gestione ottimizzata delle risorse mediante tecnologie che monitorano la produzione in tempo reale e software che facilitano le forniture necessarie (con relativa riduzione dei costi); la velocità è un risultato ottenibile grazie alla disponibilità istantanea di informazioni attendibili ed aggiornate sui processi, spesso in concomitanza con l'automazione. Ma la transizione al 4.0 permette previsioni migliori e puntuali, tramite analisi predittive facilitate dal Big Data Analytics che portano a interventi sul campo ancora prima che si verifichino problematiche (manutenzione predittiva).

Per fornire una comprensione quantitativa del potenziale impatto dell'industria 4.0, rifacendo riferimento al documento pubblicato dalla Boston Consulting Group, sono state analizzate le prospettive produttive per la Germania, ribadendo come la quarta fase del progresso tecnologico mondiale porta benefici principalmente in quattro aree:

1. **Produttività**: nel giro di qualche anno, le tecnologie 4.0 saranno applicate alla maggior parte delle aziende tedesche, aumentando la produttività nel settore manifatturiero fino al raggiungimento di 150 miliardi, con guadagni di produttività dal 5 al 8% al netto dei costi dei materiali. Tali incrementi saranno diversi a seconda del settore (Vedi figura 7.).

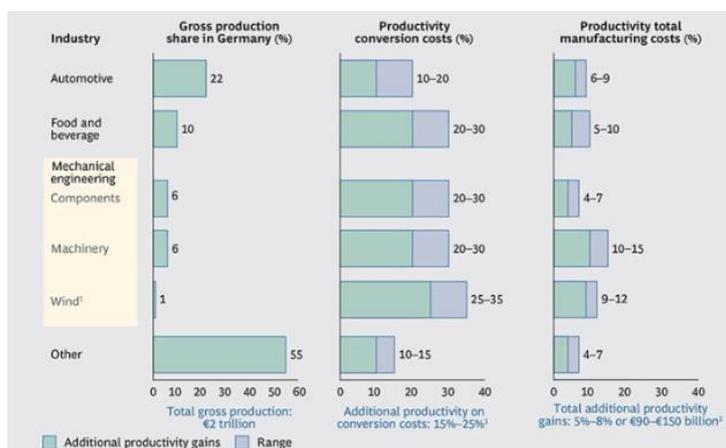


Figura 7. In Germania, l'Industria 4.0 ha generato significativi incrementi di produttività. (Fonte: Federal Statistical Office of Germany; BCG analysis)

2. Crescita dei ricavi: la domanda dei produttori di tecnologie avanzate e strumenti per la gestione di nuove applicazioni, nonché la domanda dei consumatori per una più ampia varietà di prodotti personalizzati su misura, porterà a un aumento di ricavi di circa 30 miliardi di euro all'anno (circa l'1% del PIL tedesco).
3. Impiego: dalla ricerca è emerso che l'industria 4.0 stimola una crescita che porterà ad un aumento dell'occupazione pari al 6% nei prossimi anni (Vedi Figura 8.). Un chiaro esempio si evince dall'ambito ingegneristico tedesco che potrebbe addirittura aumentare ancora di più, fino al 10% nello stesso periodo. A breve termine, saranno richieste competenze diverse, spinte da una sempre maggiore tendenza verso l'automazione che sostituirà alcuni ruoli semplici e ripetitivi; in contemporanea, l'uso sempre più essenziale dei software, analisi e connettività aumenterà la domanda di dipendenti con competenze in tale ambito e tecnologie IT.

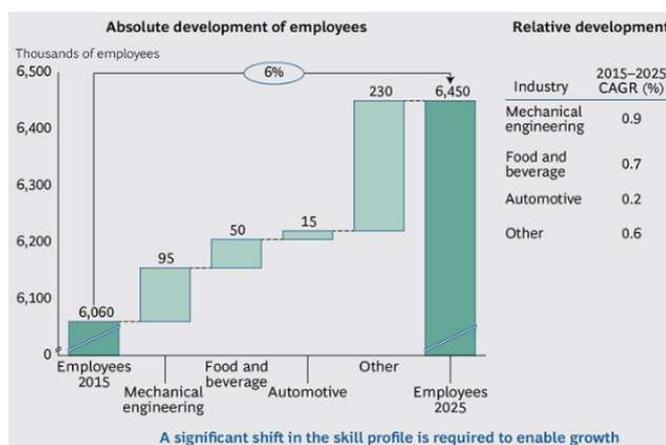


Figura 8.: In Germania, l'Industria 4.0 porta ad un aumento dell'occupazione manifatturiera. (Fonte: Federal Statistical Office of Germany; BCG analysis)

4. Investimento: l'adattamento dei processi produttivi richiederà, secondo le stime BCG, un investimento da parte delle imprese tedesche di circa 250 miliardi di euro complessivi.

I benefici stimati in questa analisi, illustrano l'impatto sulla produzione tedesca rappresentativa degli andamenti a livello globale. Ma vediamo di seguito, all'interno della filiera produttiva, cosa vuol dire effettuare la transizione tecnologica.

- **Produttori**

Lungo la catena del valore, i processi di produzione saranno ottimizzati grazie ai sistemi integrati IT e di conseguenza, celle di produzione tradizionali saranno sostituite da linee completamente automatizzate; i processi produttivi, come i prodotti e la loro

automazione, saranno progettati virtualmente in anticipo, passando per collaborazioni tra produttore e fornitori.

Prendendo come esempio un produttore di componenti, i miglioramenti che l'industria 4.0 può portargli sono molteplici, come:

1. Integrazione dei processi produttivi e logistici: lo scambio di dati di prodotto e di produzione all'interno e all'esterno dell'azienda avviene grazie a una integrazione dei processi con sistemi IT. I fornitori, grazie a questa implementazione, possono ottenere informazioni relative alla progettazione e catena di approvvigionamento in tempo reale. I dati saranno archiviati in cloud appositi, creati per aumentare la disponibilità e accuratezza, ottenendo dunque una maggiore flessibilità nell'affrontare improvvisi cambiamenti previsti o imprevisi nella produzione.
2. Migliorare la cooperazione tra macchine ed esseri umani: ogni parte prodotta sarà associata a un codice identificativo distinto o a un microcomputer incorporato, da cui robot autonomi potranno recuperare le informazioni dettagliate sulle fasi di lavorazione, concedendo una maggiore oggettività nelle istruzioni rispetto a quelle odierne. Un esempio è rappresentato dai robot, che in una realtà manifatturiera meccanica potranno ottenere direttive pratiche e dettagliate sulla lavorazione, attraverso una capacità di selezione dell'utensile giusto e raggiungimento dell'obiettivo, interagendo con altri robot o uomini per coordinare i rispettivi movimenti e massimizzando così la produzione collettiva. Questa maggiore cooperazione tra macchine ed esseri umani consentirà ai produttori di produrre più tipologie di componenti da una singola linea di produzione, in lotti di dimensioni più piccole se vantaggioso; inoltre, la qualità del prodotto migliorerà grazie all'aumento dell'uso di dati in tempo reale per individuare gli errori e per la riduzione del lavoro manuale.
3. Aumento dell'efficienza in fabbrica: l'automazione concederà maggiore efficienza della logistica in fabbrica, l'applicazione di veicoli di trasporto autonomi sincronizzati con i robot per la fase di gestione materiale genereranno risparmi sui costi di manodopera, costi operativi e costi generali con ripercussioni positive anche sui tempi ciclo.

I processi di produzione saranno migliorati mediante l'apprendimento e l'ottimizzazione di apparecchiature che si auto-regoleranno in funzione delle proprietà del semilavorato.

- **Fornitori di sistemi di produzione**

I produttori, come appena visto, richiedono maggiore interazione tra macchinari e sistemi compatibili con l'industria 4.0, con una

maggiore connettività a livello IT. Le modifiche da parte dei fornitori nei loro prodotti includeranno una maggiore modulazione delle funzionalità con distribuzioni nel cloud e sistemi i cui apparati hardware e software siano progettati per più applicazioni, il che porterà a un incremento della distribuzione del processo decisionale. Inoltre, relazioni collaborative con i partner possono offrire configurazioni delle apparecchiature più flessibili e adattabili. I fornitori di automazione industriale e la maggior parte dei produttori di macchine utensili dovranno sviluppare dunque un maggiore conoscenza nel campo software per poter competere in un mercato come quello delle applicazioni legate alla produzione in officina e servizi basati su dati in netta crescita.

La crescente interconnettività richiederà nuovi standard internazionali che definiscano l'interazione nella fabbrica digitale del futuro.

I fornitori di sistemi di produzione devono comprendere come impiegare le tecnologie per offrire più vantaggi competitivi ai loro clienti, costruendo una visione basata su casi d'uso e scenari a lungo termine del settore, per garantire alla loro strategia di essere efficaci con maggiori probabilità.

Industrie e Paesi adotteranno le tecnologie a ritmi diversi e con metodiche non sempre uguali. I settori con un livello di varianti molto alto possono beneficiare di una maggior grado di flessibilità con ripercussioni dirette sulla produttività, e un maggior grado di qualità per l'implementazione dei Big Data Analytics che riducono i tassi di errore. I paesi con manodopera qualificata ad alto costo saranno in grado di capitalizzare un livello di automazione più sostenuto in parallelo a un aumento della domanda di manodopera più qualificata; molti mercati con una forza lavoro giovane e tecnologicamente esperta potrebbero creare concetti produttivi completamente nuovi ed innovativi. Per plasmare attivamente la trasformazione, i produttori e fornitori di sistemi devono intraprendere azioni volte all'adozione dei nove pilastri del progresso tecnologico, affrontando l'esigenza di installare le infrastrutture adeguate e fornire una istruzione appropriata.

2.2.1. Competenze 4.0, l'uomo al centro del sistema produttivo

Rinnovati i macchinari e i sistemi di produzione, per le imprese volte al digitale è necessario puntare sul personale per poter fronteggiare le nuove grandi sfide del mercato, le quali possono essere riassunte in: colmare il divario di competenze in ambito tecnologico e convivere operativamente con l'intelligenza artificiale. A livello globale è necessario un mutamento interno che renda pronto il

settore industriale alla nuova era dell'umanesimo digitale, in cui avranno successo le realtà che si prendono cura del capitale umano e che comprendano come le tecnologie siano un abilitatore al servizio delle persone e non un loro sostituto. Per organizzare questo cambiamento, come citato durante il World Economic Forum di Davos, è di fondamentale importanza l'operazione di reskilling degli operatori e tecnici, facendo dunque leva sulla responsabilità imprenditoriale e/o manageriale di occuparsi del proprio personale per accompagnarlo verso le nuove frontiere professionali dell'era digitale dove il contrasto della riduzione dei posti di lavoro legata all'incremento dell'automazione è al centro. Automaticamente, divengono importanti lo sviluppo di capacità di leadership, pensiero laterale e creatività.

In un numero crescente di mansioni, oltre alle classiche competenze che definiscono e danno identità alla specifica occupazione, viene sempre più richiesto il possesso di competenze nuove, del tutto o quasi. Nascono dunque lavori ibridi, in cui competenze tecniche, gestionali, professionali e relazionali dei mestieri tradizionali si fondono ed integrano con le nuove competenze digitali, in cui le abilità di comunicazione, interazione sulle piattaforme network e modalità di collaborazione in ambienti di lavoro più tecnologici e dinamici ne fanno da monito. Nello specifico, una figura che sappia governare l'industria 4.0 dovrebbe avere competenze di ingegneria gestionale per comprendere la reingegnerizzazione dell'intero processo produttivo, competenze economiche per cogliere gli impatti finanziari e di mercato, e competenze digitali naturalmente. A tal proposito, la figura professionale specializzata nel digitale non sarà più solamente quella dell'information technology, ma dovrà possedere un mix articolato di competenze per riuscire a muoversi strategicamente all'interno dei cambiamenti imposti dai Big Data, Cloud, IoT e Security; queste figure dovranno dunque possedere skill tecnologiche, manageriali, leadership, intelligenza emotiva e capacità di gestione del cambiamento. Complessivamente è possibile raggruppare le competenze richieste in:

1. Competenze specialistiche: riferite alle conoscenze specifiche di un settore o di una funzione, come ad esempio la meccanica, elettronica, informatica, robotica, ecc., ovvero tutte le capacità che richiedono una formazione ed aggiornamento continuo.
2. Competenze accessorie: tutte quelle conoscenze complementari che permettono l'integrazione e valorizzazione delle competenze specialistiche, come la gestione di dati, sicurezza informativa, qualità e normativa; sono queste delle capacità che richiedono una visione sistematica e multidisciplinare.

3. Competenze trasversali: abilità personali e relazionali, importanti per adattarsi al cambiamento ed implementare la collaborazione con gli altri, come il problem solving, il pensiero critico ed apprendimento autonomo; sono dunque conoscenze che richiedono una forte motivazione e capacità di autovalutazione.

“Per i leader del futuro, dunque, dotarsi di nuove competenze in linea con l’utilizzo di strumenti intelligenti rappresenta una priorità; se le macchine riusciranno a potenziare l’operato umano, le aziende saranno chiamate a riorganizzare i gruppi di lavoro tenendo conto dell’Intelligenza artificiale, machine learning e Internet of Things.” (Fabi, A. 2019, Industria 4.0: le competenze richieste.)

Nonostante queste considerazioni, prevedere gli effetti di questa rivoluzione industriale sul mercato del lavoro non è facile; non può essere scontato giudicare l’effetto di un tale cambiamento sulle forze lavoro in termini quantitativi prima ancora che qualitativi. Le scuole di pensiero sono diverse, alcuni pensano che il fenomeno 4.0 salverà il mondo del lavoro e dell’economia grazie agli impatti analizzati in precedenza con ricadute positive sull’occupazione, altri pensano invece che tale svolta finirà per distruggere posti di lavoro. L’interrogativo è all’ordine del giorno da molti anni; la cosa non è di certo nuova, tanto che già durante la prima rivoluzione industriale il movimento luddista osteggiava la tecnologia, ritenuta una grave fonte di disoccupazione. Se è vero che nelle precedenti rivoluzioni molti lavori manuali sono stati rimpiazzati dalle macchine, oggi si hanno tecnologie sempre più intelligenti ed interconnesse, che iniziano a svolgere attività complesse di natura cognitiva fino ad ora prerogativa del lavoratore umano.

Già entro il 2020 si prevedeva che nel mondo si sarebbero persi 7,1 milioni di posti di lavoro a fronte della nascita di 2,1 milioni più specializzati a causa delle nuove tecnologie; Frey e Osborne nel 2013 pubblicarono uno studio basato su interviste a oltre 700 professionisti americani, dal quale emerse che nel corso di 10-20 anni quasi il 50% dei posti di lavoro sarebbe stato a rischio di essere spazzato via dall’avvento delle nuove tecnologie. Di seguito viene riportata una ulteriore tabella che racchiude alcuni risultati di studi negli anni scorsi in diversi Paesi del mondo.

Tabella 1.: Quanto sono a rischio i posti di lavoro: risultati di alcuni studi.
(Fonte: Elaborazione IPL)

Autori	Evidenza/Tesi	Risultati	Riferimento geografico	Metodo e limiti
World Economic Forum (2016)	Scomparsa di posti di lavoro a causa delle nuove tecnologie in grado di fare meglio e con costi minori alcune mansioni svolte fino ad oggi dagli esseri umani	- 7,1 Mln di posti a causa delle tecnologie + 2,1 Mln di nuovi posti grazie alle tecnologie = 5 Mln di posti persi	Mondo	Questionario a responsabili del personale di 9 settori in 15 paesi sul futuro del lavoro da qui al 2020
Frey e Osborne (2013)	L'automazione mette a rischio i posti di lavoro	Il 47% dei posti è a rischio di essere sostituito dall'automazione.	USA	Analizzate 700 professioni del mercato del lavoro americano
Amtz, Gregory, Zierahn (2016)	Più che le professioni in sé sono alcune attività e compiti ad essere a rischio di essere automatizzati ed altri che invece non lo sono	9 % di posti a rischio	USA	Si basano sui "task", non sulle professioni, per cui molte professioni non sono automatizzabili completamente
		10 % di posti a rischio	Italia	
		12 % di posti a rischio	Austria e Germania	
Bowles (2014)	Anche in Europa vi è il rischio che i posti vengano automatizzati con differenze tra paesi del nord e sud Europa	dal 45 al 60% dei posti è a rischio (es. Italia 56%)	Europa	La stessa metodologia utilizzata da Frey e Osborne con focus sulle professioni applicata in Europa
Bonin et al. (2015)	Il rischio di perdita di posti di lavoro in Germania è analogo agli USA se si prende a riferimento la professione, ma è inferiore se invece si considerano le attività.	42% di posti a rischio	Germania	Utilizzando lo stesso metodo di Frey e Osborne in Germania la percentuale di posti a rischio sarebbe analoga
		12% di posti a rischio considerando le attività	Germania	Prendendo invece a riferimento le attività invece delle professioni la percentuale scenderebbe

Tali previsioni erano state consapevolmente precipitose, soprattutto per le criticità del metodo usato. Infatti, il risultato cambia se invece che prendere come riferimento la professione, si considerano le attività, le quali spesso sono eterogenee; un lavoro ad alto rischio di automazione può presentare delle attività che non sono invece così facilmente automatizzabili. Pertanto, attraverso questo approccio risulta che solamente il 9% dei lavoratori sarebbe a rischio, percentuale suscettibile alle variazioni territoriali dovute a vari fattori come la struttura del mercato del lavoro stesso.

Se ne deduce, quindi, che sono tendenzialmente le attività maggiormente routinarie ad essere a rischio di automazione; ma non è giusto affermare che solo la classe operaia sia a rischio, poiché tecnologie abilitanti dell'industria 4.0 avranno ripercussioni anche su lavori meno manuali ma più di concetto.

L'equazione "*digitalizzazione = perdita del posto di lavoro*" non è per niente scontata, soprattutto per i motivi riportati di seguito:

- Il ruolo della tecnologia è sopravvalutato; la diffusione dei robot ed altre innovazioni non significa necessariamente perdita del posto di lavoro, proprio perché la probabilità di automazione di alcune attività è decisamente sovrastimata. Prima del concreto impiego di tali tecnologie può passare diverso tempo, anche per la presenza di possibili ostacoli giuridici, sociali ed etici che necessitano di essere

discussi. Pertanto, anche le competenze ICT della popolazione non sono da sopravvalutare.

- La tecnologia necessita di essere prodotta. La creazione e lo sviluppo delle tecnologie innovative richiede forza lavoro, con un nuovo impulso nell'occupazione in settori nuovi. Verranno create nuove professioni in tutti quei servizi che circondano la manifattura, dall'elaborazione dati alla manutenzione. Per esempio, l'avvento in passato del settore digitale è riuscito a crescere significativamente sia in termini di contributo alla produttività lavorativa che all'occupazione totale, creando lavori che una volta non esistevano.
- La tecnologia aumentando la produttività, aumenta la domanda di forza lavoro. Le tecnologie intelligenti descritte fino a qui possono portare ad una riduzione dei costi, con ripercussioni positive sulla produttività e competitività delle aziende; infatti, quest'ultime, si troveranno con un aumento della domanda di prodotto anche per un possibile aumento di salari. L'aumento della domanda si riflette anche sulla necessità di nuova forza lavoro, la quale va parzialmente a compensare i posti persi per l'introduzione di sistemi di automazione; questo andamento della produttività può inoltre porterà a un back reshoring, portando il nostro Paese come prima scelta per la localizzazione delle aziende oggi delocalizzate all'estero. I motivi possono essere legati sia ai risparmi sia al fatto che la qualità della produzione è tendenzialmente più elevata. Con tali tecnologie avrà meno senso portare la produzione in Paesi con costi di manodopera più bassi, ma sarà possibile sostenere e valorizzare il territorio e i suoi consumatori.

Tali punti, sviluppati da Brynjolfsson e McAfee nel libro "la nuova rivoluzione delle macchine: lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante" (2015), sono però da prendere con cautela perché l'introduzione delle tecnologie e conseguente aumento produttivo, registrano uno sfasamento temporale di diversi anni dovuti alle innovazioni organizzative che si trasformano di continuo; è stato comunque evidenziato dagli autori come negli Stati Uniti la produttività ed innovazioni tecnologiche siano cresciute moltissimo e contemporaneamente si sia assistito ad una caduta dell'occupazione e reddito medio con un inevitabile aumento dei livelli di disuguaglianza.

Sicuramente una ricetta vincente contro la perdita dei posti di lavoro sarà la formazione delle persone, sottolineando come maggiore sarà il bagaglio formativo di un lavoratore e minore sarà il rischio che il suo posto di lavoro venga sostituito dalle macchine.

Riportando una analisi effettuata dal World Economic Forum il 1° maggio 2023 in Svizzera, si stima che nei prossimi 5 anni il 23% circa dei posti di lavoro cambierà, con 69 milioni di nuovi posti di

lavoro creati e 83 milioni eliminati; l'adozione della tecnologia e digitalizzazione creeranno una crescita netta dell'occupazione con maggiori compensazioni dalle perdite. I lavori in rapida crescita sono relativi agli ambiti della sostenibilità, intelligenza artificiale, analisi di business intelligence e sicurezza informatica. Secondo le stime delle 803 aziende intervistate per il rapporto, i datori di lavoro prevedono una diminuzione netta di 14 milioni di posti di lavoro, pari al 2% dell'occupazione attuale che si aggira intorno ai 673 milioni. I macro-trend, tra cui la transizione verde, gli standard di valutazione ESG (Environmental, Social e Governance) e la localizzazione delle catene di approvvigionamento, sono i principali motori di crescita che dovranno fare i conti con i rischi legati alla inflazione elevata, crescita economica più lenta e carenza di approvvigionamento.

Mentre la tecnologia continua a porre sfide ed opportunità, i datori di lavoro si aspettano che la maggior parte delle innovazioni contribuiscano in modo positivo alla creazione del posto di lavoro.

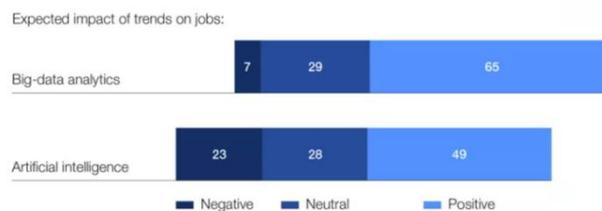


Figura 9. Le aziende si aspettano che i big data e l'intelligenza artificiale guidino la crescita dell'occupazione.

(Fonte: Future of job, WEF 2023)

I ruoli in più rapida crescita sono trainati dal Big Data Analytics, con un aumento medio del 30% entro il 2027, che porterà alla primaria necessità della formazione per l'impiego dell'AI, pensiero analitico e creativo.

Circa un terzo delle attività in ambito manifatturiero sono attualmente automatizzate (34% degli intervistati), circa l'1% in più rispetto al 2020, con un raggiungimento di circa il 42% in sette anni. L'AI sarà un fattore chiave del potenziale spostamento algoritmico e verrà adottata da quasi il 75% delle aziende, di cui solo un terzo prevede perdite di lavoro a causa di questo.

Come verrà ampiamente analizzato nel capitolo 4, le aziende segnalano che le lacune di competenze ed incapacità di attrarre talenti sono i principali ostacoli alla formazione e riqualificazione in tutti i settori: sei lavoratori su dieci avranno bisogno di formazione, ma solo la metà ha accesso a opportunità adeguate oggi; in contemporanea, il rapporto stima anche che in media il 44% delle competenze di un singolo lavoratore dovrà essere aggiornato. In risposta alla crisi del costo della vita, il 36% delle aziende riconosce

che un innalzamento dei salari potrebbe aiutare ad attrarre talenti. Tuttavia, le aziende sono pronte a ripianificare gli investimenti e spostamenti col fine di rendere la propria forza lavoro più produttiva, dinamica e soddisfatta. Le forti capacità cognitive sono sempre più apprezzate dai datori di lavoro, riflettendo l'essenziale ruolo del problem solving relativo all'alfabetizzazione tecnologica.

Dunque, come citato dal CEO della Randstad, "L'accelerazione della digitalizzazione, intelligenza artificiale e automazione stanno creando enormi opportunità per la forza lavoro globale, ma i datori di lavoro, governi e altre organizzazioni devono essere pronte per le interruzioni future", dopotutto una disponibilità di risorse qualificate e collegate a un mercato del lavoro ben regolamentato sono fondamentali per la protezione e preparazione ai lavoratori di domani in un ambiente più specializzato ed equo.

L'industria 4.0 pone una nuova sfida, che può essere intrapresa se vi è la consapevolezza tra gli attori interessati della necessità di formazione che sia al passo con i tempi, con investimenti che accompagnino le persone non solo durante i percorsi formativi standard ma anche sul posto di lavoro; queste misure dovrebbero essere in grado di contrastare i problemi derivanti dalla mancata corrispondenza tra le competenze.

2.2.2. Nuovi modelli organizzativi del lavoro

"Il tema delle competenze si lega anche all'organizzazione del lavoro perché influenzata dai cambiamenti in ambito tecnologico. Le novità che portano i nuovi paradigmi dell'industria 4.0 si concretizzano in una sempre maggiore interconnessione tra manifattura e servizi, ma anche tra i consumatori stessi che diventano parte attiva fino alla personalizzazione dei prodotti: le organizzazioni così vanno ben oltre il concetto di produzione snella. Attraverso i nuovi modi di lavorare portati dall'interazione sempre più stretta tra tecnologia e lavoratore, vengono meno i vincoli legati al luogo e orario lavorativo; il dipendente cioè organizza la propria attività in piena autonomia e flessibilità. Si può intuire come il Work-Life-Balance acquisisca un nuovo significato attraverso l'industria 4.0 poiché le tecnologie abilitanti consentono in qualche misura di lavorare come si vuole, quando si vuole e dove si vuole. Se da un lato la digitalizzazione favorisce la conciliabilità, dall'altro porta però il rischio di dover lavorare sempre." (*Zoom Industry 4.0*, 2017)

Introducendo i processi di digitalizzazione, così come i modelli di smart working, si deve automaticamente porre prima di ogni cosa dei cambiamenti relativi all'organizzazione, prima ancora dei cambiamenti tecnici o normativi. Si procede verso una nuova

metodica di concepire il lavoro, con minori legami a schemi, luoghi ed orari, ma più concentrato su persone e le loro capacità. L'organizzazione del lavoro viene riformulata sotto l'ottica sociotecnica, in quanto tutte le tecnologie viste in questo capitolo pongono al centro la persona mediante una interconnessione. “Si può ipotizzare che in un futuro non troppo lontano si possano instaurare diversi modelli di organizzazione del lavoro; a tal proposito il dottor Hirsch-Kreinsen, titolare della cattedra di sociologia economica ed industriale presso l'Università tecnica di Dortmund fino al 2015, occupandosi delle questioni della trasformazione digitale del lavoro, società e delle conseguenze sociali, delinea due possibili scenari:

1. **Organizzazione polarizzata:** caratterizzata da una differenziazione degli incarichi e professioni. In tale forma si predilige un sistema centralizzato su una forza lavoro esecutiva poco qualificata con incarichi semplici e manuali, affiancata da un gruppo di esperti altamente qualificati. La polarizzazione vede dunque da una parte lavoratori manuali con mansioni di basso livello che richiedono un certo grado di abilità fisiche, dall'altro lavoratori più cognitivi con abilità di management. Non sono tanto le mansioni semplici ad essere erose e rimpiazzate quanto quelle più routinarie, prerogativa non solo di lavori poco qualificati ma anche di professioni medio-impiegate.
2. **Organizzazione a sciame:** una rete di impiegati altamente qualificati la caratterizzano. Le attività semplici e di bassa qualifica andranno scomparendo e saranno tendenzialmente sostituite dalla automatizzazione. Non vi sono attività definite per i singoli lavoratori e la divisione del lavoro risulta essere limitata, il che comporta una maggiore responsabilità e una gerarchia non ben definita. Le operazioni sono gestite con ampi margini di manovra, in maniera flessibile, basandosi sui processi sociali informali di comunicazione e cooperazione.” (*Zoom Industry 4.0*, 2017b)



Figura 10. Due possibili scenari del lavoro 4.0. (Fonte: Hirsch-Kreinsen 2014)

È ipotizzabili che le logiche dietro al paradigma 4.0 faranno sì che si diffonderanno modelli ibridi all'interno di un continuum tra i modelli sopra descritti.

Nei prossimi capitoli saranno approfonditi aspetti relativi all'applicazione dell'industria 4.0, in particolare le manovre offerte dal governo per incrementare la loro adozione a livello industriale e i relativi risultati. In seguito, l'attenzione si concentrerà sul settore manifatturiero, con un approfondimento sulla digitalizzazione delle imprese e lo stretto rapporto che lo sviluppo tecnologico porta con il settore terziario.

CAPITOLO 3

3.1. La realtà industriale in Italia

La realtà industriale italiana ha attraversato anni duri e travagliati, in concomitanza con la grande crisi del 2008 e 2009 che colpì l'economia mondiale, con ripercussioni su produzione, occupazione e capacità di investire in sviluppo ed innovazione. Nel 2010 si ebbe una risalita importante con un conseguente andamento altalenante specchio anche delle tendenze passate.

Una contrazione della produzione si traduce in minore liquidità, ma anche in minore predisposizione da parte delle banche ad aprire linee di credito per poter far investimenti. L'insorgenza della quarta rivoluzione industriale e la diffusione delle tecnologie 4.0 innesca una profonda trasformazione dei meccanismi e processi industriali, nei quali l'Italia ricopre una posizione principale tra i paesi manifatturieri nel mondo ed Europa.

“Il Country Report 2016 rilasciato dalla Commissione Europea evidenziò come il nostro Paese presentava una crescita debole della produttività a causa dei sistemi inefficienti del prodotto, capitali e mercati del lavoro, nonché ostacoli strutturali. A tal proposito, la Camera dei deputati decise di avviare una indagine approfondita per garantire una strategia utile all'introduzione di misure, strumenti e tecnologie per favorire la transizione digitale delle imprese tradizionali con l'obiettivo di risollevarlo il Paese. Il pacchetto industria 4.0 fu pensato dopo una attenta analisi del sistema industriale, per sostenere il tessuto imprenditoriale italiano durante i cambiamenti radicali del lavoro e delle logiche produttive mondiali. Il Ministero dello Sviluppo Economico inserì il Piano Industria 4.0 nella legge di bilancio del 2017, tramite l'applicazione di una serie di incentivi ed agevolazioni sugli investimenti in strumentistica e capitale umano per portare avanti i seguenti quattro punti d'azione:

1. *Governance e consapevolezza*: collaborazione tra pubblico e privato, col fine ultimo di diffondere le potenzialità delle tecnologie 4.0.
2. *Infrastrutture abilitanti*: gestione sicura dei dati tramite infrastrutture efficaci e una implementazione degli standard internazionali per l'interoperabilità.
3. *Investimenti per l'innovazione*: promuovere l'innovazione del privato tramite le tecnologie abilitanti sperimentando nuove soluzioni con la ricerca e sviluppo.
4. *Competenze e ricerca*: sostenere la formazione tramite percorsi mirati e contribuire alla ricerca delle nuove competenze richieste dal mercato.

Verso la fine del 2017 è stata mobilitata la seconda fase del Piano prendendo il nome di Piano nazionale Impresa 4.0; la novità

consisteva nell'espansione del raggio d'azione, ampliando i limiti posti al solo ramo manifatturiero a tutti i settori economici così da consentire alle Piccole e Medie Imprese di adottare gli strumenti innovativi essenziali per un concreto balzo verso il digitale.” (F. I., 2021a, Il passaggio da Industria 4.0 a Impresa 4.0)

3.1.1. La Produttività italiana nel 2016

Dalla relazione annuale della Commissione Europea del 2016 sulla prevenzione e correzione degli squilibri macroeconomici dell'Italia, emerse che la produttività italiana era statica dalla metà degli anni Novanta. Mentre negli anni Ottanta il PIL pro capite italiano era al di sopra della media dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, dagli anni Novanta la crescita economica effettuò un rallentamento provocandone un peggioramento rapido. L'inversione della tendenza nella crescita è stata principalmente dovuta al minor contributo della produttività totale, ovvero la misura dell'efficienza con cui i fattori produttivi vengono utilizzati nell'economia, la quale è andata calando in Italia mentre aumentava o rimaneva stabile negli altri paesi della zona euro. Il divario di crescita della produttività interessa tutti i settori dell'economia, in particolare quello dei servizi.

La crescita della produttività del lavoro nel periodo che va dal 1999 al 2014 risultava essere inferiore alla media, per tutti i settori meno quelli della finanza ed assicurazioni, soprattutto nel settore manifatturiero.

Ma perché questo? L'alta percentuale di piccole imprese nell'economia e la basse prestazioni nel settore dei servizi hanno frenato la produttività aggregata (macro grandezza economica che rivela la quantità di beni e servizi finali prodotti in un'economia in un determinato periodo temporale), poiché queste tendono ad avere produzioni inferiori rispetto a quelle di grandi dimensioni; complessivamente in Italia si risente della presenza in percentuale maggiore delle prime, infatti nel settore manifatturiero italiano si hanno tantissime piccole imprese, e nonostante le loro produzioni siano analoghe a quelle delle omologhe delle stesse dimensioni di altri Stati membri, portano un attrito significativo alla produttività complessiva. A peggiorare la situazione, nel settore dei servizi, le microimprese hanno avuto una produttività decisamente inferiore rispetto alle omologhe tedesche o francesi.

Un ulteriore fattore che ha inciso sicuramente sulla tendenza negativa della crescita è stata la grande disparità regionale in termini produttivi. “Nel settore manifatturiero il divario non si è ridotto e alla grande disparità produttiva non corrisponde una adeguata dinamica salariale con conseguente perdita di competitività delle regioni meridionali rispetto a quello settentrionali.

La crescita della produttività totale nel complesso economico dipende dunque dalla dinamica aziendale, in particolare sotto due aspetti:

- Data la quota di ciascuna impresa, la produttività complessiva aumenta se le imprese impiegano le loro risorse in maniera più efficiente, implementando ad esempio l'evoluzione tecnologica.
- La produttività aggregata aumenta se le risorse vengono riallocate dalle imprese meno produttive a quelle più produttive.

Se i mercati funzionano in maniera efficiente, la concorrenza impone una riallocazione delle risorse da quelle realtà produttive meno sviluppate a quelle più produttive spingendole fuori dal mercato, con un risultato positivo sulla riduzione delle differenze di produttività. I mercati inefficienti invece, mantengono in vita anche le imprese con livelli produttivi bassi. Tra il 1995 e il 2013 l'allocazione inefficiente nel settore manifatturiero è aumentata di oltre il 70% per la presenza di imprese con bassa capacità produttiva.

Una analisi econometrica a livello di impresa mostra come la crescita inferiore sia riconducibile ad alcune caratteristiche stesse delle imprese italiane, come la proprietà familiare e il basso livello di istruzione del personale impiegato e dirigenziale.” (*Documento di lavoro dei servizi della Commissione*, 2016, Commissione Europea)

- **R&S ed innovazione**

In Italia il livello di investimento in R&S nel 2016 era ancora basso rispetto agli altri paesi dell'UE. Nel 2014 l'intensità complessiva di ricerca e sviluppo, intesa come spesa totale destinata ad essa in percentuale del PIL, è stata pari al 1,29%, mentre gli altri paesi in media hanno investito il 2,03%. In questo ambito l'intensità di crescita ha avuto dei grossi rallentamenti a partire dal 2009, portando a spese contenute sia in ambito privato che pubblico.

Uno dei principali problemi fonte di debolezza strutturale, è la scarsa promozione di attività di ricerca e sviluppo ed innovazione, con carenze sotto i punti di vista del finanziamento soprattutto per le piccole imprese che non dispongono di risorse interne sufficienti per finanziare i propri progetti; inoltre l'innovazione è stata frenata dalla relativa scarsità di risorse umane altamente specializzate e da una scarsa cooperazione tra università ed imprese, il che si traduce in un lento trasferimento di conoscenze e i rischi legati alla ricerca dall'ambiente accademico a quello imprenditoriale.

La bassa percentuale di servizi ad alta tecnologia ed intensità di conoscenza, nonché di attività manifatturiera e tecnologica è una causa del debole livello di innovazione che unito al contesto imprenditoriale generale italiano, da sempre caratterizzato da una

gestione prettamente familiare con investimenti diretti esteri bassi, penalizza fortemente il nostro paese rispetto ad altri.

Comunque, le iniziative strategiche per sostenere il sistema di ricerca ed innovazione ci sono state, anche se con una frammentazione non trascurabile. Una prima iniziativa presa dal Governo è stata la proroga del credito d'imposta per attività di R&S delle imprese nel periodo tra il 2015 e il 2019 (pari al 25% degli investimenti con massimale di 5 milioni di euro per beneficiario, fino al 50% se la ricerca è svolta tramite istituti pubblici); un'altra azione è stato l'accesso semplificato al Fondo centrale di garanzia per le PMI con incentivi fiscali per gli investimenti in imprese giovani ed innovative. Nel luglio del 2015 sono state applicate le norme di attuazione del regime Patent Box per incentivare gli investimenti ed evitare artificiose delocalizzazioni del reddito imponibile dal luogo in cui è generato il valore a favore di Stati caratterizzati da fiscalità agevolata, cioè una concessione all'esclusione parziale dei redditi imponibili derivanti da attività immateriali. In quarto luogo, è stata effettuata una revisione del quadro normativo crowdfunding o finanziamento collettivo azionario con la creazione di maggiori canali finanziari del genere.

Queste sono solo una parte delle iniziative prese dal Governo italiano per implementare aspetti essenziali come quella della R&S ed innovazione per la crescita di produttività e competitività sui mercati, ma nonostante queste l'efficacia è stata limitata dalla mancanza di una strategia globale per l'innovazione.

3.1.2. Piano Industria 4.0 e le sue evoluzioni

Questo Piano, presentato nel 2016, prevedeva l'attuazione in Italia di una serie di misure e provvedimenti per le imprese volte all'implementazione delle tecnologie abilitanti per la produzione nel loro settore e poter così raggiungere livelli di produttività e R&S competitivi, opportunità non trascurabile per creare una controtendenza rispetto agli andamenti emersi nel report della commissione Europea.

Questo decreto è rappresentabile tramite tre linee guida principali:

1. Operare in una logica di neutralità tecnologica;
2. Intervenire con azioni orizzontali e non verticali o settoriali;
3. Agire sui fattori abilitanti.

“Il Piano Industria 4.0 si strutturava attraverso alcune azioni principali come l'Iper e Super Ammortamento, la Nuova Sabatini e il Fondo di Garanzia, Credito d'impresa R&S, Startup e PMI innovative, Patent box, ed infine centri di competenza ad alta specializzazione.

- L'iper e Super Ammortamento consistono in incentivi di natura fiscale destinati all'acquisto di beni strumentali, materiali ed immateriali per facilitare la trasformazione dei processi industriali in ottica digitale. Tali deduzioni in particolare arrivavano fino alla ipervalutazione del 250% degli investimenti in beni materiali nuovi e tecnologie, insieme alla supervalutazione del 130% degli investimenti in beni strumentali rivolte a tutte le imprese con sede fiscale in Italia.
- La misura Beni Strumentali o Nuova Sabatini è stata creata per il sostegno all'accesso al credito per le PMI, dove il Ministero si fa garante presso le banche in favore delle richiedenti prestiti, finanziamenti o leasing, coprendo i costi legati agli interessi applicati dall'istituto di credito a patto che l'investimento possieda determinati requisiti. Così le PMI possono usufruire di un investimento coperto fino all'80% dell'importo dal Fondo di garanzia PMI, con una durata di massimo 5 anni, per importi compresi tra i 20.000 e i 2 milioni di euro. Il contributo è calcolato sulla base di un tasso d'interesse del 2,75% annuo ed è maggiorato del 30% per investimenti in tecnologie industria 4.0.
- Credito d'imposta Ricerca e Sviluppo invece consente alle imprese di ottenere un credito d'imposta pari al 50% del valore degli investimenti fatti entro un massimo di 20 milioni di euro l'anno, i quali devono essere rivolti a ricerca fondamentale, industriale e sviluppo sperimentale (costi per personale altamente qualificato e tecnico, contratti di ricerca, quote ammortamento di strumenti ed attrezzature, competenze tecniche e private industriali).
- Le realtà iscritte al Registro delle imprese – Startup e PMI innovative, possono usufruire di un quadro di riferimento dedicato in materia per la semplificazione amministrativa, mercato del lavoro, agevolazioni fiscali e diritto fallimentare.
- Il Patent Box introdotto dal Decreto-legge 28 novembre 2017, permette all'azienda che sviluppa un software coperto da diritto d'autore di ricevere introiti provenienti dall'utilizzo di terzi con una tassazione in regime agevolato. La stessa cosa vale per i brevetti industriali, modelli e disegni, formule matematiche e scientifiche, ecc.” (Sunbell, 2018)

Il Piano Nazionale Industria 4.0 ha come obiettivo quello di rilanciare gli investimenti e sostenere le imprese nella fase di transizione digitale. Tale sfida riguarda in particolare gli imprenditori e la loro resistenza al cambiamento, facilitando la formazione dei lavoratori per renderli più efficienti ed efficaci nella produttività e sviluppo di nuovi processi e prodotti. Verso gli inizi del 2018 è partita la seconda fase del Piano, prendendo il nome di

Piano Nazione Impresa 4.0, la quale amplia il raggio d'azione del precedente a tutti i settori dell'economia.

Ma quali sono stati concretamente gli effetti del “Piano Impresa 4.0”?

