

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**World Class Manufacturing e Trasformazione Digitale:
Il caso CNH Industrial**



Relatore

Prof. Fiorenzo Franceschini

Candidato

Domenico Cirillo

A.A. 2018-2019

Ringraziamenti

Con tale elaborato termina il mio percorso di studi e la mia formazione accademica. Numerose sono state le persone che hanno fatto parte di questo percorso, senza le quali non sarebbe stato portato a termine.

Ringrazio innanzitutto il Prof. Franceschini per avermi accolto come tesista e guidato per tutto il mio lavoro di tesi con piena disponibilità e comprensione. Ringrazio tutto l'Operational Committee Industry 4.0 di CNH Industrial per avermi accolto all'interno del Team e trasferito conoscenza e supporto fin dal primo giorno. In particolare ringrazio il Leader di tale Programma, l'Ing. Peter Ommeslag per aver creduto in tale progetto di tesi.

Un ringraziamento particolare va alla mia famiglia, a cui devo tutto ciò che sono, che mi ha sempre sostenuto psicologicamente ed economicamente e senza la quale non sarei arrivato a tale traguardo.

Ringrazio infine, ma non con meno merito, i miei amici che mi hanno sostenuto, consigliato ed aiutato non solo durante la stesura di tale elaborato, ma durante tutto il percorso di studi.

Sommario

Introduzione.....	4
Capitolo 1 – Organizzazione di CNH Industrial	5
1.1 Mercati e segmenti	5
1.2 Analisi di Bilancio.....	14

Capitolo 2 – Paradigma Industria 4.0.....	15
2.1 Il nuovo paradigma Industriale.....	15
2.2 Boston Consulting Group’s 4.0 vision : le nuove tecnologie abilitanti.....	19
2.3 McKinsey’s 4.0 vision.....	26
2.4 Modelli BCG-McKinsey a confronto.....	27
2.5 I vantaggi strategici e le difficoltà della trasformazione digitale.....	28
2.6 Diversi approcci all’Industria 4.0.....	31
Capitolo 3 – Investimenti iniziali in Industria 4.0.....	33
3.1 Approccio CNH Industrial	33
3.2 Tecnologie in fase di POC e progetti avviati.....	34
3.3 L’utilizzo della stampa 3D: il caso Valladolid.....	39
3.4 Trasformazione Digitale nel settore agricolo.....	45
3.5 Trasformazione Digitale nel settore dei veicoli commerciali.....	46
Capitolo 4 – World Class Manufacturing e Industria 4.0.....	48
4.1 Introduzione al WCM	48
4.2 WCM-4.0: Analisi Complementarietà	50
4.3 Introduzione al Cost Deployment: CNH Concept	52
4.4 Analisi organizzativa delle perdite in CNH Industrial	65
Capitolo 5 – Analisi Strategica del nuovo paradigma industriale	71
5.1 Le nuove tecnologie come leva strategica per la riduzione delle perdite	71
5.2 Matrice Perdite-Tecnologie.....	86
5.3 L’impatto delle nuove tecnologie sulla value chain e l’organizzazione.....	87
Capitolo 6 – Analisi delle perdite presso lo stabilimento di Brescia.....	88
6.1 Analisi di Pareto delle perdite.....	88
6.2 Analisi delle perdite molto gravi: trend e suggerimenti.....	94
Bibliografia.....	97

Introduzione

Il seguente lavoro di tesi nasce a seguito dell'esperienza di stage maturata presso l'ente Manufacturing di CNH Industrial a Torino. In particolare lo stage ha previsto l'inserimento del candidato all'interno dell'*Operational Committee* del nuovo Programma 4.0 avviato a Settembre 2018.

All'interno dell'ente Manufacturing nel 2007 è stato avviato il programma WCM che verrà in seguito brevemente introdotto, e per il quale si andranno ad analizzare sinergie e complementarità con il nuovo programma.

Le nuove tecnologie abilitanti l'industria 4.0 possono portare numerosi benefici all'interno delle aziende, sia in termini di maggior valore generato per i clienti, sia in termini di maggior efficienza e riduzione dei costi di produzione. Scopo del lavoro di tesi è analizzare questo secondo aspetto legato all'efficienza. Utilizzando la metodologia del Cost Deployment è stata svolta un'analisi delle perdite di produzione con il fine di individuare i punti di maggior e minor efficienza all'interno dell'organizzazione, che potranno essere migliorati con l'implementazione delle nuove tecnologie.

Dalla convergenza delle due analisi si è arrivati all'obiettivo di creare una mappatura tra le varie tecnologie e le categorie di perdita, ed utilizzare tale strumento come guida agli investimenti 4.0.

La tesi è strutturata in sei capitoli. Nel primo capitolo si introduce CNH Industrial, la società oggetto di studio, che è stata utilizzata come leva per la descrizione e l'applicazione delle tematiche trattate all'interno di questo elaborato, quali l'Industria 4.0, il WCM e le loro complementarità.

Nel secondo capitolo si cerca di fare una panoramica sull'Industria 4.0, introducendo concetti, approcci ed impatti nel mondo industriale.

Dopo aver introdotto il nuovo paradigma industriale, nel Capitolo tre si descrive qual è stato l'approccio di CNH Industrial a tale fenomeno, sia da un punto di vista Global che nel piccolo degli stabilimenti, come il caso di Valladolid.