Sfruttando una rilevazione campionaria condotta tra ottobre 2017 e febbraio 2018 svolta basandosi su circa 23.700 imprese in rappresentanza della popolazione industriale e dei servizi per la produzione, è stata ricostruita una analisi con ampio dettaglio territoriale, dimensionale e settoriale riguardanti gli andamenti delle imprese portando l'attenzione principalmente sulla adozione, utilizzo e criticità delle tecnologie 4.0. Le principali innovazioni considerate in questa valutazione, svolta dal Ministero dello Sviluppo Economico, sono state: installazione di Robot collaborativi ed interconnessi, stampanti 3D, Realtà aumentata, simulazioni di sperimentazioni e test virtuali, Comunicazione elettronica in rete tra macchinari e prodotti, Integrazione elettronica dei dati e informazioni lungo le fasi produttive, integrazione verticale, Cloud, Big Data Analytics e la sicurezza informatica durante le operazioni su sistemi aperti.

- **La diffusione del fenomeno:**

Le statistiche riportano che sul totale della popolazione dell'industria italiana, l'8,4% delle imprese ha adottato almeno una delle tecnologie abilitanti, quota alla quale si aggiunge un ulteriore 4,7% di imprese che hanno in programma investimenti nel loro futuro; le imprese “tradizionali” che non hanno impiegato fondi per la transizione ne hanno un programma rappresentano la grande maggioranza pari all'86,9% del totale. Un aspetto interessante, emerso dalle ricerche è che la propensione verso queste tecnologie aumenta al crescere delle dimensioni aziendali: già al di sopra dei 10 dipendenti le imprese 4.0 sono il 18,4% del totale delle PMI, percentuale che supera il 47% delle imprese con almeno 250 addetti.

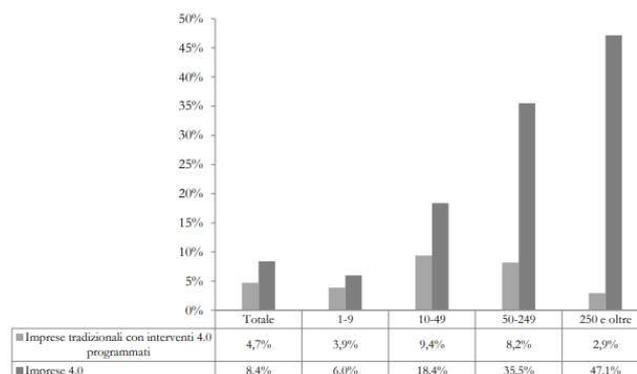


Figura 11.: Diffusione delle Tecnologie 4.0, dettaglio per classe dimensionale.
(Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)

La diffusione maggiore si ha nel Centro-Nord rispetto al Mezzogiorno, dove al di là dei livelli sistematici, il profilo dimensionale risulta analogo ma con valori deficitari nelle fasce dimensionali intermedi, con una diffusione del 4.0 inferiore al 30% rispetto alle analoghe imprese nel resto del Paese.

L'applicazione delle nuove tecnologie è caratterizzata da una distinzione a seconda che si considerino le tecnologie più strettamente connesse alla produzione come robot interconnessi, manifattura additiva e realtà aumentata, o quelli dall'utilizzo intensivo di dati ed informazioni come integrazione orizzontale/verticale e big data. Ne risulta un frazionamento in tre differenti comparti, poco meno della metà delle imprese sfrutta solo le tecnologie di gestione dei dati relative alla catena produttiva, il 36% è attivo sia nelle tecnologie che riguardano il processo produttivo sia nella gestione dei dati; le aziende invece che usano solamente tecnologie produttive senza l'elaborazione dati sono relativamente in quantità residuale. Anche in questo caso è interessante notare come, nelle imprese con oltre 50 addetti, diventa maggioritario il modello che vede l'implementazione delle due tipologie di tecnologie con percentuali che arrivano al 69,2% nelle grandi imprese. L'ambito più diffuso di applicazione è la cyber security, integrazione orizzontale e l'IoT, mentre l'impiego di robot collaborativi, stampanti 3D e simulazioni virtuali trovano una diffusione apprezzabile soltanto presso le imprese strutturate.

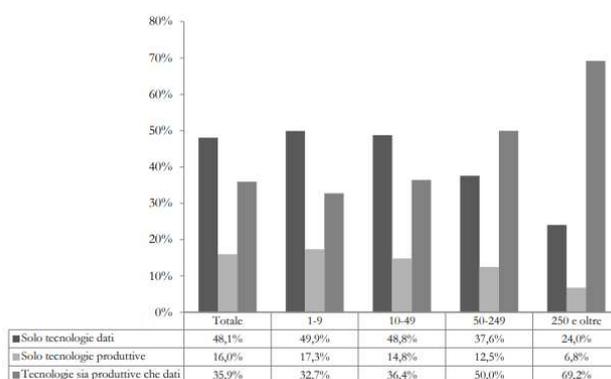


Figura 12.: Tipologia di tecnologia 4.0 utilizzate, fatto 100 il tot delle imprese che le sfrutta.

(Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)

“Coerentemente col paradigma della fabbrica intelligente tra le imprese che impiegano un massimo di due tecnologie prevale l'uso di tecniche di gestione ed acquisizione dati, mentre a partire da tre applicazioni tecnologiche aumenta la probabilità che l'impiego sia più in termini produttivi.

Incrociando le informazioni estrapolate dalle interviste relative all'attuale coinvolgimento e impieghi futuri, si ottengono

istogrammi che evidenziano il forte grado di associazione tra i fenomeni: le imprese conservatrici con scarsa probabilità realizzeranno interventi di rinnovamento, mentre le imprese che attualmente usufruiscono delle tecnologie 4.0 possiedono una probabilità elevata di ampliare il loro set di innovazioni impiegate. Entrando nel dettaglio, gli effetti prevalenti attesi dagli imprenditori sono:

- Incremento della competitività.
- Maggiore efficienza produttiva con riduzioni dei costi ed errori.
- Miglioramento della sicurezza.
- Aumento della flessibilità alla variazione della domanda.
- Possibilità di ottenere economie di varietà e personalizzazione dei prodotti
- Introduzione in nuovi mercati.

Il risultato più interessante si osserva nell’attesa di un miglioramento della qualità dei beni e della minimizzazione degli errori (63,4%), seguiti da un aumento della produttività (46,3%), flessibilità nella produzione (25,3%), possibilità di accesso in nuovi mercati (21,9%) e miglioramento della sicurezza (20,9%).

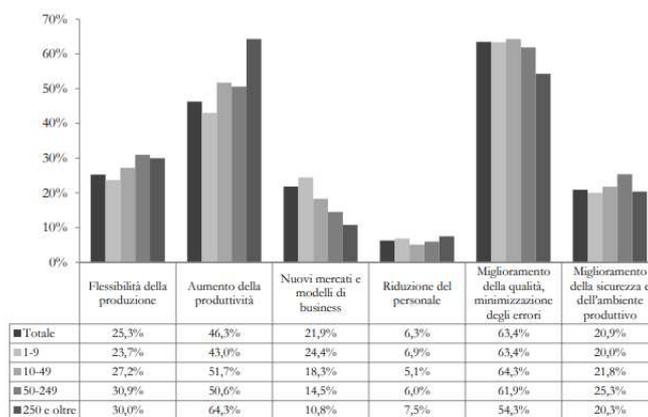


Figura 13.: Obiettivi prevalenti associati all'uso delle tecnologie 4.0.
Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico

I guadagni di produttività e maggiore flessibilità sono relativamente più presenti tra le imprese di maggiori dimensioni, mentre la possibilità di entrare in nuovi modelli di business tende ad essere più indicata dalle imprese più piccole.” (Canna, 2019) Nell’esplorazione dei dati si evidenzia inoltre un maggior rischio di disoccupazione tecnologica tra le imprese di maggiori dimensioni che già hanno adottato le tecnologie 4.0 e, infine, tra i soggetti che basano la loro produzione su tecnologie sia produttive che gestione dati.

- **Propensione all'innovazione e criticità:**

Le imprese 4.0 risultano essere più grandi rispetto alle altre aziende considerate nell'analisi; infatti, il numero di addetti medio è di 30,1 unità a fronte dei 12,3 delle imprese che intendono procedere in futuro con programmi di rinnovo; ma, nonostante ciò, il profilo che incalza perfettamente le Smart Factory si colloca all'interno delle piccole imprese. Naturalmente, alle aziende di maggiori dimensioni si associa la presenza di un comparto manageriale più giovane e qualificato. Un ulteriore elemento di riflessione è dato dalle criticità nella disponibilità di competenze nel proprio personale; le imprese tradizionali presentano una minore presenza di criticità, aspetto che richiama a un sintomo di debolezza strutturale che porta a una minore capacità di individuazione delle difficoltà interne e conseguenti esigenze di rafforzamento. Le imprese con programmi 4.0 futuri invece presentano carenze importanti, quantificate al 10,6% su competenze manageriali, 22,4% su competenze tecniche e specialistiche e infine al 16,3% sull'implementazione delle tecnologie 4.0. Considerando le imprese coinvolte nella transizione di paradigma, ma che al contrario delle appena citate sono riuscite a risolvere alcuni problemi, queste mostrano un elevato dinamismo, riuscendo per la maggior parte a superare le criticità legate a lacune tecniche e manageriali, con miglioramenti sulla preparazione linguistica e sulle capacità di guidare processi 4.0. Per il superamento di queste mancanze le aziende ricorrono a interventi formativi sul capitale umano e all'acquisizione di servizi all'estero. Dal punto di vista dimensionale emergono ulteriori differenze, infatti le aziende più grandi ricorrono principalmente a formazione del personale e a nuove assunzioni mirate; le piccole imprese invece, oltre alla formazione, ricorrono anche all'acquisto di servizi e collaborazioni.

Analizzando inoltre le aziende da un punto di vista tecnologico, è evidente come tra le imprese 4.0 sia molto più alta relativamente, la propensione ad effettuare nuove assunzioni (29,5% contro il 14,2% delle conservatrici) ed interventi di formazione personale (65,2% vs 37,9%).

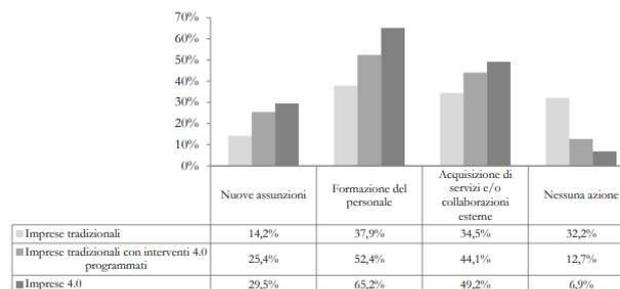


Figura 14.: Modalità per affrontare la presenza di criticità nella disponibilità di competenze. (Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)

In termini di dinamismo ed innovatività si delinea una gerarchia, che va dal profilo 4.0 a quello delle imprese tradizionali. Per le innovazioni l'introduzione delle tecnologie abilitanti porta a una maggiore presenza di cambiamenti significativi, sia di processi produttivi che organizzativi interni. In aggiunta, risulta molto più alta la presenza di figure che si dedicano alla R&S continuamente; se si considerano gli investimenti in maniera più generale, emerge che l'elemento discriminante tra i vari profili è sostanzialmente legato alla volontà proprio dell'impresa di aggiornare le competenze del proprio personale ed intervenire in materia ICT, piuttosto che nella presenza di un rinnovamento del capitale fisico.

Dal punto di vista della competitività di medio-lungo periodo, emerge che le 4.0 presentano una percentuale di esportazione 2,5 volte in più rispetto a chi non intende passare al futuro; al dinamismo in termini competitivi si associa un evidente mutamento anche nelle performance economiche che si concretizza in un apprezzabile aumento dell'occupazione nel 36,2% delle imprese 4.0 e in una crescita di fatturato. Quest'aspetto è una conferma che l'andamento delle imprese adottatrici di nuovi strumenti risulta essere favorevole a un aumento del volume degli affari, controtendenza rispetto ai tradizionalisti che hanno registrato una contrazione dei ricavi.

- **L'utilizzo di strumenti agevolativi**

Ma allora il Piano Industria 4.0 ha davvero funzionato?

“Le politiche pubbliche, sempre facendo riferimento ai dati presenti nel rapporto MiSE del 2018, sono state incisive per il processo di rinnovamento delle imprese; i dati dimostrano che il 56,9% delle imprese 4.0 ha utilizzato almeno una misura di sostegno, in particolare sono stati sfruttati in prevalenza il Superammortamento ed Iper-ammortamento (36,8%), credito d'imposta per le spese in ricerca e sviluppo (17%), Nuova Sabatini (19,8%) e fondi di garanzia (11,3%).”(Misure Legislative E Strumenti per Favorire La Trasformazione Digitale - Automazione Plus, 2019)

Concentrandoci sul numero di agevolazioni usate tra quelle previste nel piano “Impresa 4.0”, si nota come il 29,7% delle imprese 4.0 agevolate hanno avuto accesso ad almeno 2 incentivi, il 27,9% dei casi almeno a 3 misure; le imprese convenzionali invece hanno ricevuto solo uno strumento di aiuto.

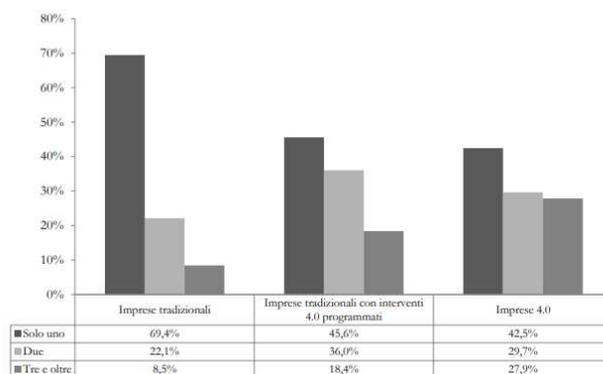


Figura 15.: Numero di incentivi usati per tipologia di impresa.
(Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico)

Il credito d'imposta R&S e gli strumenti di supervalutazione fiscale degli investimenti hanno sostenuto l'upgrading tecnologico e competitivo.

- **Formazione 4.0**

“Durante il primo semestre del 2019 sono state apportate alcune modifiche ed integrazioni alle agevolazioni ministeriali in favore delle imprese intenzionate alla transizione verso una economia 4.0. La prima misura fiscale vista in precedenza, il super ammortamento, è stato prorogato ed inserito nel Decreto Crescita, come anche l'iperammortamento con un abbassamento del limite massimo d'investimento a 20 milioni di euro e piccola modifica delle aliquote; le agevolazioni su spese incrementalmente in R&S sono state invece ridotte a un massimo di 10 milioni di euro annuo per beneficiario, con applicazioni su spese relative a ricerca fondamentale, industriale e sperimentale.

La misura per la formazione 4.0 riguarda il costo del dipendente per tutta la durata di attività di formazione, volto all'accrescimento e potenziale delle competenze in ottica tecnologica e digitale; ma la vera novità, coerente con Impresa 4.0, è stata l'introduzione di un voucher Innovation manager, tramite il quale diventa possibile ingaggiare figure manageriali per un periodo prestabilito in progetti di transizione delle PMI e reti d'impresa per rendere più agili gli asset gestionali ed organizzativi.” (F. I. ,2021c, Impresa 4.0: ultime novità e il nuovo Voucher Innovation Manager - Focus Industria)

Proprio l'importanza della formazione e l'attenzione all'innovazione hanno spinto nel corso del 2020 alla creazione, o meglio, il passaggio al Piano Transizione 4.0. Questo è il risultato di una nuova politica industriale del Paese, più inclusiva ed attenta alla sostenibilità. Le principali azioni riguardano:

- Credito d'imposta per investimenti in beni strumentali (tax credit): per supportare ed incentivare investimenti in beni materiali ed

immateriale funzionali per la trasformazione tecnologica dei processi produttivi. Una specifica voce di questa misura è dedicata a software, sistemi, piattaforma ed applicazioni in grado di comunicare dati a grazie a reti di sensori interconnessi (IIoT) col fine di poter scalfire quelle barriere all'avvio di progetti individuati da ricerche effettuate dall'Osservatorio Internet of Things, come la mancanza di competenze, scarsa comprensione dei benefici di queste soluzioni a fronte di investimenti programmati.

- Credito d'imposta in ricerca, sviluppo, innovazione e design: per stimolare la spesa privata in Ricerca, Sviluppo e Innovazione tecnologica per sostenere competitività e favorire processi digitali in ambito di economia circolare e sostenibilità ambientale.
- Credito d'imposta formazione 4.0: per favorire investimenti delle imprese nella formazione personale su materie aventi oggetto le tecnologie abilitanti per la trasformazione 4.0. Concentrandoci proprio su questa iniziativa, era volta verso tutte le imprese indipendentemente dalla natura giuridica o settore economico di appartenenza; le attività formative riguardano ambiti come informatica e tecniche specifiche, le tecnologie di produzione, la vendita e il marketing, con esclusione delle attività di formazione ordinaria che l'impresa organizza per conformarsi alla normativa sulla sicurezza e salute dei posti di lavoro.

Il Piano risulta una evoluzione del programma precedente, rispetto al quale si riscontrano alcune differenze come l'ampliamento dell'ambito di imprese beneficiarie grazie alla sostituzione dell'iperammortamento con i crediti fiscali con entità variabile a seconda dell'ammontare da investire, il riconoscimento del credito su un orizzonte biennale e l'estensione degli investimenti immateriali agevolabili.

- **Transizione 4.0 e PNRR**

Il passaggio successivo si ha avuto nell'aprile del 2021, quando il Senato ha approvato il testo del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza o PNRR, un pacchetto di fondi concordato con l'Unione Europea da 750 miliardi di euro per rispondere alla crisi generata dall'avvento del Covid-19. In estrema sintesi, il Piano è strutturato in sei missioni:

- Digitalizzazione, Innovazione, Competitività, Cultura;
- Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica;
- Infrastrutture per una Mobilità Sostenibile;
- Istruzione e Ricerca;
- Inclusione e Coesione;
- Salute;

Essendo questo elaborato volto all'approfondimento dei concetti rivolti al mondo dell'industria 4.0, dimostrando i pro, contro e risultati che si stanno ottenendo, saranno approfonditi solamente gli effetti della prima missione relativa agli aspetti di innovazione e rilancio del mondo digitale, in ambito sia pubblico che privato; in tale contesto viene proposto il già citato piano Transizione 4.0 una cui struttura indicativa dei piani di incentivi attuati mediante i crediti d'imposta è data delineata nel punto precedente.

La Missione 1 stanziava complessivamente 49,2 miliardi, di cui 40,7 dal Dispositivo per la Ripresa e la Resilienza e 8,5 dal Fondo; gli obiettivi sono quelli di favorire sempre di più la trasformazione ed innovazione del sistema produttivo. Tra gli investimenti viene assicurata la banda ultra-larga e connessioni veloci in tutto il Paese, l'avvio di un potenziamento della connettività mobile ed attivazione di incentivi per l'adozione di tecnologie innovative e competenze digitali nel settore privato e pubblico. Soffermandoci sugli investimenti del settore privato sono particolarmente significativi i seguenti:

- Coinvolgimento delle PMI, con fruizione di un credito per incrementare gli investimenti nonostante la fase economica critica;
- Investimenti ad alto contenuto Tecnologico che prevedono; essendo l'Italia caratterizzata da un importante settore manifatturiero ed economia volta all'export, risulta essere di fondamentale importanza la modernizzazione tramite contributi per sostenere investimenti in macchinari, impianti ed attrezzature per produzione tramite tecnologie abilitanti;
- Reti ultraveloci, portando avanti l'ambizione di raggiungere gli obiettivi europei di trasformazione digitale in anticipo sui tempi, mediante percorsi di semplificazione dei processi autorizzativi velocizzando così la diffusione sul territorio.

3.1.3. Lo stato attuale dell'industria

Dopo 5 anni dalla presentazione del Piano, con la legge di bilancio appena approvata in Senato, il piano sembra entrare in una nuova fase presentando modifiche significative come l'estensione dell'orizzonte temporale a tutto il triennio 2023-2025 con una rimodulazione delle aliquote.

Quando venne introdotto il Piano si puntava a fare una rivoluzione culturale interna delle imprese, il cui sistema imprenditoriale era caratterizzato da un crescente deficit produttivo e da macchinari di produzione obsoleti. Oggi sono proprio l'industria e gli investimenti a trainare la ripresa economica del Paese con la metalmeccanica che sottolinea una ripresa maggiore rispetto alla Germania, Francia e Spagna. Infatti, il Piano ha raggiunto alcuni importanti traguardi

come l'aumento di investimenti in tecnologie 4.0 e l'avvicinamento a queste da parte di molte imprese che diversamente non avrebbero avuto la possibilità di investire. Naturalmente non tutte le aziende hanno sfruttato questa opportunità, in particolare le PMI metalmeccaniche che costituiscono il 95% delle imprese nel settore. Basandosi sempre su analisi pubblicate dall'Unione Nazionale delle Imprese, il Piano Transizione 4.0 ha generato nel triennio 2020-2023 una spesa media di 28 miliardi l'anno, significativamente maggiore rispetto agli anni 2016-2019 la cui media si aggirava intorno ai 24,5 miliardi di euro, ma anche in confronto agli anni 2008-2015 la cui spesa era di 17 miliardi annui.

L'incremento del consumo ha prodotto una crescita della produzione dei costruttori strumentali italiani creando un circolo virtuoso e redditizio per tutta la filiera delle macchine industriali di nuova generazione: la crescita della manifattura italiana negli ultimi sette anni è stata maggiore di quelle degli altri Paesi grazie sicuramente al vecchio Piano Industria 4.0. Un riscontro lo ritroviamo dal sondaggio realizzato da ANIE Automazione, associazione confindustriale che rappresenta le aziende fornitrici di tecnologie di automazione in Italia, che conferma questi andamenti nonostante le difficoltà insorte nel periodo post pandemico e alle incognite date dalla situazione in Ucraina. Prima dell'inizio dello scontro tra Russia e Ucraina, nel gennaio 2022 le prospettive erano positive per l'88% delle aziende e negative per il 7%; tra quelle che intravedevano una crescita, il 40% stimava un aumento del 10%, dato sorprendente in relazione ai problemi sulle catene di fornitura di componenti microelettronici. Nel primo semestre del 2022, la variazione positiva rispetto al trimestre dell'anno precedente si è verificata per il 94% delle aziende del comparto automazione industriale manifatturiero con segnali di crescita di fatturato, ribaditi dal dato effettivo di fine anno pari al 23% in più con valori di mercato che hanno sfiorato i 7 miliardi di euro. Anche il dato sugli ordinativi registra una crescita notevole nel 2022, al contrario del 2023 in netto ritardo per i permanenti ostacoli sul fronte approvvigionamenti e gestione magazzini.

Tornando invece a una visione globale del settore manifatturiero nel nostro Paese, non sono ancora evidenti grandi risultati in termini di incremento di produttività dopo l'applicazione del piano Transizione 4.0, aspetto che si potrà valutare tra qualche anno a causa del ritardo tra quando si effettuano gli investimenti e quando effettivamente si iniziano a vedere effetti; ma un aspetto che emerge chiaramente è che per cambiare la cultura delle aziende sono necessarie alcune competenze acquisibili tramite sostanziali investimenti in formazione per la riqualifica della forza lavoro, soprattutto in ambito

manifatturiero che risulta essere poco attrattivo per le nuove generazioni. Nel 2023, anno europeo delle competenze, diventa prioritario sviluppare conoscenze appropriate per riuscire a cogliere al meglio le opportunità offerte dalla transizione digitale. Una popolazione dotata di tali competenze stimola sia lo sviluppo che la dotazione di nuove tecnologie, innescando aumenti di produttività; le infrastrutture e strumenti digitali ricoprono un ruolo cruciale nella trasformazione radicale necessaria per adattare il sistema energetico alle sfide strutturali di oggi definite nel Piano d'azione dell'UE nel 2022.

L'Italia ha iniziato ad attuare una delle misure del suo piano per la ripresa e resilienza, con progetti volti al progresso della connettività fissa in tutto il paese. Purtroppo, la maggior parte delle imprese italiane presenta un livello basilare in termini di intensità digitale e i risultati, per quanto concerne l'adozione di tecnologie avanzate, sono contrastanti. La grande maggioranza delle PMI mostrano, dal Country Report 2023 presentato dall'Unione Europea, risultati deboli nell'uso di mega dati e tecnologie basate sull'intelligenza artificiale.

È proprio sulla formazione, infatti, che il Piano Transizione 4.0 ha raggiunto i risultati meno brillanti, dimostrabile tramite l'utilizzo contenuto del credito d'imposta rivolto al sostegno delle attività formative con ripercussioni sui progressi digitali e il relativo divario che si sta incrementando rispetto ai vicini europei. Analizzando il già citato Indice DESI (Capitolo 1), sembra che uno scoglio insormontabile per l'Italia sia quello del capitale umano, ambito nel quale risulta essere significativamente in ritardo rispetto ad altri paesi dell'UE; si registrano livelli di competenze digitali di base ed avanzate molto basse rispetto alla media, infatti solo il 42% delle persone con un'età compresa tra i 16 e i 74 anni possiede una conoscenza digitale di base (56% nell'UE) e solamente il 22% dispone di competenze superiori (31% in media nell'UE). Risulta essere negativo anche il dato relativo alla formazione specializzata fornita dalle imprese pari al 15%, cinque punti in meno rispetto alla media.

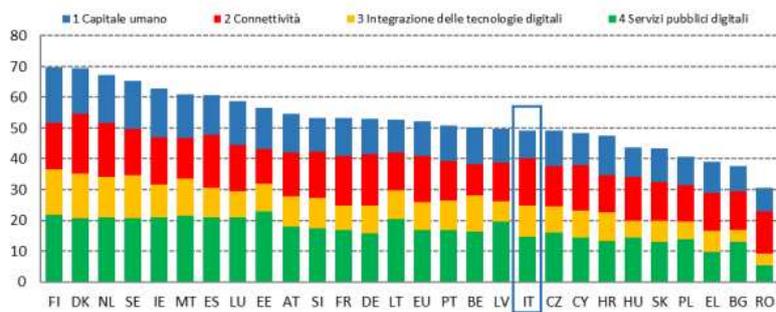


Figura 16.: Indice di digitalizzazione e della società.
(Fonte: Commissione Europea 2022)

Ne emerge che è di primaria importanza l'aumento degli sforzi sulla formazione da parte dello Stato, anche perché da sole le PMI non sono in grado di mantenere l'attività formativa utile all'acquisizione delle competenze necessarie per affrontare le transizioni digitali e green.

CAPITOLO 4

4.1. L'impresa e l'industria 4.0

Da come è stato riportato nei capitoli precedenti, la narrativa industriale vede quattro stadi di sviluppo nel tessuto economico che si concretizzano nelle rivoluzioni industriali, avvenute in epoche differenti perché caratterizzate da diversi mezzi tecnologici, i cui sviluppi dettavano il ritmo di crescita ed evoluzione; prima c'era il carbone e il vapore, in seguito sono arrivate l'elettricità e l'informatica, e infine è arrivato il 4.0.

Sinteticamente industria 4.0 significa che l'industria diventa in qualche maniera "intelligente", diventando un sistema che mediante tutti gli strumenti di ultima generazione riesce a monitorare ed analizzare meglio il flusso della produzione, riuscendo a fare in modo che i macchinari prendano decisioni senza che ci sia necessariamente l'operatore. In questa maniera, è chiaro che le aziende riescono a produrre di più in maniera efficiente ed efficace, divenendo competitive sui mercati.

Per far comprendere quanto il fenomeno è globale, non solo l'Europa si sta muovendo verso questa evoluzione, ma anche gli Stati Uniti e la Cina dove circa il 57% delle aziende hanno già effettuato la transizione. Concentrandoci invece sull'Italia, l'industria 4.0 sta trovando una forte e motivante applicazione nel settore manifatturiero, per questo viene preso in analisi per analizzare come possono rispondere le aziende al forte cambiamento in atto.

Industria 4.0 significa processo digitalizzato a livello di tutta la filiera industriale.

Tale digitalizzazione è guidata da innovazioni in grado di sorpassare con decisione i passaggi tradizionali del mondo del lavoro; ne sono un esempio:

- i sensori incorporati nei componenti di un prodotto e negli impianti produttivi, costantemente connessi e capaci di monitorare le produttività e velocità di risposta alle richieste dei mercati (pianificazione giornaliera sulla base dei dati reali di consumo);
- la già citata Realtà Aumentata che mediante la sua tecnologia può divenire uno strumento per raggiungere elevati livelli di assistenza ed efficacia operativa, riducendo sensibilmente i tempi morti e i costi di formazione;
- l'Additive Manufacturing, l'AI e la Robotica Avanzata che, secondo la PwC, porteranno in 29 Paesi in un contesto industriale e di attività professionali, al rischio di perdita del posto di lavoro per circa il 3% di un campione di 200.000 lavoratori entro il 2035.

Gli ambiti in cui si avrà maggiormente questo fenomeno saranno quelli della logistica, dei trasporti, costruzioni e manifatturiero

(soprattutto con l'avvento dell'automazione nel lungo periodo). Il rischio di maggiore trasformazione è anche funzione della professione, è intuitivo ipotizzare che saranno più soggette quelle realtà caratterizzate da un maggior contenuto manuale e routinario; è giusto però considerare che si avranno anche nuove figure professionali completamente nuove, caratterizzate da competenze sofisticate.

4.2. L'attività manifatturiera

Col termine attività manifatturiera o industria manifatturiera, si intendono comunemente tutto l'insieme di mansioni legate all'approvvigionamento delle risorse naturali e trasformazioni, fino all'ottenimento del prodotto finito che sarà distribuito con le relative conseguenze sull'ambiente sociale ed economico.

In seguito alla rivoluzione industriale, questa attività ha influenzato vistosamente l'economia e sviluppo territoriale di molti paesi. La nascita della manifattura non fu un evento imprevisto, ma il risultato di una evoluzione tecnologica graduale.

Il settore secondario che rappresenta la manifattura si occupa principalmente della trasformazione dei beni primari proveniente da diversi settori economici come quello agricolo e minerale, per esempio, e si concretizza passando per le seguenti fasi:

- Approvvigionamento delle materie prime che vengono localizzate in un determinato luogo;
- Lavorazione del bene primario con ottenimento di un prodotto semilavorato, il cui valore aggiunto attribuito al pezzo finale risulta essere direttamente proporzionale al processo di trasformazione. È giusto evidenziare che in alcuni settori il valore aggiunto è dato dall'alta intensità di manodopera, mentre in altri dalla elevata intensità di capitale investito;
- Distribuzione del bene sul mercato.

È evidente che questa catena di fornitura opera in diversi settori instaurando rapporti tecnico-funzionali, implementandosi in maniera differente a seconda della strategia aziendale e settore di appartenenza; si può infatti parlare di relazioni verticali, quando i processi produttivi risultano essere connessi dall'apporto manifatturiero internamente ad una stessa impresa, o di relazione orizzontale, quando una produzione parziale viene riservata per l'assemblaggio con componenti prodotti da altre aziende; o in fine rapporto di servizio, il quale identificato da un processo comune fornito in una determinata area. Si identifica una vera e propria filiera del valore, che punta a creare un vantaggio competitivo alle imprese che la compongono e la cui complessità è legata principalmente allo

spazio discontinuo industriale che i molteplici elementi variamente localizzati costituiscono.

“Si distinguono grandi o piccole aziende in funzione della presenza o meno di un organo esecutivo ai vertici della piramide amministrativa, in particolare nelle seconde questa figura viene sostituita dall'imprenditore. L'elevata complessità del mondo dell'impresa vede originarsi una organizzazione gerarchica in cui vi sono tre livelli funzionali nonché spaziali:

- Decisione, pianificazione e ricerca;
- Funzioni produttive a lavoro qualificato con ausilio di infrastrutture specifiche;
- Produzioni standard in presenza di manodopera non qualificata.

La fase recente dello sviluppo delle imprese multinazionali corrisponde alla sempre più forte tendenza alla scomposizione dei cicli produttivi; inoltre, lo sviluppo delle tecnologie informatiche e raggiungimento di una elevata efficienza nelle comunicazioni e gestioni dei dati consentono l'organizzazione di un sistema produttivo con elevata flessibilità. Le esigenze delle grandi imprese nell'ampliarsi per essere sempre più competitive nella differenziazione di prodotto e alla ricerca e sviluppo hanno portato nuove forme di strategie come acquisizioni, joint venture ed accordi di cooperazione, ed alleanze strategiche. L'impresa multinazionale, definita anche “globale”, appare di conseguenza libera di muoversi sui diversi contenuti riducendo costi e realizzando una scomposizione del ciclo produttivo. Come illustrato nei primi capitoli di questo elaborato, a partire dagli anni Settanta si verifica la rivoluzione tecnologica i cui effetti portano a un sempre più intenso e facilitato scambio di informazioni con parallela programmazione sui calcolatori soprattutto per quelle funzioni troppo complesse per l'uomo. Le conseguenze sono state tangibili soprattutto a livello di processo e non di prodotto; la tendenza alla sempre maggiore flessibilità del sistema porta a due cambiamenti inevitabili e cruciali per le attività manifatturiere:

- L'automazione dei cicli produttivi;
- Tendenza a riagglomerare le funzioni di livello più elevato e produttive che rispondono a canoni moderni come il just in time, mantenendo comunque una deconcentrazione.” (contributori di Wikipedia, 2022b)

La piccola impresa invece, in virtù della sua elevata flessibilità, viene sempre più coinvolta nella ricerca e sviluppo unitamente alle grandi aziende per poter arrivare alla creazione del concetto dell'impresa innovativa. Tale posizione è raggiungibile solamente

attraverso la ricerca, definizione di strategie convenzionali alla tecnologia, alla presenza di condizioni infrastrutturali favorevoli ed efficienti, e vicinanza ai poli universitari.

4.3. Digitalizzazione nelle imprese manifatturiere

Per catturare i benefici della digitalizzazione le aziende manifatturiere dovrebbero agire su tre ambiti principalmente: adottare nuove tecnologie di produzione, adattare i nuovi modelli di business e realizzare la trasformazione digitale.

- **Nuove tecnologie di produzione: l'effetto del Covid-19**

Un chiaro esempio di come le tecnologie di produzione portano benefici alle aziende, lo possiamo inquadrare nel periodo successivo all'insorgenza dell'emergenza sanitaria globale legata al Covid-19. Dopo aver affrontato una delle più grandi crisi sanitaria ed economica della storia recente, nel 2020 le aziende di tutti i settori sono state costrette a modificare la loro operatività per contrastare l'assenza di lavoratori e materie prime; in questo scenario fu possibile distinguere 3 categorie principali: le aziende che avevano già adottato nuove tecnologie digitali, quelle che si stavano iniziando ad approcciare e quelle che operavano secondo i paradigmi tradizionali. Nel complesso, le analisi hanno riportato che le aziende che erano già divenute imprese 4.0 (early adopter) sono riuscite ad essere operative nei lunghi periodi di criticità. Un esempio lo si può riscontrare in una azienda di consumo confezionati in Aia, la quale grazie a un gemello digitale della sua catena di approvvigionamento, è stata in grado di eseguire più scenari durante la pandemia; un altro esempio invece, è quello fornito da un produttore di dispositivi di protezione personale in America, che mediante una assistenza remota basata sulla realtà aumentata è riuscita a realizzare una nuova linea di produzione. Le aziende che non avevano implementato l'industria 4.0 invece si sono ritrovati a gestire un campanello di allarme, legato al ritardo negli investimenti tecnologici IT/OT, che ha limitato enormemente la loro capacità di risposta nel momento di difficoltà globale.

Sicuramente il progresso è divenuto più difficoltoso, le imprese hanno dovuto fare i conti con difficoltà quali l'introduzione del lavoro a distanza e i vincoli legati alla cassa; tranne la Cina, che ha visto una rapida ripresa delle proprie operazioni, molti altri stati sono stati rallentati. Il Covid ha portato alla creazione di tre archetipi di aziende con approccio differente all'industria 4.0:

1. **Accelerate:** le organizzazioni che post pandemia hanno raddoppiato il digitale, con piani di accelerazione dell'implementazione dei casi d'uso su più fronti

2. Focus: nella quale ricadono la maggior parte delle aziende, caratterizzate da un approccio cauto di implementazione, in modo selettivo sulle tecnologie digitali per soddisfare specifici obiettivi del loro settore.
3. Pause: Che rappresenta tutte quelle aziende che hanno riscontrato un totale blocco dei loro sforzi per l'industria 4.0.

“Secondo un'indagine, condotta da McKinsey, in quest'ottica di ripresa nel periodo post pandemico, la produttività di chi ha continuato la transizione industriale è cresciuta di oltre il 25% grazie alla digitalizzazione della filiera produttiva, attraverso impianti produttivi di nuova generazione che possono essere classificati in tre tipologie:

- in automatizzati, digitalizzati e a basso costo (produzione di massa).
- impianti per la produzione su vasta scala di prodotti personalizzati, per rispondere alle tendenze di mercato.
- e-plant in a box adatti alla produzione di nicchia e facilmente dislocabili a seconda della domanda. “(*Tre Assi per Consolidare L'impresa 4.0*, 2015)

È evidente che i rapporti di lavoro, dall'imprenditore al ruolo dell'impresa sempre più legata al territorio e al suo destino in termini di sviluppo, si stanno modificando. Ciò che sta cambiando maggiormente è il ruolo del dipendente, sempre meno operaio e sempre più collaboratore, nel senso che l'Impresa 4.0 prevede l'uomo al centro della fabbrica, in grado di gestire le tecnologie: più tecnologia nell'impresa richiede uomini sempre più competenti e skillati che la sappiano governare.

Lo smart working, nonostante la Legge n.81/2017 che stabiliva la sua sede elettiva nell'accordo tra azienda e dipendente, era una forma di esecuzione del lavoro subordinato piuttosto che di nicchia (secondo l'Osservatorio della School of management di Milano, dal 2019 si ha avuto una crescita del 20% rispetto agli anni precedenti); complessivamente questo nuovo modo di svolgere la giornata lavorativa, ha un impatto sui costi aziendali sia sulla produttività: dai risparmi di costi di mobilità, energetici ed ambientali con una migliore conciliazione della vita privata per il lavoratore. Ma c'è sempre un lato negativo, come la maggior difficoltà di comunicazione e meno lavoro in team, che insieme ai limiti di gestione dei controlli sul dipendente dettati dagli articoli 2,3 e 4 dello Statuto dei lavoratori, possono creare spesso risultati inferiori rispetto al lavoro classico.

- **Nuovi modelli di business**

L'agilità e la flessibilità nelle operazioni diventano priorità strategiche principali rispetto all'aumento di produttività e riduzione al minimo dei costi. Le tecnologie che consentono il lavoro e collaborazione a distanza sono in cima alla lista dei casi d'uso prioritari dell'industria 4.0, insieme alle tecnologie per aiutare la visibilità lungo la supply chain end-to-end, riflettendo la necessità di gestire reti di approvvigionamento volatili ed interrotte.

Il 74% delle aziende e il 92% dei fornitori di tecnologie intervistati sempre da McKinsey, si aspettano che la digitalizzazione avrà un impatto positivo sul loro modello di business, modificando la catena del valore e lo scenario competitivo.

Esistono differenti modelli di business, alcuni dei quali sono direttamente associati all'azienda leadership nel suo settore, come per esempio Amazon o Netflix, che han totalmente rivoluzionato il mercato del commercio ed entertainment.

Ma che cos'è un modello di business? Si può trovare risposta mediante una definizione data da Alex Osterwalder, inventore del metodo Canvas con il quale si sviluppano modelli di business o si perfezionano quelli già esistenti: *Business* è il termine inteso per raggruppare l'insieme di soluzioni organizzative e strategiche che permettono all'azienda di creare, distribuire ed acquisire valore. Applicare Canvas significa adottare uno strumento che permetta la rappresentazione di tutte le componenti importanti di un determinato modello, aiutando le risorse coinvolte a comprendere il funzionamento dell'azienda e in quale maniera e misura si crea valore per i clienti, con la consapevolezza che uno degli elementi principali che ha permesso questo rapido cambiamento dei modi di fare impresa è il ricorso crescente alle nuove tecnologie. Infatti, grazie all'IoT a cambiare non è solo il come viene creato valore, ma anche la metodica in cui l'azienda genera profitti massimizzando i propri margini.

Se prima la competizione era concretamente basata sulla definizione del prezzo di vendita, oggi è imputata sulla fidelizzazione dei clienti attraverso processi di personalizzazione dell'offerta.

“Gli approcci possono essere basati su sfide produttive e tecnologie abilitanti; vengono identificati tre differenti approcci al cambiamento, ognuno dei quali si concentra su un particolare problema: uno legato al servizio, uno sul network e l'ultimo sull'utente per creare novità personalizzata. In un contesto estremamente dinamico come quello attuale, i servizi offerti possono mutare in funzione delle esigenze dell'utente finale; basarsi su un approccio volto a questo aspetto, quindi, adatta l'offerta alle reali

esigenze del mercato, con un legame sempre più fievole con le dinamiche di prezzo del prodotto.

L'integrazione orizzontale e verticale della catena del valore e la relativa interoperabilità fra sistemi e piattaforme negli stabilimenti ampliano le possibilità delle imprese: nascono nuovi ruoli rispetto a quelli già esistenti e nuovi modi di creare ed offrire valore attraverso ecosistemi strutturati. Le aziende divengono parte fondamentale di uno stesso sistema, in cui industria, centri di ricerca e istituzioni collaborano per creare valore per tutti. ("Industria 4.0: i nuovi modelli di business che nascono dal cambiamento")

Le imprese oggi possiedono moltissimi strumenti per sviluppare la conoscenza dei propri utenti e capirne le necessità, usando la digitalizzazione per ottenere informazioni e delineare esperienze integrate e strutturate che portano alla conclusione del processo di acquisto. In questo senso, l'industria 4.0 offre opportunità strategiche per la creazione di proposte di valore innovative e flessibili, mediante l'integrazione dei dati a disposizione dell'impresa per identificare i contenuti utili e attraverso processi di lead generation efficaci per l'ottenimento di contenuti pertinenti in contatti.