Col Capitolo quattro si introduce il World Class Manufacturing ed il suo pilastro più importante per lo scopo di tale tesi, ovvero il Cost Deployment. Utilizzando il sistema informativo aziendale sono state estratte ed analizzate le perdite nei vari stabilimenti.

Nel Capitolo cinque si riprendono tali perdite per cercare di creare una complementarità tra WCM ed Industria 4.0. Si cerca di creare una mappatura tra le varie tecnologie e le varie voci di perdite,

indicando nel dettaglio come le prime possano aiutare gli stabilimenti a ridurre le seconde (potenziali use cases). Il capitolo si conclude con alcune considerazioni e suggerimenti sul nuovo paradigma industriale.

L'ultimo capitolo è un'applicazione dei precedenti, dove si cerca di applicare i principi di complementarità ad una piccola realtà quale lo stabilimento di Brescia, e di dare dei suggerimenti d'investimento che potrebbero delineare una possibile *Roadmap 4.0* per tale stabilimento.

Capitolo 1: Organizzazione di CNH Industrial

1.1 Mercati e segmenti

CNH Industrial è una società multinazionale operante nel settore dei capital goods, il cui azionista principale è la holding finanziaria Exor. La società è quotata al NYSE negli USA ed al FTSE MIB della Borsa di Milano.



Figura 1.1 Risultati raggiunti alla fine del 2017. [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation, 2018]

Come possiamo vedere dalla figura 1.1, la società alla fine del 2017 vantava 12 marchi e 9.629 brevetti per quanto riguarda il capitale intangibile. I 66 stabilimenti ed i 53 centri di ricerca e sviluppo portano avanti il business della società in 180 mercati nazionali. Alla fine del 2017 l'organizzazione era costituita da 63.356 persone di cui 6000 dedicati pienamente all'innovazione.

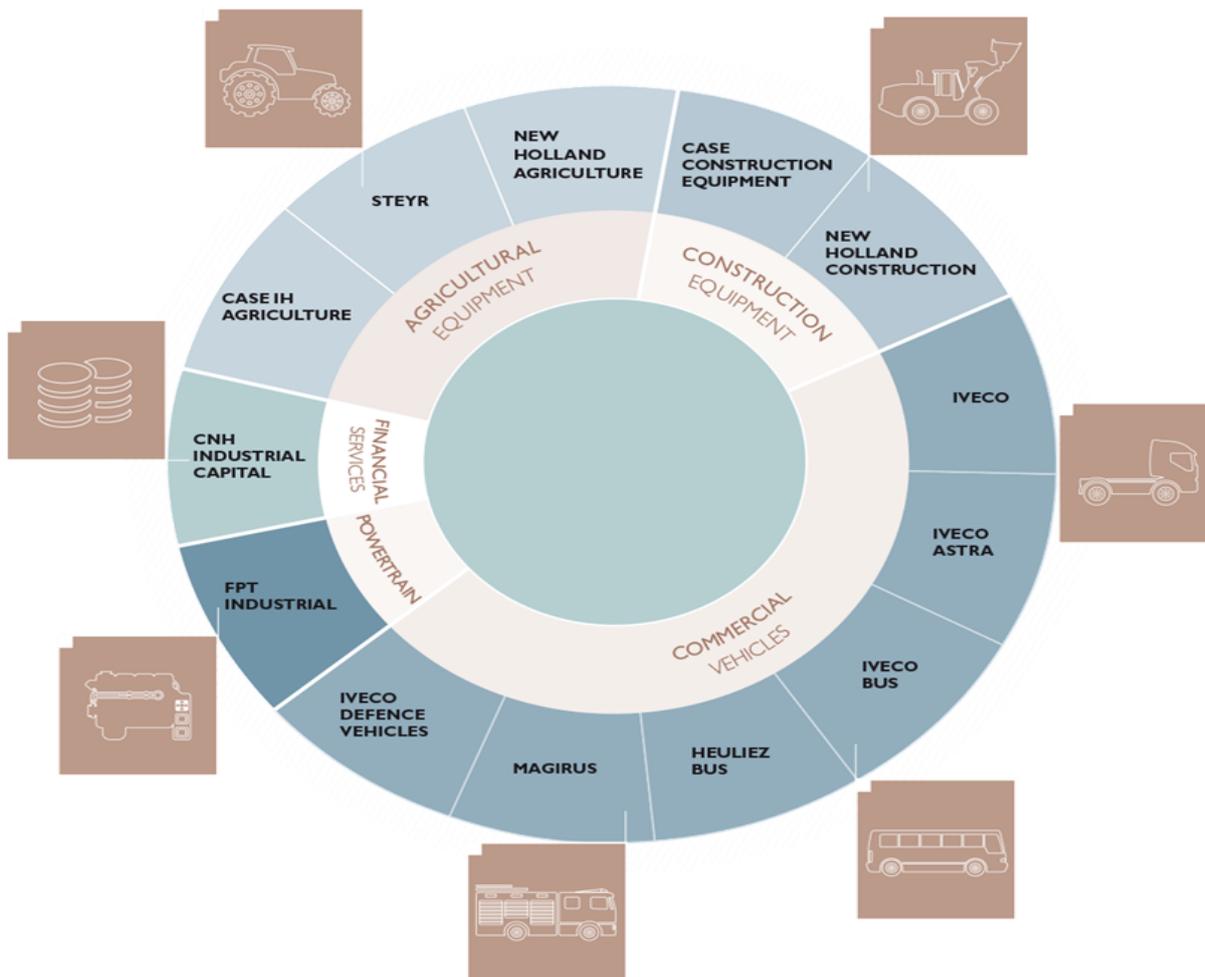


Figura 1.2 Le Divisioni ed i marchi di CNH Industrial. [Fonte: CNH Industrial Presentation 2018]

Dalla figura 1.2 possiamo vedere i 12 marchi di CNH Industrial suddivisi per segmenti di mercato. In seguito viene fatta una breve descrizione dei prodotti offerti da ciascun marchio.