I Big Data e l'IoT oltre a coincidere sul livello operativo dei processi nelle aziende, si ritrovano dunque anche sul posizionamento strategico delle aziende rispetto ai loro mercati di riferimento. I modelli di business che si stanno delineando sono sostanzialmente quattro, i quali vanno dalla modifica di pochi elementi del modello attraverso un'innovazione incrementali, alla trasformazione di tutti gli elementi per originare un'innovazione radicale in base ai cambiamenti introdotti nella creazione, erogazione ed acquisizione di valore da parte dell'azienda." (Lab, I.I. *Industria 4.0: i nuovi modelli di business che nascono dal cambiamento*) Ritroviamo:

1. *Smart factory business model*: nasce insieme al concetto di fabbrica intelligente, altamente digitalizzata e composta da macchinari automatizzati ed interconnessi tra loro che scambiano e raccolgono dati; con l'implementazione di diverse tecnologie digitali per coordinare dinamicamente persone, processi e aspetti dell'ambiente circostante, nasce questo modello che si suddivide a sua volta in altre sottocategorie in base alle caratteristiche del prodotto e cliente, come il modello smart manufacturing (caratterizzata da un uso sostenibile delle risorse), mass customization (per la personalizzazione del prodotto) e gli Hub&spoke produttivi (per la previsione della diffusione di mini-fabbriche sul territorio collegate ad un hub centrale).
2. *Servitization business model*: "si fonda sul concetto che il valore di un prodotto dipende dall'uso che se ne fa; il termine servitizzazione

viene usato principalmente in ambito industriale, dove il medesimo paradigma è espresso come *usership economy* oppure come *subscription economy*; in ambito *industry*, una azienda che produce e vende beni/prodotti li trasforma in una vendita di servizi. Non potendo far prescindere la capacità di fornire un servizio senza la capacità di poterlo controllare, si punta alla continua fornitura di un servizio con un a qualità elevata: per fare questo la tecnologia oggi offre a basso costo la distribuzione su vasta scala a bordo macchina.” (Rizzi & Rizzi, 2023)

3. *Data-driven business model*: “i dati vengono trasformati in un driver per generare maggiore coinvolgimento dei clienti o affinare la proposta a loro rivolta. Nel futuro il successo delle aziende dipenderà proprio dalla capacità di sfruttare le informazioni ricavate da questa mole crescente di dati per comprendere con tempestività gli andamenti di mercato ed evoluzione del business. Modelli del genere oltre a contribuire a una pianificazione strategica, permette un cambio di paradigma: incorporare una mentalità *data driven* all’interno della cultura aziendale.” (Coacci, 2018)
4. *Platform business model*: “fondamentalmente si pongono come mezzo di distribuzione e fruizione di beni e servizi tra domanda e offerta, mettendole in contatto tra loro e dando maggiore valore alle transazioni e al mutuo scambio informativo. La forza di questo modello risiede nell’indipendenza rispetto ai prodotti e servizi dai producer, essendo un canale di accesso e non la risorsa in sé; è caratterizzata da una drastica riduzione dei costi marginali dovuti all’erogazione di servizi o prodotti esterni, senza la necessità di un front-office, ma anche da un effetto che incrementa il valore del servizio all’aumentare del numero degli utilizzatori. Fondamentale risulta essere il percorso di *adoption* necessaria alla sua implementazione, fatto di una forte *networking*, capacità di fare *community* e aspetti organizzativi e di *governance*.” (*Business Platform Model: Una Nuova Strategia per Affrontare Il Mercato*)

I nuovi modi di far imprese non sono da considerare gli uni indipendenti dagli altri, ma è auspicabile una sempre maggiore integrazione per raggiungere un vantaggio competitivo. Indipendentemente dall’approccio che guida l’azienda nelle trasformazioni verso l’industria 4.0, è lampante come l’innovazione sia in grado di guidare il cambiamento all’interno delle realtà industriali e modificarne il loro modo di porsi sul mercato. I modelli tradizionali lasciano spazio a quelli innovativi, che mettono al centro la creazione di valore per riuscire a creare prodotti ed erogare servizi sempre più su misura per il cliente finale. A fare la differenza non sono le tecnologie, bensì il modo in cui ogni azienda favorisce la cultura del cambiamento e stimola il passaggio verso di esso.

- **La trasformazione digitale**

Questo ambito è legato alla capacità delle aziende di realizzare una trasformazione digitale delle proprie attività. Il successo di questa “evoluzione” è basato su alcuni elementi cruciali, in parte già citati nei paragrafi precedenti:

- lo sviluppo di competenze digitali;
- maggiore collaborazione ed integrazione tra i vari attori della filiera industriale;
- una gestione più strategica dei dati e informazioni;
- sicurezza informatica per la protezione delle attività operative;
- Implementazione di una infrastruttura IT a due velocità per i cicli produttivi più o meno rapidi;

Tutto questo mette in dotazione alle aziende una agilità necessaria per comprendere a fondo le mutevoli dinamiche competitive del mercato e riuscire a trovare soluzioni più appropriate in tempi brevi. Ma come si attua questa trasformazione digitale? Da uno studio effettuato da IBM, cento organizzazioni che descrivono le loro strategie di trasformazione digitale produrranno cento roadmap (panoramica dei risultati finali, traguardi e obiettivi generali di un progetto) diverse. Tuttavia, è possibile allineare una strategia che le accomuna su due punti: partire dall’esperienza del cliente ideale per andare a ritroso nella strutturazione dei processi e applicare un metodo olistico sulla digitalizzazione delle operazioni. Questi obiettivi comportano un’analisi di mercato, insieme alle tendenze tecnologiche, per prevedere, o al più anticipare, il cambiamento delle esigenze e prospettive del consumatore e così individuare le opportunità di perturbazione.

Pertanto, le organizzazioni stabiliscono come devono trasformare il loro business digitale totalmente, a partire dall’infrastruttura, fino allo sviluppo prodotto e flussi di lavoro.

Il cuore del sistema produttivo italiano sono le PMI, piccole e medie imprese, che realizzano prodotti altamente personalizzati e tecnologicamente sofisticati, facendo leva su organizzazioni volubili ed agili. Proprio la digitalizzazione potrebbe rappresentare una grande opportunità per il tessuto produttivo in quanto le infrastrutture digitali costituiscono una naturale piattaforma di conoscenze e relazioni, e fornirebbe un’opportunità per incrementare la capacità di inserimento nei mercati caratterizzati ormai dal fenomeno della globalizzazione.

4.3.1. Reskilling ed Upskilling

Passando a un mercato più digitalizzato e vocato alla automazione, è di particolare importanza per le imprese manifatturiere un nuovo tipo di sviluppo delle capacità lavorative, che richiede un ulteriore

investimento nel personale del settore ed innovazione: la digitalizzazione porta con sé la necessità di lavorare sul reskilling ed upskilling. “Con il termine Reskilling si intende la procedura atta allo sviluppo di nuove competenze che permettano all’operatore di andare a ricoprire un tipo differente di ruolo all’interno dell’azienda; con Upskilling invece viene indicato il processo di formazione attraverso il quale un lavoratore amplia le proprie conoscenze, o ne acquisisce di nuove, collegate all’ambito in cui possiede già esperienza.

Anche se entrambi i processi puntano a far imparare ai lavoratori professionisti competenze e conoscenze che non possiede, il punto di partenza risulta essere differente e di conseguenza il tipo di formazione da intraprendere è diverso.

- *Upskilling*: pensato per rendere una persona più abile nel proprio lavoro, senza allontanarla dal proprio ambito. Resa essenziale nel caso in cui l’operatore sia al passo con le novità del settore o per migliorare il proprio rendimento in mansioni più complesse; i benefici che se ne traggono risultano essere tangibili sia per i lavoratori che per le aziende; infatti, oltre che migliorare il morale dei dipendenti, fa sì che siano più efficienti nel proprio lavoro permettendo all’impresa di mantenere la propria offerta soddisfacente agli occhi dei clienti.
- *Reskilling*: finalizzato alla riqualifica di persone abili le cui competenze pregresse non sono però più utili per la nuova direzione della società per la quale lavora; garantisce benefici sia ai livelli più bassi che a quelli più alti: avere accesso a progetti di formazione rende più facile per i manager la gestione dei gruppi e piani aziendali sul lungo termine.” (Armondi, 2023)

Il personale di produzione manifatturiera industriale deve essere in grado di ampliare le capacità e meccanismi interni, come poter identificare sprechi e risolvere rapidamente le problematiche. Inoltre, dovrà essere in grado di utilizzare strumenti complessi e sofisticati, come sistemi robotici, interfacce uomo-macchina analisi avanzate.

Per installare i nuovi sistemi e la manutenzione di ciascuna tecnologia saranno necessarie figure con competenze specifiche e, poiché la disponibilità di persone competenti è limitata, risulta essere utile per le imprese conoscere le procedure allo sviluppo di nuove capacità internamente per evitare carenze. L’ aumento della produttività e automazione comporterà una riduzione della forza lavoro, per cui ogni dipendente avrà maggiori influenze sulle prestazioni complessive. I manager si ritrovano nella posizione di educare gli operatori ai cambiamenti ed ispirarli ad accogliere il nuovo modo di lavorare.

Secondo McKinsey & Company, le persone rimarranno al centro degli aumenti di produttività nella maggior parte dei settori per il prossimo futuro; si ritiene che la trasformazione basata sulla tecnologia Lean 2.0 (approccio che basa l'applicazione di conoscenze e competenze in funzione delle richieste del consumatore finale, mantenendo i pilastri portanti dell'approccio Lean già diffuso) avrà caratteristiche decisamente simili alla trasformazione Lean del passato e dovrà affrontare ostacoli simili per la sua attuazione. Questa trasformazione dipende fortemente da fattori culturali, tra cui il sostegno del management al cambiamento e disponibilità dei dipendenti ad applicarlo.

Ogni impresa deve iniziare la fase seguente al percorso di sviluppo ed innovazione definendo in modo chiaro e netto il tasso di incremento delle prestazioni richiesto dalla propria attività, per poi valutare in maniera approfondita tutte le leve disponibili per raggiungere l'obiettivo: alcune richiederanno investimenti tecnologici, altri semplici adattamenti. La capacità di ogni PMI nel raggiungere le proprie aspirazioni di miglioramento è funzione del modo in cui lavorerà sulle capacità e mentalità del proprio personale. Due degli esempi più concreti riguardante l'applicazione del Piano Industria 4.0 all'interno dell'industria manifatturiera sono lo sfruttamento dell'Iot e l'utilizzo dei Big Data;

- Iot: in Italia, nel 2019 si registravano 6,2 miliardi di fatturato legato all'Internet of Things, tramite lo Smart Asset Management e lo Smart Metering, che hanno visto aumenti pari al 27% del fatturato complessivo. Questi esempi appena citati risultano solamente alcuni degli ambiti nei quali l'innovazione dell'Iot si può applicare; secondo l'Osservatorio Internet of Things della School of Management del Politecnico di Milano, viene evidenziato come il mercato manifatturiero possiede la potenzialità per promuovere l'efficienza ed esplorare nuovi modelli di business con il supporto di questa innovazione.
- Big Data: l'utilizzo di questi ha permesso negli ultimi anni di ottimizzare la qualità e l'efficienza della produzione industriale, incrementando lo sviluppo di prodotti personalizzati, migliorando la competitività, e dando un nuovo strumento per rapportarsi con i clienti finali. In particolare, sfruttando questa tecnologia risulta possibile monitorare la produzione manifatturiera ed indirizzarla sulla base dei risultati ottenuti. La prospettiva che ne emerge è rappresentata dalla possibilità di realizzare prodotti che possano avvicinarsi il più possibile al singolo cliente, senza dover revisionare il processo di produzione incrementandone i costi; ciò aiuta ad ottimizzare la prototipazione, dunque i tempi: questi fattori sommati portano a una diretta diminuzione dei costi.

Come anticipato nelle parti iniziali di questo paragrafo, l'approccio digitale e l'ottimizzazione della produzione passa attraverso l'investimento sul personale specializzato che deve saper utilizzare al meglio i nuovi strumenti, comprendendo i dati e sfruttandoli per poter essere competitivi all'interno del mercato manifatturiero. La ricerca di operatori specializzati non è semplice, per questo spesso viene promossa la formazione interna, anch'essa digitalizzata: questa può essere applicata in molteplici modi, dall'apprendimento delle abilità più specifiche e tecniche legate alle nuove tecnologie, alla capacità di problem solving ed organizzazione del lavoro.

4.4. L'era della “servitizzazione”

Il termine servitizzazione è la versione italiana di un termine irregolare inglese, risultato della fusione di due parole: “*service*” (servizio) e “*ization*” (attuazione dello stesso); indica dunque, la trasformazione di una impresa in grado di modificare la propria struttura, dai processi alla organizzazione, destinata a supportare la vendita di un prodotto diventando un sistema in grado di vendere servizi a valore, integrati e legati al prodotto stesso. L'impresa diviene un sistema integrato e adattativo, in grado di interagire con una molteplicità di clienti e le loro esigenze specifiche (profilazione), grazie alle potenzialità delle nuove tecnologie dell'informazione come il virtual design, remote product servicing and control.

Quando si parla di Industria 4.0 la chiave di volta è proprio nella parola interconnessione, che in abbinata con analisi dei dati, crea un gemello del gol da cui deriva tutto il grande tema degli smart connected products che sono oggi alla base di un grande processo di revisione dei modelli di business; questo percorso sta prendendo forma, passando da un sistema intelligente a un insieme di sistemi intelligenti, dove un prodotto connesso può per esempio inviare una notifica di rottura imminente o richiesta di manutenzione. Secondo il direttore dell'Osservatorio Industria 4.0 della School of Management di Milano, “*Non c'è un solo prodotto che non possa essere cambiato e cambiato radicalmente, ma questo richiede il dominio di competenze e tecnologie nuove*”.

IoT, cloud e data analytics sono senza dubbio alcuni degli elementi abilitanti al processo di service transformation, con il passaggio dalla vendita di un prodotto (o servizio) standard in ottica transnazionale all'offerta di una soluzione a una esigenza del cliente che coinvolge non solo quest'ultimo, ma anche il fornitore o l'ecosistema di fornitura, in una relazione di lungo periodo.

Il valore per il cliente è dato dallo spostamento del focus dal prodotto in sé agli aspetti di performance e funzionalità, abilitando nuovi

modelli di business come lo sharing economy (paragrafo 1.3.1.) fino alla circular economy, superando gli schemi tradizionali.

Ruolo chiave è dunque l'informazione di ritorno dai clienti verso i produttori o fornitori del bene, legato allo stato di funzionamento del prodotto e condizioni di contorno, tramite le quali si possono elaborare politiche mirate di service che possano incentivare contratti legati all'uso del bene; un chiaro esempio è il pay-per-use, modello di determinazione dei prezzi misurato o basato sul consumo, in cui al cliente viene addebitato un uso specifico di un prodotto o servizio, oppure il pay-per-performance, cioè il modello di valorizzazione per un qualunque metodo di promozione.

La realizzazione pratica del modello di servitizzazione è avvenuta prima che diventasse un fenomeno riconosciuto. Uno dei primi esempi lo si può riscontrare negli anni Settanta, quando la Bristol Siddely Engines, costruttore di motori aeronautici inglese, venne acquisita dalla Rolls-Royce che potenziò sempre di più l'uso di prodotti connessi, big data e analytics in maniera sistematica e avanzata in tre aree di attività: design di prodotto, manufacturing e processi di post-vendita. Dal 1971, l'azienda, ha sviluppato cluster di calcolo ad elevata potenza utili nel processo di progettazione, riducendone i tempi di sviluppo e migliorando la qualità e le prestazioni; i sistemi di produzione interni diventano sempre più collegati in rete e comunicano tra loro nella spinta verso un ambiente IIoT; grazie ai centri di assistenza operativa sparsi per il mondo, si analizzano costantemente i dati inviati dai loro motori, evidenziando i fattori e condizioni che potrebbero richiedere una manutenzione (ad oggi i motori della casa sono in uso da 500 compagnie aeree e più di 150 forze armate). Con motori aeronautici civili affidabili, l'enfasi si sta spostando sul mantenerli performanti al massimo, portando a un risparmio di carburante alle compagnie e rispettando i loro programmi. L'analisi dei Big Data aiuta Rolls-Royce la gestione dello stato del motore, che permette di ottenere un livello di comprensione del funzionamento dei prodotti tale da riuscire ad offrire un nuovo modello di servizio ai clienti chiamato Total Care o pay-per-flying hour contacts, in cui i clienti pagano all'ora l'uso dei suoi motori, con tutti i costi di manutenzione sottoscritti. Secondo Paul Stein, direttore scientifico dell'azienda: "l'innovazione nella fornitura di servizi è stata un punto di svolta e siamo orgogliosi di aver guidato questa particolare mossa nel settore grazie all'uso sofisticato dei Big Data".

4.4.1. Il ruolo dell'IoT: il modello DIKW

All'interno di questo percorso di service transformation, come possono essere rappresentati i ruoli dell'IoT, cloud e big data?

“Per fare questo viene introdotto il modello DIKW, Data-Information-Knowledge-Wisdom, attraverso il quale si concettualizza il ruolo di queste tecnologie nel processo di servitization.

Gerarchicamente è possibile individuare:

- Livello 0, i dati e l'internet delle cose: a partire da descrizioni elementari di proprietà di un oggetto vengono generati osservazioni puntuali nel tempo; le funzioni dell'IoT, tramite sensori e connessioni, consentono di raccogliere e trasmettere dati in maniera efficiente.
- Livello 1, le informazioni e il cloud: L'informazione viene creata mediante azioni di data processing, come selezione, ordinamenti, aggregazioni, classificazione. Queste operazioni permettono di rispondere ad interrogativi come “Chi? Cosa? Quanto? Dove?” ad esempio, dai dati di velocità di un mandrino raccolti con un sensore e trasmessi grazie alla connettività dell'IoT, si possono ricavare le informazioni sul valore massimo, minimo e medio della velocità del mandrino in esercizio in un certo intervallo temporale (“Internet of things, cloud e big data per smart ... - Internet4Things”). I dati di per sé però non hanno alcun valore, se privi di interpretazione: è il cloud che supporta la trasformazione da dato a informazione, consentendo una archiviazione dei dati in remoto e garantendo l'accesso a risorse computazionali che concedono di accedervi, visualizzarle ed elaborarle.
- Livello 2, la conoscenza e gli analytics: con il termine analytics viene raggruppato tutto quell'aspetto della conoscenza riguardante l'accumulo di informazione che integrate da apprendimento ed esperienza evolvono in insights (deduzioni), know-how e supporto decisionale. Ad esempio, dall'accumulo di informazioni sulla temperatura dell'asset e combinandole con le modalità di utilizzo di questo, è possibile generare un modello predittivo in grado di stimare il valore del parametro temperatura in funzione della modalità e/o tempo di uso del prodotto.
- Livello 3, Saggezza: a questo livello ritroviamo la capacità di discernere il motivo per il quale in alcune circostanze vengono intraprese certe azioni piuttosto che altro, associando ai dati e conoscenza generata ai livelli precedenti, considerazioni etiche, estetiche e/o sociali. In attesa degli sviluppi dell'AI, questo livello risiede solamente nelle capacità dell'uomo.” (Della Mura, 2018)

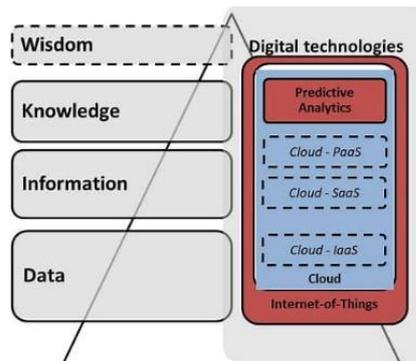


Figura 17.: Il modello DIKW.
(Fonte: International Journal of Production Research)

Come già anticipato, l'IoT è alla base dei processi di servitizzazione, grazie in particolare alla capacità di catturare e trasmettere i dati in modo efficiente; un esempio sono i modelli di noleggio full service, oppure le funzionalità di smart metering a supporto dell'utilizzo delle risorse. Un caso rappresentativo lo si ha con Xerox, azienda facente parte del settore delle fotocopiatrici, che introdusse i servizi pay-per-copy a supporto del suo nuovo prodotto; questo modello di business successivamente si è evoluto in un pay-per-use basato sulle annualità, concentrandosi sui ricavi e generazione di cassa, creando contratti che avevano come oggetto i servizi (manutenzione, forniture, consumabili e finanziamento). Per attivare tali modelli con successo risulta essere di fondamentale importanza la combinazione tra IoT e il cloud computing, che consente di archiviare ed accedere ai dati in remoto e fare semplici elaborazioni sui dati stessi (rispettivamente mediante infrastrutture e software as-a-service). Dunque, alla base del funzionamento di questi modelli definiti di fleet management, c'è la capacità da parte del fornitore di affittare il bene e condividere un Service Level Agreement sul livello di disponibilità, monitorando lo stato di funzionamento ed eventuali usi impropri da parte del cliente. Citando le parole del European offer manager di Xerox: *"è iniziato monitorando e mantenendo le apparecchiature ed è cresciuto al punto che oggi oltre la metà della nostra attività proviene dai servizi"*.

Tra i principali fattori che hanno spinto, e spingono tutt'ora, questo processo di servitizzazione, ritroviamo la pressione competitiva verso la ricerca della differenziazione dell'offerta rispetto ai competitor, con creazione di elementi innovativi che permettano una fidelizzazione della domanda. La ricerca di differenziazione permette una prolungata e consistente profittabilità, in particolare tramite l'offerta di nuovi servizi risulta essere uno strumento efficace per ovviare alla perdita di propulsione competitiva durante il ciclo di vita di un prodotto. Nonostante alcune aziende, come IBM, già negli anni Novanta passò dall'essere il numero uno nella vendita di hardware a essere il primo nella vendita di servizi in ambito IT, la

strada verso la servitization non è così semplice per le PMI: in Italia, per esempio, solo i grandi gruppi globali sono stati in grado di affrontare questa grande sfida, grazie alle loro dimensioni e competenze. Ma allora come cambiano le imprese che effettuano questa scelta strategica veramente?

Se inizialmente si sono profilate le opzioni system seller e system integrator, ovvero uno sviluppo interno delle competenze necessarie per l'offerta di servizi innovativi e la strategia di combinare competenze interne ed esterne, nel corso degli anni si è diffusa anche la tendenza di creare partnership tra aziende in una logica di filiera con l'ottenimento di un'elevata varietà di forme organizzative per realizzare il passaggio dall'innovazione di prodotto all'innovazione nella ricerca di soluzioni. Questo passaggio però non è semplice, soprattutto per una PMI; infatti, sono necessari ingenti investimenti che talvolta portano a esiti in termini di ricavi e profitti inferiori alle aspettative, e risulta essere di fondamentale importanza la visione innovativa e manageriale che permetta una strategia di controllo della dinamica delle competenze.

Una trasformazione del genere diventa dunque cruciale per una impresa che vuole abbracciare la transizione verso il 4.0, toccando tutti i livelli e tutte le sue componenti e portandole a una nuova forma di cultura che non pensa più in termini di prodotto ma in termini di servizio. È un cambiamento notevole, mentre in una produzione ciò che interessa sono i processi produttivi con i quali si raggiunge, nel servizio l'asset principale sono le persone. Inoltre, la strategia di vendita di un servizio è molto differente da quella di un prodotto.

Spostandoci infine su aspetti legati al fatturato, per un modello incentrato sui servizi, una delle componenti fondamentali è la creazione di rapporti stabili con la clientela, sfruttando i feedback ripetuti nel corso del tempo che possono aiutare la crescita della reputazione aziendale, quindi l'immagine sul mercato.

4.4.2. Le piattaforme per le PMI e gli Smart Connected Product

Anche se da una prima analisi, può trasparire che la piccola impresa sia penalizzata nell'era della servitizzazione, in realtà non è così. La si può piuttosto definire sfida che, se fino a poco tempo fa coinvolgeva solo le imprese più innovative, oggi riguarda praticamente ogni forma e dimensione di business accomunate da un'unica visione: il vantaggio competitivo risiede nella soddisfazione del cliente. Emerge da questo concetto l'economia basata sulle piattaforme di raccolta ed elaborazione dei dati prodotti dallo *smart connected product* mediante l'Iot e il Cloud, indispensabili per apprendere le aspettative dell'utente e associare ai prodotti servizi a valore aggiunto personalizzati. Ma cosa sono i prodotti intelligenti e connessi?

I prodotti intelligenti e connessi presentano tre elementi caratterizzanti:

- Componenti fisici: comprendono parti meccaniche ed elettriche di prodotto;
- Componenti intelligenti: rappresentano i sensori, microprocessori, archiviazione dati, controlli, software e, in genere, un sistema operativo integrato e una interfaccia utente avanzata. Strumenti che amplificano le capacità e valore dei componenti fisici;
- Componenti di connettività: comprendono antenne, porte e protocolli che permettono connessioni con il prodotto; la connettività ne richiede tre forme, che possono essere presenti insieme: One-to-one, un singolo prodotto si connette all'utente o un altro prodotto tramite una interfaccia, One-to-many, dove un sistema centrale è connesso a molti prodotti contemporaneamente, many-to-many, in cui più prodotti si connettono ad altri tipi di prodotti. La connettività amplifica le capacità e il valore dei componenti intelligenti;

Per raggiungere elevati livelli di funzionalità, sono necessari tutti e tre i tipi di connettività. Il risultato è un circolo virtuoso di miglioramento del valore.

La connettività presenta più scopi. Oltre a permettere ad alcune funzioni del prodotto di esistere al di fuori del dispositivo fisico (Cloud), consente lo scambio di informazioni tra prodotto e ambiente operativo, dal produttore ai clienti, fino ad arrivare ad altri prodotti e sistemi. Prodotti intelligenti e connessi stanno emergendo in tutti i settori manifatturieri. Un esempio citabile si ha nel settore energetico, dove la tecnologica smart grid di ABB permette di analizzare enormi quantità di dati in tempo reale e su tantissime apparecchiature di generazione, trasformazione e distribuzione, che tramite la comunicazione istantanea di variazioni di temperature dei trasformatori avvisa i centri di controllo di possibili condizioni di sovraccarico, permettendo un pronto intervento di regolazione.

Tutto questo sta succedendo oggi in quanto una serie di innovazioni nel panorama tecnologico si sono incontrate per rendere i prodotti tecnicamente ed economicamente realizzabili. Questi permettono ed includono diversi progressi nelle prestazioni, miniaturizzazione ed efficienza energetica, come la potenza di elaborazione e memorizzazione dei dati in modo compatto che permette l'inserimento di computer all'interno dei prodotti. Naturalmente, per realizzarli è necessaria che le aziende costruiscano un'infrastruttura tecnologica nuova, costituita da una serie di livelli (Stack Tecnologico), che includa hardware, applicazioni software, sistemi operativi integrati nel prodotto stesso, un cloud costituito a sua volta da software in esecuzione su server remoti, strumenti di sicurezza e

integrazione con i sistemi aziendali come, ad esempio, sistemi ERP e CRM.

L'intelligenza e la connettività abilitano nuove funzioni e capacità, che possono essere raggruppate in quattro aree principali: monitoraggio, controllo, ottimizzazione ed autonomia. Ogni capacità è importante di per sé e pone alcune basi per il successo (ad esempio, le capacità di monitoraggio sono la base per il controllo, ottimizzazione ed autonomia di un prodotto). Una azienda sceglie l'insieme di capacità che forniscono valore al cliente e definisce così il suo posizionamento competitivo. Di seguito sono analizzate in successione le quattro aree appena citate.

- **Monitoraggio**

Riguarda le condizioni di funzionamento e l'ambiente esterno di un prodotto; si basa principalmente su sensori e fonti di dati esterne. Attraverso i dati, un determinato prodotto può comunicare agli utenti alcuni cambiamenti nelle prestazioni o circostanza. È una funzionalità che permette alle aziende e ai consumatori finali di tener traccia delle caratteristiche operative e cronologiche del bene e comprendere meglio come il prodotto viene utilizzato. Questi dati sono fondamentali per la progettazione, segmentazione del mercato e servizio post-vendita.

Un esempio lo possiamo trovare in campo medicale, nei glucometri digitali che tramite i sensori inseriti sottopelle del paziente misurano il livello di glucosio e tramite wireless comunica a un altro dispositivo i relativi dati permettendo in caso di necessità una terapia appropriata di aggiustamento.

- **Controllo**

Può essere attuato mediante comandi o algoritmi remoti integrati nel dispositivo o situati nel cloud del dispositivo, i quali danno delle regole che indirizzano il prodotto a rispondere ai cambiamenti specifici nella sua condizione o ambiente. Il controllo di questo tipo permette la personalizzazione delle prestazioni del prodotto a un livello che in precedenza non era possibile. La stessa tecnologia permette agli utenti di controllare la loro interazione col prodotto in molti nuovi modi. Per esempio, Doorbot, campanello e serratura intelligenti e connessi, consentono ai clienti di far accedere visitatori alla loro abitazione dopo averli controllati sui loro smartphone.

- **Ottimizzazione**

Il flusso di dati di monitoraggio provenienti da prodotti intelligenti e connessi, consente alle aziende di ottimizzare le proprie prestazioni del prodotto in numerosi modi, possono applicare algoritmi di analisi dei dati storici o in uso per migliorare notevolmente la produzione,

l'uso ed efficienza. Essendo un flusso controllato in tempo reale, permette alle aziende di ottimizzare il loro servizio eseguendo la manutenzione preventiva quando il guasto è imminente ed eseguendo le riparazioni in remoto, riducendo inattività e necessità di riparazione in loco. Anche quando è necessario inviare personale di riparazione, le informazioni anticipate su cosa è rotto e quali parti sono necessarie riducono i costi di assistenza migliorando i tassi di riparazione.

- **Autonomia**

Le funzionalità di monitoraggio, controllo ed ottimizzazione si combinano per consentire un livello di autonomia prima irraggiungibile, riducendo la necessità di operatori e migliorando la sicurezza in ambienti pericolosi. I prodotti autonomi possono agire inoltre nel coordinamento con altri prodotti e sistemi. Il valore di queste funzionalità può crescere in modo esponenziale man mano che un numero maggiore di prodotti viene connesso.

Per comprendere quali sono gli effetti di questi prodotti intelligenti sulla concorrenza e redditività, è necessario esaminare il loro impatto sulla struttura del settore.

Uno strumento usato per valutare la posizione competitiva è dato dal Modello delle cinque forze di Porter, creato nel 1979 da M.E. Porter e discusso nel libro “Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors”. Il modello si propone di individuare e studiare l'importanza delle forze che operano nell'ambiente economico andando ad erodere la redditività nel lungo periodo tramite le loro azioni; le forze competitive sono: il potere contrattuale degli acquirenti, la natura ed intensità della rivalità tra i concorrenti esistenti, minaccia di nuovi entranti, minaccia di prodotti o servizi sostituiti e il potere contrattuale dei fornitori.

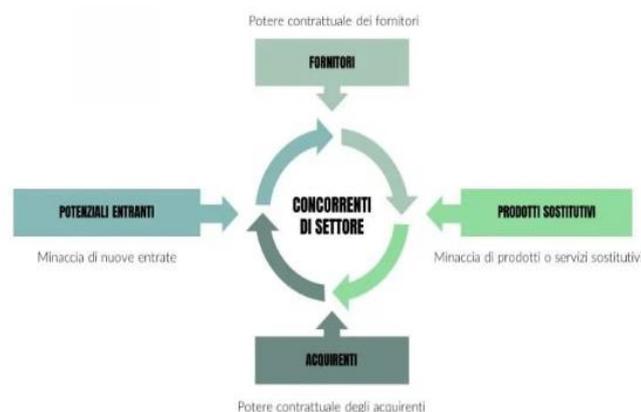


Figura 18.: Struttura del modello di Porter. (Fonte: B-PlanNow)

La struttura del settore cambia quando una nuova tecnologia, le esigenze dei clienti o fattori circostanti spostano queste cinque forze. Gli smart connected product andranno ad influenzare la composizione in molti settori proprio come fece l'IT qualche anno fa, soprattutto nelle imprese manifatturiere.

- **Potere contrattuale degli acquirenti**

Le opportunità fornite dai prodotti intelligenti e connessi sono molte, tra le quali ritroviamo la differenziazione dei prodotti; conoscere la metodica di utilizzo dei prodotti da parte dei clienti migliora senza dubbio la capacità dell'azienda di profilare i clienti e fissare prezzi adeguati ad estendere servizi a valore aggiunto. Attraverso l'acquisizione di ricchi dati storici e utilizzo del prodotto, i costi di passaggio degli acquirenti a un nuovo fornitore aumentano. Tutto questo serve a mitigare o ridurre il potere contrattuale degli acquirenti. Tuttavia, è giusto far notare come gli acquirenti grazie a questi prodotti raggiungano una migliore comprensione delle reali prestazioni fruibili, consentendo loro di contrapporre un produttore all'altro concedendogli una minore dipendenza.

- **Rivalità tra concorrenti**

La rivalità viene spostata attraverso la differenziazione e servizi a valore aggiunto. Le aziende adattano le loro offerte a segmenti di mercato più specifici e personalizzano i prodotti per i singoli clienti migliorando la definizione del prezzo. Infatti, i prodotti intelligenti e connessi creano anche opportunità per ampliare la proposta di valore oltre ai prodotti in sé, per includere dati e offerte di servizi migliorate.

A compensare questo spostamento c'è la migrazione della struttura dei costi verso una componente fissa decisamente più elevata a scapito di quella variabile, più bassa. Ciò sicuramente deriva da un costo importante legato allo sviluppo software, progettazione più complessa ed elevati costi fissi per lo sviluppo dello slack tecnologico. Questo rende vulnerabili le aziende alla pressione sui prezzi poiché cercano una ripartizione dei costi fissi su un maggior numero di unità vendute. Inoltre, si possono innescare corse agli armamenti di funzionalità rivelando troppo ai rivali e incrementare i costi che erodono la redditività del settore.

- **Minaccia nuovi entranti**

Gli ostacoli da affrontare sono significativi, a partire dai costi fissi elevati della progettazione prodotti complessi, per arrivare alla creazione di infrastrutture IT a più livelli per garantire una tecnologia integrata. Le barriere all'ingresso aumentano anche quando gli incumbent acquistano i vantaggi critici della prima mossa,

accumulando dati su prodotti e usandoli per ridefinire i loro prodotti e servizi (maggiore fidelizzazione, maggiori switching cost).

Tuttavia, queste barriere ai nuovi entranti, diminuiscono quando i prodotti intelligenti non vengono totalmente abbracciati dagli operatori storici, preferendo i punti di forza basati sull'hardware e parti legacy redditizie.

- **Minaccia di sostituti**

I prodotti intelligenti possono offrire prestazioni personalizzate al cliente, con un valore superiore rispetto ai prodotti sostitutivi tradizionali riducendo quindi le minacce di sostituzione permettendo la crescita e redditività di settore. In diversi settori si creano nuove forme di minacce, come la capacità funzionali di prodotto più ampie che includono i prodotti convenzionali. Vengono abilitati nuovi modelli di business che possono creare un sostituto per la proprietà del prodotto, riducendone la domanda complessiva (modello pay-per-use, dove l'utente ha pieno accesso a un prodotto e pagano solo per la quantità di prodotto usata).

Le potenti capacità dei prodotti intelligenti e connessi non solo rimodellano la concorrenza all'interno di un settore, ma possono ampliare la definizione stessa del settore stesso. Si allargano i confini competitivi fino a comprendere una serie di prodotti correlati per soddisfare un'esigenza più ampia; la funzionalità di un prodotto viene ottimizzata attraverso altri prodotti correlati. Così, la base della concorrenza si sposta dalla funzionalità di un prodotto discreto alla performance del più ampio sistema di prodotti, in cui l'impresa è solo un attore.

Si delinea dunque una propensione volta alla creazione del valore aggiunto, in cui l'azienda facendosi carico della raccolta, trasmissione ed elaborazione dei dati estrae una conoscenza approfondita delle abitudini ed aspettative dei clienti, registrando e correlando diverse serie di statistiche per comprendere sempre meglio quale sia il divario che separa le performance di prodotto e servizi complementari, dal massimo potenziale esprimibile. Colmare questa distanza e rispettare le aspettative del mercato vuol dire guadagnare un enorme vantaggio competitivo rispetto alla concorrenza.

Così, anche le PMI più innovative nel settore manifatturiero, attraverso l'IoT e industria 4.0, possono competere sul terreno fertile della servitization.

4.4.3. Integrazione tra manifattura e settore terziario

La manifattura è alla base dello sviluppo economico.

Le ragioni di questo ruolo chiave sono molteplici: è prima di tutto il principale settore i cui guadagni di produttività si diffondono, attraverso i beni prodotti, agli altri settori; genera posti di lavoro qualificati e ben remunerati; effettua la maggior parte degli investimenti in ricerca ed innovazione, col fine di distribuire i benefici a tutto il sistema attraverso i beni manufatti innovativi. Ed è proprio per questo che in piena crisi economica prende piede l'Industria 4.0, perché fonte di sviluppo per l'impresa.

Secondo un report di analisi dei settori industriali realizzato da Intesa Sanpaolo e Prometeia, in Italia dopo un 2021 decisamente buono, nel 2022 l'industria manifatturiera italiana ha affrontato un rallentamento dovuto alla crisi energetica, ma questo non ha impedito l'aumento delle attività che hanno conseguito 1160 miliardi di euro, sostenuto principalmente da un aumento dei prezzi del 12,3% in media d'anno. Sul fronte interno nel 2023, consumi ed investimenti risentono di un quadro più incerto mostrando una dinamica meno brillante rispetto a quella dell'anno precedente. Sul fronte esterno invece, esportazioni si confermano in crescita del 2,4% a prezzi costanti per il complesso del manifatturiero, nonostante una domanda mondiale in rallentamento; questo risultato riflette i processi di rafforzamento competitivo attuati dalle imprese italiane nell'ultimo decennio, che consentono alle vendite estere di manufatti di superare, per la prima volta la soglia del 50% sul totale del fatturato. L'Italia risulta tra i pochi esportatori europei che sono stati in grado di presidiare la propria quota sulle importazioni degli USA. La tenuta complessiva è dovuta principalmente a settori come quello del Largo consumo e Mobili, e di una lieve quota legata alla Meccanica e Farmaceutica.

C'è una stretta correlazione tra variazione del peso del manifatturiero sul PIL e incremento di questo. La centralità del manifatturiero è ribadita proprio nel rapporto sempre più stretto con i servizi innovativi, in particolare quelli intensivi di conoscenza. Tanto da poter affermare: "no manifattura, no servizi" dovuta alla loro forte integrazione. In passato fu teorizzato di realizzare una headquarter economy, economia nella quale le produzioni di beni materiali venivano sparse per il mondo a seconda delle convenienze economiche, mentre nel paese produttore si conservava principalmente la ricerca e l'innovazione; un modo per realizzare una specializzazione esclusivamente nella produzione di servizi ad alto valore aggiunto. Ma questa strategia non è sostenibile nel lungo periodo, perché senza la manifattura non c'è futuro per il terziario. Sempre in Italia, per esempio, la domanda di servizi da parte dei

settori manifatturieri arriva al 17% dal valore della produzione industriale, in particolare relativa ai servizi di analisi e consulenza tecnico-scientifica, seguiti da trasporto e servizi finanziari.

Le imprese manifatturiere incrementano l'importanza del terziario sull'economia anche perché loro stesse producono servizi, legati principalmente al post-vendita. Questi servizi si sviluppano insieme alle esigenze di un sistema dinamico che evolve verso nuove forme tecnologiche, come la frontiera della produzione manifatturiera costituita dall'additive manufacturing e in più generale la transizione verso l'industria 4.0. Questo comporta inevitabilmente un incremento sempre maggiore dell'uso di tecnologie ICT e l'accentramento dei servizi verso un ruolo importante di interfaccia tra ricerca e produzione soprattutto per il tessuto imprenditoriale italiano, ma anche un maggior confronto con la concorrenza su un terreno sempre più competitivo in grado di offrire servizi efficienti ed innovativi.

D'altra parte, pensare di abbandonare l'attività manifatturiera per concentrarsi su quella terziaria non è possibile, perché comporterebbe una cessione della produzione fisica ad altri Paesi che assorbirebbero conoscenze e competenze: la cessione di know-how è il fulcro di una perdita strutturale di competitività basata su conoscenze proprietarie, che è l'unica in grado di reggere sul lungo periodo. La perdita di conoscenze in un determinato settore finisce per inibire la capacità innovativa anche in comparti congiunti, bloccando la implementazione delle traiettorie tecnologiche ed impedendo lo sviluppo di tutte le eventuali applicazioni successive: il learning by doing e il problem solving sono due elementi importanti per avanzare nella frontiera tecnologica; dopotutto senza il fare non c'è il sapere.

Questo fenomeno è alla base delle principali economie industriali mondiali. Un esempio sono gli Stati Uniti, pionieri della delocalizzazione, i quali ad oggi puntano sullo sviluppo manifatturiero ancorato a specifiche aree territoriali all'interno dei singoli paesi, in un'ottica selettiva per le specializzazioni produttive da sviluppare nell'interesse nazionale. Le misure industriali adottate negli ultimi anni dimostrano come l'idea che il legame stringente tra le attività di servizio e manifattura richiedano una vicinanza operativa e fisica.

4.5. L'automazione industriale e digitale

Col termine automazione industriale si identifica l'applicazione in fabbrica degli aspetti tecnici della cibernetica, ovvero la scienza che studia, sviluppa e analizza le macchine in grado di autoregolazione,

le quali possono aiutare o addirittura sostituire l'uomo in determinate operazioni o processi. "Già nel 1956 ci si riferiva alla tecnologia che sfruttava sistemi di controllo per gestire macchine e processi, riducendo non solo l'intervento umano per l'esecuzione di operazioni ripetitive e complesse, ma anche dove è necessaria una certezza e sicurezza dell'azione. Secondo il sociologo Federico Butera, l'automazione si completa nel suo significato mediante quattro concezioni diverse:

- a. Automazione come tecnologia: prendendo spunto da studi di Bright e Crossman (1960), è una tecnologia che mediante il controllo automatico dei processi permette la sostituzione dell'uomo (l'uso di macchine per guidare macchine). In tale concezione, l'automazione si suddivide in incorporazione di lavoro indiretto nelle macchine (sia nella produzione che nel controllo dei processi) ed incorporazione della capacità sensoria nelle macchine.
- b. Automazione come integrazione: logica di sistema integrato basato principalmente sul processo di produzione e non sulle singole macchine, aspetto importante per il contesto aziendale flessibile con l'implementazione di sistemi gestionali e sviluppo di progettazione dei processi.
- c. Automazione come sviluppo tecnico: caratterizzata da una implementazione della meccanizzazione unito a una serie di invenzioni.
- d. Automazione come sistema sociotecnico: una forma di organizzazione avanzata legata al fatto che la tecnologia non è una causa, ma un sistema di concetti e realizzazioni tecniche come effetti e risultati. Concezione che si contrappone alla visione come tecnologia: se con questa l'automazione ridurrebbe sempre di più il lavoro umano, attraverso un aspetto sociotecnico si implica un sistema organizzato, specializzato, sociale di una nuova organizzazione flessibile e capace di controllo. C'è da notare come una tale concezione implichi tutte le precedenti e in più il sistema rilevrebbe capacità di apprendimento, evoluzione e creazione divenendo autoreferenziale e capace di evolversi adattandosi all'ambiente." (*Automazione*, Blocchi CAD 3D E Modelli 3D)

Un automa può essere associato a più forme di tecnologia, a partire dai capostipiti Robot, fino ad arrivare alle evoluzioni come i cobot o robot collaborativo, il bot o software di interfaccia con umani, e gli Automated Guided Vehicle o Agv; all'interno del mondo manifatturiero l'automazione industriale però non comprende esclusivamente automi, ma anche i mezzi tecnologici atti a ridurre la necessità dell'intervento umano, come i sistemi di controllo e calcolo distribuito (PLC) e macchine a controllo numerico, i diversi software

come il MES (Manufacturing Execution System), SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), PLM (Product Lifecycle Management), ERP (Enterprise Resource Planning).

Risulta essere dunque un sistema complesso che permette di garantire una produttività efficiente e sicurezza in condizioni rischiose, governando i diversi flussi di energia ed immagazzinando l'informazione col fine di minimizzare l'intervento umano.

Ma quel è la differenza tra automazione e meccanizzazione? Per molto tempo i due termini coincidevano, la meccanizzazione infatti è la sostituzione del lavoro fisico dell'uomo con quello delle macchine, un processo iniziato già a partire della prima rivoluzione industriale. L'automazione oggi include e supera la meccanizzazione, essa implica l'integrazione delle stesse macchine in un sistema più ampio di controllo, come l'industria 4.0.

Un precursore dei sistemi di automazione moderna fu il regolatore di velocità di James Watt (fine Settecento), ideato per il mantenimento della velocità nelle locomotive a vapore a prescindere dal carico e pendenze geografiche. Per rendere maggiormente flessibili le macchine nelle aziende manifatturiere vennero introdotte degli accoppiamenti vite-madrevite per movimentare le tavole delle macchine utensili variando la velocità. Queste evoluzioni tecnologiche hanno permesso il miglioramento delle conoscenze sulle macchine ed iniziare ad alleggerire l'operatore da alcune funzioni di controllo. La seguente introduzione di copiatura meccanica basata sull'utilizzo di camme determinò la nascita dell'automazione industriale per la realizzazione di figure di forme complesse, la cui variazione morfologica richiedeva la sostituzione delle camme con costi elevati e tempi lunghi per il cambio della produzione. L'operare con sistemi come questi applicato a produzioni di massa Tayloristiche determinò rapidamente la saturazione del mercato all'interno del quale le aspettative del cliente diveniva sempre maggiori, ma non solo; i sistemi a camme e copiatura meccanica non erano riutilizzabili e i sistemi di controllo meccanici erano troppo complessi per essere realizzati. Solamente grazie all'introduzione di nuovi dispositivi elettronici allo stato solido si ebbe una nuova era della macchina utensile, che permisero di rendere indipendenti le macchine tra di loro dal punto di vista della potenza e del controllo. In questo modo divenne possibile gestire i cambi di prodotto sulle stesse macchine senza dover sostituire parti strutturali, anche se, a causa della diversificazione del prodotto, si iniziarono ad avere problemi di carattere organizzativo principalmente sulla gestione degli stock a magazzino dei materiali e ritardi nelle consegne dei prodotti finiti. La soluzione a queste problematiche, rappresentate da una evidente esigenza di flessibilità,

portò all'adozione di metodi euristici per la pianificazione e il controllo della produzione: questi non potendo essere gestiti con efficienza dall'uomo furono una spinta per l'introduzione dei calcolatori, che mediante la nascita del transistor, poterono diventare utili nel supporto delle attività produttive gettando le basi del Computer Integrated Manufacturing (CIM). "Il CIM è un modello a piramide che illustra la logica di funzionamento di un sistema automatizzato a livello industriale: alla base della piramide si trova il livello "campo", posizione nella quale sono racchiusi tutti i processi da controllare, dove sono posizionati tutti i sensori per la misurazione dei dati di esecuzione; il livello superiore viene definito "controllo", all'interno del quale vengono allocati i dispositivi regolatori, controllori, attuatori e che elaborano i dati dai sensori e li combinano con i parametri degli obiettivi da raggiungere; il livello successivo è la "supervisione", tramite computer e sistemi di monitoraggio da remoto; in cima alla piramide c'è "l'impresa", dove si trovano le altre attività aziendali." (Condemi & Condemi, 2023)

Col passare degli anni è stato introdotto il modello Perdue dell'ISA 95, standard internazionale dell'international Society of Automation, il quale invece prevede, dopo il livello zero-campo (processi fisici effettivi), i seguenti livelli:

- Livello 1: dispositivi intelligenti, come sensori di processo e analizzatori, necessari per il rilevamento e manipolazione dei processi fisici.
- Livello 2: sistemi di controllo, per la supervisione e controllo dei processi fisici; ne fanno parte i controlli e software in tempo reale, i DCS (Distributed Control System), le interfacce uomo-macchina (HMI) e i software di controllo di supervisione e acquisizione dati (SCADA).
- Livello 3: sistemi operativi di produzione, per la gestione del flusso di lavoro di produzione; distinguiamo la Gestione dei lotti, i sistemi di gestione dell'esecuzione della produzione/delle operazioni (MES/MOMS), i sistemi di manutenzione e gestione delle prestazioni degli impianti con storici dei dati e relativi middleware.
- Livello 4: Sistemi logistici aziendali, atti alla gestione delle attività commerciali dell'operazione di produzione; l'ERP (Enterprise Resource Planning) è tra i principali, utile per delineare il programma di produzione di base dell'impianto, l'uso del materiale, la spedizione e i livelli di inventariato.

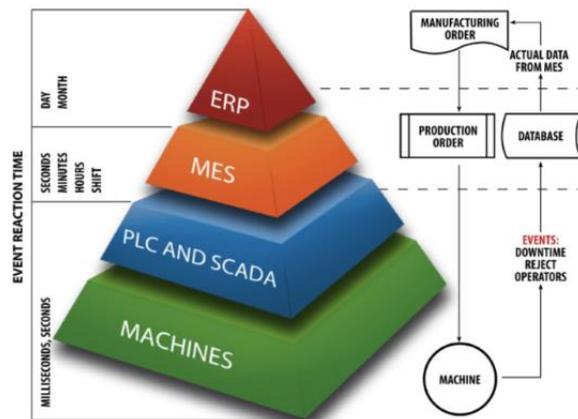


Figura 19.: Struttura del modello Perdue dell'ISA 95. (Fonte: Avani)

Da come si può intuire da questa gerarchia, la produzione assistita da calcolatore può essere attuata unicamente se le funzioni aziendali risultano essere integrate tra loro: dalla progettazione ed industrializzazione, fino alla produzione, controllo, gestione interna e commerciale; è collegata la necessità di standardizzare le interfacce di comunicazione tra le macchine, le linee di comunicazione e i software.

La progettazione e produzione nel settore manifatturiero è dunque una filosofia all'interno della quale il calcolatore e i sistemi gestionali giocano un ruolo principale per tutto il ciclo di lavoro di un determinato bene, che si concretizza con una continua evoluzione delle tecnologie fornite dal mondo dell'industria 4.0.

“Ovviamente, non esiste unicamente una metodica di fare automazione industriale; le industrie che intraprendono un processo di questo tipo hanno oggi a disposizione diverse tipologie di automazione a seconda dei diversi gradi di adozione, gamma di prodotti e volume produttivo. Le esigenze aziendali possono essere profondamente differenti, in particolare in termini di flessibilità delle soluzioni di automatizzazione.” (Garioni, 2022) Entrando brevemente nel dettaglio, l'automazione può essere classificata in quattro categorie:

1. Automazione Rigida: “riguarda le operazioni di processo, assemblaggio e verifica; operazioni in cui la sequenza delle operazioni è rigida, con compiti ripetitivi e ad alta frequenza. Le lavorazioni di processo possono essere espletate da una singola macchina o da una cella di lavorazione composta da più macchine con sistemi di alimentazione di parti gestiti da un software di elaborazione. L'asservimento macchina o machine tending, è applicabile a più tipologie di macchine industriali, programmate per essere usate per una singola operazione ripetitiva: dalle macchine a

controllo numerico ai macchinari impiegati nei processi di pressofusione. Rappresenta quei sistemi produttivi con una varietà di prodotto molto limitata.” (Condemi & Condemi, 2023b)

2. Automazione Flessibile: comprende la gestione di materiali, prodotti e servizi; quindi, rappresenta principalmente la logistica e le macchine che possono muoversi senza vincoli all’interno dello spazio di lavoro. In genere viene rappresentata dalle “navette col motore elettrico” (AGV), dai cobot che risultano essere ideati, programmati e realizzate per cooperare con gli esseri umani all’interno delle linee produttive, ma anche da etichette RFID per l’identificazione univoca delle merci in entrata, picking vocali e traslo-elevatori per pallet. I macchinari possiedono una elevata configurabilità e flessibilità di impiego, permettendo l’eliminazione di tempi morti di conversione dell’impianto e portando a una grande diversificazione di prodotto.
3. Sistemi Programmabili: “identificabile quando l’impresa industriale adotta a una produzione a lotti una sequenza di operazioni abilitata all’automazione; essa può essere modificata in modo da cambiare, a seconda delle esigenze del cliente, la configurazione del prodotto finale (all’interno di questa categoria rientrano a tratti i sistemi flessibili).” (Garioni, 2022b)
4. Sistemi automatizzati integrati: “qui è presente una automazione completa degli impianti produttivi industriali; tutte le lavorazioni sono interamente gestite dai computer in maniera centralizzata, tanto che gli stessi processi di controllo risultano essere caratterizzati da un minimo coinvolgimento umano (tipico scenario dal modello CIM, sopracitato).” (Garioni, 2022c)

La continua e costante esigenza di eseguire attività decisamente complesse e ad alto impiego di manodopera è stato un impeto per gli sviluppatori nel creare software di automazione delle operazioni. Il numero di prodotti si sono incrementati notevolmente fino ad includere gestionali per la pianificazione, backup e recovery, ottimizzazione delle prestazioni e comunicatori.

Di seguito saranno elencati i principali vantaggi e svantaggi dell’automazione, i quali saranno ripresi ed analizzati attraverso il caso di studio affrontato durante l’esperienza curriculare in una azienda manifatturiera, col fine di comprendere quali sono realmente gli impatti in una realtà imprenditoriale medio-piccola e delineare i possibili miglioramenti applicabili per ridurre eventuali attriti applicativi.

4.5.1. I principali vantaggi e svantaggi dell’automazione oggi

Secondo Pat Cameron, direttore dell’Automation Technology dell’azienda Fortra Automate, l’automazione è una fonte di

semplificazione delle operazioni di calcolo; a partire dalla delimitazione e mantenimento degli obiettivi strategici aziendali, è possibile individuare i punti di forza ed ostacoli che si possono incontrare nell'implementazione di un progetto automatizzato. "Tra i principali vantaggi riscontrabili da un centro senza operatore RPA (Robotic Process Automation) possiamo sicuramente ottenere la riduzione dei costi, produttività, disponibilità, affidabilità e prestazioni; di seguito vengono approfonditi brevemente.

- Riduzione dei costi: l'obiettivo di ogni azienda è incrementare la propria redditività o al più mantenerla; un approccio possibile per raggiungerlo è sicuramente la riduzione dei costi. Poter inserire e sfruttare un software di automazione è uno degli approcci migliori per il contenimento dei costi, essendo la maggior parte dei server moderni caratterizzati da costi operativi contenuti, il che permette automaticamente di investire maggiormente sul servizio al cliente.
- Produttività: risulta essere uno degli elementi più importanti per le aziende manifatturiere, soprattutto a fronte di una richiesta sempre maggiore degli aspetti tecnologici. Un software di job scheduling aumenta il throughput automatizzando la pianificazione dei batch di produzione; anche se in precedenza il throughput risultava limitato dalla velocità degli operatori nel reimpostare gli switch sulle console, oggi i computer danno la possibilità di non essere mai inattivi mentre gli operatori sono impegnati in altre mansioni: si risparmia tempo e denaro eliminando lo scarto tra job e riducendo gli interventi dell'operatore. Sovente è possibile ridurre le ore di un processo di lavorazione per poter svolgere una maggiore quantità di lavoro e migliorare l'uso del sistema: dopo aver delineato il job scheduling, il software di automazione esegue i comandi con una elevata precisione e nella sequenza corretta, eliminando gli errori dell'operatore. La capacità di prevedere il completamento dei job e di eseguire analisi di simulazione eliminano l'approssimazione delle attività quotidiane.
- Disponibilità: ad oggi per una azienda pensare di rimanere per qualche ora senza computer può essere impensabile, segno del sempre maggiore affidamento del computer nella gestione quotidiana dei sistemi produttivi. Anche qui l'automazione può portare numerosi vantaggi, come la possibilità di salvataggio e recupero dati in caso di problematiche di sconnessioni temporanee. In un ambiente connesso in rete, anche la gestione centralizzata può rivelarsi importante; mentre un operatore lavora dalla console, da lontano una risorsa può risolvere una problematica.
- Affidabilità: senza di essa si genera confusione; la produttività è sicuramente vantaggio dell'automazione, ma tuttavia è l'affidabilità che trae il massimo giovamento. Automatizzando le operazioni, non

si rischia di dimenticare job e si segue correttamente la sequenza, grazie all'utilizzo di dati di input esatti. Il software gestisce in modo dinamico le attività complesse in base ai parametri predefiniti.

- Prestazioni: qualunque azienda nel mondo punta a una efficienza più alta possibile con il raggiungimento di elevate prestazioni. Anche se l'innovazione ha reso i computer sempre più veloci e meno costosi, le esigenze ed aspettative che le aziende ripongono in essi aumenta costantemente ed inevitabilmente, spinta per il miglioramento delle prestazioni di sistema.” (*Operazioni Automatizzate: 5 Vantaggi Dell'automazione*)

La transizione verso gli RPA favorisce inoltre il ritorno sugli investimenti, come sarà analizzato in seguito. Sicuramente questo sviluppo tecnologico porta con sé aspetti complicati nell'applicazione ma comunque decisamente apprezzati dal cliente finale.

Tra le diverse problematiche che si possono riscontrare nella transizione robotica ritroviamo:

- Un'azienda quando intraprende un progetto identifica in primis la problematica legata al costo, da sostenere immediatamente per procurarsi gli strumenti utili all'avvio, e quelli futuri che dovrà affrontare per il normale utilizzo di questi come software, definiti costi accessori o aggiuntivi; questo è considerato il primo grande ostacolo che l'automazione incontra nel suo percorso di adozione. Le aziende dovrebbero concentrarsi in realtà non sul problema nel breve periodo, ma sui benefici che si possono riscontrare nel lungo periodo, compreso il servizio che percepisce direttamente il cliente finale. Essendo la competitività sempre più globale, per riuscire ad appropriarsi del vantaggio competitivo una impresa deve concentrarsi principalmente su quattro fattori chiave: qualità, servizio, costo ed innovazione. Essendo l'innovazione di processo costante e progressiva, una forma di miglioramento, porta con sé dei risultati percepibili dai clienti in termini di servizio; poiché la qualità del servizio migliora grazie all'automazione e ai software che la mobilitano, i costi associati migliorano di conseguenza.
- Inoltre, come già accennato in precedenza, altre problematiche sorgono a livello di personale; la minaccia non gestita mediante una strategia di gestione di un operatore in linea di produzione è tra le principali cause di non transizione e motivo di attrito in fase di implementazione. Le risposte a tale problematica fanno riferimento ai concetti di Upskilling e Reskilling (delineati nel paragrafo 5.1.2.): poiché le posizioni precedenti non sono più necessarie, la nuova tecnologia fa emergere nuove forme di responsabilità che l'azienda deve incoraggiare sostenendo gli operatori nella formazione.

A partire proprio da questi aspetti che, grazie all'opportunità avuta tramite una esperienza curricolare in una azienda manifatturiera, ho deciso di procedere con un caso di studio e vedere se i miei risultati trovano riscontro con la letteratura esposta fino a questo punto. Con lo sviluppo del prossimo paragrafo vorrei descrivere la realtà produttiva in cui ho avuto la fortuna di lavorare, e vedere come questa stia mutando nel bene o nel male, grazie all'applicazione dell'industria 4.0 e creazione di isole robotiche per lo svolgimento di determinate lavorazioni.

CAPITOLO 5

5.1. OLV OFFICINA MECCANICA s.r.l.

La OLV officina meccanica S.r.l. è una azienda a conduzione familiare situata presso San Carlo Canavese in provincia di Torino specializzata nelle lavorazioni meccaniche di precisione, principalmente sulla componentistica per le trasmissioni di veicoli movimentazione terra e Super Car. Fondata nel 1988 questa società a responsabilità limitata fa parte di una articolata supply chain i cui protagonisti risultano essere fornitori di materie prime (acciaierie), grezzi (stampatori), aziende manifatturiere (officine), trasporti, retailer e clienti finali. In particolare, le aziende manifatturiere possono essere visualizzate in diversi livelli in base alla funzione e gerarchia contrattuale che ricoprono; spesso si instaurano rapporti tra le stesse aziende per completare lavori, con una principale che prende in carico la commessa, la spacchetta e commissiona le singole lavorazioni ad imprese satellite. A fronte di questo, si può affermare che la OLV basa la sua produzione principalmente sul conto terzi, ricoprendo dunque la figura del fornitore per clienti che forniscono il materiale grezzo e le specifiche tecniche utili per l'ottenimento del componente finito.

Lo stabilimento si sviluppa in 5000 m^2 di capannoni coperti, composti principalmente da linee di produzione, tre magazzini, un centro qualità e uffici di amministrazione. All'interno dell'area produttiva ritroviamo circa 75 macchine a controllo numerico di diverse tipologie come centro-intestatrici, torni, foratrici, centri di lavoro e dentatrici. I dipendenti sono circa 50, la maggior parte operatori di produzione, suddivisi in base alle mansioni svolte; si possono individuare in particolare le seguenti figure aziendali:

- Amministratore delegato;
- Human Resources manager;
- Capo officina;
- Responsabile della logistica;
- Responsabile del controllo qualità;
- Responsabili di reparto;
- Segreteria (commerciale e contabilità);
- Operatori;

La mia esperienza personale si è svolta a contatto con l'area amministrativa, all'interno della quale mi è stata assegnata la mansione di gestione e monitoraggio della produzione mediante gli strumenti dell'Industria 4.0. l'azienda tra il 2018 e 2019 ha avviato un progetto volto all'implementazione di alcune tecnologie abilitanti della transizione 4.0, come l'installazione di un sistema di interconnessione tra i macchinari presenti per poter vedere,

controllare e modificare in tempo reale ciò che viene svolto all'interno dei reparti, l'installazione di isole robotiche rigide per l'incremento produttivo e miglioramento delle inefficienze, e una utensileria digitale per un migliore tracciamento ed impiego dei materiali ed utensili migliore possibile. Il processo di digitalizzazione è lungo e in costante sviluppo in ottica di miglioramenti continui, con cambiamenti graduali e visione sul lungo periodo. Tutte le innovazioni apportate alla società sono state implementate col fine ultimo di poter raggiungere una massima efficienza ed efficacia nel normale svolgimento delle lavorazioni e processamento delle commesse.

Durante lo svolgimento del tirocinio mi è stato possibile interagire con queste nuove tecnologie, capire i loro funzionamenti in senso teorico e pratico, osservando gli effetti che inevitabilmente si manifestano all'interno dell'azienda e nelle ottiche di lavoro. Parallelamente alle attività svolte nel quotidiano all'interno dell'azienda, ho deciso di effettuare un'analisi sulle isole robotiche in modo tale da ricercare e al più confermare quegli aspetti positivi e negativi analizzati nei capitoli precedenti sull'applicazione dell'industria 4.0, valutandoli mediante il calcolo di alcuni KPI.

Per poter arrivare al cuore dell'analisi, saranno di seguito prima descritte le macchine utilizzate nelle lavorazioni, gli strumenti gestionali e il processo aziendale tipo che viene svolto con l'arrivo di una nuova commessa, per poi passare alla fase preliminare di commento delle analisi e una ulteriore proposta di miglioramento nella produzione.

5.1.1. Le macchine e le lavorazioni

Una officina meccanica è una struttura dotata di attrezzature per il compimento di un processo in cui le parti vengono tagliate, fabbricate e rifinite per prepararle all'uso. In genere vengono usate per la creazione di nuove parti attraverso abilità e comprensione dei meccanismi delle macchine a controllo numerico, principale motivo il personale impiegato dovrebbe avere una formazione specializzata, a seconda della tipologia di mansione a cui è assegnato in officina. Sono luoghi in cui si effettuano specifiche lavorazioni sui metalli, al fine di ottenere pezzi finiti a partire da semilavorati o grezzi dell'industria.

L'azienda possiede un totale di 75 macchine, distribuite come segue:

- 10 Centro intestatrici;
- 12 Centri di Lavoro;
- 12 Foratrici;
- 39 Torni;
- 2 Dentatrici.

Il sistema produttivo, essendo organizzato secondo un Job Shop, presenta una organizzazione lavorativa basata sulla commessa di piccoli lotti di prodotti più o meno personalizzati su richiesta diretta del cliente; tale necessità di personalizzare i prodotti e produrre lotti uno diverso dall'altro comporta la ridefinizione ogni volta del ciclo produttivo e contemporaneamente stabilire in anticipo le lavorazioni richieste in sequenza. Si intuisce dunque il motivo per il quale l'azienda utilizza macchinari standard che vengono settati ogni volta con i parametri necessari allo svolgimento delle diverse lavorazioni. Se da un lato la produzione Job Shop è caratterizzata per la mancanza di scorte di prodotto finito, sono invece consistenti le scorte di semi lavorati che si accumulano tra le fasi di processo e che vengono spostate attraverso percorsi non sempre lineari da un ordine all'altro tra i reparti. Il funzionamento corretto di questo processo dipende infatti dalle decisioni che vengono prese sulle alternative tra cicli di produzione e criteri scelti per non far attendere troppo i lotti, e se implementato può incidere positivamente sui fattori economici della produzione, livelli di utilizzo delle macchine, durate del tempo ciclo medio e grandezza del Work in Progress.

- **Centro-intestatrici: la centro-intestatura**

Le centro-intestatrici risultano essere delle macchine a controllo numerico atte all'esecuzione di operazioni per asportazione di strati superficiali di materiali di metallo grezzo come levigazioni e sfaccettature; tale esportazione in particolare viene effettuata sull'estremità del pezzo per l'ottenimento di una superficie più liscia alla sommità e base. Questa lavorazione è fondamentale per la creazione del centrino di lavorazione, un foro cieco centrale di qualche millimetro utile per il successivo posizionamento del pezzo sulle macchine per altre lavorazioni, come i torni per esempio. Proprio per questo motivo risulta essere la prima macchina su cui vengono posizionati i pezzi arrivati dall'esterno.

Caratteristica particolare della centro-intestatura risulta essere la velocità di esecuzione, elemento essenziale per la decisione relative alla schedulazione delle commesse; per questo motivo, osservando le lavorazioni in reparto, il più delle volte dopo che i grezzi arrivano in stabilimento vengono processati e depositati poi in magazzino semilavorati prima di terminare il loro ciclo. Essendo una lavorazione relativamente semplice, risulta essere raro produrre pezzi di scarto a meno che non vengano eseguite operazioni leggermente più complicate; infatti, su queste macchine sono sovente svolte altre tipologie di operazioni, definite supplementari, come l'esecuzione di maschiature o realizzazione di camere, che aumentano la possibilità di errori.

Naturalmente esistono alcune eccezioni sulla velocità di esecuzione, funzione delle caratteristiche costitutive e dimensionali del grezzo di partenza, per questo all'interno dell'officina sono presenti alcune macchine usate esclusivamente per semilavorati con elevato ingombro.

- **Centri di lavoro: la fresatura e foratura radiale**

Questi macchinari a controllo numerico sono in grado di eseguire più tipologie di lavorazione come fresature, alesature, filettature, forature ecc grazie alla possibilità di disporre di un elevato numero di utensili a magazzino e mediante appositi set-up di modificare le procedure di lavoro per ottenere funzioni molteplici; l'azienda in particolare lo impiega principalmente per la foratura radiale e la fresatura. Le procedure di attivazione del macchinario per l'esecuzione di una determinata lavorazione consistono in un cambio utensile, cambio del programma di lavoro e modifica della cella; generalmente la macchina è dotata di più assi di moto con sistemi automatici di cambio utensile.

All'interno dell'azienda sono presenti due tipologie di centri di lavoro: il primo è ad asse verticale, dove l'asse del mandrino è localizzato in posizione verticale rispetto alla base su cui si pone il pezzo da lavorare; il secondo è ad asse orizzontale, dove l'asse del mandrino si trova posizionato orizzontalmente rispetto alla base su cui viene poggiato il semilavorato.

La struttura di queste attrezzature è composta da un sistema di controllo, terminali e controllori numerici; partendo dal basso ritroviamo un basamento (asse Z) che ancora il macchinario al terreno col fine di scaricare le vibrazioni durante le lavorazioni e raccogliere il materiale di scarico. A seguire è presente un montante, la colonna verticale che regge il mandrino attraverso la testa e consente il movimento lungo l'asse Y; questa parte risulta essere sopra il carro, elemento meccanico che permette il movimento laterale lungo l'asse X. Sono presenti all'interno della cella di lavoro delle guide per lo scorrimento della parte fissa e mobile, e le tavole girevoli, definite anche pallet sui quali vengono posti i pezzi da lavorare permettendo un movimento rotatorio attorno all'asse verticale.

Come accennato in precedenza, oltre alla foratura, su questi macchinari è possibile effettuare anche la fresatura, operazione meccanica per asportazione il cui moto è affidato all'utensile mentre la profondità di passata ed avanzamento è dato al pezzo. All'interno dell'officina, questa lavorazione è utilizzata solamente per la realizzazione di scanalature, fresature particolari che permettono la creazione di "cave" mediante frese a disco con elevato capacità

volumetrica di lavoro, che concedono una maggiore efficienza, stabilità e produttività. Nel caso in cui la scanalatura sia superficiale, viene applicata una fresatura in concordanza, nella quale la fresa inizia a tagliare dalla parte più alta del pezzo diminuendo l'usura dei denti; se invece si fanno scanalature più profonde viene attuata grazie a questa macchina utensile una fresatura in discordanza, dove il dente taglia a partire dalla parte già fresata con creazione di vibrazione ed evacuazione del materiale di scarto.

- **Foratrici: forature profonde a punta cannone e BTA**

Su queste macchine utensili viene eseguita la foratura, quella operazione che permette la realizzazione di fori su un semilavorato asportando materiale. Principalmente all'interno della OLV, sono presenti foratrici specializzate in forature profonde, ovvero quando la lunghezza del foro risulta maggiore di almeno dieci volte la misura del diametro dell'utensile; può essere realizzata mediante una punta cannone e utensili BTA.

Una foratura a punta cannone è caratterizzata da una lubrificazione interna mediante olio ad alta pressione, il quale assorbe il calore che si sviluppa dalla lavorazione; gli scarti e l'olio caldo sono in genere eliminati lungo la scanalatura esterna dell'utensile. Queste macchine presentano un apparato di raccolta dell'olio caldo che permette il filtraggio e il raffreddamento, per poi riutilizzarlo.

Il metodo BTA è caratterizzato da un percorso di eliminazione degli scarti opposto a quello di evacuazione dell'olio; questo percorso permette un ottimo raffreddamento e lubrificazione, ma implica un limitato impiego su materiali con una buona truciolabilità e diametri sufficientemente grandi.

All'interno dello stabilimento la foratura viene effettuata anche mediante trapani a colonna non a controllo numerico e centri di lavoro; i primi in genere vengono impiegati nel caso in cui la foratura è di entità contenute, sfruttando un avanzamento manuale e rotismi della colonna cilindrica. I secondi, descritti in precedenza, si differenziano dalle altre foratrici perché in grado di lavorare anche quando si spostano in direzione diversa rispetto all'asse del mandrino che gli concede inoltre la possibilità di effettuare forature radiali.

- **Torni: la tornitura**

Questa macchina utensile consente di eseguire lavorazioni per pezzi caratterizzati da moto di rotazione uniforme intorno ad un asse fisso; vengono in genere processati semilavorati per ottenere superfici cilindriche esterne, interne, piane frontali, coniche interne ed esterne, e sagramare. La caratteristica importante di questi macchinari è legata

al moto di taglio che risulta essere circolare ed affidato al pezzo montato sul mandrino, mentre il moto di avanzamento è rettilineo e dato dall'utensile; si capisce dunque l'importanza della centro-intestatura nella fase precedente per la creazione del centrino, essenziale per il posizionamento preciso sul mandrino e una rotazione il più uniforme che eviti vibrazioni.

Un tornio è composto generalmente da una macchina principale (basamento) a controllo numerico contenente il motore e gli assi di movimento (gruppo di carrelli), un dispositivo elettronico controllato dal computer che regola la velocità della macchina (gruppo testa motrice), una torretta portautensile rotante con numerose frese e mandrini. Una parte importante è il mandrino autocentrante che serve per bloccare il pezzo con tre o quattro morsetti indipendenti, a volte accompagnato da una lunetta, cioè uno strumento mobile o fisso utilizzato per le lavorazioni di pezzi lunghi in modo da evitarne una eventuale flessione.

I torni a controllo numerico sono dotati di un sistema che può essere programmato per eseguire operazioni complesse, impostando la velocità e profondità necessarie per l'esecuzione di tagli, forature, fresature o sbavature con una elevata precisione.

All'interno dell'azienda vengono impiegati inoltre anche per la realizzazione di filettature e maschiature.

- **Dentatrici: la dentatura**

Le dentatrici sono macchine utensili automatiche che realizzano profili dentati per involuppo mediante moto di generazione analogo a quello che si riscontra tra due ingranaggi, con la differenza che qui uno è l'utensile mentre l'altro il semilavorato. Su queste macchine è necessario impostare le velocità di rotazione e traslazione degli elementi per ottenere un giusto rapporto di trasmissione tra utensile e cilindro da dentare; per le lavorazioni di diverse commesse sono necessari tanti utensili perché non è possibile eseguire dentature di moduli diversi con uno stesso utensile. Infatti, la lavorazione è effettuata a partire da un utensile creatore che esegue l'involuppo dei vani dei denti della ruota da lavorare tramite cinematismo vite senza fine. Tale creatore ha la forma di una vite senza fine sulla quale vengono ricavati profili taglienti. Il passo della vite modulare è la stessa della scanalatura che si vuole ottenere.

La dentatura porta alla creazione di ruote dentate e profili scanalati con lo scopo finale di realizzare degli ingranaggi; durante la mia esperienza, le dentatrici sono state utilizzate esclusivamente per la creazione di profili scanalati e ingranaggi di dimensioni piccole esterni.

- **La marcatura**

Con marcatura si intende semplicemente l'incisione del logo aziendale sul pezzo, tramite la quale vengono incise alcune informazioni essenziali per il rintracciamento del pezzo come il numero di colata, di lotto e data di lavorazione. La funzione si può dire essere quella di risalire in maniera inequivocabile ai dati di fabbricazione di un determinato pezzo nel caso si verificassero alcuni malfunzionamenti o rotture nelle fasi successive della catena del valore.

Viene eseguita da macchinari a testa rotante, che mediante una punta metallica praticano le incisioni automaticamente sulla superficie del pezzo previa definizione elettronica delle informazioni. In genere le incisioni sono effettuate in punti che non verranno lavorati in seguito.

Viene praticata post lavorazioni invasive, come per esempio la tornitura o nelle fasi preliminari del ciclo di produzione.

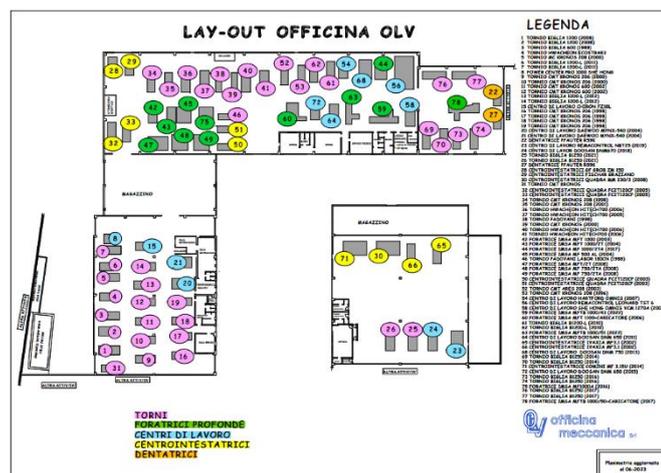


Figura 20.: Layout OLV officina meccanica.
(Fonte: OLV officina meccanica s.r.l.)

I macchinari appena descritti compongono il parco macchine in dotazione dell'azienda; guardando il layout aziendale si può notare una sorta di suddivisione delle macchine per reparto, in effetti voluta dalla direzione negli ultimi anni. I torni risultano essere la componente di maggioranza, seguiti dai centri di lavoro e foratrici: sono proprio le lavorazioni di tornitura e foratura le lavorazioni principali richieste nelle diverse commesse dei clienti e sulle quali la OLV officina meccanica è specializzata.

Nel 1988 l'azienda possedeva solamente qualche tornio e centro di lavoro; negli anni è riuscita ad ampliare la capacità produttiva estendendo la superficie di lavoro su tre capannoni confinanti, con la creazione di tre magazzini: uno adibito solamente ai semilavorati, uno allo stoccaggio dei cassoni inutilizzati, mentre l'ultimo per il

ricevimento dei grezzi da lavorare. Tutti e tre vengono gestiti mediante il metodo a catasta, ovvero la sovrapposizione delle cataste una sull'altra grazie alla forma autoportante dei cassoni che contengono i pezzi. Le unità di carico in ingresso contengono i grezzi inviati dai clienti e sono raggruppate in base al cliente e al codice identificativo, in genere in maniera tale da non sovrapporre cassoni di codici diversi e permettendo un agile prelievo da parte degli operatori.

Lo stoccaggio a catasta è una scelta legata fundamentalmente ai costi di gestione magazzino in presenza di un numero non troppo elevato di codici di grezzi in loco contemporaneamente.

Il magazzino principale, gestito sempre con la stessa logica, contiene in prevalenza semi-lavorati; può sovente capitare però che in caso di lotti molto grossi, alcune unità di carico di pezzi prossimi alla lavorazione siano posizionati in quest'area per facilitare lo svolgimento dei lavori.

I cassoni presenti nei magazzini sono caratterizzati dalla presenza di cartellini informativi, che riportano le fasi di processo che il pezzo deve effettuare secondo l'ordine, sostituito in seguito durante il picking con un documento identificativo della merce presente nel cassone. Una volta che i grezzi hanno concluso il ciclo produttivo vengono dichiarati pronti e posti in zona di carico in attesa di essere spediti.

Le movimentazioni all'interno dello stabilimento sono effettuate per la maggior parte sfruttando due carrelli con forche a sbalzo, usati solamente dall'addetto alle movimentazioni e responsabili di reparto. Sovente, per movimentare i cassoni all'interno del reparto stesso vengono impiegati i transpallet manuali, usati dagli operatori durante il loro normale svolgimento dell'attività lavorativa.

Essendo stato graduale l'ampliamento aziendale, le macchine utensili risultano essere di anni diversi, da quelle più datate a quelle di ultima generazione all'avanguardia dell'innovazione, con impatti significativi sui tempi di lavorazione e servizi di manutenzione.

I macchinari presentano un nome identificativo dato da una sequenza numerica progressiva, che coinvolge non solo le macchine a controllo numerico, ma anche alcune di quelle manuali.

L'azienda non produce prodotti finiti, ma esclusivamente semilavorati; la colata di acciaio, prima di arrivare in azienda, riceve alcuni trattamenti all'interno delle stamperie e, se indicato dal cliente, può subire ulteriori trattamenti termici durante il ciclo.

I clienti sono diversi, e ognuno richiede specifiche procedure per quanto riguarda il materiale che viene spedito per quanto riguarda le tolleranze di scarti accettati o la presenza di ripiani termoformati nei

cassoni, per esempio, il che comporta una elevata accortezza da parte dell'azienda sulla gestione logistica ed amministrativa.

5.1.2. Gli strumenti gestionali

Dal 2018 la OLV s.r.l. ha iniziato un processo di digitalizzazione del sistema gestionale, passando da un flusso informatico totalmente in formato cartaceo a un sistema di codificazione dei dati in arrivo mediante un sistema "industria 4.0". Questa transizione è graduale ma costante, e viene applicata coinvolgendo ogni membro aziendale per riuscire a trovare giorno dopo giorno miglioramenti continui.

Il processo di implementazione dell'Industria 4.0 passa per l'integrazione di una interconnessione dei macchinari tramite una rete Wi-Fi con sala server dedicata; il collegamento di ogni singola macchina è stato fatto tramite l'utilizzo di schede personalizzate, degli hardware connessi al computer di bordo mediante pinze amperometriche collegate all'alimentazione del mandrino o all'accensione delle luci di segnalazione le quali comunicano al software MES informazioni relative allo svolgimento delle lavorazioni. I dati sono associati manualmente dagli operatori a una determinata fase della ripartizione tecnica garantendo un migliore controllo della lavorazione (aspetto che sarà approfondito successivamente).

Ad oggi in azienda sono presenti tre programmi gestionali che dialogano tra loro: ARCA, Workplan e OverOne.

- ARCA: questo programma gestito dall'area commerciale è puramente contabile e serve per registrare gli ordini in arrivo in azienda e i prodotti già presenti a magazzino; non avendo avuto l'occasione di interfacciarmi durante l'attività svolta in azienda, non saranno fornite ulteriori informazioni.
- OverOne: è il software di raccolta dati MES, dato in licenza dalla società OSL s.r.l. di Overmach; esso è integrato su ogni macchina a controllo numerico grazie ai sistemi hardware sopracitati. La sua funzione principale è quella di monitorare le performance e la produttività delle macchine, grazie all'acquisizione di dati relativi ai tempi di lavorazioni, approvvigionamento e gestione ordini che vengono incrociati ed analizzati per trasmettere in tempo reale l'andamento complessivo della produzione.

Durante i mesi trascorsi in azienda mi occupavo principalmente dell'utilizzo di questo software, per acquisire i tempi ed effettuare analisi approfondite sull'efficienza dei macchinari, sulla produttività degli operatori e ricerca di eventuali problematiche in termini operativi.

I dati sono registrati ed archiviati dal software in tempo reale, rendendoli accessibili in qualunque momento nel database

aziendale: è proprio grazie a questa funzione che mi è stato possibile condurre l'analisi di confronto sulla produzione tra periodi differenti, mettendo in luce le differenze tra gli andamenti degli anni in cui le lavorazioni erano manuale e oggi che sono robotizzate.

- **Workplan:** distribuito dall'azienda Vero Project risulta essere un software ERP per la gestione del processo produttivo; tra le sue molteplici funzioni permette di monitorare i tempi di realizzazione, disponibilità materiale in entrata ed uscita, raccolta delle informazioni dai reparti ed uffici, e la gestione dei costi. Workplan lavora in stretto contatto con i software ARCA, dal quale ricava le informazioni relative agli ordini, materiali e costi, e Overone, che trasmette in tempo reale tutte le informazioni relative allo svolgimento della produzione. In particolare, attraverso ARCA quotidianamente vengono estrapolati i dati relative a nuove commesse, definendo immediatamente gli articoli e la ripartizione tecnica (o processo di lavorazione) ad essi collegati; da qui viene generato automaticamente il Cartellino di produzione, il quale contiene tutte le informazioni relative ai lotti, materiale, produzione e tracciabilità in azienda grazie alla definizione di codici numerici univoci per ogni fase e il relativo barcode utilizzato dal software OverOne. Questo aspetto sarà ripreso successivamente nella spiegazione relativa al processo aziendale.

5.1.3. Processo aziendale

Con processo aziendale si intende il percorso tipo che il materiale grezzo svolge a partire dall'arrivo in stabilimento, dalla pesa dei lotti alle operazioni che subirà nei diversi reparti, fino ad arrivare alla spedizione.

Prima di entrare nel merito della trattazione è giusto dare un piccolo accorgimento sulla nomenclatura e catalogazione interna delle informazioni associate ai pezzi da lavorare a partire dalle commesse da soddisfare.

Un materiale grezzo che entra all'interno della officina assume immediatamente una "identità" attraverso le informazioni necessarie per la gestione digitale nonché manuale interna. Questi dati sono rispettivamente: Articolo, Fase, Commessa e Lotto.

Con Articolo si identifica il pezzo concretamente, commissionato dal cliente; si compone da un codice alfanumerico che denota alcuni particolari come il nome del cliente e tipologia di metallo. Si capisce come la scelta di questo codice non sia dato dall'azienda, ma del cliente che commissiona il lavoro. Ogni articolo presenta un suo ciclo di lavorazione.