- *Case IH*, leader mondiale nel settore delle macchine agricole e nell'utilizzo di tecnologie di qualità.



Figura 1.3 Mezzo agricolo Case IH; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation ,2018]

- *Steyr* è leader di mercato in Austria nella produzione di beni destinati all'utilizzo agricolo, urbano e forestale.



Figura 1.4 Trattore Steyr; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation,2018]

- Il marchio *New Holland Agriculture* offre trattori, macchine per la raccolta, mietitrebbia, movimentatori, seminatrici e piantatrici di semplice utilizzo.



Figura 1.4 mietitrebbia New Holland Agriculture;[Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation, 2018]

- *Case Construction Equipment* produce macchine per movimento terra:



Figura 1.5 macchina movimento terra Case Construction; Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *New Holland Construction* anche si occupa della produzione di macchine movimento terra:



Figura 1.6 Macchina movimento terra New Holland Construction; Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *Iveco* progetta, costruisce e commercializza veicoli commerciali leggeri, medi e pesanti



Figura 1.7 Veicolo leggero Iveco; [Fonte : CNH Industrial Corporate Presentation, 2018]



Figura 1.8 veicolo pesante Iveco; [Fonte: CNH Industrial, Corporate Presentation, 2018]

- *Iveco Astra* è dedicata alla produzione di macchine da cantiere e da miniera.



Figura 1.9 Mezzo da miniera Iveco Astra; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *Iveco Bus* è un importante produttore europeo di veicoli per il trasporto pubblico e privato. Presente in oltre 40 Paesi, collabora strettamente con gli operatori del trasporto pubblico per fornire soluzioni di mobilità sostenibile. La sua gamma di prodotti è composta da autobus urbani e interurbani impiegati nei servizi di trasporto pubblico, pullman turistici e granturismo, minibus e scuolabus.



Figura 1.10 Bus Iveco; [Fonte: CNH Industrial, Corporate Presentaion 2018]

- *Heuliez Bus* è leader nel mercato francese degli autobus urbani.



figura 1.11 Heuliez Bus ; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *Magirus* produce veicoli antincendio e di emergenza.



Figura 1.12 veicolo antincendio Magirus ;[Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation, 2018]

- *Iveco Defence Vehicles* sviluppa e produce veicoli atti ad assicurare la protezione e la sicurezza in ambito militare e protezione civile. Ubicata a Bolzano, Iveco Defence Vehicles propone una gamma prodotto suddivisa in quattro segmenti: mezzi pesanti per la logistica, mezzi tattici, veicoli protetti e veicoli multiruolo.



Figura 1.13 veicolo militare Iveco; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *FPT Industrial* si occupa della progettazione, sviluppo, produzione e vendita di motori, trasmissioni, ponti e assali.



Figura 1.14 Motore Powertrain ;[Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

- *Financial Services*: si occupa di offrire servizi finanziari ai clienti CNH Industrial
- *Parts and Services*: Divisione che si propone all'offerta di parti di ricambio rigenerate per macchinari, supporto telematico, ed accessori vari. L'offerta è rivolta sia ai vari brand CNH Industrial che ai clienti.

In quanto multinazionale, i vari business di CNH Industrial si estendono *worldwide*. I numerosi stabilimenti sono collocati sotto il controllo delle quattro divisioni geografiche: EMEA, NAFTA, LATAM, APAC.

I 66 stabilimenti, affiliati ai vari brand elencati in precedenza, sono distribuiti nei 4 continenti in modo strategico, puntando a creare il più efficiente collegamento con fornitori e clienti. Per avere un'idea di come è distribuito il business tra le varie regioni, dalla figura 1.15 possiamo vedere la percentuale del fatturato Global registrato in ogni regione alla fine del 2017.

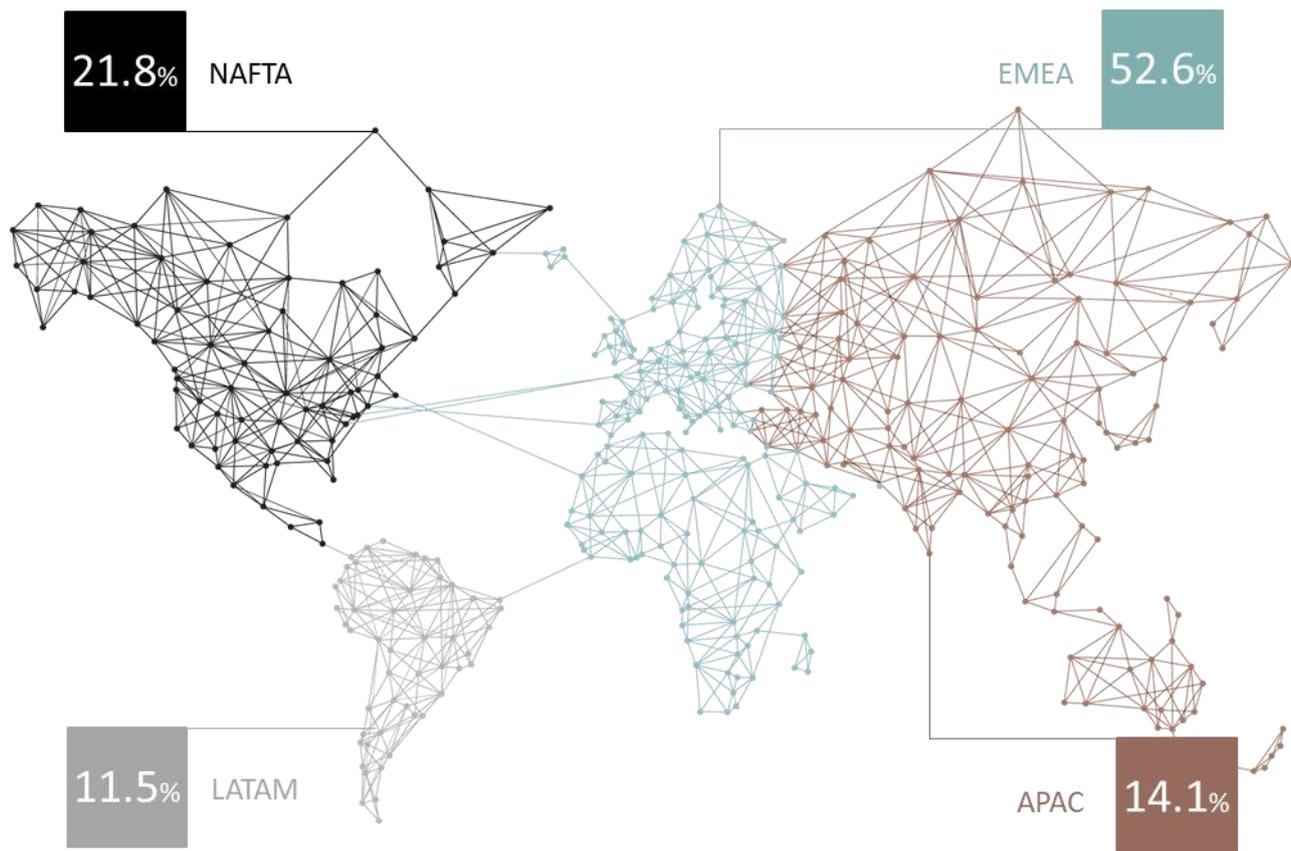


Figura 1.15 Distribuzione dei ricavi tra le varie Region; [Fonte: CNH Industrial Corporate Presentation 2018]

1.2 Analisi di Bilancio

Avendo a disposizione i bilanci aziendali per gli esercizi 2016 e 2017, si è deciso di fare un confronto sui risultati raggiunti in tali anni, al fine di comprendere anche qual è l'andamento economico per una società di tali dimensioni che si affaccia al nuovo paradigma industriale.

Come possiamo vedere dalla figura 1.16, tra i due esercizi la società ha aumentato il proprio fatturato, il risultato operativo (EBIT), ed il margine lordo industriale. Allo stesso tempo è stata portata avanti una strategia finanziaria volta alla riduzione del debito.