Con Fase viene intesa la singola lavorazione di cui il pezzo necessita per divenire prodotto semilavorato pronto ad essere consegnato.

Anch'esse sono codificate mediante un numero di cinque cifre univoche, le quali identificano la lavorazione, lo specifico articolo e specifica commessa. Tale enumerazione assume una grande importanza a livello di OverOne, perché utilizzato come parametro di identificazione e monitoraggio all'interno dello stabilimento.

Con il termine Commessa si intende un numero identificativo del lavoro commissionato dal cliente, la cui codifica viene fornita da quest'ultimo per garantire una tracciabilità lungo il ciclo di lavoro tra diversi fornitori. In genere è composto da un semplice numero, al più anticipato da una lettera, ma è giusto dire che non sempre segue questo criterio ma varia a seconda del cliente considerato. Legata alla commessa, e di non trascurabile importanza, risulta essere il numero di colata ovvero la tipologia di metallo con cui sono composti i pezzi grezzi; sovente articoli diversi possono avere lo stesso numero di colata, ciò significa che a livello di materiale presentano la stessa struttura ma a livello di lavorazione presenteranno cicli, e dunque morfologie finali, differenti.

Un esempio per fornire una visione complessiva la si può dare facendo riferimento al seguente ciclo di lavorazione:

OLV officina meccanica s.r.l.		SETFORGE EXTRUSION SOCIETE NOUVELLE		
4372332H02		COMMESSA	80262779	
NOTE: TOR 4372332H02 P04262C COULEE AQ333 ORD-4500216716 POSTE 00140		LOTTO	QUANTITA'	1533
Dp.	Descrizione	N° Fase	Barcode	Esiguita
0	4372332H02/G	30463		
10	Centronestatura	30464		
20	Tornitura	30465		
30	Fornitura Profonda Ø7.2	30466		
40	Pezzo finito (da pesare) COGNOME:	30467		

L'operatore che esegue una fase del ciclo deve contrassegnare la relativa casella «Esiguita» dichiarando in tal modo che il materiale lavorato è stato controllato ed è conforme alle prescrizioni della scheda di controllo.

Chi esegue l'ultima operazione deve compilare la tabella sottostante con le informazioni su imballo/numero pezzi e scrivere il proprio cognome nella casella «Pezzo finito»

IMBALLO		
N° Piano	Codice Imballo	N° PZ x Piano

Figura 21.: Esempio Cartellino di produzione. (Fonte: OLV officina meccanica s.r.l.)

Questo è il “Cartellino di produzione”, la carta d'identità del pezzo all'interno del quale sono inserite le informazioni sopracitate. La sua creazione sarà descritta in seguito.

Osservando questo documento si può notare il ciclo di lavorazione a cui sono associate tre singole fasi di lavoro, più le due fasi iniziali identificative dell'inizio e fine del ciclo; in alto sono riportati il Codice dell'articolo che deve essere ben visibile, e il codice della commessa. La commessa differisce dal lotto solamente in presenza di grandi quantitativi di materiale grezzo spedito poco per volta dal cliente, che porta al mantenimento del codice numerico identificativo ma all'aggiunta di un pezzo di codice per indicare il lotto. Nella figura si può vedere la presenza, infatti, del Lotto di fianco alla quantità, in questo caso vuoto perché la commessa è costituita solamente dai pezzi indicati.

- **Arrivo del grezzo a magazzino**

Il processo aziendale inizia con l'arrivo del materiale in stabilimento; la prima operazione da effettuare una volta subentrato è la pesatura e verifica che il numero di pezzi dichiarati nella bolla di trasporto coincida col numero effettivo spedito ed arrivato. Il responsabile del magazzino deve dunque possedere il peso unitario del singolo pezzo, la tara del cassone e il peso degli eventuali ripiani posti all'interno del cassone, anche se in genere sono presenti solamente se provenienti da aziende specializzate in trattamenti termici (non sempre necessario); dopodiché tramite bilancia dedicata si procede alla misurazione. Può capitare che il numero di pezzi dichiarati in bolla non coincidano con quelli conteggiati, in tal caso è necessario contattare l'azienda cliente e capire se è presente un errore o meno, e effettuare eventuali modifiche.

Ipotizzando che il ricevimento del materiale si sia svolto correttamente, le informazioni vengono passate alla segreteria per l'inserimento dei dati riguardanti il nuovo materiale all'interno del database aziendale.

- **Registrazione dell'ordine: le potenzialità di Workplan**

Nel momento in cui un cliente effettua un ordine di un articolo all'azienda si attua una procedura sul software ARCA, il sistema che presenta tutte le informazioni relative a ogni singolo articolo che è stato lavorato nell'azienda; quando arriva una nuova commessa è possibile risalire a tutte le movimentazioni avvenute nel corso dell'anno per quel determinato articolo.

L'azienda all'arrivo del materiale riceve il documento di trasporto sul quale sono presenti dati relativi al pezzo come la quantità da lavorare, il codice articolo, il nome del cliente, la data teorica di arrivo, luogo di destinazione e descrizione di come dovrà essere spedito, descrizione del pezzo e il relativo ciclo di lavorazione. Su ARCA vengono inserite le informazioni relative al codice articolo, colata e quantità.

Una volta che il codice viene registrato è opportuno verificare quali semilavorati possono essere ricavati dal singolo grezzo, verificare se vi è la possibilità di ottenere altri ordini ravvicinati nel tempo per uno stesso articolo, se vi è una discordanza tra pezzi comunicati ed effettivi e infine la discordanza tra data di arrivo del materiale segnata sulla bolla e quella effettiva. Nel caso sorgano problemi è necessario risolverli tutti in questa fase, in modo tale da poter avviare il processo produttivo con i dati corretti.

Arrivati a questo punto la segreteria procede con la creazione dei cartellini attraverso il programma Workplan, la cui figura è presente

La ripartizione tecnica viene creata una volta inserito il nuovo articolo nel database, e rimarrà salvato in corrispondenza di tale codice prodotto. I dati inseriti all'interno del ciclo di lavorazione sono decisamente importanti e richiedono un certo accorgimento, infatti, nel caso in cui si commettesse un errore tutte le future commesse inerenti a quel prodotto potrebbero essere lavorate nel modo sbagliato. Workplan per ogni articolo inserito permette di visionare qualunque informazione, sia di carattere economico che tecnico e dunque modificare il ciclo di lavorazione se necessario, ma esclusivamente nella casella "articoli" che rappresenta il database prodotto. Ogni singola lavorazione presenta una nomenclatura personalizzata preimpostata dall'azienda utili per l'identificazione delle operazioni eseguibili: per esempio la centrintestatura è identificata con CNT, la tornitura con TRN, la foratura profonda con FRT_BTA, e così via. Di seguito una rappresentazione di tutte le lavorazioni inserite al momento dell'installazione del programma.

Posizione	Codice	Descrizione	Tipologia	Gruppo
	1CNT	Centrintestatura	Produttiva	Centrintestatura
	2TRN	Tornitura	Produttiva	Tornitura
	5SGR	Sgrassatura	Produttiva	Tornitura
	6FRT_FRF	Foratura Profonda Punta Cannon	Produttiva	Foratura Profonda
	8FRT_FDL	Foratura radiale	Produttiva	Fresatura
	9MRC	Marcatura	Produttiva	Marcatura
	12TRT	Treatmento Termico	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	13DNT_EST	Dentatura_Esterna	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	14MSC	Macchatura	Produttiva	Macchatura
	15TGL	Taglio	Produttiva	Taglio
	16ART_PROD	Articoli da Produzione	Articoli completi	Articoli
	17FRT_BTA	Foratura Profonda BTA	Produttiva	Foratura Profonda
	18FRS	Fresatura	Produttiva	Fresatura
	19CNT_EST	Centrintestatura_Esterna	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	20TRN_EST	Tornitura_Esterna	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	21CENTR_LAV_EST	Centro di Lavori_Esterno	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	22LAV_COMP_EST	Lavorazioni Completate_Esterno	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	23DNT	Dentatura	Produttiva	Dentatura
	24TGL_EST	Taglio_Esterno	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	25MAG	Pezzo finito (da pesare)	Produttiva	Magazzino
	26MRC_EST	Marcatura_Esterna	Subappalto	Lavorazioni Esterne
	27RADOR	Raddolcatura	Produttiva	Raddolcatura
	28SMU_SBAV	Smussatura_Sbaratura	Produttiva	
	29FOR_VERT	Foratura Verticale	Produttiva	
	30FRS_EST	Fresatura_Esterna	Subappalto	Lavorazioni Esterne

Figura 24.: Nomenclatura per ogni lavorazione.
(Fonte: OLV officina meccanica s.r.l.)

Codice	Descrizione
1	BIGLIA 1200L
10	CMT KRONOS 206
11	CMT 600
12	CMT 600
13	BIGLIA 1200L
14	BIGLIA 1200L
15	CHIRON FZ18L
16	CMT KRONOS 206
17	CMT KRONOS 206
18	CMT KRONOS 206
19	CMT KRONOS 206
2	BIGLIA 1200L
20	DAEWOO MYNX 540
21	DAEWOO MYNX 540
23	REMACKONTROL HB15
24	CENTRO DI LAVORO DOOSAN DMI
27	DENTATrice PFAUTER R58K
3	BIGLIA 600
30	COMBI M420/3
31	CMT KRONOS 206
32	COMBI FC12T 120 CP
33	COMBI FC12T 120 CP
34	CMT KRONOS 206
35	CMT KRONOS 206
36	HWACHEON HITECH 700
37	HWACHEON HITECH 700
38	PRODAVI LABOH
39	CMT KRONOS 206
4	HWACHEON SCOSTAR
40	HWACHEON HITECH 700
41	HWACHEON HITECH 700
42	IMSA MFT 1000
43 -FRONTE	IMSA MFT 1000/2T1

Figura 23.: Associazione codice-macchina.
(Fonte: OLV officina meccanica s.r.l.)

Si nota come all'interno dell'elenco siano presenti anche operazioni che non sono di competenza dell'azienda; spesso può capitare che un prodotto dopo alcune lavorazioni necessiti di una lavorazione svolta all'esterno ("subappalto") per poi tornare in OLV per il completamente del ciclo.

Facendo riferimento alla figura di destra, ad ogni operazione è associata una macchina, infatti, durante l'installazione del software sono state delineate tutte le lavorazioni eseguibili su ogni macchina. Una volta che l'articolo è stato creato ed associato a una ripartizione tecnica su Workplan, la segreteria crea una linea di commessa legando i dati dell'articolo a quelli della commessa arrivata con il documento di trasporto, contenente informazioni quali il nome del cliente, la quantità di pezzi da processare per esempio. Automaticamente su Workplan si crea un accesso alle finestre

“commessa” e “linea di commessa”, ovvero un database di tutti gli ordini e dei singoli ordini in processamento rispettivamente. L’interfaccia risulta essere identica a quella degli articoli, l’unica differenza si ha con la presenza dei codici commessa: qui la ripartizione tecnica presenta anche i cinque numeri relativi alla fase, segno che il cartellino di produzione è stato creato.

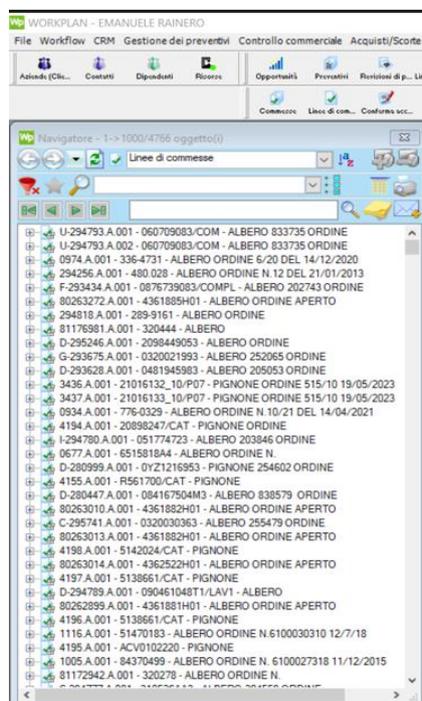


Figura 26.: Elenco linee di commessa su Workplan.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

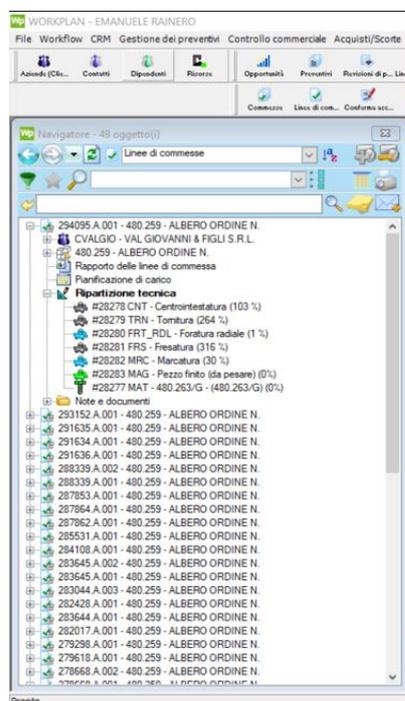


Figura 25.: Esempio ripartizione tecnica su Workplan.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

La ripartizione tecnica della commessa presenta a fianco ai codici di fase dei simboli di colori differenti; tali colori rappresentano tre situazioni differenti:

- Grigio chiaro: una volta che ARCA ha comunicato con Workplan si “crea la commessa”; tale processo è completato mediante la “scomposizione dell’articolo”, funzione che permette al programma di rilevare la ripartizione tecnica dell’articolo interessato e assegnargli una successione di numeri di fase. L’icona grigia indica in particolare che la commessa non è stata trasferita su Overone; dunque, non c’è stato il collegamento tra i software ERP e MES;
- Verde: la commessa e i relativi numeri di fase sono stati trasferiti su Overone, processo che avviene “avviando” tramite tasto destro sull’icona ripartizione tecnica di Workplan.
- Grigio scuro: la fase in questione è stata conclusa operativamente; Overone trasmette la conclusione di quella singola attività.
- Azzurro: questa operazione viene effettuata automaticamente e indica che la commessa è stata avviata ed è in corso; nel momento in

cui si inizia a lavorare in officina, Overone trasmette i dati e in automatico si ha il passaggio all'icona azzurra.

Quando la commessa è avviata si genera il Cartellino di produzione, già mostrato in precedenza; questo viene stampato a partire sempre da Workplan in molteplici copie che saranno date agli operatori in produzione per avere una visione chiara del ciclo di lavorazione e per poter attivare le procedure necessarie a garantire la normale comunicazione tra i software Overone-Workplan; tale aspetto sarà analizzato nel paragrafo che segue.

- **Le operazioni in reparto: le funzionalità di OverOne**

Il cartellino di produzione, una volta stampato, arriva nelle mani dell'operatore addetto alla prima lavorazione; come anticipato in precedenza, sovente i primi a riceverli sono gli operatori situati alle centro-intestatrici, ma essendo funzione del tipo di ciclo di lavorazione questo non sempre si verifica.

Ogni operatore riceve tre cartellini uguali, uno da riporre sul cassone contenente i materiali grezzi, uno sul cassone contenente i pezzi che si sono lavorati e uno a bordo macchina.

All'interno del cartellino, oltre alle informazioni già menzionate, sono presenti i dati relativi al ciclo di lavorazione, come:

- **Operazione:** numero progressivo che va di dieci in dieci, il quale detta l'ordine delle operazioni da svolgere; ad esso sono direttamente collegate le fasi.
- **Descrizione:** è il tipo di lavorazione che si deve eseguire, caratterizzato da dicitura standard più eventuali accorgimenti da prendere come per esempio il diametro della foratura passante da attuare.
- **Numero della fase:** numero progressivo assegnato da Workplan una volta creata la linea di commessa; ogni numero rappresenta una lavorazione specifica, un determinato articolo e un lotto di una ben definita commessa.
- **Barcode:** parte essenziale, viene generato anch'esso da Workplan e serve agli operatori in reparto per dare inizio alle fasi di lavorazione o di piazzamento (set-up della macchina); permette di attuare l'acquisizione dei dati nei diversi sistemi gestionali attraverso l'apposito sistema di lettura.
- **Eseguita:** questa casella è un indicatore di conferma che la fase è effettivamente stata eseguita; viene compilata manualmente dall'operatore una volta che ha concluso l'operazione. Ipotizzando per esempio che un ciclo di lavorazione sia composto esclusivamente da centro-intestatura e tornitura, l'addetto alla tornitura quando riceverà il cassone noterà che la casella "Eseguita" in prossimità della centro-intestatura sarà crocettata.

- Note: presente al disotto del codice dell'articolo, da ulteriori informazioni di carattere generale sul prodotto. In particolare, viene principalmente usata per indicare il numero di colata del grezzo da utilizzare e informazioni utili per l'addetto alla logistica.
- Imballi: voce che da informazioni pratiche sul come, l'operatore responsabile dell'ultima operazione, deve riporre i pezzi lavorati all'interno dei cassoni; a disposizione sono infatti presenti dei ripiani la cui forma può variare di volta in volta incidendo sul numero di pezzi da inserire sul ripiano e all'interno del cassone. Per questo motivo deve essere indicato con molta precisione il numero di pezzi, per facilitare in seguito le operazioni di pesatura del responsabile del magazzino. Come per la sezione "Eseguita", anch'essa è un'operazione manuale e serve solamente per incrementare il livello di controllo nella fase finale del ciclo di lavorazione in OLV.

L'attuazione della transizione verso il paradigma Industria 4.0 ha visto diversi cambiamenti nelle procedure produttive, una di queste è stata proprio per quanto riguarda il Cartellino di produzione. Da quanto mi è stato possibile comprendere dai responsabili di reparto, prima della transizione tutte le operazioni erano registrate manualmente, in assenza di un sistema di raccolta dati e di riconoscimento automatico del ciclo di lavoro delle diverse commesse. Si sfruttava dunque molto l'operatività ed esperienza sul posto, con conseguenti ritardi legati al meccanismo della compilazione manuale volta per volta; da qui emerge un primo aspetto positivo legato alla produzione con l'industria 4.0, ovvero la velocità di trasmissione dell'informazione all'interno dell'azienda, con parallela implementazione della raccolta e monitoraggio dati automatico.

Ma vediamo ora operativamente come inizia ogni lavorazione a bordo macchina. Ogni operatore ha da attuare una serie di procedure per attivare il collegamento tra macchina e sistema di raccolta dati di processo. Tutti i dipendenti, che siano in reparto o negli uffici, possiedono un tesserino di riconoscimento che permetta la registrazione all'interno del sistema grazie alla presenza di un codice a barre.

A bordo di ciascuna macchina sono presenti dei tablet, interfaccia per accedere a OverOne; il montaggio di questi dispositivi è avvenuto solamente sui macchinari che dispongono di un sistema a controllo numerico in quanto l'estrapolazione dei dati avviene attraverso ad un sistema elettronico presente in questi.

Grazie alla dotazione di una pistola per la lettura dei codici a barre, si ha l'autenticazione del badge personale e del cartellino di lavoro.

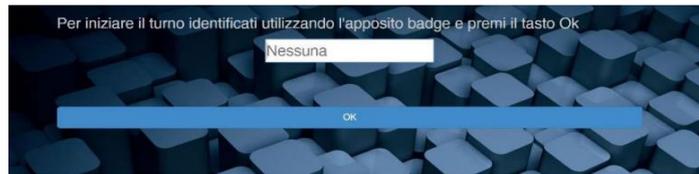


Figura 27.: Schermata iniziale di autenticazione OverOne.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Dopo l'autenticazione, si procede con l'avvio della lavorazione. La schermata principale di OverOne per i reparti è composta da una serie di icone collegate a diverse azioni; la prima casella che viene schiacciata è INIZIO, seguita dall'acquisizione mediante pistola del codice a barre situato sul cartellino della fase interessata. È importante "bippare" il codice giusto per evitare una registrazione da parte del sistema di dati sbagliati.



Figura 28.: Schermata principale di Overone.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)



Figura 29.: Attività selezionabili schiacciando INIZIO sulla schermata principale di OverOne. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Come si nota dalla schermata qui sopra, schiacciando inizio appaiono due attività possibili: la prima è il piazzamento o setup, selezionabile solo da parte dei capi reparto per poter monitorare le

tempistiche e dati relativi a questa procedura; la seconda è Lavorazione. Sovente può capitare che oltre alla lavorazione principale sia necessario effettuarne un'altra, come per esempio la marcatura. In tal caso si parla di fase associata, la cui indicazione è presente nella descrizione del cartellino, anch'esse caratterizzate da un proprio numero di fase e codice a barre. Cliccando associa fase si può effettuare questa operazione con l'ausilio della pistola del barcode, e una volta bippato e associate, si può procedere con la produzione.

Il sistema ora inizia la registrazione di ogni operazione effettuata dall'operatore come tempi di lavorazione, tempi di fermo e i versamenti di pezzi automatico. Durante il normale svolgimento del turno i pezzi vengono conteggiati non solo dall'operatore, ma anche mediante il sistema industria 4.0; ogni macchina a controllo numerico è dotata di un conta-pezzi che si incrementa ogni volta che un pezzo viene lavorato, tale numero è quello che viene puntualmente preso dall'operatore alla fine del turno e considerato valore reale di sistema; questo numero prende il nome di Sospensione, perché preso quando l'attività di lavoro è appunto sospesa.

Il sistema industria 4.0 invece, tramite le schede elettroniche installate all'interno dei pannelli elettronici a bordo macchina, raccoglie le informazioni riguardanti ciò che stanno eseguendo le macchine, attraverso procedure differenti; alcune possiedono un sistema di conteggio digitale che fa riferimento direttamente al linguaggio di programmazione della lavorazione: ogni volta che viene processato viene riconosciuto in pezzo di codice che incrementa il conteggio dei pezzi. Altri invece hanno una metodica analogica che si basa sugli impulsi emessi dal mandrino o pompa del liquido refrigerante o luce di lavorazione della macchina. I numeri che escono da questo conteggio vengono considerati come teorici, perché può capitare che non funzionino come si deve, soprattutto sulle macchine datate: tale numero sul programma appare sotto la voce "versamento pezzi automatici".

Il monitoraggio da parte dell'operatore del lavoro svolto da lui e dalla macchina può essere effettuato consultando la voce "Info". Qui appaiono le informazioni riguardante la macchina, l'articolo, la commessa, il numero di fase, la stima di produzione oraria, la quantità richiesta, i pezzi lavorati dichiarati dall'operatore e quelli scartati, il numero di pezzi che trasmette il versamento automatico, il nome dell'operatore e l'attività

Info	
Macchina :	71 - 71 - COMINI MF3.15U (2014)
Articolo :	84370499 (ALBERO)
Commessa :	1102
Fase :	30368 - Centroitestatura
Stima prod. oraria :	23
Quantità richiesta :	625
Pz. Buoni fase attuale:	471
Pz. Scarto fase attuale:	0
Numero Pezzi :	20
Operatore :	EMANUELE RAINERO
Attività :	Lavorazione

Figura 30.: Informazioni accessibili schiacciando la sezione Info di OverOne.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Durante la lavorazione di un determinato lotto la produzione potrebbe fermarsi; le motivazioni possono essere diverse e con tempistiche più o meno consistenti; una macchina può fermarsi nel caso in cui l'operatore deve pulire un pezzo dai trucioli post-lavorazione, effettuare controlli, recuperare un cassone in magazzino semilavorati o per un controllo opportuno in sala metrologica.

Per differenziare questi tempi, la direzione ha delineato due singole tipologie di fermo:

fermo generico: rappresenta ogni interruzione che una durata inferiore ai sette minuti, il quale non viene segnalato dal sistema 4.0 come possibile presenza di un problema. Se al contrario si superano i sette minuti, automaticamente viene comunicato il fermo casualizzato, uno stop della produzione che deve essere giustificato tramite tablet. Tra le diverse cause selezionabili ritroviamo:

- Pausa operatore: qualunque forma di pausa che non sia la pausa pranzo;
- Manutenzione ordinaria/pulizia macchina: nel caso in cui siano necessari interventi di breve durata o pulizia della macchina;
- Misurazione del pezzo: nel caso sia necessario un controllo a bordo macchina. Se non si riesce ad effettuare una misurazione perfetta, gli addetti si recano al centro di collaudo dove il personale incaricato provvede a controlli specifici ad alto livello di precisione;
- Mancanza pezzi: quando si termina la scorta e si crea una attesa nella lavorazione;
- Cambio inserto o utensile;
- Guasto macchina: nel caso in cui vi sia la certezza di un guasto di carattere meccanico o elettrico;
- Carico/scarico pezzi su altre macchine: nel caso in cui il tempo per caricare i pezzi su altre macchine affidate all'operatore richieda più tempo del previsto. Operativamente, ogni operatore ha assegnate in media due macchine che lavorano in alternanza, in modo tale da sfruttare il tempo di lavorazione di una per caricare e controllare l'altra.

Qui di seguito una rappresentazione della schermata di controllo.



Figura 31.: Possibili Cause di fermo proposte da OverOne.
(Fonte: OLV officina meccanica srl.)

Nel caso in cui la manutenzione ordinaria venga effettuata secondo calendario al di fuori della produzione, è possibile selezionare l'opzione attraverso la schermata home iniziale del tablet.

Questa possibilità fa emergere un'ulteriore potenzialità dell'industria 4.0, ovvero la tracciabilità e registrazione delle manutenzioni delle macchine essenziali per il normale funzionamento e garantire una produttività efficiente. Riuscire a mantenere un resoconto dettagliato degli interventi permette di schedulare in maniera predittiva la manutenzione evitando, o per lo meno limitando, fermi della produzione per controlli e guasti, con conseguente insorgenza di ritardi e guasti consistenti. A tal proposito, il software OverOne, attraverso i dati trasmessi da tutti i macchinari presenti nei vari reparti, crea in automatico dei report sugli andamenti degli interventi degli operatori indicando la tipologia di operazione effettuata, la data e ora d'intervento, quale operatore l'ha effettuata e con quale frequenza. Tutte queste informazioni vengono gestite dall'amministrazione per implementare il monitoraggio, intervenire prima che si verifichino eventi imprevisti e garantire un lineare funzionamento. Un esempio di report sono riportati nelle immagini di seguito.



Figura 32. Report su andamento delle manutenzioni per singola macchina.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

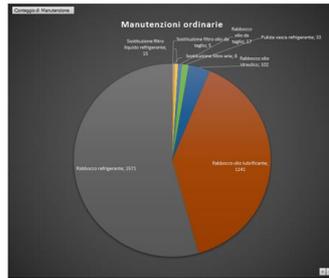


Figura 33. Grafico a torta su tipologia di manutenzioni effettuate. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Quando si termina il turno o si effettua la pausa pranzo, l'operatore esce dal sistema cliccando sul tasto "Fine". Questa procedura va eseguita anche nel caso ci sia un cambio articolo o colata in lavorazione. Il sistema con questa operazione propone un numero di pezzi prodotto corrispondenti ai versamenti pezzi automatici rilevati da inizio turno; tale numero è necessario confrontarlo con il numero di pezzi buoni comunicato dalla macchina, dopo di che si digita la cifra corretta ed eventuale numero di scarti realizzato e pezzi da ripassare.

A tal proposito OverOne permette anche per quanto riguarda gli scarti un report, dettagliato per macchina, periodo, articolo e operatore. Anche questa funzionalità risulta essere molto utile sia per il conteggio dei pezzi nelle fasi preliminari di invio merce, ma anche per effettuare delle valutazioni sul lavoro dell'operatore e, nel caso non dipenda dalla manualità dell'uomo, poter svolgere controlli accurati sulla macchina per capire se tali scarti siano fonte di problemi meccanici o elettronici. Si capisce dunque come questi siano strumenti utili per l'aumento della efficienza e ricerca di garanzia di qualità in una produzione sempre più snella che ha come obiettivo quello di limitare al massimo gli scarti prodotto.



Figura 34.: Report su quantità di pezzi scartati per articolo. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

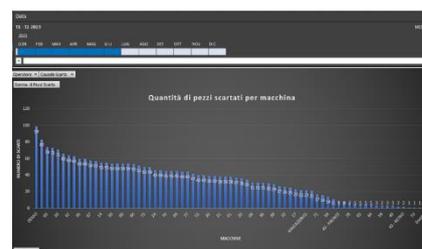


Figura 35.: Report su quantità pezzi scartati per macchina. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Infine, è sempre opportuno schiacciare "Cambio Operatore" per poter ritornare alla schermata iniziale ed evitare che sorgano problemi di scarico di responsabilità nei dati. Infatti, facendo accesso col badge, ogni operazione fatta sul tablet è associabile e salvata all'operatore che ha effettuato l'accesso.

Sulla schermata Home dei tablet sono presenti anche altri tasti selezionabili. In particolare, tutte le icone relative alle manutenzioni

straordinarie e i piazzamenti. Tali mansioni sono affidate ai responsabili di reparto perché richiedono un livello di specializzazione più alto. Ma vediamo con ordine quali operazioni svolgono all'interno dell'officina:

- Piazzamento delle macchine;
- Inserimento codici di lavorazione;
- Controllo del conteggio pezzi e dei pezzi di scarto;
- Verifica avanzamento produzione;
- Manutenzione straordinaria;

Ogni responsabile si occupa di una specifica tipologia di macchina ed è a lui che l'ufficio si rivolge nel caso in cui ci fossero da iniziare nuove lavorazioni o sorgessero alcune problematiche. Le operazioni di piazzamento e manutenzione straordinaria richiedono una conoscenza elevata degli articoli da lavorare e delle macchine da utilizzare, tale esperienza si acquisisce negli anni e permette il riconoscimento, per esempio, dalle sole indicazioni di nuove commesse, se tali articoli erano già stati lavorati in passato oppure se sono nuovo; oppure permette il riconoscimento di un malfunzionamento e la procedura da attuare per sostituire i pezzi meccanici dove necessario.

Il piazzamento consiste nel set up della macchina, cioè nel programmare sulla macchina l'algoritmo di lavoro con tutti gli accorgimenti dell'articolo e montare, su ogni macchina a controllo numerico che verrà utilizzata, gli inserti e utensili necessari per lo svolgimento della corretta lavorazione. Va sottolineato come l'operazione di piazzamento sia molto delicata perché comprende il compito di lavorare il primo pezzo del lotto, per testare il ciclo di lavorazione su macchina e verificare se l'algoritmo inserito faccia ottenere un pezzo con tutte le tolleranze richieste dal cliente. Il controllo di questo primo articolo viene effettuato con alto livello di precisione nel reparto di collaudo, nel quale si attuano tutte le procedure per dare il benessere necessario all'avvio effettivo della produzione; tale reparto sarà descritto nel punto successivo.

Un ultimo punto fondamentale di competenza dei responsabili è il controllo del conteggio pezzi durante il set up e dei pezzi di scarto una volta che la commessa è stata completata.

L'operazione di piazzamento operativamente avviene dopo l'autenticazione tramite tesserino e cliccando "inizio", selezione dal cartellino del numero di fase della lavorazione che necessita di settaggio tramite pistola di lettura del barcode e selezionando "cambia in piazzamento". A differenza delle procedure svolte dagli operatori, questa non è caratterizzata da un determinato tempo di attuazione, ma è funzione della complessità delle caratteristiche richieste dal pezzo da lavorare e quindi delle modifiche da attuare al

macchinario per renderlo consono. Durante questa fase il sistema non conta i pezzi, ma solamente il tempo di attuazione.

Una volta che si è concluso l'attrezzaggio si conclude esattamente come gli operatori terminano la lavorazione di un articolo, schiacciando dunque "fine" e "cambio operatore".

Dando ancora una volta uno sguardo alla figura 28 si nota come rimangano sul basso ancora due icone selezionabili: "Richiesta materiali" e "Richiesta Contenitori/Imballo". Queste due opzioni sono selezionabili dall'operatore per comunicare direttamente con il responsabile del magazzino in caso di necessità di grezzi o semilavorati, oppure per il trasporto di cassoni o termoformati divisori in caso fosse richiesto; queste comunicazioni avvengono mediante tablet a bordo macchina e dispositivi presenti sui carrelli elevatori dei magazzini.

Durante la mia esperienza queste due funzionalità erano appena state inserite e non ancora utilizzate, ma si capisce come questo ulteriore accorgimento rappresenti uno dei vantaggi che l'industria 4.0 può fornire all'interno delle realtà produttive: una migliore distribuzione dell'informazione nei comparti interni dell'azienda. Infatti, la possibilità di richiedere materiale automaticamente con un semplice click evita il fermo della macchina e fa recuperare il tempo impiegato dall'operatore per avvertire il magazziniere, o al limite recuperare da solo mediante transpallet, i cassoni necessari ottimizzando dunque le attività produttive.

Il responsabile del magazzino, oltre a ricevere il materiale grezzo quando arriva e controllare e trasmettere in segreteria i dati presenti sul documento di trasporto garantendo quindi il passaggio delle informazioni da ARCA a Workplan e infine a OverOne, effettua anche un'altra procedura grazie all'industria 4.0: il deposito dei pezzi in magazzino. Quando un articolo ha concluso il suo ciclo di lavorazione, il magazziniere preleva i pezzi, li pesa e ripone in uno specifico punto del magazzino. A questo punto, tramite il tablet personale, comunica al sistema quanti pezzi ha pesato, dopo previa verifica che il numero corrisponda con quanto dichiarato dall'operatore che ha svolto l'ultima fase e la cifra relativa ai grezzi arrivati in magazzino in precedenza. Selezionando l'opzione "articolo finito da spedire", bippa il codice a barre presente sul cartellino di produzione dell'articolo alla voce "pezzo finito (da pesare)" e inserisce il numero di pezzi pesati. Nel caso in cui ci sia la necessità di far fare delle lavorazioni esterne, come trattamenti termici, si procede la stessa operazione schiacciando "deposito fase esterna".

Dopo di che i materiali completamente lavorati sono stoccati nel magazzino prodotti finiti, pronti per essere spediti.

- **Autocontrollo e Centro Qualità**

Dalla descrizione appena fatta emerge l'importanza dei controlli a bordo macchina. Gli operatori, nelle loro stazioni di lavoro possiedono tutti gli strumenti necessari per verificare se una lavorazione è stata effettuata nella maniera giusta. Nel caso in cui non ci fosse tale controllo e durante la lavorazione si commettessero degli errori, le conseguenti non conformità si ripercuoterebbero su tutto il lotto in quella fase di lavorazione, con inevitabili conseguenze anche sulle lavorazioni successive e ripercussioni a livello economico.

Per evitare tali problemi, su ogni postazione di lavoro, è posizionata una scheda di autocontrollo che possiede delle informazioni utili per l'intervento dell'operatori quali il tipo di controllo da effettuare, lo strumento da adoperare, la frequenza di controllo da applicare e la quota da analizzare con annessa tolleranza.

Questa scheda, creata dal reparto qualità, varia per ogni articolo ed è funzione di alcuni fattori direttamente collegati al disegno del pezzo da realizzare fornito dal cliente. Un elemento essenziale per definire il controllo di una certa quota è la tolleranza che nel caso in cui fosse molto bassa richiederebbe in automatico un controllo estremamente accurato con una elevata frequenza di misurazione. Naturalmente i diversi fattori sono funzione del tipo di macchina sul quale si sta operando, dal quale ne deriva il metodo di utilizzo e la tipologia di strumentistica.

Sono importanti i tempi di controllo, oltre che per un aspetto di conformità dell'articolo, anche perché sono tra le principali cause di fermo macchina, e dunque essenziali nella definizione della pianificazione delle capacità orarie produttive.

Non è obiettivo di questa tesi entrare nel merito delle singole misurazioni e analisi delle diverse tipologie, ma l'argomento è stato citato proprio per l'importanza che ricopre all'interno del processo aziendale.

Naturalmente non tutti i controlli sono effettuabili a bordo macchina, ma alcune misurazioni richiedono strumenti più complessi e con un più alto livello di misurazione. Tale strumentistica è situata nel reparto qualità, all'interno del quale sono presenti gli addetti specializzati nelle misurazioni, controllo delle procedure e rispetto delle norme vigenti in tale ambito.

All'interno del reparto sono presenti:

- Macchina di misura a coordinate DEA: denominata macchina cmm, risulta essere composta da una tavola di misura fissa e un portale

mobile. La tavola di misura, composta da una traversa e un braccio verticale, è fatta in granito; le guide degli assi invece sono posti su dei cuscinetti ad aria di alta precisione. È equipaggiata da sensori a punto e a scansione, infatti all'estremità del braccio verticale è situato il tastatore che viene messo a contatto con le superfici. È utilizzata per la determinazione della lunghezza che si frappone tra due punti di un determinato pezzo.

- Rugosimetro: strumento utilizzato per la misura delle irregolarità superficiali con elevata precisione, tramite il contatto tra un tastatore meccanico e la superficie da valutare, interpretando le variazioni di altezza misurate lungo un asse di acquisizione definito come variazioni di tensione.
- Calibro ottico: è uno strumento che permette la scansione elettronica con il rilievo del profilo esterno con una precisione preimpostata da sistema. Presenta una elevata velocità di scansione dell'ordine dei secondi e una alta flessibilità di rilevamento applicabile a dimensioni, geometrie, tolleranze e posizioni. All'interno del reparto più di uno, in grado di misurare articoli di dimensioni differenti.
- Profilometro di contatto: anch'esso usato per la rilevazione della rugosità superficiale. Presenta uno stilo, costituito da un materiale con elevata durezza, il quale effettua prima un moto verticale per la misurazione della superficie e successivamente un moto orizzontale per la definizione delle distanze e forze di contatto.
- Proiettore di profilo: consente di effettuare misure di elevata precisioni in tempi contenuti, usato per eseguire misure bidimensionali tramite una sorgente luminosa e delle lenti che irradiano il pezzo in esame, e un obiettivo posto dall'altra estremità della sorgente che raccoglie l'immagine del pezzo ingrandendola e riportandola su uno specchio che riflette lo schermo traslucido.

Una volta effettuate le diverse procedure di controllo, vengono creati i cartellini di qualità che rappresentano diverse informazioni a seconda del colore:

Cartelli di benessere: di colore verde, va assegnato al pezzo ogni volta che il reparto qualità effettua le misurazioni e decreta che le lavorazioni sono state eseguite correttamente. In genere è assegnato al primo pezzo lavorato del lotto, oppure dopo il controllo delle quote in sala metrologica. Le informazioni che si possono ritrovare sono relative al codice articolo, giorno della misurazione e nome dell'addetto che l'ha svolta.

officina meccanica s.r.l. BENESTARE	
n. disegno / Codice	
Cognome di chi ha emesso il benestare	
Data:	Pezzo campione per il lotto in produzione

Figura 36.: Cartello di benestare.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Cartelli di scarto: si pongono al pezzo dopo che dalla misurazione in sala metrologica ne è emerso che le tolleranze imposte dal disegno non sono rispettate e in aggiunta non sono recuperabili.

Ogni operatore a bordo macchina possiede una scheda di monitoraggio scarti; questa viene compilata sempre e consegnata al responsabile di reparto una volta che si è conclusa la lavorazione del lotto. Questa scheda permette la verifica del numero di scarti che sono stati dichiarati in ogni fase di lavoro.

officina meccanica s.r.l. SCARTO	
n. disegno / Codice	
Colata / Commessa	
Operatore	Data
Causale	

Figura 37.: Cartello di scarto.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Cartelli di ripasso: viene assegnato ad ogni pezzo che dopo la misurazione presenta alcune quote fuori tolleranza, ma che tramite qualche accorgimento manuale sono recuperabili. In questo caso sul cartoncino è riportato anche l'informazione relativa all'errore riscontrato. In genere si evita di utilizzarli, ma di procedere direttamente a un ulteriore controllo una volta effettuato il ripasso.

Cartelli di segnalazione: nel caso in cui sia presente una quota fuori tolleranza ma che potrebbe essere accettata comunque dal cliente che deve essere avvisato per ricevere il benestare. Raramente viene utilizzato.

Cartelli di campionatura: viene assegnato esclusivamente dal reparto qualità quando viene prodotto un articolo per la prima volta. Questo pezzo viene inviato singolarmente al cliente con tanto di cartello, la quale effettuerà tutti i controlli necessari per dare il benestare e permettere la produzione in OLV.

officina meccanica s.r.l. CAMPIONATURA	
n. disegno / Codice	
Data:	Pezzo campione N.

Figura 38.: Cartello di campionatura.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

- **Spedizione degli articoli**

Una volta che il ciclo di lavorazione si è concluso per intero, rispettando le specifiche date dal cliente, il responsabile del magazzino movimentata il cassone con i pezzi finiti posizionandolo nel magazzino prodotti finiti. In realtà, tale magazzino viene anche chiamato magazzino prodotti lavorati, in quanto sono presenti anche i materiali semilavorati che hanno già ricevuto qualche lavorazione e sono in attesa di essere processati nella fase successiva.

Come già accennato, il magazzino risulta essere diviso in tre zone separate: la prima zona risulta essere quella adibita allo stoccaggio dei materiali grezzi, il secondo per il deposito dei cassoni e termoformati inutilizzati allo stoccaggio dei semilavorati e l'ultimo allo stoccaggio dei semilavorati. Quest'ultimo a livello operativo viene diviso ulteriormente in più zone:

- Zona 1: stoccaggio pezzi centro-intestati in attesa della fase successiva.
- Zona 2: stoccaggio dei pezzi forati in attesa della fase seguente.
- Zona 3: pezzi semi lavorati che han quasi completato il ciclo di lavorazione.
- Zona 4: stoccaggio pezzi pronti alla consegna.



Figura 39. Layout magazzini aziendali.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

In particolare, il processo di spedizione degli articoli finiti deve essere implementato dal magazziniere con una certa metodica: deve pesare il cassone dei pezzi finiti e verificare che il numero dichiarato corrisponda con il peso rilevato, registrare il tutto sul database e porre l'ultima "X" sul cartellino di produzione. Dopo di che il cassone viene depositato nella sezione dedicata, in attesa che la segreteria abbia registrato i materiali e registrato l'effettiva conclusione della commessa.