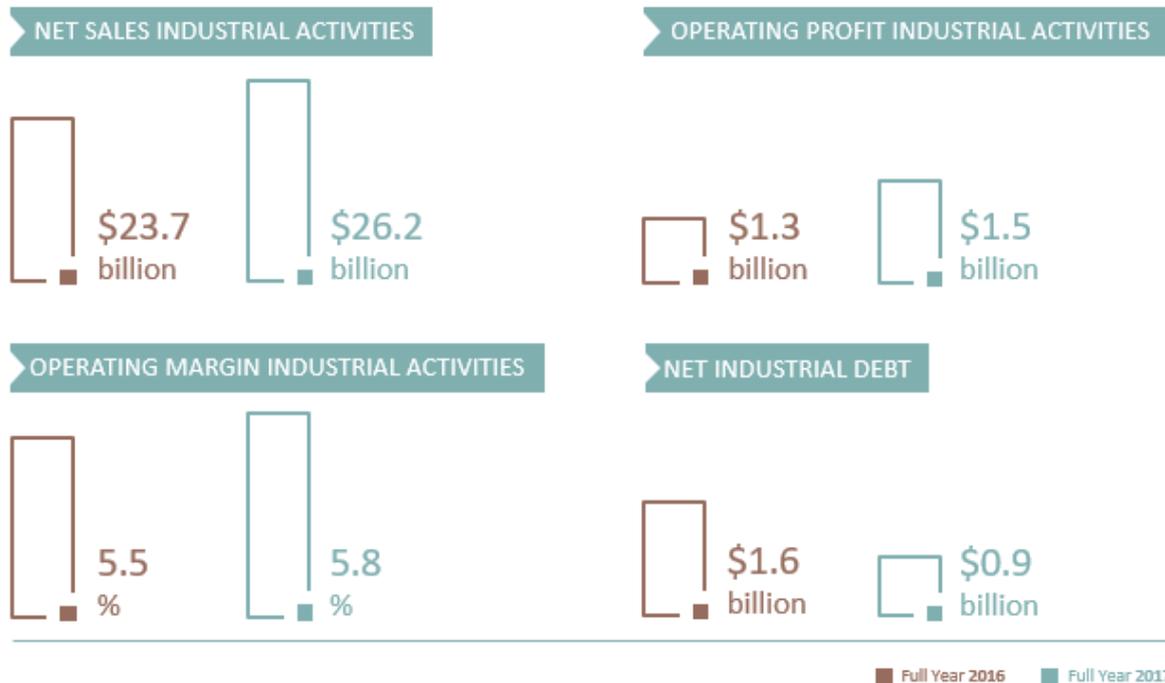


Figura 1.16 Risultati di Bilancio CNH Industrial [fonte: CNH Industrial Corporate presentation 2018]

Capitolo 2 – Paradigma Industria 4.0

2.1 Il nuovo paradigma Industriale

Come riporta la pagina ufficiale della Borsa Italiana [2], Industria 4.0 è il termine con il quale più comunemente viene indicata la quarta rivoluzione industriale, che fu introdotto per la prima volta nel 2011 durante la Fiera di Hannover.

Si parla di Quarta Rivoluzione Industriale perché fino ad adesso la storia industriale ha visto tre rivoluzioni [2]: la Prima Rivoluzione Industriale iniziata convenzionalmente nel 1784 (figura 1.17) e che vede l'introduzione della macchina a vapore, la Seconda Rivoluzione Industriale con la quale si assiste all' utilizzo dell'elettricità nei processi industriali ed all'introduzione del motore a scoppio ed infine la Terza Rivoluzione Industriale che segna la nascita dell'informatica la quale ha permesso di automatizzare molti processi industriali.

La Quarta Rivoluzione Industriale detta un nuovo Paradigma volto alla digitalizzazione dei processi industriali. La diffusione di Internet ha permesso infatti la creazione di sistemi Cyber-fisici

(macchinari connessi ad internet) che sempre più vengono integrati nei processi di trasformazione e non solo. Con sistemi Cyber-fisici ci riferiamo a macchinari intelligenti e connessi ad internet che sono capaci di sostituire l'attività umana sfruttando una moltitudine di tecnologie che in seguito analizzeremo singolarmente.

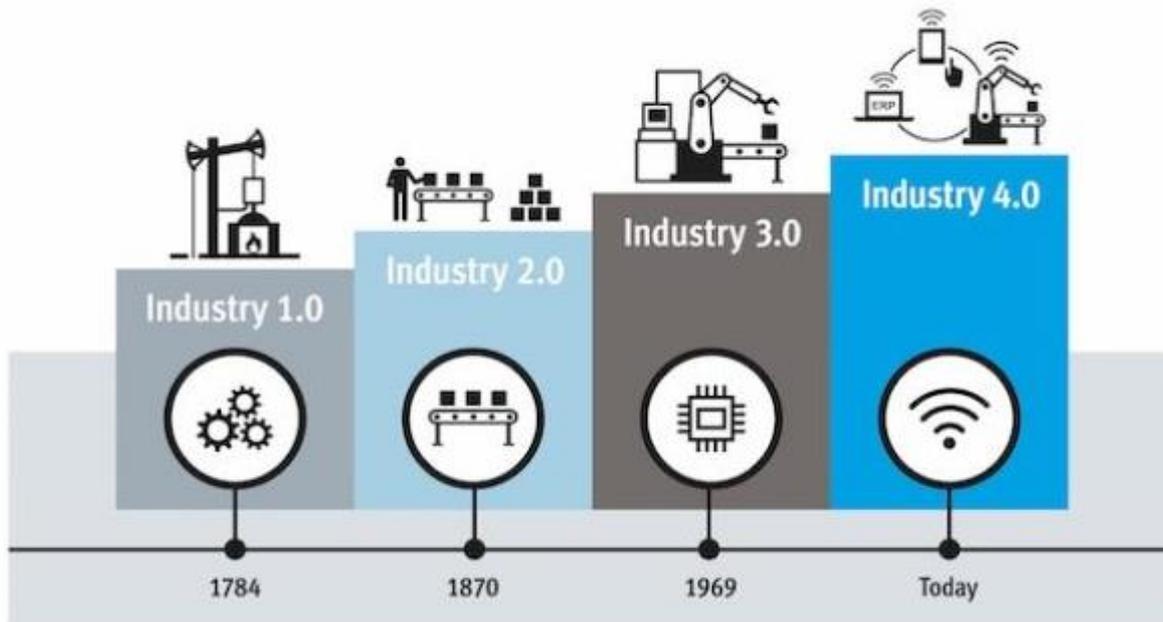


Figura 2.1 Le rivoluzioni industriali; [9]

I CFS (*cyber physical systems*) sono dotati di sensori che gli permettono di raccogliere una elevata mole di dati che possono inviare a delle piattaforme di aggregazione attraverso la loro connessione a internet (concetto di *IoT Platform*). Da queste piattaforme i dati derivanti dal processo vengono elaborati con applicazioni di Machine Learning e Big Data Analytics e le informazioni ottenute saranno utilizzate sia per alimentare sistemi di produzione autonoma sia per aiutare il management nel processo di *real time decision making*.

Ma l'Industria 4.0 non si ferma al perimetro industriale. La fabbrica connessa non è soltanto quella che utilizza le tecnologie di *Smart Manufacturing*, ma è quella che si trova in un ambiente integrato e connesso. Nell'era di Internet la connessione e lo scambio di informazioni con i clienti sono sempre più istantanei e continui. Il cliente crea la domanda, genera dati che mostrano le sue preferenze, e le informazioni derivanti indirizzano una produzione autonoma sempre più flessibile grazie alle nuove tecniche di produzione. La connessione con la Supply Chain è sempre più forte grazie ai nuovi sistemi di integrazione orizzontale e verticale, e ciò dà modo di ridurre ancora di più

sprechi, scorte, difetti per i materiali e di forniture. La connessione ad Internet degli *Smart Product*, siano essi capital goods o beni di consumo, consente al fornitore di monitorarne lo stato e l'utilizzo da remoto, permettendogli di dare così un supporto al cliente sia per quanto riguarda la manutenzione, sia offrendogli servizi aggiuntivi in un'ottica di *end-to-end integration* dell'intero ciclo di vita del prodotto. Si sviluppano così nuovi business model e servizi che permettono alle imprese di catturare sempre più valore ed aumentare i propri ricavi. [3]

Ma se da un lato vi è la creazione di più valore come parte del ROI degli investimenti 4.0, dall'altro vi è l'aumento dell'efficienza produttiva garantita da tali tecnologie. Tale aspetto sarà il focus di tale lavoro di tesi ed i driver di tale beneficio saranno discussi nel dettaglio nei capitoli successivi.

La Rivoluzione Digitale quindi interessa ogni aspetto industriale e sociale, e per tale motivo ha mobilitato non solo i colossi Industriali ma anche i Governi, che hanno adottato una serie di misure per incentivare anche le piccole medie imprese ad effettuare investimenti verso le nuove tecnologie.

In Germania – l'Unione di ricerca economia-scienza- sta spingendo le imprese verso l'utilizzo delle piattaforme IoT.

Negli Stati Uniti è stato fondato nel 2014 l' "Industrial Internet Consortium" (IIC) che vede la collaborazione dei grandi colossi industriali quali IBM, Cisco, General Electric, Intel, AT&T, con lo scopo di favorire la diffusione e creare degli standard tecnologici per l'utilizzo delle piattaforme IoT in ambito industriale. [4]

Dal 2014 numerose compagnie di tutto il mondo si sono unite al Consorzio arrivando ad oltre 250 imprese.

La Germania resta uno degli Stati più attivi verso il fenomeno Industria 4.0 (non a caso il termine è stato coniato da alcuni industriali tedeschi), infatti il Governo Federale ha istituito centri di Ricerca e Sviluppo stanziando più di 200 milioni di euro, ed ha emanato decreti di sgravio fiscale verso le imprese che investono nelle nuove tecnologie digitali [5]. Infine ha avviato una politica di Forte Governance con partecipazione statale in imprese che dovranno guidare questo processo di trasformazione industriale.

Come possiamo vedere nei due diversi Paesi il fenomeno è differente. Mentre negli USA la transizione al nuovo paradigma industriale è guidata dai grandi colossi industriali, in Germania, e più in generale in Europa, vi è la spinta centrale del Governi che cercano di guidare e dare incentivi alle imprese.

Stesso approccio degli USA è stato adottato in Giappone , dove alcuni esponenti di CNH Industrial hanno avuto modo di confrontarsi con figure importanti nel mondo della Lean Manufacturing che stanno guidando tale movimento.

Anche in Giappone è stato creato un Consorzio “ Industrial Value Chain Initiative” , che ha lo scopo di creare degli standard di applicazione delle nuove tecnologie, oltre che diffonderle. (CNH Industrial Japan Report, 2018)

Ogni ente, società o istituzione che si occupa di Industria 4.0 ha una propria visione, una propria strategia, e si focalizza su un determinato numero di tecnologie che ritiene più o meno disruptive da un punto di vista innovativo. Il motivo di tale fenomeno di discordanza è la numerosità di tecnologie che vanno a creare questo nuovo paradigma industriale e le altrettanto numerose modalità d’implementazione all’interno dei propri stabilimenti.

Nel paragrafo successivo si propongono i concetti di Industria 4.0 esposti da due importanti società di consulenza, Boston Consulting Group e Mckinsey.

1.2 Boston Consulting Group’s vision: le nuove tecnologie abilitanti



Figura 2.2 I 9 pilastri secondo BCG [7]

Secondo la società di consulenza Boston Consulting Group [7] la trasformazione digitale si basa su 9 pilastri (tecnologie) che possiamo vedere dalla figura 2.2 :

COBOTS:

Robot collaborativi in grado di lavorare a stretto contatto con gli operatori di linea in totale sicurezza grazie alle dimensioni ridotte ed ai sistemi di sicurezza (telecamere, sensori) che consentono l'arresto del Cobot in caso di situazioni pericolose. I Cobots aiutano gli operatori di linea, supportandoli o sostituendoli nelle attività di routine.



Figura 2.3 Cobots applicati lungo una linea di produzione. [<https://www.sirris.be/blog/will-your-next-employee-be-cobot>]

SIMULAZIONE

Tecnologia che permette di creare copie virtuali in 3D di processi o prodotti. Sono ampiamente utilizzate nelle fasi di progettazione, design e prototipazione. Con l'Industria 4.0 si arriva ad un nuovo livello di simulazione, il *Digital Twin*, ovvero la copia virtuale di un prodotto, processo, impianto, stabilimento, costruita utilizzando dati reali che arrivano dal mondo fisico.