Una visione di massima dei processi aziendali è dunque rappresentabile dal percorso che effettua il materiale all'interno della

azienda, il quale richiede un elevato livello di pianificazione ed organizzazione interna, nonché una avanzata conoscenza dei macchinari e tecnologie innovative adottate dall'azienda.

A tal proposito, per dare qualche informazione aggiuntiva sull'impiego dell'industria 4.0 all'interno della OLV officina meccanica, di seguito sarà descritta brevemente la mia esperienza all'interno dell'azienda e l'analisi che ho deciso di effettuare.

5.2. Esperienza in azienda

La mansione principale che ho svolto a partire dal 03/05/2023 al 11/07/2023 è stata quella relativa al monitoraggio e controllo della produzione mediante i sistemi ERP e MES in dotazione all'azienda; in particolare, ho preso familiarità con:

- WorkPlan per la creazione delle commesse di lavoro e database dei cicli di lavorazione relativi ai diversi articoli.
- OverOne, software di interfaccia/controllo/analisi delle performance delle singole macchine.

Questi ultimi due sono i due sistemi che ho utilizzato giornalmente. A livello digitale, il ciclo di lavorazione all'interno dell'azienda, come è stato ampiamente descritto nel paragrafo precedente, consiste nella presa in carico dell'ordine cliente tramite ARCA e trasferimento delle informazioni su Workplan; attraverso quest'ultimo, quotidianamente provvedevo alla creazione del cartellino di produzione, sul quale controllavo il corretto inserimento delle diverse informazioni quali: cliente, numero commessa, codice articolo, quantità richiesta e ciclo di lavorazione.

Il database inserito su WorkPlan è stato creato diversi anni fa; alcuni articoli negli anni han cambiato grezzi e lavorazioni, dunque tramite confronto con i responsabili, mi occupavo della verifica di correttezza del ciclo e che la nomenclatura riportata sul cartellino fosse conforme con quanto richiesto dalla dirigenza; tale controllo veniva effettuato parlando con il reparto qualità, il quale controllava e forniva ulteriori informazioni e delucidazioni riguardanti eventuali dubbi che mi sorgevano dalla lettura dei disegni tecnici. Una volta verificata, stampavo due copie, per poi portarla al responsabile di reparto per iniziare le relative lavorazioni.

Tramite OverOne e le varie interfacce fornite, procedevo con l'analisi della produttività campione di alcune macchine, in funzione delle urgenze o su richiesta dei responsabili. Questo software fornisce la possibilità di controllare lo storico delle lavorazioni, quanti pezzi sono stati e si stanno lavorando, i tempi di lavoro, scarti ed eventuali manutenzioni; attraverso questo incrocio di dati è possibile verificare se vi sono problemi in produzione, relativi alla macchina, software o operatore, e concedere quindi l'opportunità di

intervenire per rimediare. In caso di problemi, mi recavo in reparto per confrontarmi con l'operatore in modo tale da poter trovare una soluzione. In questi mesi, attraverso diverse prove, ho preso familiarità col programma, prendendo visione delle potenzialità che fornisce per incrementare l'efficienza produttiva.

Sempre tramite questo software mi è stato possibile estrapolare dati relativi alla robotizzazione di alcune macchine.

Avendo la possibilità di accedere agli archivi delle lavorazioni passate, con relativo database informativo, mi sono occupato anche della stesura di consuntivi utili alla dirigenza per la creazione finale di preventivi da fornire ai clienti sulle campionature o eventuali lavorazioni effettuate conto terzi.

Insieme al responsabile CAD-CAM mi è stato possibile visionare i funzionamenti del programma ESPRIT CAM, utilizzato per riportare i disegni tecnici 2D in 3D e delineare in automatico un linguaggio comprensibile per le macchine contenente le informazioni sulle lavorazioni ed ingombro del pezzo. Grazie ai responsabili mi è stato anche possibile comprendere i linguaggi ISO di programmazione a bordo macchina, dandomi quindi un'idea di confronto tra quello che era la metodica lavorativa negli anni passati e quello che si sta affermando con l'evoluzione digitale.

Essendo le macchine di età differenti, alcune degli anni 80 altre più recenti, i sistemi di connessione al sistema 4.0 sono diversi, nel funzionamento e componentistica. Questo aspetto impatta anche sul funzionamento delle schede elettroniche, le quali dopo qualche anno di utilizzo necessitano di una revisione. Ho quindi avuto anche l'occasione di interfacciarmi con un consulente tecnico specializzato in software per l'Industria 4.0, che mi ha spiegato i funzionamenti che stanno alla base delle connessioni in azienda e quali sono i meccanismi che permettono l'adattamento di tecnologie avanzate su qualunque tipo di macchina.

Tra le varie mansioni affidatemi, rientrava anche il settimanale feedback con gli operatori, per poter annotare, verificare, risolvere, e in caso contrario comunicare, i problemi legati a OverOne a bordo macchina, il più delle volte dovuto al conteggio pezzi buoni/manuali/e di scarto. Insieme ai responsabili dell'officina mi è inoltre stato possibile assistere brevemente agli attrezzaggi delle macchine prima del processamento di nuovi articoli, dandomi un'idea sulle tempistiche e sul tipo di lavoro che è necessario fare in presenza di una singola macchina e diversi articoli.

Essendo il mio obiettivo dimostrare l'impatto dell'industria 4.0 su una piccola medio impresa manifatturiera, di seguito saranno sintetizzate le principali attività dimostrative svolte, facendo riferimento ai sistemi utilizzati e indicandone i pro e contro rilevati:

- Monitoraggio, controllo produzione ed analisi tempi tramite OverOne;
- Definizione produttività oraria tramite OverOne e Workplan;
- Analisi delle isole robotizzate con valutazione dei benefici tramite estrapolazioni da OverOne;

- **Monitoraggio, controllo produzione ed analisi tempi tramite OverOne**

Precedentemente è stata data una visione di massima di ciò che avviene in officina. In particolare, è stato sottolineato l'importanza del sistema Workplan e di come, tramite una interconnessione con gli altri software, fosse possibile una gestione completa della produzione a partire dalla creazione del cartellino con i cicli di lavoro. Essendo la procedura già stata ampiamente spiegata nel paragrafo precedente, ora mi concentrerò sull'analizzare meglio le potenzialità che il software OverOne può offrire.

L'introduzione dell'industria 4.0 all'interno di una azienda richiede diverso tempo per renderla operativa, per questo è giusto sottolineare subito che non tutte le possibilità offerte da questo programma sono al momento utilizzate.

In questa sezione si descriverà come ho utilizzato OverOne nelle attività supplementari a quelle dell'officina, come il monitoraggio, il controllo dei processi produttivi e l'analisi dei tempi di processamento degli articoli nelle varie macchine.

L'accesso a queste funzionalità si ha tramite i pc situati negli uffici; non tutti possono accedere a questo programma, esclusivamente la direzione, il capo officina, il responsabile CAD-CAM, il responsabile della logistica e l'addetto al monitoraggio e controllo della produzione, figura che ho avuto la fortuna di ricoprire nel periodo di tirocinio. Ognuno ha a disposizione un account personale tramite il quale può accedere al sistema dopo essersi autenticato.

La DashBoard di OverOne presenta 4 sezioni principali:

1. Stato macchine;
2. Anagrafiche;
3. Produzione;
4. Manutenzione;

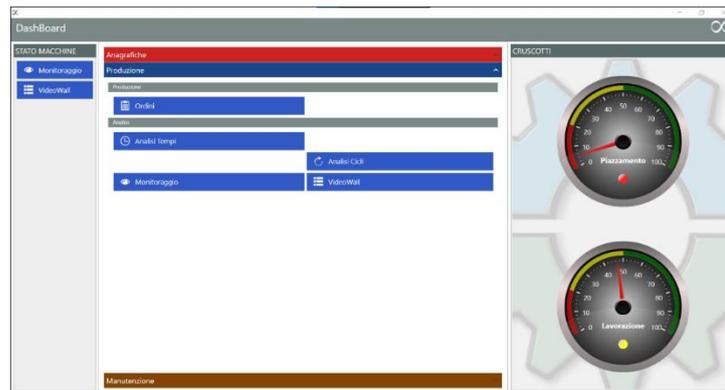


Figura 40.: Dashboard di OverOne.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

La funzione Anagrafiche serve per visualizzare la lista dei codici, operatori, clienti/fornitori, macchine e articoli che sono entrati almeno una volta in contatto con la OLV, come una sorta di database di archiviazione di OverOne; pertanto, non è mai praticamente utilizzata, al più per effettuare alcune ricerche o controlli sporadici di dati.

La sezione produzione invece si suddivide in diverse sottosezioni utili per effettuare analisi e studi riferiti agli articoli, macchine, tempi ciclo e produzioni orarie.

Nella sezione stato macchine invece si ritrovano le opzioni monitoraggio e videowall.

Giornalmente all'interno dell'azienda procedo con il monitoraggio della produzione, per avere una visione reale dello stato di ogni singola macchina, del tipo di operazioni viene effettuata e da quale operatorie, la commessa e l'articolo montato, la fase e dell'andamento della produzione. Ma entrando nel particolare, OverOne permette tramite l'opzione monitoraggio di visionare questo layout dell'officina:



Figura 41.: Schermata di monitoraggio di OverOne.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Si può notare come le macchine siano rappresentate da cruscotti di colore differente; questa icona indica lo stato in tempo reale di ognuna delle macchine a controllo numerico:

- cruscotto Verde: macchina in lavorazione;
- cruscotto Rosso: macchina ferma;
- cruscotto Blu: Macchina in piazzamento;
- cruscotto Nero: Macchina spenta;
- cruscotto Arancio: Stato doppio pallet.

Ogni singolo cruscotto su questa pagina presenta in maniera evidente le voci relative all'articolo, all'ordine, alla fase e all'operatore che sta lavorando sulla macchina.

La vera funzione offerta dal monitoraggio è l'accesso diretto al tablet a bordo macchina della stessa selezionata tramite due click sul cruscotto interessato, permettendo un controllo diretto dei dati del sistema come se si fosse in officina, in particolare accedendo alla voce info descritta nella figura **; risulta essere importante nel caso in cui si dovessero presentare dei problemi che necessitano immediato controllo e risoluzione. Effettuare questo accesso è comunque da considerare una operazione delicata, perché chi effettua l'autenticazione sostituisce il badge personale dell'operatore, e automaticamente ogni modifica effettuata appare imputabile a lui. Per questo non tutti hanno l'autorizzazione ad accedervi, altrimenti la funzione del tesserino personale sarebbe nulla.

L'opzione videowall, per quanto io personalmente non l'abbia mai utilizzata, per certi versi risulta essere simile a quella del monitoraggio; rappresenta una cronologia di tutti gli stati operativi giornalieri delle macchine, non solo in tempo reale ma anche a ritroso nel tempo. Si capisce la sua funzione sia utile per effettuare dei confronti tra macchine nel momento in cui si trovino a lavorare lo stesso codice o tra operatori diversi che operano sulla stessa macchina in periodi diversi fornendo un andamento di cose e come procedono le macchine.

Per quanto riguarda il controllo della produzione, OverOne fornisce informazioni precise sulle lavorazioni di una specifica commessa permettendo di verificare che le procedure introdotte nel sistema 4.0 stiano venendo eseguite correttamente.

Partendo dall'interfaccia "Ordini" vengono visualizzate diverse voci relative a parametri produttivi; di queste, durante le mie attività di analisi e controllo, solo alcune sono state utilizzate come Codice Ordine, Commessa, Numero fase, Codice articolo e Macchina.



Figura 42.: Interfaccia "Ordini" di OverOne. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Nel momento in cui si vuole procedere con una analisi di un determinato codice per ottenere la produttività oraria, questa funzione diventa di primaria importanza grazie alla visione dettagliata delle lavorazioni in corso o già terminate. A titolo informativo, nel caso in cui si voglia effettuare un controllo bisogna conoscere alcuni parametri identificativi per la ricerca, come:

codice ordine: in questo caso basta digitare il codice della commessa, e automaticamente all'invio apparirà una schermata relativa all'andamento della produzione di quella commessa, fornendo informazioni sulla fase, la quantità richiesta, i pezzi buoni e di scarto, il tempo di lavoro e di fermo effettivo e il completamento della fase. Il codice ordine identifica sia la commessa che il lotto, e dunque per inclusione anche il codice articolo correlato.

Oppure la ricerca può avvenire per combinazione di più voci, soprattutto quando non si ricorda momentaneamente il codice ordine, ma il *codice dell'articolo*, il *numero della fase* e la macchina su cui è processato per esempio. Spesso non ha senso fornire al sistema solamente alcune informazioni come il semplice codice articolo, perché in automatico si otterrebbero i dati di tutti gli articoli con quel codice lavorati nel corso degli anni. Qui sotto una rappresentazione di questa situazione, che da inoltre anche una idea delle informazioni che possono uscire dalla sezione "Ordini".

Ordini										
↳ Nascondi/Mostra Ricerca										
Elenco										
Codice Articolo	Codice ordine	Numero fase	Descrizione fase	Quantità richiesta	Pezzi buoni	Pezzi scarto	Tempo lavorazione effettivo	Tempo fermo effettivo	Stato Fase	Completamento fase
ACV010220	6700.A.1	15775	Centroinertatura	315	313	2	07:57:56	06:22:06	Conclusa	99%
ACV010220	6198.A.1	14555	Fornitura Assiale	303	300	0	22:35:21	11:46:35	Conclusa	99%
ACV010220	6700.A.1	15777	Fornitura Assiale	315	309	0	27:48:09	13:08:12	Conclusa	98%
ACV010220	7506.A.1	16791	Fornitura Assiale	305	306	0	24:04:03	14:38:28	Conclusa	100%
ACV010220	7506.A.1	16792	Fornitura radiale	305	98	0			Lavorazione	32%
ACV010220	6700.A.1	15778	Fornitura radiale	315	308	1	19:05:23	03:59:49	Conclusa	97%
ACV010220	6198.A.1	14556	Fornitura radiale	303	300	0	19:12:09	03:50:09	Conclusa	99%
ACV010220	6198.A.1	14557	Marcatura	303	300				Conclusa	99%
ACV010220	6700.A.1	15779	Marcatura	315	309				Conclusa	98%
ACV010220	7506.A.1	16793	Marcatura	305	98				Sospesa	32%
ACV010220	7506.A.1	16794	Pezzo finito (da p	305					Inserita	%
ACV010220	6700.A.1	15780	Pezzo finito (da p	315	308	0			Conclusa	97%
ACV010220	6198.A.1	14558	Pezzo finito (da p	303	295	0			Conclusa	97%

Figura 43.: Esempio risultato di ricerca attraverso la sezione "Ordini" di OverOne. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Naturalmente i canoni di ricerca son diversi a seconda dell'obbiettivo.

Nel caso in cui si volesse semplicemente verificare l'andamento della produzione basta utilizzare il codice ordine come parametro. Mentre se si volesse effettuare una analisi dei dati, come i pezzi/ora

prodotti, il parametro da usare è quello relativo all'articolo per ottenere lo storico di tutte le commesse passate in azienda in cui è stato processato il codice.

Se ci si trova nell'eventualità in cui una commessa sia in corso in quel momento, si può analizzare l'andamento osservando il numero di pezzi prodotti rispetto alla quantità richiesta. A livello di logica, vedendo il parametro "completamento fase", viene spontaneo fare riferimento a quell'andamento; in realtà tale percentuale è il risultato del rapporto tra il numero di pezzi lavorati e il numero totale di pezzi che costituiscono il lotto (da documento di trasporto) che spesso non coincide con quello reale.

Da questa prima analisi si comprende come la potenzialità di questo strumento non sia indifferente; permette il monitoraggio delle lavorazioni di determinati articoli in tempi brevissimi, dando la possibilità di effettuare analisi accurate sulla produzione.

Passiamo ora alla voce "Analisi Tempi"; tramite questa è possibile accedere a specifiche relative alle varie macchine e alle lavorazioni che esse svolgono in qualunque momento. Si utilizza principalmente per effettuare analisi, integrando la precedente voce "Ordini", e per eseguire controlli specifici non solo sulle macchine ma anche sugli operatori.

In questa sezione, come nella precedente, appaiono diverse voci, tra le quali solo alcune sono state personalmente utilizzate durante i lavori quotidiani come Numero Fase, Da Data, A data, macchina e Operatore.

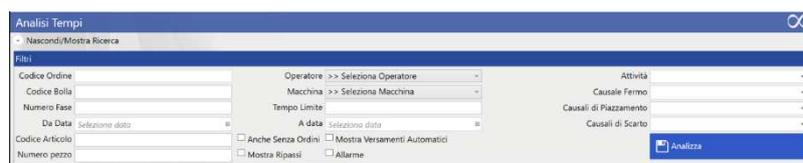


Figura 44.: Interfaccia "Analisi Tempi" di OverOne. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Naturalmente più voci si indicano più sale il livello di precisione della ricerca, con un certo accorgimento se no si rischia di ricercare articoli su macchine sbagliate o periodi temporali diversi da quelli di interesse.

A differenza della schermata precedente, qui si può aumentare il livello di astrazione inserendo filtri per quanto riguarda le attività, causale di fermo, causale di piazzamento, scarti e selezionando i versamenti automatici anche senza ordini. In particolare, nel caso non si selezionassero queste due ultime caselle, non verrebbe scandito il ciclo di lavorazione di ogni articolo e non si potrebbero

visualizzare tutti i dati raccolti dal sistema; può capitare infatti che gli operatori a bordo macchina non identifichino sé stessi e la fase. Il sistema in automatico registra i dati, ma non li associa ad una specifica commessa. Selezionandolo invece OverOne restituisce tutte le informazioni immagazzinate in ordine temporale riferite a quella macchina, fase, operatore e dunque articolo.

Un controllo di prova può essere fatto selezionando la macchina e l'operatore nella ricerca, come risultato si otterrà tutto ciò che quell'operatore ha dichiarato sulla macchina.

Dunque, si comprende come il sapere quali informazioni si vogliono ottenere sia essenziale per l'utilizzo di uno strumento del genere, che ti permette di visionare qualunque aspetto relativo alla produzione in officina.

Ritornando sull'importanza della selezione della casella “mostra versamenti automatici”, tutto ciò che avviene tra due versamenti automatici consecutivi è definito tempo ciclo reale del pezzo sulla macchina in analisi; questo sta a significare che se non si schiacciasse, non sarebbe possibile vedere quanto impiega un operatore a bordo macchina a completare un pezzo. Entrando nel dettaglio il tempo ciclo reale risulta essere la somma tra tempo di lavorazione e tempo di fermo. Il tempo ciclo complessivo invece è rappresentato dal numero di sospensioni, effettuate a fine turno. Un versamento automatico è sempre inferiore a 1 secondo, e in questo lasso di tempo il sistema considera i pezzi versati come pezzi buoni e mai pezzi di scarto: questo è dovuto al fatto che il sistema non è in grado di riconoscere se un articolo è conforme o meno alle specifiche imposte. Per questo è essenziale che l'operatore nel momento in cui effettua a fine turno le sospensioni, dichiari i reali pezzi buoni e di scarto (come indicato nella procedura descritta nel punto “Le operazioni in reparto: le funzionalità di OverOne”).

Tempo	Totale	Grafici Totale	Grafici Macchine										
Codice ordine	Quantità richiesta	Descrizione ordine	Stato Ordine	Codice cliente	Codice Articolo	Numero fasi	Descrizione fase	Stato Fase	Codice macchina	Nome macchina			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI ML			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			
29143.A.1	1532	ALBERO ORDINE N.	Aperto		480.259	27547	Centromistatura	Conclusa	30	30 - COMINI MI			

Figura 45.: Esempio risultato di ricerca attraverso la sezione “Analisi Tempi”, voce “Tempi” di OverOne.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Da come si può vedere dalla figura sopra riportata, oltre al risultato *Tempi*, sono presenti anche *Totali*, *Grafici Totali* e *Grafici Macchine*. *Totali*: indica le informazioni relative ai tempi della fase in analisi e le quantità di pezzi lavorati; grazie proprio a quest'ultimo parametro è possibile verificare se una macchina sta contando correttamente o presenta qualche problema e lo si fa vedendo se il numero di pezzi automatici indicato deve essere pari alla somma dei pezzi buoni e pezzi di scarto. Se così non fosse potrebbero esserci diverse cause di errore, in primis qualche procedura non svolta correttamente da parte dell'operatore.

Descrizione	Totale
Dettaglio Attività	
Piazzamento	00h00m00s
Di cui di ripasso	00h00m00s
Lavorazione	20h13m11s
Di cui di ripasso	00h00m00s
Controllo Qualità	00h00m00s
Fermo Generico	13h43m09s
Fermo Causalizzato	05h24m02s
Manutenzione Straordinaria	00h00m00s
Totale Tempi	39h24m23s
Totale Pezzi	
Pezzi Automatici	51
Pezzi Automatici ripasso	0
Pezzi Buoni	51
Pezzi Scarto	0
Pezzi Buoni Ripassi	0
Pezzi Scarto Ripassi	0
Totale Pezzi Manuali/No ripassi	51

Figura 46.: Esempio risultato di ricerca attraverso la sezione "Analisi Tempi", voce "Totali" di OverOne.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Grafici Totali: la sua importanza è legata ai controlli o analisi, in quanto restituisce una visione d'insieme di ciò che avviene su una determinata macchina attraverso due grafici, uno relativo alle lavorazioni e l'altro relativo alle causali di fermo.

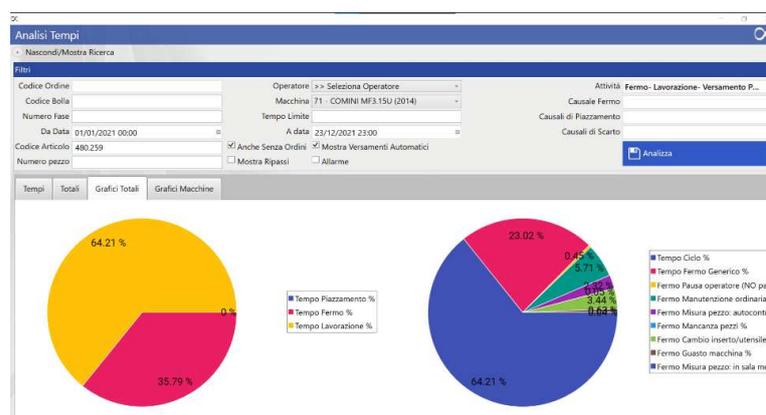


Figura 47.: Esempio risultato di ricerca attraverso la sezione "Analisi Tempi", voce "Grafici Totali" di OverOne.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

- Definizione produttività oraria tramite OverOne e Workplan**
 Da una prima descrizione fornita delle potenzialità offerte da OverOne, si comprende come la transizione verso la digitalizzazione

abbia incrementato in maniera importante la capacità di analisi dei tempi di produzione con conseguente possibilità di miglioramento dell'efficienza degli operatori e macchinari.

In particolare, queste analisi permettono una definizione ideale della produzione oraria per ogni fase del ciclo di produzione di ogni singolo articolo processato in officina.

Durante la mia esperienza, una delle mansioni che svolgevo quotidianamente era proprio questa. Tramite le informazioni fruibili attraverso OverOne dalla sezione Ordini e Analisi Tempi, mi occupavo della rielaborazione e definizioni della produttività oraria su Excel.

La procedura inizia con la selezione dell'articolo da analizzare, con inserimento del relativo codice nella sezione Ordini del sistema MES; così facendo si ottiene l'elenco dei risultati ordinati per commessa per quel determinato codice articolo.

I valori utilizzati per il calcolo della produttività orario sono essenzialmente tre: il tempo di lavorazione effettivo, il tempo di fermo effettivo e la quantità di pezzi buoni.

Attraverso questi dati è possibile calcolare:

Tempo macchina medio: definito anche tempo medio di lavorazione di un pezzo unitario di un determinato articolo. Viene definito dal programma a controllo numerico del macchinario, dipende cioè dal tempo di operatività meccanica della macchina; pertanto, risulta essere costante e non influenzabile dall'efficienza dell'operatore.

$$\text{Tempo macchina medio} = \frac{\text{Tempo lavorazione effettivo totale}}{\text{Pezzi Buoni}}$$

Tempo ciclo medio: è il tempo che trascorre tra l'inizio e la fine di una lavorazione di un determinato pezzo. Comprende il tempo di carico e scarico del pezzo, il tempo di lavorazione effettivo e i tempi di fermo generici e casualizzati. Questi valori risultano essere influenzabili dall'efficienza di produzione, pertanto sono variabili.

$$\text{Tempo ciclo medio} = \frac{\text{Tempo lav. effettivo tot} + \text{Tempo fermo effettivo tot}}{\text{Pezzi Buoni}}$$

$$= \frac{\text{Tempo fermo effettivo tot}}{\text{Pezzi Buoni}} + \text{Tempo macchina medio}$$

Tempo ciclo ideale: rappresenta una media dei tempi macchina effettivi di una stessa fase per un pezzo che presenta lo stesso codice articolo, alla quale va aggiunta una maggiorazione rappresentante alcune operazioni in macchina che ne allungano il tempo di lavorazione, come per esempio un riposizionamento del pezzo, lo scarico/carico di un'altra macchina, ecc. Questo incremento è

quantificato attraverso l'esperienza, e naturalmente viene definito dopo un confronto con i responsabili.

$$\text{Tempo ciclo ideale} = \frac{\sum \text{Tempo macchina medio}}{n^{\circ} \text{ di fasi considerate}} + \text{maggiorazione}$$

Produttività oraria ideale: risultato dell'inverso del Tempo ciclo ideale calcolato in precedenza; tale valore viene calcolato ed assegnato per ogni singola fase di un ciclo di lavorazione. I dati ottenuti vengono inseriti sul software Workplan per poter calcolare il tempo totale previsto di completamento della fase, fondamentale per la pianificazione delle commesse e definizione di una data di evasione dell'ordine. Workplan confronta in automatico il tempo totale previsto con quello effettivo totale di lavorazione indicato su OverOne, e definisce una percentuale di avanzamento indicativa di ogni fase.

Il valore di produttività oraria viene preso come riferimento per valutare la produttività degli operatori e della macchina nella lavorazione di un determinato codice articolo. Per questo viene esportato su OverOne e reso visibile sulla sezione "Info" del tablet a bordo macchina, per permettere agli operatori di confrontare la loro produzione effettiva con quella ideale e cercare di mantenersi in linea.

$$\text{Produttività oraria ideale} = \frac{1}{\text{Tempo ciclo ideale}}$$

Di seguito è riportato un esempio, per rendere più semplice la comprensione di quanto è stato scritto.

La fase considerate è quella relativa alla lavorazione "centrointestatura", su due lotti differenti prodotti a distanza di qualche settimana nel 2021. Si anticipa che l'operazione di carico e scarico era manuale all'epoca.

Tabella 2.: Informazioni relative al codice articolo 301-5693. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Articolo	Tempo lavorazione effettivo totale	Tempo fermi effettivo totale	Tempo macchina medio	Tempo ciclo medio	Pezzi buoni	Prod. oraria effettiva [pz/h]
301-5693	20:01:48	11:18:00	00:02:55	00:04:34	410	13,08
301-5693	21:07:48	14:01:48	00:02:57	00:04:55	430	12,23

Si osserva come il tempo macchina medio sia circa lo stesso, confermando il fatto che esso è una caratteristica della macchina e non dell'operatore. Discorso differente per quanto riguarda il tempo ciclo medio, il quale risente dell'influenza del tempo fermi.

Per calcolare il tempo ciclo ideale viene in genere considerata una maggiorazione pari al 50%, legato al fatto che a ogni operatore

vengono affidate due macchine e dunque, essendo il tempo macchina medio limitato e il carico/scarico manuale, la macchina rimarrà sicuramente ferma per qualche minuto con una perdita di efficienza. Per eseguire il calcolo i valori dei tempi macchina medi sono stati trasformati in numero e in seguito ritrasformati.

$$\text{Tempo ciclo ideale} = \frac{2,93+2,95}{2} + \left(\frac{2,93+2,95}{2}\right) * 0,5 = 4,41 \text{ minuti} = 00:04:25 = 0,078 \text{ ore}$$

La produttività oraria, dunque, associabile a questa fase dell'articolo 301-5693 è pari a:

$$\text{Produttività oraria ideale} = \frac{1}{0,078} = 12,82 \text{ pz/h}$$

Si può notare come le produttività orarie effettive mantenute dagli operatori durante la centro-intestatura di questo articolo si aggirano intorno al valore ideale, con qualche inefficienza per il lotto da 430 pezzi; in genere se la differenza rientra all'interno di un range pari a $\pm 0,5$ rispetto a quella ideale non viene effettuato alcun controllo, diversamente si prendono provvedimenti per comprendere quale sia la causa di sotto-produttività.

Da quanto è emerso fino a qui ogni articolo necessita di un proprio ciclo di lavorazione, costituito da diverse fasi da eseguire su differenti macchine; le fasi presentano una durata specifica, costituita da una componente costante (tempo macchina) e una componente variabile (tempo di fermo). Ne deriva che l'attività di calcolo della produttività oraria diventa di primaria importanza per avere una stima ideale di quella che sarà la produttività e dunque la capacità della macchina nel completamento del lavoro; tale analisi risulta essere anche essenziale per il monitoraggio dell'efficienza della stazione di lavoro, dando evidenza delle situazioni nelle quali è richiesto un intervento di miglioramento e risoluzione dei problemi. Tutto questo è reso possibile dall'utilizzo del sistema industria 4.0, composto da Workplan e OverOne, dalla cui interconnessione è possibile avere una visione di insieme degli andamenti, capacità dell'officina e condurre una pianificazione adeguata all'evasione di tutte le commesse. Senza di questi, sarebbe necessario un addetto apposta per il continuo monitoraggio a bordo macchina delle lavorazioni, con un notevole dispendio di risorse e tempo.

Un ulteriore elemento che emerge è che la persona rimane comunque al centro del cambiamento; infatti, entrambi i software non hanno modo di eseguire operazioni di calcolo e pianificazione in piena autonomia ma vi è comunque la necessità di un utente esterno che sia in grado di gestire ed utilizzare le enormi quantità di dati raccolti.

5.2.1. Analisi delle isole robotizzate tramite estrapolazioni da OverOne

Una ulteriore opportunità colta durante lo svolgimento del tirocinio in azienda è stata la possibilità di osservare da vicino l'applicazione e funzionamento di una automazione rigida. La OLV officina meccanica nel 2022 ha deciso di investire in questa tecnologia, installando alcune isole robotiche all'interno dei loro impianti.

I motivi di questa scelta sono molteplici, tra i quali possiamo ritrovare:

- la ricerca di sempre una migliore efficienza con incremento delle prestazioni;
- incremento della sicurezza sul posto di lavoro;
- aumento della produttività sul lungo periodo per mantenere la competitività;
- riuscire a stare al passo coi tempi;
- per far fronte a una grossa problematica legata alla mancanza di manodopera che oggi colpisce l'intero settore.

Infatti, da quanto mi è stato potuto osservare, giornalmente all'interno dell'azienda, e in aziende fornitrici, in genere l'assenteismo in reparto si aggira intorno a un 10% del totale degli operatori. Ipotizzando per esempio che una azienda abbia 50 addetti in reparto, la mancanza di 5 operai comporta la possibilità di inattività di 10 macchine, con ripercussioni sulla pianificazione produttiva, creazione di ritardi, necessità di straordinari per riuscire a recuperare le perdite e una redistribuzione organizzativa interna all'azienda che può portare a inevitabili inefficienze.

Queste macchine oltre a garantire un elevato grado di affidabilità e riduzione dell'inattività, permette a un operatore di dedicarsi a più macchine contemporaneamente riducendone dunque i costi di gestione. Naturalmente, questo non è da intendere come una minaccia per la manodopera ad oggi assunta, che piuttosto tramite le attività di Upskilling e Reskilling ha la possibilità di ricoprire nuove forme di responsabilità come è già emerso nella trattazione di questo elaborato, ma piuttosto come una risposta da parte dell'azienda a una problematica evidente e potenzialmente dannosa per il normale svolgimento della produzione.

Ma vediamo nel dettaglio questa tecnologia abilitante dell'industria 4.0.

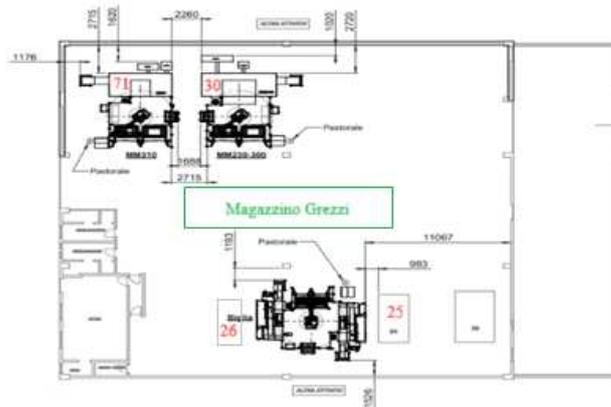


Figura 48.: Layout capannone contenente celle robotizzate.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Da come si può vedere nel pezzo di layout rappresentato in figura, sono state installate tre isole robotiche su tre differenti postazioni: due centro-intestatrici separate, macchine 30 e 71 in alto a sinistra, e una tra i torni 26 e 25.

Le centro-intestatrici sono state le prime scelte per l'installazione dei robot in quanto il loro tempo macchina medio risulta essere più breve rispetto alle altre lavorazioni e conseguentemente presentano una più alta frequenza di carico/scarico con maggiori ripercussioni sui tempi di fermo e aumento dei tempi ciclo effettivi. Per questo le mie analisi si sono principalmente concentrate su queste due isole.

Le macchine in esame risultano essere IVAXIA serie 230 MM (macchina 30) e IVAXIA COMINI serie MF 3.15U (macchina 71). Il modello serie MF 3.15U risulta essere dedicato alle pezzature aventi diametri di medie dimensioni, con configurazioni fino a 6 mandrini fissi e 6 assi controllati; è di grande potenza e particolarmente adatta a lavorare senza presidio. In genere lavora articoli che possono pesare fino a 40 kg in tempi contenuti.

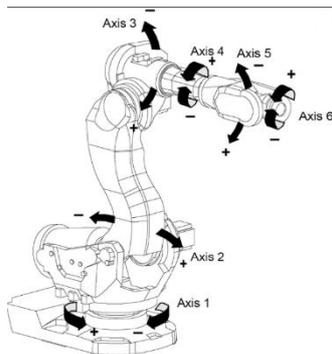
Il modello serie 230 MM a differenza della precedente viene dedicato per lavorazioni di pezzature con diametri di grandi dimensioni, fino ai 300 mm. Anch'essa risulta essere dotata di sei mandrini su manicotti mobili con sei assi controllati. In genere viene usata quando i grezzi da centro-intestare presentano un peso di circa 100 kg.

Entrambe le macchine presentano un sistema di controllo FANUC, che favorisce un utilizzo e monitoraggio continuo negli uffici anche in assenza degli operatori in officina.

Il progetto di automazione è stato compiuto dall'azienda Automation Technology, specializzata nel campo dell'automazione industriale e con sede a Caselle Torinese.

Per ogni macchina è stata realizzata una cella robotica, la quale presenta tutte le forme di sicurezza disposte dalla norma EN ISO 10218-2, composta dai seguenti elementi:

1. Braccio robotico manipolare serie ABB IRB 6600, con presa magnetica e un sistema di visione tridimensionale per facilitare il bin-picking “EveT+Pick” della IT+Robotics utile al riconoscimento dei pezzi e la messa in lavorazione autonomamente.



*Figura 49.: Rappresentazione
ABB IRB 6600.
(Fonte: OLV officina meccanica
srl)*

ABB IRB 6600 è un robot avanzato con una capacità di movimentazione fino a 225 kg, su sei assi di movimento e uno spazio di manovra fino a 3,2 metri; presenta una forma tale da garantire un'area di lavoro più ampia. Questa macchina è dotata di un controller S4Cplus che permette il controllo dinamico per movimenti ad alta precisione e rotazioni in tempi brevi. Presenta due canali Ethernet integrati per fornire un migliore servizio di controllo, manutenzione ed assistenza.

La programmazione e il controllo dei movimenti del robot sono controllati attraverso una unità di governo contenente le schede elettroniche, le memorie e quadri elettrici di potenza. A questa sono direttamente connesse le unità di input come tastiera e output come il monitor, ma anche sensori e trasduttori di posizione.

Grazie al software Smart Pick 3D Solid si ha una scansione completa dei pezzi sistemati alla rinfusa all'interno del cassone. Attraverso questa scansione viene riconosciuto quale pezzo è posizionato in una posizione migliore per il prelievo da parte della mano robotica senza urtare contro le pareti del contenitore e necessità di riposizionamento. La mano di prelievo risulta essere composta da una presa magnetica V, che conferisce una migliore aderenza alla superficie del pezzo e permette due punti di contatto. Bisogna considerare che in genere i grezzi lavorati dalla OLV sono di forma cilindrica e conica, le cui dimensioni si presentano variabili. Attraverso le caratteristiche della presa si ha un adattamento perfetto a qualunque tipologia di diametro del grezzo.

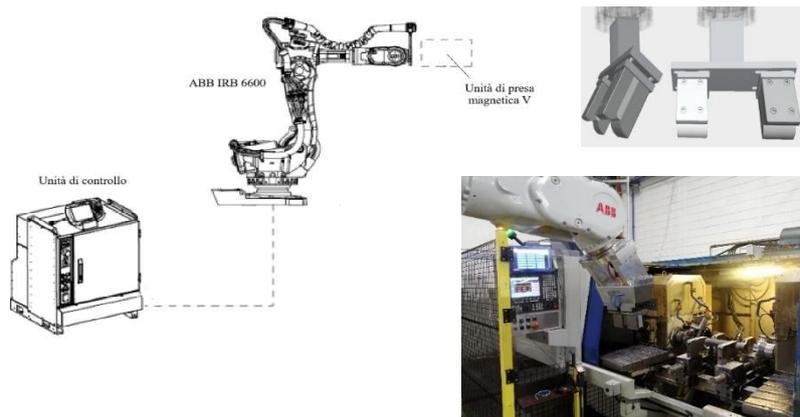


Figura 50. In alto a sinistra rappresentazione collegamento ABB IRB 6600 con unità di controllo.

In alto a destra rappresentazione 3D dell'unità di presa magnetica V.

In Basso a destra una fotografia del Robot in azione sulla centro-intestatrice.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

2. Area di carico e scarico: rappresenta la superficie di azione del braccio robotico; comprende lo spazio in cui sono presenti i cassoni di prelievo del grezzo e rilascio del semilavorato, e l'area prossima alla centro-intestatrice dove è posizionato un buffer: un cassone di appoggio per i pezzi grezzi in attesa di essere caricati in macchina. Questo permette di contenere i tempi di carico/scarico riducendo i tempi morti in cui il braccio robotico sarebbe stato fermo. Il contenitore di metallo in cui sono contenuti i grezzi è posizionato al di sotto dello scanner EveT+Pick.

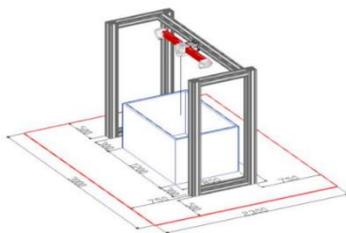


Figura 51. Rappresentazione 3D dello scanner EveT+Pick.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

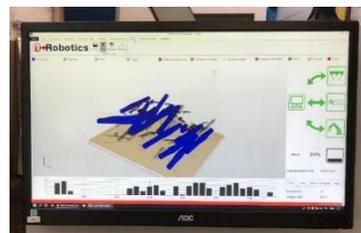


Figura 52.: Output sull'unità di controllo della scansione del cassone.

(Fonte: OLV officina meccanica)

3. Area di controllo qualità automatizzata e manuale: all'interno di quest'area avvengono i controlli visivi e della filettatura per ogni singolo pezzo da parte del robot mediante una postazione di controllo dimensionale automatica, mentre ogni tre pezzi viene controllata la lunghezza totale del centrino, sia sul lato corto che lungo, sulla postazione manuale. In presenza di maschiatura, ogni cinque pezzi, viene effettuato il controllo sfruttando un tempone adibito. L'area di controllo manuale, o SPC, è composta da un banco posto in prossimità della cella, che permette una visione del semilavorato in piena sicurezza da parte dell'operatore.

4. Protezioni perimetrali: barriere distanziatrici che han lo scopo di ridurre l'accesso alla zona di lavoro del robot senza impedirne i movimenti. È inoltre presente un identificatore della distanza laser che nel caso di superamento della linea di protezione preposta blocca immediatamente il robot e la lavorazione.

Di seguito una rappresentazione del layout dell'isola robotizzata per la macchina 71, identica a quella per la macchina 30.

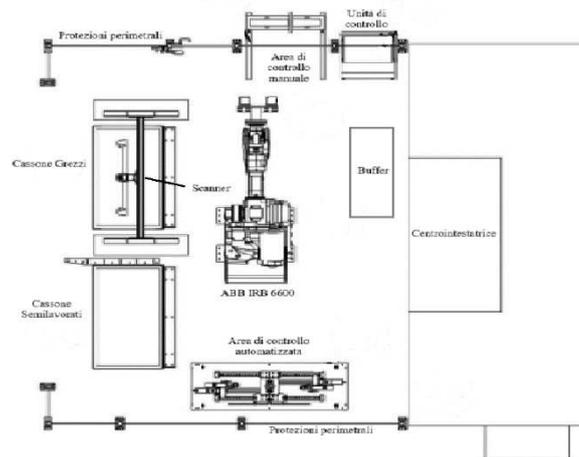


Figura 53.: Layout isola robotizzata su centro-intestatrice.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

- **Processo di lavoro**

Per avere una comprensione di come lavora un braccio robotico e introdurre quindi i risultati delle analisi da me compiute, di seguita sarà descritto il ciclo di lavoro che viene attuato all'interno della cella.