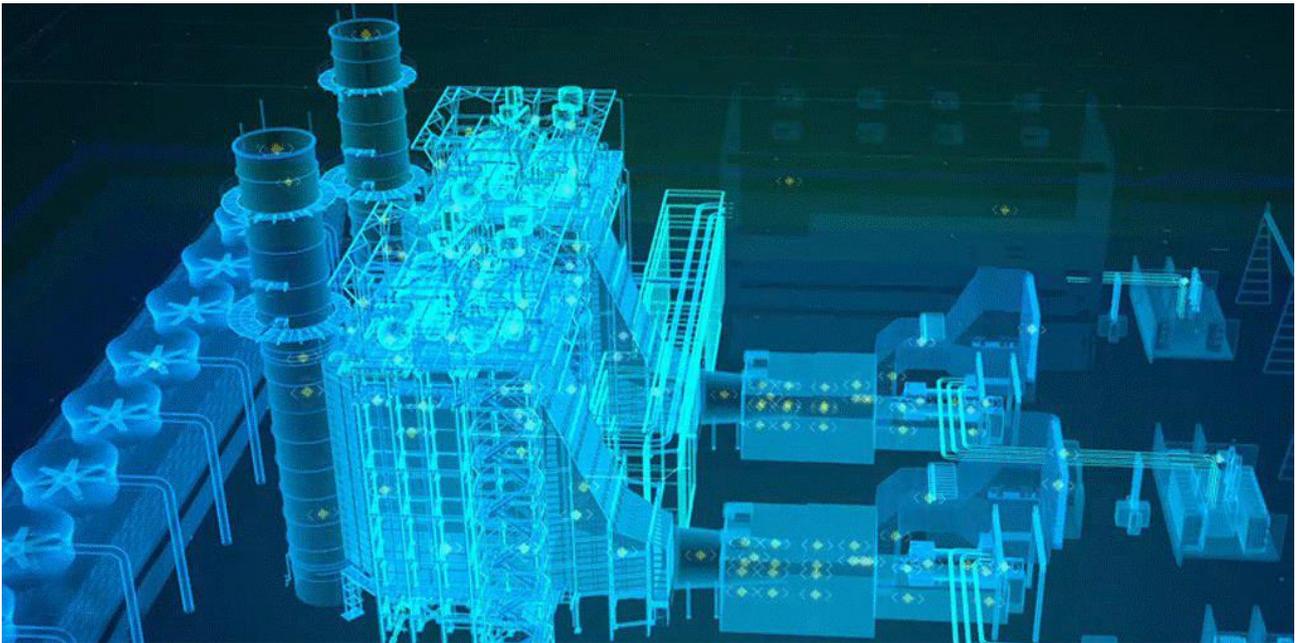


Figura2.4 Digital Twin di una raffineria di petrolio [8]

INTEGRATION SYSTEMS

Come possiamo vedere dalla figura 2.5, gli *Integration Systems* sono sistemi per l'integrazione orizzontale e verticale per le imprese che permettono una comunicazione ed un'elaborazione dati sempre più efficace ed efficiente con fornitori, clienti e tutti gli altri stakeholders.