Il processo inizia con la scansione dei pezzi grezzi presenti all'interno del cassone mediante il visore laser del robot, tramite il quale si ha una identificazione tridimensionale di tutti i pezzi contenuti ed individuazione del pezzo nella posizione migliore per essere prelevato dalla presa magnetica V. Una volta avvenuta la presa, si ha una ulteriore scansione di controllo per verificare che la posizione di prelievo sia adeguata a garantire una stabilità del pezzo durante la movimentazione; se così non fosse, il robot lo rilascia cadere nel contenitore e ricomincia la procedura. In caso di successo, passa al carico del grezzo all'interno della macchina di centro-intestatura; grazie alla sua sensoristica e programmazione da parte dei tecnici il movimento avviene con una elevata precisione che evita danni a componenti interne alla macchina o necessità di riposizionamento del pezzo.

Con la chiusura delle porte della macchina inizia la lavorazione e contemporaneamente il robot procede con una nuova scansione dei

grezzi per il riconoscimento del successivo pezzo da inserire in macchina; in attesa del completamento della centro-intestatura del primo pezzo, il secondo viene posizionato sul buffer per renderlo subito reperibile appena la macchina si libera. Dopodiché, essendo la durata dell'operazione di esecuzione del centrino di qualche minuto, il primo pezzo lavorato viene scaricato e sistemato sul buffer, di fianco al grezzo che verrà immediatamente prelevato e caricato in macchina. A questo punto il semilavorato viene trasportato dal buffer al banco di controllo per l'ispezione dimensionale automatica; se non viene superata sarà effettuato un ulteriore controllo da parte dell'operatore mediante la postazione SPC munita di carrello scorrevole e il robot procederà con il prelievo di un nuovo grezzo; l'operatore ha a disposizione una pulsantiera a bordo isola per la richiesta di ripresa del pezzo controllato. Se invece i parametri sono rispettati, il manipolatore procede col trasporto del primo verso il termoformato riposto nel cassone di scarico. Il ciclo si ripete a partire dal prelievo di un nuovo grezzo.

Questo ciclo è stato pensato con l'obiettivo di rendere minimo il tempo di fermo macchina, dunque rendere la componente tempo macchina preponderante all'interno del tempo ciclo. Naturalmente è stato il risultato di un lungo percorso di progettazione, programmazione e prove, da come si potrà notare dalle analisi di produttività da me svolte.



Figura 54.: Robot in fase di carico del grezzo sul Buffer. (Fonte: Foto personale)



Figura 55.: Robot in fase di prelievo del semilavorato dalla macchina. (Fonte: Foto personale)

- Analisi della produttività ed efficienza generale dell'impianto**
 Attraverso le funzionalità di OverOne, ho deciso di effettuare un confronto degli andamenti della produzione sulle macchine 30 e 71, prima e dopo l'automazione. Le analisi sono state effettuate a partire dal 2021 fino al 2023, estrapolando i dati dai database ed elaborandoli attraverso i fogli di calcolo di Excel.
 Attraverso la mia ricerca ho cercato di valutare gli andamenti produttivi, calcolando le produttività orarie ideali ed effettive, scomponendo i tempi totali in tempi di lavorazione, fermo generico

e causalizzato, con l'obiettivo di individuare i vantaggi e svantaggi concreti di questa transizione.

Le analisi e calcoli sono stati svolti dopo aver individuato un codice articolo che fosse stato lavorato sulle stesse macchine, in maniera quasi continuativa a partire dal 2021. Il codice selezionato è il 480.259, un albero di trasmissione del peso di circa 15 kg.

Di seguito viene riportato il disegno tecnico.

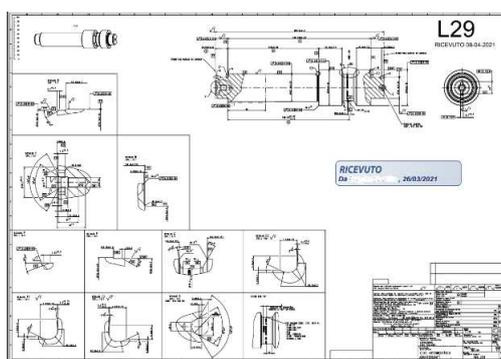


Figura 56.: Disegno tecnico dell'articolo 480.259.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)

La procedura attuata è stata la seguente:

1. Estrapolazione dei tempi effettivi, tempi di fermo generici e causalizzati giornalieri di lavoro per ogni anno;
2. Estrapolazione del numero di pezzi effettivi lavorati in una giornata lavorativa;
3. Calcolo del tempo macchina giornaliero;
4. Calcolo della produttività ideale giornaliera e media annuale;
5. Calcolo della produttività effettiva giornaliera e media annuale;
6. Raggruppamento dei pezzi per lotti prodotti nell'anno, con relativo andamento della lavorazione;
7. Scomposizione dei tempi causalizzati e visione degli andamenti a livello annuale.
8. Calcolo del KPI di "Efficienza Generale dell'Impianto o OEE; tale indicatore risulta essere un indicatore percentuale del rendimento globale di una risorsa produttiva durante il tempo di produttività; in altre parole, misura l'efficacia totale di una attività produttiva.

Si compone di tre elementi chiave della produzione:

- a. Disponibilità: intesa come quella della macchina per la produzione; si concentra principalmente sul fatto che quando un macchinario è improduttivo per un fermo, questo genera un costo per l'azienda. Viene calcolato con la seguente formula:

$$ID = \frac{(\text{Tempo Totale} - \text{Tempo Fermo Causalizzato tot})}{\text{Tempo totale}} = \frac{\text{Tempo Disponibile}}{\text{Tempo Totale}}$$

- b. Efficienza: definita come indicatore di prestazione del macchinario, si determina dal tempo produttivo depurato del tempo di fermo generico;

$$IP = \frac{\text{Tempo Disponibile} - \text{Tempo fermo generico tot}}{\text{Tempo Disponibile}} = \frac{\text{Tempo Produttivo}}{\text{Tempo Disponibile}}$$

- c. Qualità: definita sottraendo la quantità di sprechi prodotti utilizzando il macchinario, dal tempo produttivo; rappresenta dunque il tempo in cui il macchinario era produttivo, ma non nel modo corretto. Il suo valore percentuale è definito così:

$$\text{Tempo scarti} = \text{Tempo Ciclo Medio Unitario} * N^{\circ} \text{ Pezzi Scarto}$$

$$IQ = \frac{\text{Tempo produttivo} - \text{Tempo scarti}}{\text{Tempo produttivo}} = \frac{\text{Tempo Produttivo Effettivo}}{\text{Tempo Produttivo}}$$

A partire da questi, l'OEE viene definito come $OEE = ID * IP * IQ$.

■ **Macchina 30**

Essendo la macchina 30 progettata per le lavorazioni di pezzi di grosse dimensioni, va precisato in anticipo che per la lavorazione di questo codice è stata utilizzata in minor misura rispetto alla macchina 71.

- 2021: Durante questo anno le fasi di scarico e carico erano ancora totalmente manuali, comprese le operazioni di controllo.

Attraverso le formule riportate in precedenza è stata calcolata la produttività media ideale considerando i tempi macchina dell'epoca, 39 giorni effettivi di lavoro e una maggiorazione pari al 50% per considerare idealmente i tempi di fermo generici e causalizzati.

Il risultato che si ottiene è una produttività ideale pari a 12,59 pz/h, la quale è stata presa come punto di riferimento per le analisi, anche quelle successive all'avvento dei robot.

DATA	pz/h ideali	Tempo macchina medio	Tempo lavorazione effettivo	Tempo fermo generico	Tempo fermo causalizzato	Tempo totale	pz totali	pz totali ideali	pz/h effettivi
08/01/2021	12,59	0,05	4,98	2,18	0,52	7,68	10,00	66,68	10,42
09/01/2021	12,59	0,05	9,30	3,90	1,08	10,88	10,00	174,73	13,76
09/01/2021	12,59	0,05	8,80	2,85	1,98	13,63	10,00	137,60	10,86
10/01/2021	12,59	0,05	8,20	3,32	2,42	13,93	10,00	175,36	13,96
10/01/2021	12,59	0,05	0,82	0,25	0,15	1,02	10,00	12,80	10,78
09/02/2021	12,59	0,05	4,88	1,77	0,43	7,08	10,00	88,31	10,29
10/02/2021	12,59	0,03	6,02	2,56	5,16	13,74	10,00	170,11	14,06
11/02/2021	12,59	0,05	9,27	0,32	1,27	10,86	10,00	186,95	14,86
11/02/2021	12,59	0,05	0,80	3,42	1,26	13,50	10,00	171,8	13,68
10/03/2021	12,59	0,05	8,27	4,15	1,27	13,69	10,00	172,21	13,72
10/03/2021	12,59	0,05	8,57	3,53	1,23	13,33	10,00	167,90	13,38
11/03/2021	12,59	0,05	7,78	3,78	2,30	13,76	10,00	133,88	10,55
21/03/2021	12,59	0,05	8,75	3,33	1,70	13,78	10,00	173,47	13,84
20/09/2021	12,59	0,05	8,47	2,53	2,48	13,48	10,00	169,69	13,51
21/09/2021	12,59	0,05	2,42	1,30	1,25	4,97	48,00	17,75	1,46
21/09/2021	12,59	0,05	3,00	1,10	0,16	4,26	57,00	53,49	13,41
21/09/2021	12,59	0,05	4,58	1,88	0,78	7,25	84,00	81,24	13,23
20/09/2021	12,59	0,14	7,97	2,56	7,08	17,61	226,96	17,61	1,41
08/07/2021	12,59	0,12	8,82	2,96	1,96	13,74	72,00	172,53	13,43
08/07/2021	12,59	0,06	5,78	2,13	0,95	8,78	98,00	106,54	12,27
08/07/2021	12,59	0,06	2,30	1,8	0,22	4,32	40,00	48,15	11,11
08/07/2021	12,59	0,05	3,87	1,98	1,43	6,88	67,00	86,63	11,21
08/07/2021	12,59	0,05	6,57	4,15	2,85	13,57	128,00	168,86	12,47
08/07/2021	12,59	0,05	8,22	2,70	2,85	13,77	10,00	169,48	13,57
08/07/2021	12,59	0,04	6,82	1,78	1,32	9,98	132,00	131,85	14,63
10/07/2021	12,59	0,04	0,97	0,32	0,19	1,47	24,00	18,46	10,36
22/07/2021	12,59	0,04	8,95	3,02	0,85	12,82	204,00	198,78	15,7
21/07/2021	12,59	0,04	6,37	1,67	0,70	10,74	107,00	124,84	11,67
24/07/2021	12,59	0,04	0,78	0,42	3,70	4,90	16,00	61,67	12,77
26/07/2021	12,59	0,04	8,77	3,30	1,93	13,90	202,00	174,94	14,53
21/07/2021	12,59	0,04	9,07	3,18	1,85	13,90	205,00	174,94	14,75
26/07/2021	12,59	0,04	5,46	1,82	1,78	9,06	127,00	103,80	11,03
26/07/2021	12,59	0,05	5,85	2,33	0,89	9,07	10,00	100,91	13,72
23/07/2021	12,59	0,04	1,8	0,92	0,52	2,88	48,00	53,77	11,7
29/07/2021	12,59	0,05	5,47	2,88	1,53	9,88	130,00	124,38	12,68
29/07/2021	12,59	0,04	8,33	2,23	1,27	11,83	108,00	148,93	16,89
29/07/2021	12,59	0,04	8,82	3,60	1,68	13,10	108,00	174,92	14,13
29/07/2021	12,59	0,04	8,72	3,58	1,27	13,57	108,00	170,74	14,58
29/07/2021	12,59	0,04	8,63	4,27	0,97	13,87	272,00	174,92	16,28
08/08/2021	12,59	0,04	8,35	2,72	4,55	15,62	144,00	171,37	16,68

Figura 57.: Foglio di calcolo, articolo 480.259, macchina 30, anno 2021.

Sulla base di questo valore è stata valutata giornalmente la produttività effettiva giornaliera, risultato del rapporto tra i pezzi effettivamente prodotti e il tempo totale effettivo.

Sul foglio di calcolo è stata impostata, per la colonna relativa ai “pz/h effettivi”, una formattazione delle caselle tale da assumere diverso colore in funzione del valore risultante. In particolare, il colore rosso si ha se il valore è inferiore di 12,09 pz/h, giallo se compreso tra 12,09 e 12,59 e verde se pari o superiore al valore ideale. Questa rappresentazione è stata scelta per dare già una idea degli andamenti delle lavorazioni, secondo i vincoli impostati dalla direzione.

Ne risulta che l’andamento sia altalenante, con giornate di piena produzione e sovrapproduzione rispetto alle medie previste, e giornate invece sottoproduttive.

Tempo lavorazione effettivo	Tempo fermo generico	Tempo fermo causalizzato	Tempo totale	pz totali	pz totali ideali	pz/h effettivi
4,90	2,10	0,32	7,60	102,00	95,65	13,42
5,30	3,50	1,08	13,88	191,00	174,73	13,76
6,60	2,65	1,68	10,93	132,00	137,60	12,01
8,20	3,32	2,42	13,93	168,00	175,36	12,06

Figura 58.: Confronto giorni buona e cattiva produttività, articolo 480.259, macchina 30, anno 2021. (Fonte: Elaborato personale)

Confrontando, per esempio, i giorni di buona e cattiva produttività, si può notare come la componente relativa al Tempo di fermo causalizzato incida sul risultato: quando si presenta in valori sostenuti la produttività scende. Tale risultato è comprensibile essendo la macchina ferma per problematiche che portano l’operatore a dover fermare la lavorazione, come un guasto, un cambio utensile/inserto o una manutenzione.

L’andamento altalenante della produzione ha dato origine a una produttività media effettiva annuale pari a 12,67 pz/h, superiore a quella stimata idealmente. Complessivamente il risultato potrebbe sembrare positivo, ma analizzando gli andamenti annuali della produzione è emerso che a fronte di 420 ore annuali di attività della macchina, il 40% è rappresentato da tempi di fermo (168 ore di cui 98 ore di fermo generico e 70 di fermo causalizzato), dunque improduttivi. Scomponendo questo lasso di tempo, grazie a una funzionalità di OverOne, si ottiene la composizione dei fermi causalizzati pari a:



Figura 59.: Analisi tempo causalizzato, lavorazione manuale, articolo 480.259, macchina 30, anno 2021. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Si può notare che le tre cause principali di fermo sono:

- Cambio inserto;
- Manutenzione ordinaria;
- Pausa operatore;

Per giudicare meglio il rendimento globale è stato calcolato l'OEE, dal quale è emerso la presenza di inefficienza nel reparto produttivo; infatti, con un valore pari al 60%, manda un segnale di allarme.

Il valore trovato è frutto di una componente di fermo causalizzato elevato che va ad incidere sull'indice di Disponibilità della macchina (ID), e un tempo di fermo generico totale eccessivo che rallenta la produzione e si ripercuote sull'indice di Efficienza (IP). Risulta essere apprezzabile il valore di Qualità, legato soprattutto al N° di scarti contenuto pari a 12. Infatti, la centro-intestara, oltre ad essere una lavorazione relativamente semplice, è svolta su macchinari di ultima generazione che garantiscono una elevata qualità operativa.

Tabella 3.: Calcolo dell'OEE, articolo 480.259, macchina 30, anno 2021. (Fonte: Elaborato personale)

OEE	0,60
ID	0,83
IP	0,72
IQ	0,99

2022) Questo anno è stato l'inizio della transizione robotica del reparto; infatti, a partire da maggio, è stata installata la cella di lavorazione con il robot.

Gli andamenti, infatti, mostrano un cambio di tendenza a partire proprio da questo mese. Nelle fasi iniziali dell'anno la produzione era stata caratterizzata dallo stesso andamento dell'anno precedente. A fronte di 160 ore di attività della macchina, anche qui il 40% è rappresentato da tempi di fermo (41 ore di fermo generico e 20 di causalizzato).

Il codice 480.259, dopo l'installazione del manipolatore, è stato lavorato nei mesi di settembre e novembre; questi sono stati caratterizzati da una produttività effettiva media pari a 10,82 pz/h, in sottoproduzione rispetto al valore ideale.

Tale andamento, sicuramente negativo, non è però da considerare come problema sul lungo periodo. Il robot quando è stato installato non possedeva un ciclo di lavorazione predefinito, e dunque necessitava obbligatoriamente di un periodo di settaggio per trovare il miglior procedimento esecutivo che avrebbe garantito una lavorazione pressoché continuativa della macchina centro-intestatrice. L'azienda per trovarlo è andata per tentativi, provando e migliorando le problematiche man mano che si presentavano. Complessivamente questa ricerca di efficienza si è inevitabilmente ripercossa sui tempi di fermo generico, che a loro volta hanno portato a una diminuzione della produttività media oraria.

Un aspetto però apprezzabile che è emerso dalle analisi di questo anno è relativo al confronto tra la scomposizione del fermo causalizzato in presenza di robot e in presenza dell'uomo; dai risultati è emerso che la componente prevalente nella seconda metà dell'anno è legata principalmente alla manutenzione ordinaria, mentre nei primi mesi l'improduttività della macchina era dovuta alla pausa dell'operatore.



Figura 60.: Analisi tempo causalizzato, lavorazione manuale, articolo 480.259, macchina 30, anno 2022.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

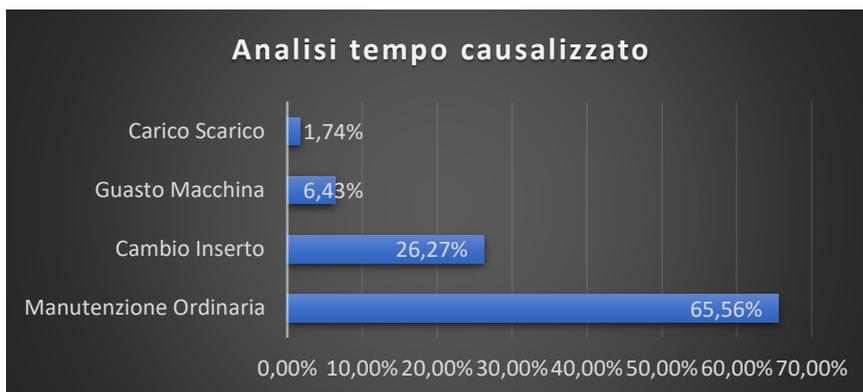


Figura 61.: Analisi tempo causalizzato, lavorazione Robot, articolo 480.259, macchina 30, anno 2022.

(Fonte: OLV officina meccanica srl)

Inoltre, il tempo causalizzato è passato dall'essere il 12,5% del tempo totale di fermo a un valore di 10,2%, una riduzione contenuta pari a due punti percentuali, ma che porta ad avere una maggiore disponibilità della macchina per la produzione.

Da come si può intuire, l'andamento dei parametri utili al calcolo dell'OEE ha subito inevitabilmente delle ripercussioni; in particolare, il coefficiente di performance IP è passato da un valore pari di 0,72 a 0,70, per la ricerca del miglior ciclo di lavoro del robot. L'indicatore di qualità, legato al numero di scarti, ha risentito dei 35 pezzi complessivi, maggiore del valore dell'anno prima. Globalmente, l'OEE si è mantenuto comunque pari a 0,60.

2023) I dati di quest'anno presentano uno scenario totalmente differente rispetto ai precedenti, e lo si può constatare dal grafico qui sotto:

Distribuzione Tempo su Anno

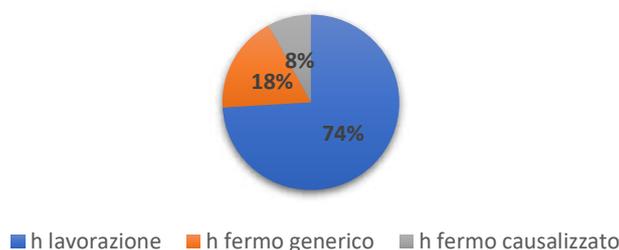


Figura 62.: Composizione Tempo totale, articolo 480.259, lavorazione robot, anno 2023. (Fonte: OLV officina meccanica)

Le ore di lavorazione risultano essere in netta crescita, a discapito delle ore di fermo che complessivamente rappresentano il 26% del tempo totale. Tale risultato è sintomo di un buon ciclo operativo del robot, il quale nei suoi movimenti programmati all'interno della cella robotica, riesce a garantire una continua operatività della centro-intestatrice. Un ulteriore dato che evidenzia questo andamento

risiede nella produttività oraria. Prendendo sempre come riferimento la produttività media oraria ideale quando era tutto completamente manuale, si arriva ad avere una produttività media oraria effettiva pari a 14,17 pz/h.

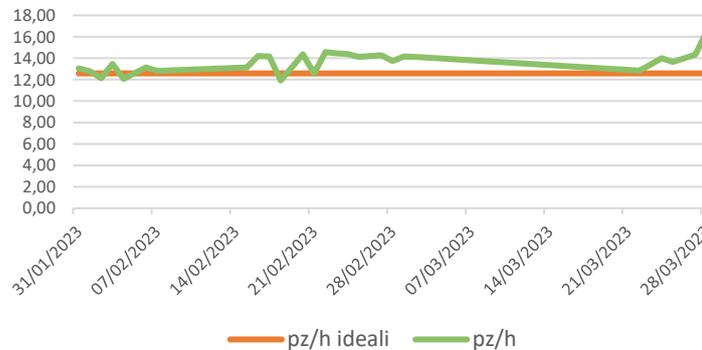


Figura 63.: Andamento Produttività Ideale vs Produttività oraria nel 2023.
(Fonte: Elaborato personale)

Miglioramenti si hanno avuti anche a livello di disponibilità, efficienza e qualità:

- Parametro ID: grazie a una riduzione sostanziale del tempo di fermo causalizzato si ottiene un valore percentuale di disponibilità della macchina pari al 92%; questo fermo non presenta più componenti legate a bisogni dell'uomo, ma solamente relative a manutenzione ordinaria (46%), cambio di inserto (45%) e scarico/carico (9%). Tali cause sono dunque legate alla operatività della macchina centro-intestatrice e del robot, necessarie ma comunque riducibili tramite continui interventi di miglioramento sulla componentistica meccanica e sensoristica.
- Parametro IP: essendo diminuito anche il tempo di fermo generico, l'efficienza vede un incremento di ben dieci punti percentuali, raggiungendo un valore pari all'80%. I minuti che generalmente vengono impiegati da un operatore per i controlli e trasporto dei pezzi in macchina sono assorbiti dalla presenza del buffer e del centro di controllo automatico, che grazie alla definizione di un ciclo di carico ottimale vengono ridotti drasticamente. Naturalmente gli inconvenienti possono verificarsi, come la difficoltà di prelievo dei grezzi posti casualmente nel cassone, ma l'efficacia della presa magnetica V e dei sensori laser permette un contenimento della maggior parte delle tempistiche di carico/scarico al di sotto dei sette minuti.
- Parametro IQ: a fronte di un numero di pezzi di scarto pari a 16, il valore si riassume al 99%.

Ne risulta che il coefficiente di efficienza dell'impianto raggiunge il valore di 0,74 decisamente migliore rispetto a quello degli anni precedenti.

A fronte di questi andamenti, è stato ricalcolato il valore di produttività media ideale, per renderla più veritiera e utile per le pianificazioni delle commesse future tramite Workplan e OverOne:

$$\begin{aligned} \text{Tempo ciclo ideale} &= \frac{\sum \text{Tempi macchina medio}}{19} + \frac{\sum \text{Tempi macchina medio}}{19} * 0,3 = \\ &= 0,0706 \text{ ore} \end{aligned}$$

$$\text{Produttività oraria ideale} = \frac{1}{0,0706} = 14,16 \text{ pz/h}$$

Si può notare che la maggiorazione è stata diminuita al 30%; essendo le operazioni manuali rivolte solamente al controllo del robot i tempi di attesa variabili che prima producevano rallentamenti nell'operato, con ripercussioni evidenti sul tempo ciclo ideale, ora sono più contenuti.

▪ **Macchina 71**

Anche sulla macchina 71 si è riscontrato un andamento simile a quello della macchina 30. A differenza della precedente, essendo questa centro-intestatrice costruita appositamente per articoli del peso di massimo 40 kg, è stata utilizzata maggiormente con volumi produttivi decisamente superiori.

Negli anni, grazie sempre alle estrapolazioni effettuate mediante OverOne, si può apprezzare un miglioramento relativo alla produttività complessiva.

2021) Le operazioni di carico/scarico e controllo erano ancora svolte manualmente dagli operatori; complessivamente, le ore di lavorazione totale sono state pari a circa 462 ore, la cui componente di fermo complessivo è stato pari al 38%. Il 15 % delle ore complessive è rappresentato dal fermo causalizzato, che vedeva tra le cause di fermo problemi legati all'operato dell'uomo ed interventi sulla macchina. Qui la produttività ideale era di 13,32 pz/h, mentre la produttività effettiva era di 13.27 pz/h in leggera sottoproduzione. Dal calcolo dell'efficienza della cella produttiva, ne è emerso che il parametro della disponibilità era pari all'85% a causa dei fermi legati a pause operatore, guasto, misurazione pezzo, cambio inserto e manutenzione ordinaria; il parametro di efficienza IP conferma la situazione sopracitata, con un valore del 73% indica una presenza di problematiche operative che impattano inevitabilmente sul tempo produttivo: i sistemi software hanno rilevato dei fermi brevi della macchina che sommati arrivano a 106,4 ore. Per quanto riguarda invece la Qualità, si sono registrati solamente 12 pezzi di scarto su un totale di 5900 pezzi prodotti.

Ne deriva un indice OEE pari a 0,62 il quale indica la necessità di intervento per eliminare le fonti di costo (improduttività).

2022) Nel mese di maggio, in concomitanza con la cella dedicata alla macchina 30, è stata creata l'isola robotica 71. Durante il periodo in cui le operazioni erano ancora manuali si sono registrati 435 ore di lavorazione effettive contro 700 ore di operatività totale; la situazione era dunque identica a quella evidenziata l'anno precedente, con una componente di fermo generico pari al 22% e 16% di causalizzato. Nella composizione di quest'ultimo, oltre alle problematiche elencate in precedenza si aggiungono anche Mancanza di Pezzi e Carico Scarico la cui consistenza è direttamente collegata all'operato dell'uomo.

Nella seconda metà dell'anno invece, il manipolatore è stato installato e programmato. La ricerca di un buon ciclo di carico che punti alla riduzione di tempi di inattività della macchina centro-intestatrice è durata qualche mese, ma gli effetti si sono percepiti velocemente. Con 463 ore di lavoro totale, 344 sono state di lavorazione effettiva, 91 di fermo generico e 28 di fermo causalizzato. I tempi morti legati a relative pause o esigenze degli operatori sono stati eliminati, anche se alcuni rallentamenti legati al settaggio della presa magnetica del manipolatore sono stati registrati. Un'altra problematica che continua a rimanere, ma in misura decisamente minore, è la Mancanza di Pezzi, sintomo di una cattiva comunicazione tra magazzino e reparto.

A livello di produttività media effettiva invece, le fasi di programmazione e di lavoro manuale, hanno determinato un valore di 13,28 pz/h in linea con l'anno precedente.

Il KPI misto OEE raggiunge il 0,67, grazie a un miglioramento del parametro ID e IP.

2023) Quest'anno sulla macchina 71 la robotizzazione ha creato degli ottimi risultati. Delle 425 ore di lavorazione, l'84% è stato di lavoro effettivo.

Il tempo di fermo è stato diminuito drasticamente, soprattutto per quanto riguarda le pause prolungate che innescano la necessità di causalizzazione, raggiungendo in totale una sola ora di fermo. La componente di fermo generico non essendo totalmente eliminabile, è stata comunque ridotta.

Una fonte di rallentamento nella produzione continua ad essere la necessità di settaggio della presa magnetica e del laser per il prelievo dei grezzi dal cassone, la quale sovente presenta qualche difficoltà nella individuazione del punto di riferimento per l'ancoraggio del pezzo a causa della disposizione disordinata. In alcuni casi viene guidato tramite controller nel prelievo, ma è da sottolineare che i casi sono decisamente rari.

Con l'avvento del robot si è proceduto anche qui al ricalco dei valori di produttività media ideale, con l'ottenimento del valore di 14,18 pz/h. Grazie al deciso e continuativo abbassamento dei tempi di fermo si è raggiunta una produzione oraria effettiva pari a 16,09 pz/h, maggiore delle stime. Infatti, il parametro di disponibilità raggiunge il massimo, come anche quello di qualità (15 pezzi di scarto totali). Solo il parametro di efficienza si presenta più basso, ma garantisce comunque il raggiungimento di un indice OEE pari a 0,84.

Tabella 4. Tabella riassuntiva, articolo 480.259, macchina 71. (Fonte: Elaborato personale)

Anno		2021		2022		2023	
Modalità Lavoro		Manuale		Robotizzata		Robotizzata	
h lavorazione		285,23	62%	434,78	62%	343,80	74%
h fermo generico		106,40	23%	156,88	22%	90,52	20%
h fermo causalizzato		69,92	15%	108,92	16%	28,75	6%
h totale lavorazione		461,55		700,58		463,07	
Composizione fermo causalizzato	Manutenzione Ordinaria	44,71%		19,46%		49,38%	
	Cambio Inserto	26,94%		27,98%		20,52%	
	Misurazione Pezzo	18,48%		14,40%		3,75%	
	Guasto	4,85%		26,05%		21,48%	
	Pausa Operatore	3,52%		3,28%		0,00%	
	Mancanza Pezzi	1,50%		6,08%		3,75%	
	Carico Scarico	0,00%		2,75%		4,87%	
Produttività oraria ideale		13,32		13,32		14,18	
Produttività oraria effettiva		13,27		13,28		16,09	
Parametro ID		0,85		0,88		1,00	
Parametro IP		0,73		0,76		0,84	
Parametro IQ		1,00		1,00		1,00	
OEE		0,62		0,67		0,84	

- **Analisi sull'andamento economico**

L'implementazione delle isole robotiche, oltre ad aver avuto un impatto sulla produttività complessiva e l'efficienza dell'impianto, hanno dato dei risultati apprezzabili anche dal punto di vista economico.

Per poterle introdurre è necessario dare una fotografia riassuntiva di quelli che erano gli andamenti precedenti all'installazione dei manipolatori, per poi effettuare un confronto.

La OLV officina meccanica, come anticipato in precedenza, lavora principalmente su commessa, dunque, i carichi di lavoro risultano essere variabili in base alle richieste dei clienti. Per semplificare le analisi mi concentrerò sui risultati relativi all'articolo 480.259 a partire dal 2018 lavorato solamente sulla centro-intestatura,

considerando l'evoluzione dei costi di gestione, le quantità prodotte, le ore di lavorazione registrate e gli investimenti effettuati.

La componente di costo ha subito delle variazioni negli anni, legata principalmente agli aumenti dei costi dell'energia e della manodopera; in particolare, tra il 2021 e 2022 si sono registrati i seguenti incrementi:

- Costo energia elettrica, comprensivo di spese e oneri di sistema: +220% (da 0,1612€/Kwh a 0,3294€/Kwh)
- Costo del gas, comprensivo di spese e oneri di sistema: +390% (da 0.59€/mc a 2,30€/mc)
- Costo dell'utensileria, materiale e lubrificanti: +31%;
- Costo legato ai carburanti: +35%;
- Costo del riscaldamento: +20%;
- Costo del personale: +2,50%;

Questo incremento ha avuto dunque una ripercussione sui costi di gestione medi orari e sui prezzi di listino proposti ai clienti per lavorare il codice, in particolare:

*Tabella 5. Andamento Costo Gestione Medio Orario e Prezzo articolo negli anni.
(Fonte: OLV officina meccanica srl)*

Anno	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Costo gestione medio orario	35 €/h	40 €/h	40 €/h	50 €/h	50 €/h	50 €/h
Prezzo articolo	8,5 €/pz	8,5 €/pz	8,5 €/pz	9,14 €/pz	9,56 €/pz	9,14 €/pz

Il costo di gestione medio orario è un costo che l'azienda calcola tenendo in considerazione il complessivo dei costi sostenuti a livello di energia, manodopera e oneri sociali distribuiti sulle ore di lavorazione e indica, cioè, quanto costa l'utilizzo della macchina all'ora.

Nell'aprile del 2022 è stato effettuato l'investimento sui robot, con un esborso di 300.000 €.

Grazie ai dati estrapolati da OverOne, rielaborati poi mediante Excel, è stato possibile vedere gli andamenti prima e dopo aver installato il robot; per farlo sono stati creati per ogni mese a partire dal 2018 dei report medi relativi a:

- N° di pezzi lavorati mediamente al mese: ottenuto a partire dal valore complessivo di pezzi prodotti annualmente, diviso per il numero di mesi di effettivo lavoro dell'anno considerato;
- Prezzo;
- Fatturato medio mensile: inteso come l'entrata lorda derivante dalla vendita dei pezzi prodotti dalle macchine 30 e 71 del codice 480.259;

- Costi di gestione mensili: variabili a seconda della produzione, risultato dunque del costo di gestione unitario, per le ore di lavorazione del pezzo, diviso i mesi effettivi di lavoro impegnati;
- Costi relativi ai software e servizi: utili allo svolgimento della produzione, sono da considerare fissi;
- Investimento: relativo ai robot installati per le macchine 30 e 71;
- Utile netto: il fatturato medio mensile depurato dei costi variabili e fissi;
- Utile cumulato: per dare una rappresentazione dei rendimenti dati dalla lavorazione di questo pezzo e vedere in quanto tempo viene ripagato l'investimento.

Per uso esemplificativo, viene riportata di seguito una rappresentazione parziale dei calcoli eseguiti e relativo grafico rappresentante l'andamento degli utili cumulati dal 2018 ad oggi.

Tabella 6.: Calcolo degli utili cumulati fino a settembre 2023. (Fonte: Elaborato personale)

	gen-23	feb-23	mar-23	apr-23	mag-23	giu-23	lug-23	ago-23	set-23
N° DI PEZZI LAVORATI MEDIAMENTE	3506,909091	3506,909091	3506,909091	0	0	3506,909091	3506,909091	3506,909091	3506,909091
PREZZO MEDIO	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €	9,14 €
FATTURATO MEDIO	32.044,38 €	32.044,38 €	32.044,38 €	0,00 €	0,00 €	32.044,38 €	32.044,38 €	32.044,38 €	32.044,38 €
COSTO DI GESTIONE	11.614,73 €	11.614,73 €	11.614,73 €	0,00 €	0,00 €	11.614,73 €	11.614,73 €	11.614,73 €	11.614,73 €
COSTO SOFTWARE E SERVIZI	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €	583,33 €
QUOTA DI COMP. INVESTIMENTO	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
UTILE NETTO	14.846,32 €	14.846,32 €	14.846,32 €	-5.583,33 €	-5.583,33 €	14.846,32 €	14.846,32 €	14.846,32 €	14.846,32 €
UTILE CUMULATO	229.670,96 €	244.517,28 €	259.363,60 €	253.780,27 €	248.196,93 €	263.043,25 €	277.889,58 €	292.735,90 €	307.582,22 €

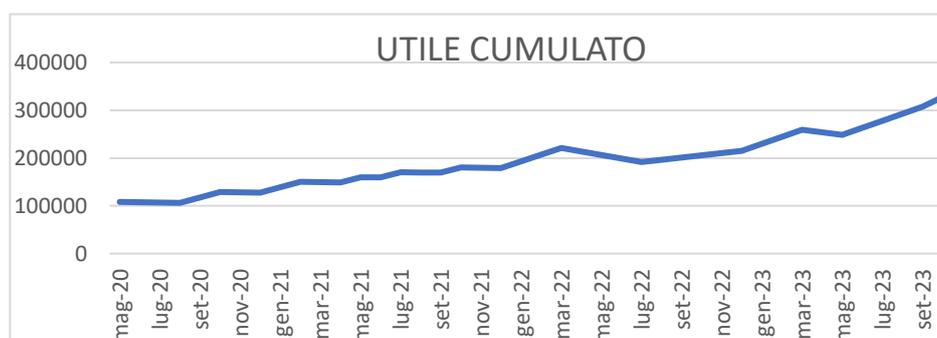


Figura 64.: Grafico utile cumulato. (Fonte: Elaborato personale)

In particolare, è possibile mettere in evidenza i seguenti dati medi mensili da cui si ricava l'andamento dell'utile medio mensile.

Tabella 7. Calcolo andamento utile medio mensile per ogni anno.
(Fonte: Elaborato personale)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N° MEDIO DI PEZZI LAVORATI MENSILMENTE	896,00	833,00	829,00	1037,00	1530,00	2805,00
VARIAZIONE VS ANNO PREC.		-7%	0%	25%	48%	83%
FATTURATO MENSILE MEDIO	7620,00	7083,00	7049,00	9480,00	14633,00	25635,00
VARIAZIONE VS ANNO PREC.		-7%	0%	34%	54%	75%
COSTO DI GESTIONE MENSILE MEDIO	3036,00	3257,00	3068,00	4597,00	6087,00	9291,00
VARIAZIONE VS ANNO PREC.		7%	-6%	50%	32%	53%
UTILE MENSILE MEDIO	4000,00	3242,00	3397,00	4299,00	2961,00	10760,00

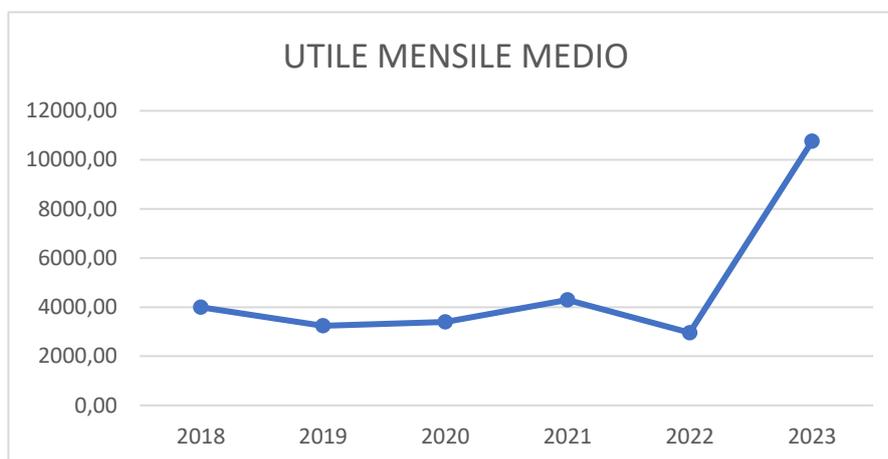


Figura 65.: Grafico andamento utile medio mensile. (Fonte: Elaborato personale)

I mesi successivi all'investimento sono stati impiegati per il settaggio e ricerca del miglior ciclo funzionale del manipolatore, come è già stato evidenziato nelle analisi di produttività. Dopo l'ottenimento di un ciclo di carico che garantiva il continuo funzionamento delle macchine, si è registrato un incremento dell'utile sempre crescente. Questo è il risultato degli effetti della robotizzazione che si possono evidenziare in:

- Incremento della produttività media mensile del 48% dall'anno 2022 al 2023;
- Incremento del fatturato medio mensile del 54% dall'anno 2022 al 2023 a fronte di un aumento dei costi di gestione del 32%.

Naturalmente la simulazione proposta si è basata su valori medi e non puntuali, considerando i mesi effettivi di lavoro; un ulteriore risultato che si è registrato è legato all'incremento delle commesse richieste da parte del cliente. Infatti, sapendo che l'azienda ha deciso di investire in nuove tecnologie legate al 4.0, e ai buoni risultati registrati, gli ordini sono aumentati e saranno garantiti per ogni mese fino a fine anno.

5.3. Problemi legati al sistema 4.0 riscontrati

Durante l'esperienza maturata all'interno dell'azienda, sovente si presentavano alcune problematiche derivanti dal sistema 4.0; in generale, tali problemi si possono raggruppare in due categorie:

1. Problemi dovuti a un errato svolgimento delle procedure;
2. Problemi legati a errori del sistema 4.0;

I primi, più semplici da risolvere ma non altrettanto da scovare, sono generalmente legati a disattenzioni degli operatori in reparto o nell'amministrazione nell'uso dei software.

Tra questi ho riscontrato Versamenti automatici diversi dalle sospensioni, mancato riconoscimento del numero di fase, errori nella registrazione dei pezzi da parte dell'operatore. Grazie alla possibilità di intervento da remoto, una volta notificato la presenza di anomalie, provvedevo alla sistemazione dei dati, ripercorrendo l'operato e facendo notare gli errori all'operatore; questo si può definire come un chiaro esempio di problematica legata alla formazione, non necessariamente da imputare alla direzione o all'operatore, ma da considerare come uno dei possibili rallentamenti dell'introduzione delle tecnologie 4.0 all'interno delle imprese. Quando si lavora ad elevati ritmi e svolgendo attività ripetitive, l'uomo tende a fare le cose autonomamente anche in caso di dubbio, senza confrontarsi con un responsabile o collega per paura di essere rimproverato o di perdere tempo.

I secondi invece sono difficoltà la cui risoluzione richiede l'intervento da parte di specialisti esterni; in particolare nei mesi di interfaccia con la produzione mi è capitato di assistere a:

- *Errori nel conteggio automatico dei pezzi* da parte delle macchine, legato a un malfunzionamento della scheda elettronica; può capitare che il software smetta di funzionare e indichi un numero di pezzi lavorati dalla macchina diverso da quello presente sul tablet.

In tal caso si procede con il controllo delle sospensioni e versamenti automatici, i cui numeri registrati su OverOne devono combaciare; se coincidono si è verificato un errore di registrazione legati all'inizializzazione della fase di lavorazione da parte dell'operatore, ma in caso contrario si procede con una attività di monitoraggio per vedere se la problematica si ripete nel tempo o solo sporadicamente per problemi di sovraccarico del server.

Si è notato che le macchine più vecchie, provviste di meccanismi di conteggio basilari legati per esempio alla lavorazione del mandrino, raramente danno problemi. Le macchine più moderne invece causano maggiori problemi in quanto le schede elettroniche collegate ricevono un segnale direttamente dal codice di conteggio

inserito nel programma del controllo numerico, il che sulla carta non dovrebbe creare alcun margine di errore, ma in realtà non è così. Questa metodica di conteggio non considera infatti il tempo di arrivo del segnale: quando si completa un pezzo il segnale viene attivato e il sistema incrementa il numero registrato precedentemente. Se questo segnale è troppo breve, OverOne non riceve alcun input e dunque il contatore rimane fermo. Per ovviare a questo problema, insieme ai programmatori, si è deciso di modificare la durata di invio del segnale incrementandolo di un tempo compreso tra i 5 millisecondi e il secondo; così facendo è stato possibile ovviare a questa problematica.

- *Mancato rilevamento dei fermi macchina*, un particolare difetto legato al sistema. Nonostante le macchine su cui si registra questo problema mostrino un corretto conteggio del numero di pezzi, controllando i dati nella sezione Grafici Totali di OverOne relativo alla lavorazione dell'articolo nascono delle anomalie prive di senso, come il fermo macchina pari allo 0% del tempo di lavorazione totale. Ogni lavorazione, che sia più lenta o veloce, possiede una componente di fermo generico legato alle operazioni di scarico e carico del pezzo. Per capire l'origine di tale anomalia, è intervenuto un tecnico specializzato, che tramite controlli mirati l'ha ricondotta nuovamente alla scheda elettronica delle macchine: in caso di fermo la scheda riceve il codice di inattività e avvia in automatico un controllo di sistema per verificare che effettivamente la macchina sia ferma. Se effettivamente si riottiene il codice di inattività, il fermo viene registrato, in caso contrario non viene considerato ma procede con la registrazione di una nuova lavorazione. Tale operazione ha una velocità di esecuzione compresa tra i 3 e i 9 secondi generalmente; il tecnico ha riscontrato che questo tempo invece era arrivato a 25 secondi a causa di problemi di sovraccarico del server. In questo arco di tempo l'operatore riesce a fare un cambio pezzo e far ripartire una lavorazione, portando la scheda a registrare una continua lavorazione. Una volta completata una pulizia di dati, la problematica non si è più presentata.
- *Problemi elettronici dei dispositivi a bordo macchina*: ovvero problematiche legate al funzionamento del tablet come, per esempio, spegnimenti improvvisi o rallentamenti nella selezione delle operazioni di autenticazione e sospensione; tale problema è importante e non è da trascurare, perché una sua persistenza porta l'operatore a iniziative indipendenti senza l'attuazione delle procedure 4.0, che può portare a problematiche nel monitoraggio e controllo della produzione. Nel periodo trascorso in azienda ho proceduto al controllo e confronto di tutti i tablet con i relativi responsabili a bordo macchina; in alcuni casi le anomalie sorgevano

per una cattiva pulizia dei display, in altri per problemi legati alla batteria. Alcuni dispositivi sono stati sostituiti e riformattati.

È da precisare che questi inconvenienti non sono i soli ad essersi manifestati negli anni, ma sono stati riportati solamente quelli che io in prima persona ho avuto modo di riscontrare; inoltre, questi si sono verificati solamente su alcune macchine, dopo diversi anni di piena attività. Ogni anno, a prescindere che i problemi sorgano o meno, sono previsti dei controlli di revisione da parte di Overmach spa per garantire un normale funzionamento del sistema e installare eventuali migliorie. Bisogna sempre considerare che essendo parti elettroniche, necessitano di un attento monitoraggio e manutenzione. La grande maggioranza delle criticità sorte nella transizione verso il digitale sono comunque imputabili ad un uso errato delle dotazioni: dalla mancanza dei dati, all'inserimento nei software di un numero di pezzi buoni differenti dagli effettivi.

Inoltre, essendo un sistema che si basa principalmente sulla connessione internet, possibili problemi con la rete wi-fi possono ripercuotersi sul puntuale rilevamento dei dati. Le ultime migliorie di OverOne garantiscono la memorizzazione delle informazioni anche in assenza di connessione, ma ne limita comunque le funzionalità.

Tutti i dati inviati dalle schede elettroniche sono raccolti da un unico server che riceve un grande quantitativo di dati in ogni istante, con conseguente rallentamento delle operazioni dell'industria 4.0 e influenza del ricevimento dai dati. Per alleggerire il sistema da questo inevitabile sovraccarico è necessario svolgere annualmente una pulizia di database eliminando le vecchie registrazioni ormai superflue su articoli che non si lavorano più o che sono stati modificati nel corso degli anni. Così facendo si ottimizza la CPU e il sistema può funzionare a pieno regime senza la creazione di difficoltà.

5.4. Proposta di miglioramento: l'applicazione della Realtà Aumentata in officina

Da quanto è emerso fino a questo punto, all'interno della OLV officina meccanica si sta verificando un passaggio da lavorazione manuale a lavorazione automatizzata soprattutto su quelle operazioni che presentano tempi macchina ideali contenuti e dunque tempi di ricarica/carico rapidi e continuativi. Ma all'interno dell'officina è ancora richiesta la presenza di tecnici specializzati da impiegare nella produzione di piccoli lotti e nelle lavorazioni in cui la flessibilità produttività umana è ancora preferita ai robot. Un chiaro esempio lo si può ritrovare nella tornitura, per esempio, operazione che avviene per asportazione di materiale e che quindi

richiede maggiore tempo di lavorazione, ma anche più accortezza rispetto ad altre più semplici. Da prove svolte in reparto, in particolare nell'applicazione di un robot ABB IRP 6600 su due torni, i risultati sono stati diversi rispetto a quelli registrati sulle centro-intestatrici.

La cella robotica in questione è stata installata nell'aprile di quest'anno e presenta un ciclo operativo nettamente differente ai robot analizzati in precedenza. Il ciclo di lavorazione di questo manipolatore è influenzato dalla testa di presa e sua funzionalità: non presenta una piastra magnetica, ma è costituita da due pinze opposte A e B, e da una ventosa utile per il prelievo dei termoformati dei cassoni; la tornitura in genere è una lavorazione preceduta da altre, dunque, i semilavorati da lavorare sono disposti ordinatamente all'interno dei contenitori di metallo e divisi da divisori di materiale plastico chiamati termoformati.

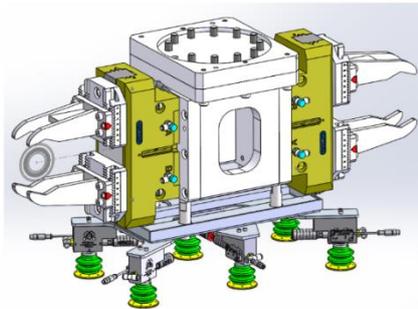


Figura 66.: Rappresentazione 3D della testa del manipolatore posto tra i torni. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

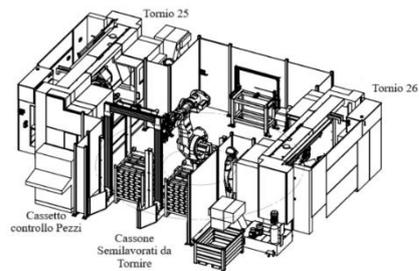


Figura 67.: Rappresentazione 3D della cella robotizzata tra i Torni 25 e 26. (Fonte: OLV officina meccanica srl)

Qui sopra una raffigurazione in 3D della testa del manipolatore e dell'isola robotizzata presente nel reparto di tornitura. La cella robotica è costruita tra due torni, il 25 e il 26, tra i quali è posto il robot; anche qui sono presenti l'unità di controllo e le pareti di protezione perimetrali alla zona di movimentazione del braccio, dotati di sensori di sicurezza che bloccano istantaneamente i lavori in caso di sollecitazione. Ritroviamo un altro scanner EveT+Pick al di sopra della zona di carico dei semilavorati al cui fianco è posizionato il cassetto di controllo dei pezzi lavorati e una zona di scarico dei termoformati posizionata invece dal lato opposto.

Il ciclo di lavorazione è caratterizzato da alcuni task che si susseguono in ripetizione; naturalmente anche in questo caso, il ciclo deve permettere ai torni di non rimanere mai fermi per tanti minuti e dunque creare un tempo di improduttività. Essendo stata installata da poco tempo, si è ancora alla ricerca di un ciclo ottimale; oltretutto per alcuni problemi riscontrati sulle schede elettroniche dei

trasmettitori wireless, i dati trasferiti su OverOne non sono attendibili, conseguentemente le rilevazioni che saranno riportate nelle prossime pagine sono state prese manualmente tramite cronometri e dati trasmessi sull'unità di controllo dei torni.

I task che si eseguono all'interno dell'isola sono i seguenti:

- A) Prelievo del semilavorato dal termoformato: il robot tramite lo scanner riesce ad individuare il pezzo e mediante la pinza B situata sulla testa preleva il pezzo; istantaneamente lo scanner misura le quote e tolleranze del pezzo per verificare che sia idoneo alle misure predefinite della macchina. In caso contrario comunica attraverso l'unità di controllo errore e prosegue col prelievo di un altro semilavorato.
- B) Scarico del pezzo tornito: Il robot usando la pinza A preleva il pezzo lavorato in macchina ed effettua lo "scolo" per eliminare l'eventuale presenza di olio refrigerante.
- C) Pulizia della macchina dal truciolo: svolto dall'operatore, attraverso un compressore si asporta il truciolo di lavorazione che si accumula all'interno della sede di lavoro, svolto per evitare che si creino ingombri che possono creare complicanze nel processo.
- D) Carico del semilavorato in macchina: attraverso la pinza B il robot carica il pezzo prelevato in precedenza dal termoformato; in alcuni casi, essendo la testa provvista di un soffiatore, effettua un soffiaggio sul trascinatore e mandrino del tornio.
- E) Lavorazione macchina: Tornitura.
- F) Marcatura: eseguita in successione al task E dalla macchina stessa.
- G) Deposito del pezzo tornito sul cassetto di controllo: Il robot attraverso la pinza A deposita il pezzo nelle sedi predisposte sul cassetto di misura per permettere il controllo all'operatore e il trasferimento dei pezzi in un altro cassone.
- H) Sollevamento del termoformato: grazie alle ventose poste sulla testa, il robot è in grado di trasportare il termoformato vuoto nella sede prestabilita.
- I) Cambio cassone: manualmente l'operatore cambia il cassone di carico una volta esaurito.

Da una prima osservazione si nota che la presenza dell'operatore è decisamente maggiore rispetto alle isole delle centro-intestatrici, oltre alle fasi di pulizia la sua presenza è necessaria per il controllo dei pezzi.

Tabella 8.: Ciclo di Lavoro svolto dal robot su una macchina. (Fonte: Elaborato personale)

LAVORAZIONE	CICLO DI LAVORO	SOGGETTO	Tempo
A	Prelievo Pezzo termo formato	Robot	00:01:00
B	Scarico Pezzo finito	Robot	00:00:35
C	Pulizia macchine da truciolo	Operatore	00:00:23
D	Carico Pezzo	Robot	00:00:35
E	Lavorazione in Macchina	Macchina	00:08:30
F	Marcatura	Macchina	00:00:00
G	Deposito Pezzo finito su Cassetto Misura	Robot	00:00:28
H	Sollevamento termo formato ogni 4 pz	Robot	00:01:20
I	Cambio cassone ogni 44 pz	Operatore	00:04:00

Il ciclo delle due macchine è intrecciato dall'operatività del robot, infatti una volta che una macchina parte con la lavorazione il manipolatore parte con il prelievo del semilavorato da tornire sull'altra macchina. Proprio perché l'attività di tornitura richiede tanto tempo, l'azienda ha deciso di montare un solo robot tra i due torni, in modo tale che facendole lavorare in maniera sfalsata non rimangano mai ferme.

Concentrandoci su una sola macchina, il ciclo può essere riassunto da questo diagramma di Gantt:

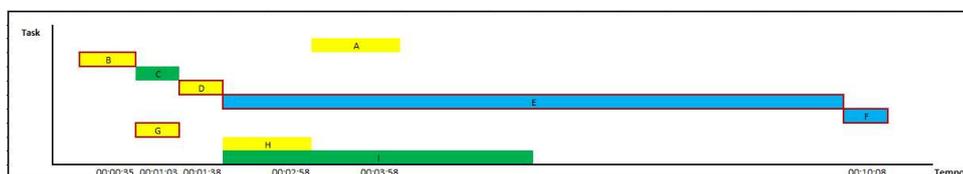


Figura 68.: Diagramma di Gantt relativo al ciclo di lavoro del robot. (Fonte: Elaborato personale)

Tralasciando il primo ciclo di lavorazione dopo l'accensione della macchina, il quale prevede inizialmente solo il prelievo del semilavorato, il carico del pezzo e la tornitura, il ciclo che si ripete fino alla fine del turno segue l'andamento proposto nel diagramma. Da come si può notare, il processo di carico/scarico è composto dai task B-CG-D, con un tempo totale di esecuzione di 00:01:38. Sommando il tempo di lavorazione della macchina che mediamente si aggira intorno ai 00:08:30, si ottiene un tempo ciclo di 00:10:08 (i valori riportati sono medie dei tempi delle registrazioni manuali) che porta a una produttività oraria effettiva media di 5,9 pz/h. Confrontando quanto ottenuto con la produttività effettiva oraria delle lavorazioni di tornitura sul medesimo articolo manualmente ne risulta una sottoproduzione, essendo la produzione fissata intorno ai 6,5 pz/h.

La ricerca di inefficienze mi ha portato dapprima alla possibilità di modifica del ciclo, cercando di garantire una fase di prelievo, carico e lavorazione in successione e ridurre dunque il tempo di esecuzione; la tornitura crea molto scarto durante la sua esecuzione, funzione sia della profondità di lavoro ma anche del materiale del pezzo, e si presenta dunque la necessità di pulizia costante tra il prelievo e il carico del nuovo pezzo. Svolgendo i calcoli considerando solamente il tempo di carico/scarico e tempo macchina il tempo ciclo diventerebbe di 00:09:40 che porterebbe ad avere una produttività di 6,2 pz/h riconfermandosi comunque inferiore a quella manuale; la fase di C/S tramite robot è rallentata rispetto a quella svolta dall'operatore a causa del grosso ingombro della testa, che quindi in prossimità della macchina rallenta i suoi movimenti per evitare urti con parti meccaniche interne.

Questo studio, anche se meriterebbe un approfondimento relativo alle modifiche che potrebbero portare benefici in termini produttivi, è stato introdotto per sottolineare come la manualità dell'uomo su alcune tipologie di processo come quello della tornitura, caratterizzato da lunghi tempi di esecuzione, diventano essenziali per diminuire al massimo il tempo di fermo macchina attraverso l'esperienza e flessibilità che il robot non è in grado di dare in queste circostanze per il momento.

L'industria 4.0, tra le innovazioni che sfrutta come pilastri portanti, propone nuove soluzioni digitali che permettono agli operatori di avere un continuo accesso a volumi elevati di informazioni anche mentre si trovano nelle linee di produzione e allo stesso tempo di aumentare la loro consapevolezza sullo stato del loro operato: le tecniche di visualizzazione avanzata offerte dalla Realtà Aumentata. Durante la mia ricerca di articoli e documenti per la realizzazione di questo elaborato mi sono imbattuto in un lavoro svolto nella Università di Patrasso in Grecia, presso il dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aeronautica. Durante la 28° CIRP Design Conference svolta a Nantes (Francia) è stata proposta una ricerca basata sull'applicazione di dispositivi per la visualizzazione di istruzioni CAM attraverso la Realtà Aumentata da parte degli operatori impegnati in determinate lavorazioni, comprendenti delle istruzioni per l'impostazione delle attività, di sicurezza e aggiornamenti sul programma di produzione. Basandomi su quanto riportato, ho deciso di provare a adattare il loro applicativo nel contesto produttivo della OLV officina meccanica in via teorica, come proposta di miglioramento alternativo all'Augmented Device Solution nei casi in cui l'accortezza dell'operatore è preferita a quella degli automi.

“Le industrie manifatturiere nella loro quotidianità utilizzano sistemi di progettazione assistita da computer (CAD) e di produzione

(CAM) per stare al passo col progresso tecnologico e collegata concorrenza a livello sia locale che globale. I sistemi CAD-CAM sono impiegati comunemente perché forniscono una flessibilità nella produzione e nello sviluppo prodotto/processo.

Grazie al CAD si realizzano i modelli geometrici dei pezzi da lavorare, i quali attraverso il CAM vengono trasformati in codici standardizzati ISO 6893 eseguibili dalle macchine a controllo numerico. I codici sono generalmente dati all'operatore sotto forma stampata o attraverso lo schermo della macchina, al di fuori del loro campo visivo.

La Realtà Aumentata, tecnologia già illustrata nel secondo capitolo, viene oggi impiegata per la prototipazione e progettazione collaborativa diminuendo i tempi e necessità di prototipi fisici, supportando inoltre la personalizzazione. Nelle sue applicazioni, ha dimostrato di essere un'ottima metodica per distribuire istruzioni tecniche nella formazione sul campo e a distanza, supportando in particolare le attività di manutenzione. "(Mouritzis, D, (2018). Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: a CNC Bending Machine case study. *ScienceDirect*, 70, 368-373)

Tra le diverse operazioni proposte in letteratura per l'utilizzo di questa tecnologia abilitante è stato evidenziato il supporto al monitoraggio delle macchine in officina e delle loro produzioni, grazie in particolare ai collegamenti alla rete e le conseguenti estrapolazioni di dati in tempo reale. L'introduzione dei dispositivi mobili nei reparti offre nuovi approcci all'operatività manuale e il controllo dell'avanzamento delle attività da parte dei tecnici specializzati. La sicurezza sul posto del lavoro è uno degli aspetti prioritari più importanti per ogni attività produttiva, soprattutto in ambienti in cui l'uomo è a stretto contatto con macchinari meccanici in grado di erogare grandi pressioni, asportare materiali metallici e movimentazione di carichi pesanti. Proprio a partire da questa priorità l'applicazione della AR diventa di vitale importanza sviluppare metodiche di supporto agli operatori impegnati nei reparti, attraverso la comunicazione di informazioni provenienti dai software di progettazione includendo sia dati critici relativi al processo che zone di sicurezza.

5.4.1. L'architettura del sistema proposto

Il documento analizzato presenta un approccio per la generazione e visualizzazione di istruzioni AR basate su dati provenienti dal CAM, creando un collegamento tra operatore e il programma produttivo per facilitare le attività di monitoraggio e controllo.

Tale approccio è stato riformulato per l'applicazione nel reparto di tornitura della OLV analizzato in precedenza.

“L'architettura proposta, si compone di due input informativi primari:

- Sistema CAD: vengono fornite informazioni relate alle geometrie iniziali e finali del pezzo da lavorare, legate sostanzialmente al disegno tecnico fornito dai clienti nell'assegnazione della commessa;
- Sistema CAM: a partire dalle informazioni CAD, il software CAM genera le istruzioni che in genere sono inserite nella macchina a controllo numerico.

L'approccio parte proprio da questo output per creare automaticamente le istruzioni AR richieste, contenenti anche le informazioni tecniche legate all'attività, la configurazione della macchina utensile, la geometria del modello da realizzare e le informazioni sui relativi avanzamenti degli utensili durante l'operazione di tornitura con le quali vengono create le istruzioni per l'operatore.” (Mourtzis, 2018)

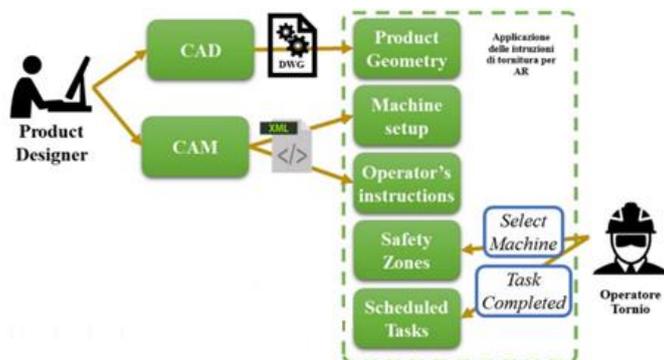


Figura 69. Architettura dell'approccio proposto. (Fonte: Mourtzis, D, (2018). Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: a CNC Bending Machine case study.)

“L'applicazione presentata inizialmente chiede all'operatore di selezionare la macchina su cui svolgerà il lavoro; sulla base di questa selezione, l'applicazione fornirà l'elenco delle attività pianificate sulla macchina. Una volta selezionata l'attività, si forniscono le istruzioni per l'impostazione della macchina utensile; prima di iniziare l'attività di tornitura, la macchina deve essere preparata attraverso l'attrezzaggio degli inserti. Grazie ai file di output CAM l'applicazione fornisce automaticamente le istruzioni per l'impostazione della macchina, dando informazioni su larghezza, posizione dell'utensile da predisporre e geometria della parte iniziale

attraverso gli occhiali AR a proiezione mista forniti al tecnico a bordo macchina.” (Mourtzis, 2018)

La corretta posizione del pezzo da tornire rispetto agli utensili e ai morsetti del mandrino autocentrante è dunque visualizzata tramite la realtà aumentata durante il completo svolgimento delle lavorazioni; le informazioni fornite attraverso il visore sono tali da non sovraccaricare il campo visivo che creino distrazioni dal compito da eseguire.

“Un ulteriore aspetto tenuto in considerazione dal programma è relativo alle zone di sicurezza, visibili durante l’esecuzione dei lavori. In genere i torni di ultima generazione, una volta messi in funzione procedono con la chiusura delle porte prima di iniziare l’esportazione del materiale; grazie a sensori predisposti a bordo macchina sono in grado di rilevare corpi estranei e bloccare il lavoro istantaneamente. L’AR permette di incrementare la sicurezza durante le operazioni di attrezzaggio ed inserimento dei pezzi, visualizzando l’area in cui il pezzo deve essere inserito senza recare danno all’uomo e alla macchina. Tale zona viene generata automaticamente in base alla macchina.” (Mourtzis, 2018)

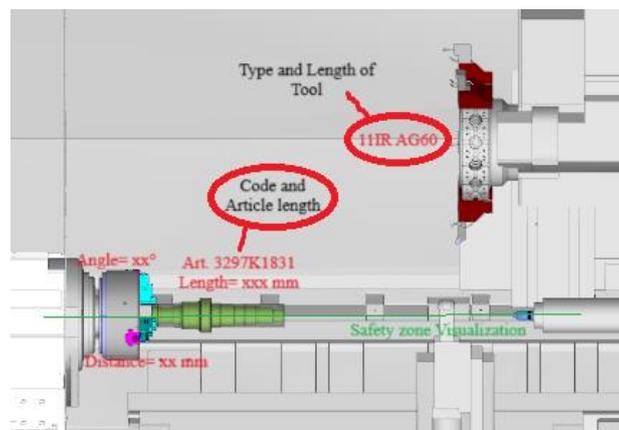


Figura 70.: Configurazione del Tornio, istruzione e visualizzazione della zona di sicurezza. (Fonte: Elaborato personale)

Una volta completata l’attività di tornitura su tutti i pezzi previsti dalla commessa, l’applicazione aggiorna il programma di produzione e ritorna al menu iniziale dove l’operatore può selezionare un’altra attività.

Durante il processamento della macchina, se l’operatore si imbatte in alcune difficoltà o complicazioni, l’interfaccia permette anche la segnalazione di problemi con inclusi testi. Questa funzionalità mira a digitalizzare e ridurre il tempo di intervento, facilitando la comunicazione tra produzione ed assistenza.

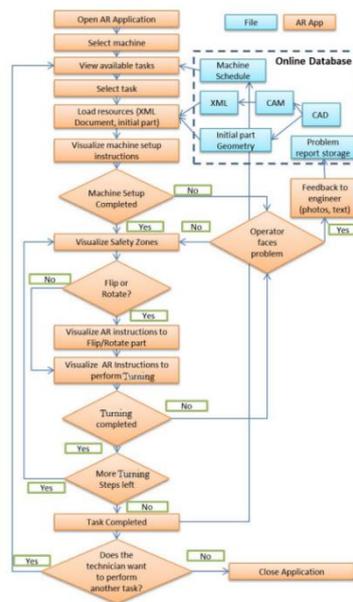


Figura 71.: Flusso di lavoro dell'approccio proposto.
 (Fonte: Mouritzis, D, (2018). Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: a CNC Bending Machine case

Il documento di riferimento riguardava allo sviluppo di una applicazione AR per le istruzioni relative a una piegatrice a CNC. Essendo una macchina a controllo numerico il cui funzionamento avviene in officine dove le norme di sicurezza sono simili e il funzionamento di programmazione identico, la sua applicabilità è estensibile anche ad altre macchine a controllo numerico. La stessa ricerca fa riferimenti sull'applicabilità su altri processi gestiti dall'uomo nella produzione, per dare il vantaggio nell'apprendimento delle istruzioni e visualizzazione delle zone di sicurezza.

La sola proiezione delle informazioni relative alla messa in macchina del pezzo da tornire, come l'angolo di incidenza con i morsetti del mandrino centratore potrebbe abbattere i tempi di carico/scarico della macchina, con ripercussioni positive sui tempi di fermo generico e la qualità di lavorazione della macchina; inoltre, la nomenclatura degli inserti può facilitare la fase di attrezzaggio e manutenzione delle macchine riducendo i tempi di fermo causalizzato.

“L'applicazione potrebbe essere testata mediante l'ausilio di display HoloLens montati sulla testa dell'operatore, in modo tale da poter valutare praticamente e gradatamente i vantaggi aggiuntivi che un approccio del genere potrebbe offrire.” (Mourtzis, 2018)

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo elaborato è quello di verificare e dimostrare se i risultati e i fenomeni riportati nei vari articoli e documenti esposti nei primi capitoli trovano effettivamente riscontro con la realtà aziendale manifatturiera.

La letteratura descrive la transizione 4.0 come una grande occasione per le imprese, in termini produttivi, economici e competitivi su un mercato in continua evoluzione. Le informazioni riportate completano questa visione con una sostanziale necessità di modifiche delle fisionomie aziendali attraverso l'implementazione di una o più tecnologie abilitanti. Effettuare una digitalizzazione volta alla raccolta, gestione ed analisi dei dati, rendendoli accessibili ed utilizzabili, permette una velocizzazione dei processi incrementandone la produttività, disponibilità ed affidabilità. Nasce però l'esigenza di una formazione mirata, alimentata da consistenti investimenti per poter svolgere l'Upskilling e il Reskilling delle attività, e dunque riuscire a percepire pienamente le nuove opportunità per la forza lavoro di oggi.

Attraverso l'esperienza, seppur breve, maturata nei mesi scorsi nell'impresa OLV officina meccanica srl ho potuto comprendere che l'attuazione verso il paradigma 4.0 all'interno delle piccole realtà produttive è fortemente voluto e in fase di attuazione, grazie anche agli incentivi stanziati dallo Stato.

La digitalizzazione, attraverso l'uso di OverOne e Workplan, ha apportato alcune migliorie come:

- incremento della velocità di trasmissione dell'informazione interna, con parallela implementazione della raccolta e monitoraggio dei dati in maniera automatica.
- Evoluzione delle fasi operative standard, come la creazione e compilazione dei Cartellini di Produzione, attraverso la digitalizzazione delle procedure manuali e conseguente riduzione di una possibile fonte di ritardo attraverso semplici "click".
- Tracciabilità e registrazione delle manutenzioni delle macchine, con creazione di un resoconto dettagliato degli interventi utile alla schedulazione predittiva delle operazioni evitando, o per lo meno limitando, fermi della produzione per controlli e guasti contrastando dunque l'improduttività.
- Incremento della qualità, grazie alla creazione di report automatici per ogni singola macchina, articolo, periodo ed operatore. Tale funzionalità è utile per il conteggio dei pezzi nelle fasi di lavorazione per effettuare valutazione del lavoro dell'operatore e della macchina.

- Monitoraggio continuo della produzione, di determinati articoli in tempi molto brevi dando la possibilità di effettuare analisi accurate sulle lavorazioni.
- Pronto intervento in caso di anomalie sul monitoraggio in diretta, con possibilità di confronto con gli operatori responsabili e ricerca di soluzioni alle problematiche.
- Maggiore capacità di analisi con conseguente possibilità di miglioramento dell'efficienza degli operatori e macchinari.

L'installazione delle isole robotiche invece ha fatto registrare i seguenti risultati:

- Incremento della produttività media rispetto a quando si lavorava manualmente;
- Miglioramenti in termini di disponibilità ed efficienza della macchina, grazie a un abbassamento dei tempi di fermo totali.
- Aumento della sicurezza del lavoro, grazie alle barriere protettive poste sul perimetro di lavoro dei robot e sensoristica di emergenza.
- Incremento del fatturato medio mensile.
- Aumento dell'utile medio mensile a fronte di un incremento dei costi di gestione (imputabili all'aumento dei prezzi dell'energia e materie prime).
- A fronte degli investimenti in tecnologie come queste, si è registrato un aumento degli ordini da parte dei clienti

Ulteriori aspetti che sono emersi durante la mia trattazione sono relativi all'attuazione della transizione e il periodo in cui ci troviamo;

- dovendo effettuare sostanziali cambiamenti nelle procedure produttive, tale trasformazione richiede diverso tempo per renderla operativa completamente; tutt'oggi all'interno della OLV molte funzionalità non sono pienamente sfruttate, come per esempio il pianificatore di produzione di Workplan. In questo momento, la difficoltà nel reperire personale interessato a lavorare in ambienti come quello delle officine prevale sulle problematiche relative alla formazione.
- La maggior parte dei sistemi 4.0 si basano principalmente sulle connessioni internet wireless, i cui possibili problemi potrebbero ricadere sul puntuale rilevamento dei dati. A tal proposito, da un confronto con i tecnici specializzati, è emerso che il collegamento via cavo è consigliato e preferito in realtà ad elevata intensità di lavoro.
- Emerge la necessità di controlli ed aggiornamenti continuo dei software per garantire un normale funzionamento del sistema ed installazione delle migliorie; essendo i funzionamenti legati a parti

elettroniche, necessitano anche loro di un attento monitoraggio e manutenzione.

- La grande maggioranza delle criticità sorte durante la mia esperienza sono imputabili ad un errato uso delle dotazioni digitali: dalla mancanza dei dati, differenze tra numeri di pezzi buoni comunicati rispetto agli effettivi, ecc. Quando si lavora ad elevati ritmi e svolgendo attività ripetitive, l'uomo tende a fare le cose autonomamente senza confrontarsi con un responsabile o collega; il problema dunque legato alla formazione degli operatori è presente e questa si ripercuote inevitabilmente sul buon operato dei lavori. La OLV, per abbattere tali rallentamenti, regolarmente fornisce ai personali manuali contenenti le procedure da attuare e informazioni relative alle migliorie che si applicano, e invogliando il continuo confronto con la direzione per qualunque tipo di problematica.

Da quanto è emerso dunque, all'interno della OLV officina meccanica si riscontra la situazione prevista e riportata sugli articoli trattati. Si sta verificando un passaggio da lavorazione manuale a lavorazione automatizzata, in particolare per quelle tipologie di operazioni che presentano tempi macchina brevi. Ma all'interno dell'officina è ancora richiesta la presenza di tecnici specializzati da impiegare nella produzione di piccoli lotti e nelle lavorazioni, in cui la flessibilità umana è ancora preferita ai robot.

L'industria 4.0 fornisce un ventaglio di tecnologie che rimarcano la centralità dell'uomo, come per esempio la Realtà Aumentata, che possono portare in modo concreto benefici nella produzione e attività aziendale costruendo le fondamenta per l'industria di domani denominata "Industria 5.0", la quale fa dell'umano-centricità, sostenibilità, resilienza, cooperazione uomo-macchina e rilevamento intelligente i suoi pilastri portanti.

BIBLIOGRAFIA

- T.S. Ashton, *La rivoluzione industriale. 1760-1830* – Laterza.
- F.D. Klingender, *Arte e rivoluzione industriale*. – Einaudi.
- Pat Hudson, *La rivoluzione industriale*. - Il Mulino.
- Claude Fohlen, *Che cos'è la rivoluzione industriale* – Feltrinelli.
- Stefano Battilossi, *Le rivoluzioni industriali*, Carocci.
- Jeremy Rifkin, *La terza rivoluzione industriale: come il "potere laterale" sta trasformando l'energia, l'economia e il mondo*, traduzione di Paolo Canton, collana Oscar Mondadori.
- *LabView World* n°29, Futura Group.
- Klaus Schwab, *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum.
- *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli.
- Gianni Potti, *Industria 4.0: Storia di macchine e di uomini*, Edizioni Ares, 2020
- Brynjolfsson E., McAfee A. (2015) *La nuova rivoluzione delle macchine: lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante*. Milano. Feltrinelli, 2015
- Hirsch-Kreinsen H. (2016) *Digitization of industrial work: development paths and prospects*. Journal for Labour Market Research July 2016, Volume 49, Issue 1, pp 1–14
- World Economic Forum (2016) *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*
- S.Conti, G. Dematteis, C.Lanza, F.Nano, *Geografia dell'economia mondiale*, UTET, 2006

SITOGRAFIA

- [Tecnologie abilitanti industria 4.0 - Quante e Quali sono ⇒ \(industrial-innovation.it\)](http://industrial-innovation.it)
- [Protoindustrializzazione - Wikipedia](https://it.wikipedia.org/wiki/Protoindustrializzazione)
- [Seconda rivoluzione industriale - Wikipedia](https://it.wikipedia.org/wiki/Seconda_rivoluzione_industriale)
- [Tecnologie abilitanti industria 4.0: definizione, benefici e rischi - make-consulting.it](http://make-consulting.it)
- [Politica industriale dell'UE - Consilium \(europa.eu\)](http://europa.eu)
- [Gartner: investimenti IT in crescita nel 2021, dopo la pandemia - ictBusiness.it](http://ictbusiness.it)
- [Gartner svela le prime otto previsioni sulla sicurezza informatica per il 2022-23](http://www.gartner.com)
- [CRM: cos'è, significato e a cosa serve \(money.it\)](http://money.it)
- https://www.ilsole24ore.com/art/blockbuster-una-rinascita-alla-netflix-grazie-blockchain-AEArZh5?refresh_ce&nof
- [Dematerializzazione: che cos'è la trasformazione digitale dei documenti \(digital4.biz\)](http://digital4.biz)
- [Informatizzazione - Wikipedia](https://it.wikipedia.org/wiki/Informatizzazione)
- [Cos'è la virtualizzazione? | IBM](https://www.ibm.com)
- [Innovazione - Wikipedia](https://it.wikipedia.org/wiki/Innovazione)
- [Che cos'è l'intelligenza artificiale e come viene usata? | Attualità | Parlamento europeo \(europa.eu\)](http://europa.eu)

- [L'economia collaborativa offre all'Europa un'opportunità da 570 miliardi di euro \(pwc.com\)](#)
- [Indice di digitalizzazione dell'economia e della società — Risultati dei paesi nella digitalizzazione | Plasmare il futuro digitale dell'Europa](#)
- [Sharing Economy in Italia.pdf](#)
- [Tecnologie abilitanti industria 4.0 - Quante e Quali sono ⇨ \(industrial-innovation.it\)](#)
- [Le tecnologie abilitanti per Industria 4.0 e i vantaggi per le aziende - Innovation Post](#)
- [Industria 4.0: il futuro della produttività e della crescita nelle industrie manifatturiere \(bcg.com\)](#)
- [Tecnologie abilitanti industria 4.0: definizione, benefici e rischi - make-consulting.it](#)
- [Cobot, la robotica collaborativa: cos'è, storia e tendenze recenti \(ai4business.it\)](#)
- [Robotica: cos'è, come funziona e quali sono le applicazioni \(tech4future.info\)](#)
- [Robotica intelligente per l'industria 4.0: ecco perché può rivoluzionare le imprese - Agenda Digitale](#)
- [Cosa sono i robot autonomi intelligenti: le sfide normative - Agenda Digitale](#)
- [Autonomous robot - Wikipedia](#)
- [Tutto quello che c'è da sapere sull'additive manufacturing \(GUIDA\) - Innovation Post](#)
- [Sinterizzazione laser selettiva - Wikipedia](#)
- [Fusione laser selettiva - Wikipedia](#)
- [Stereolitografia - Wikipedia](#)
- [Realtà aumentata - Wikipedia](#)
- [La realtà aumentata nell'Industria 4.0 - KnowHow \(distrelec.com\)](#)
- [Realtà Aumentata, cos'è? - Strumenti, esempi e sviluppi futuri \(intelligenzaartificiale.it\)](#)
- [Realtà aumentata e virtuale: il BMW Group Production la sperimenta - BMWnews](#)
- [I gemelli digitali migliorano la produzione reale | MIT Technology Review](#)
- [Cos'è un Gemello Digitale e perché è così cruciale per l'industria? - KnowHow \(distrelec.com\)](#)
- [Digital twin: cos'è e come funziona il modello del gemello digitale \(digital4.biz\)](#)
- [Integrazione verticale e orizzontale: la quinta tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Industrial Internet of Things: la sesta tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Internet industriale delle cose - Wikipedia](#)

- [Cloud manufacturing: cos'è, applicazioni e vantaggi - Industry 4 Business](#)
- [Cloud computing - statistiche sull'utilizzo da parte delle imprese - Statistics Explained \(europa.eu\)](#)
- [Cloud computing: la settima tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Cybersecurity: l'ottava tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Cyber security nell'Industria 4.0: agilità e stabilità per proteggere il futuro dell'OT - Cyber Security 360](#)
- [Principali tendenze strategiche della sicurezza informatica di Gartner 2023](#)
- [Le 5V dei Big Data: dal Volume al Valore \(osservatori.net\)](#)
- [L'importanza dei dati nell'era 4.0, imparare a riconoscere i Dark data - Parole di Management](#)
- [Big Data Analytics: la nona tecnologia abilitante dell'industria 4.0 - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [2017 02 02 Zoom Industry 4.0 \(afi-ipl.org\)](#)
- [Future of Jobs Report 2023: fino a un quarto dei posti di lavoro dovrebbe cambiare nei prossimi cinque anni > comunicati stampa | Forum economico mondiale \(weforum.org\)](#)
- [cr_italy_2016_it.pdf](#)
- [Cos'è il Piano industria 4.0? La guida completa \(informazioneefiscale.it\)](#)
- [Industria 4.0: cosa prevede il piano nazionale per le aziende» Sunbell](#)
- [eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A52023SC0612&qid=1686127911343](#)
- [Rapporto-MiSE-MetI40.pdf \(mimit.gov.it\)](#)
- [Il passaggio da Industria 4.0 a Impresa 4.0 \(Transizione 4.0\) - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Impresa 4.0: ultime novità e il nuovo Voucher Innovation Manager - Focus Industria 4.0 \(focusindustria40.com\)](#)
- [Piano Transizione 4.0: cos'è e quanti soldi spettano per l'IoT \(internet4things.it\)](#)
- [Transizione 4.0 e PNRR: incentivi e agevolazioni, quel che c'è da sapere \(industry4business.it\)](#)
- [L'analisi di Unimpresa: nel triennio 2020-2023 Transizione 4.0 sta generando investimenti per 112 miliardi - Innovation Post](#)
- [Automazione industriale, nel 2022 e il 2023 prospettive molto positive nonostante la crisi - Innovation Post](#)
- [Settore in cifre - Automazione Industriale \(anie.it\)](#)
- [Il mercato del lavoro: dati e analisi](#)
- [PwC, 4 posti su 10 a rischio per l'avvento dei robot](#)
- [Come la pandemia ha trasformato la produzione digitale e viceversa | McKinsey ·](#)

- [Industria 4.0 e i nuovi modelli di business | ITCore Business Group - Educational](#)
- [Smart factory, l'evoluzione della fabbrica 4.0 - Industry 4 Business](#)
- [Cos'è la servitizzazione e come sta cambiando le strategie delle aziende - Industry 4 Business](#)
- [La data driven strategy per guidare il business - KPMG Italia](#)
- [Industria 4.0: i nuovi modelli di business che nascono dal cambiamento](#)
- [Cos'è la trasformazione digitale? | IBM](#)
- [How Smart, Connected Products Are Transforming Competition \(hbr.org\)](#)
- [How Big Data Drives Success At Rolls-Royce \(forbes.com\)](#)
- [L'era della servitizzazione inizia con il passaggio da prodotto a servizio - Industry 4 Business](#)
- [Manifattura, nel 2022 l'Italia è il Paese europeo con il miglior risultato rispetto al periodo pre-Covid - Innovation Post](#)
- [Manifattura, ricavi 2023 stabili. Crescita solo dal 2024 \(dealflower.it\)](#)
- [Ael No-1-2-Gennaio-Febbraio-2018.pdf](#)
- [La manifattura italiana regge: per l'80% degli imprenditori il fatturato 2022 sarà positivo - la Repubblica](#)
- [Il manifatturiero italiano traina la crescita industriale europea: l'analisi di Confindustria - Industria Italiana](#)
- [Reskilling e Upskilling ✓ Significato e definizione – iSpring](#)
- [Industria manifatturiera ✓ Cos'è e che futuro ha nel 2023 – iSpring](#)
- [Automazione industriale: cos'è e quali sono i vantaggi - Industry 4 Business](#)
- [Purdue Enterprise Reference Architecture - Wikipedia](#)
- [Vantaggi dell'Automazione nei processi Business \(fortra.com\)](#)
- [CENTRO DI LAVORO: COS'È E COME FUNZIONA? - VLF \(vflavorazionimeccaniche.com\)](#)
- [Tutto sulla Fresatura: dal significato alla scelta di inserti e utensili - Würth News \(wuerth.it\)](#)
- [Il Tornio a controllo numerico, cos'è e come funziona - OZ Meccanica](#)
- [ABB IRB 6600 | UsedRobotsTrade](#)
- [scheda-Modello-MM300.pdf \(ivaxia.com\)](#)
- [Serie MF – IVAXIA](#)
- [SOLE ROBOTIZZATE: I criteri di sicurezza lavoro secondo EN ISO 10218-2 - Repertorio Salute](#)
- [Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: a CNC Bending Machine case study - ScienceDirect](#)