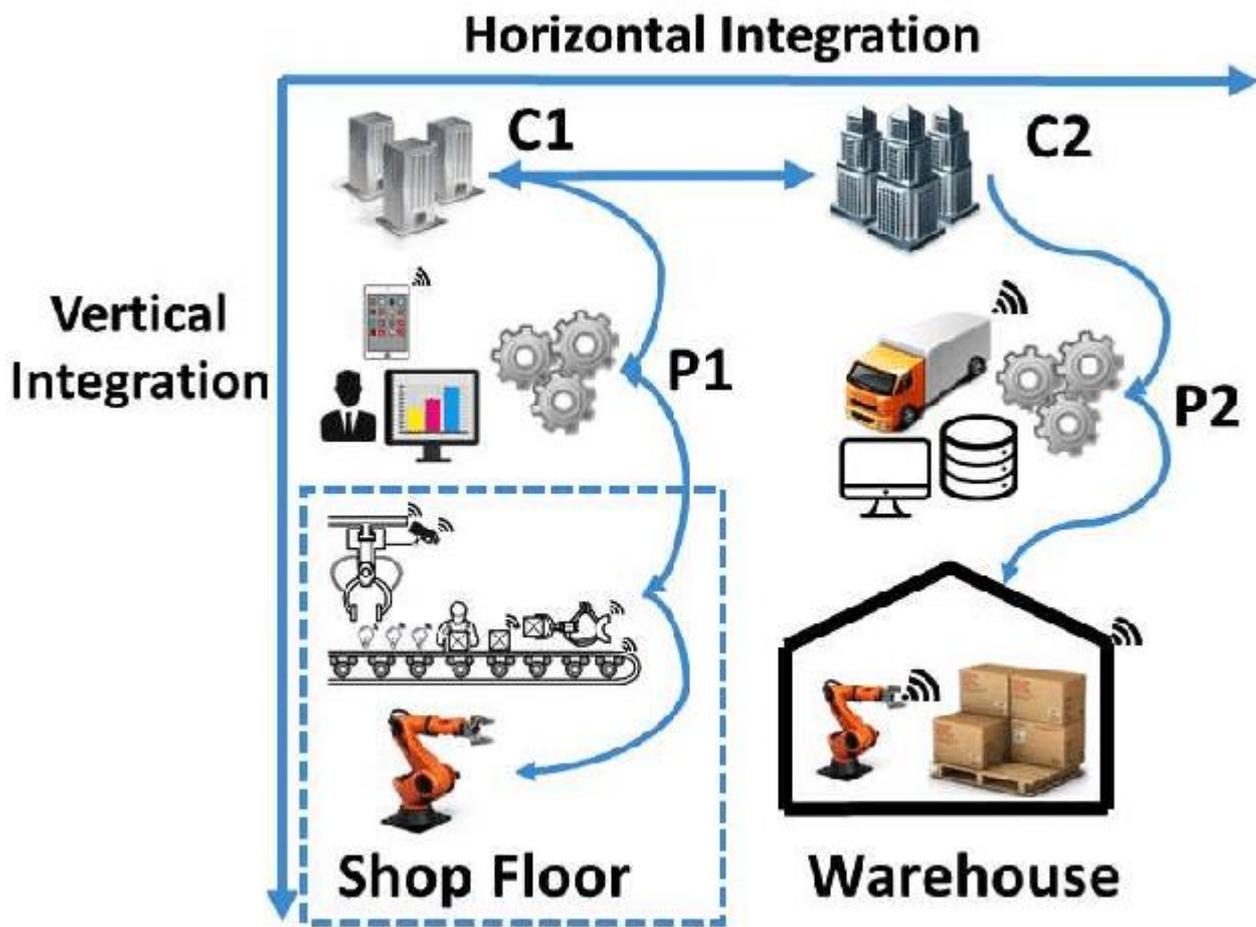


Figura 2.5 schema d'integrazione tra partner attraverso Integration Systems [https://www.researchgate.net/figure/Vertical-and-Horizontal-Integration_fig1_314522974]

IoT

Per comprendere il funzionamento dell'Internet of Things, immaginiamo di poter applicare la tecnologia e le funzionalità degli smartphone ai macchinari, robots, carrelli industriali, impianti e più in generale agli oggetti. Connessi ad internet questi saranno capaci di ricevere e mandare dati, potranno essere monitorati da remoto e saranno dotati di intelligenza artificiale. Tutti i dati raccolti attraverso sensori vengono poi elaborati su una piattaforma IoT, dove poi con l'utilizzo di Big Data Analytics verranno puliti ed analizzati.

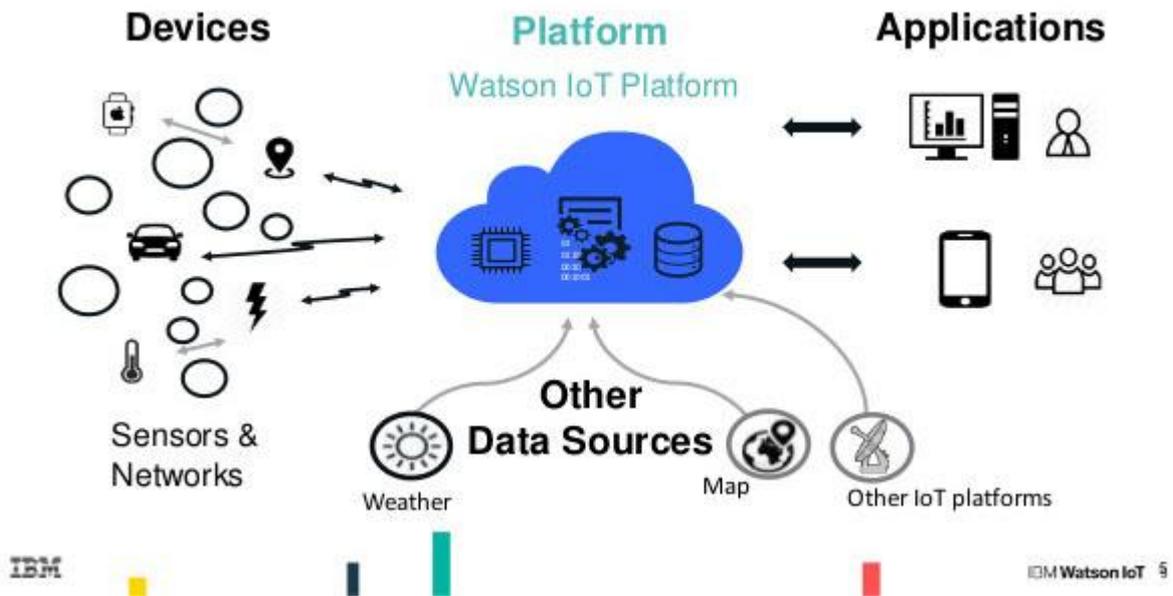


Figura 2.6 Schema di funzionamento della piattaforma Watson IoT di IBM [11]

CYBERSECURITY

Non si può parlare di Industria 4.0 senza parlare di sicurezza informatica. Gli oggetti connessi alla rete, i dati, possono essere continuamente bersaglio di attacchi da parte di hackers. Per tale motivo qualsiasi azienda voglia passare ad una digitalizzazione dei suoi impianti non può prescindere dal curare la propria sicurezza informatica. Una delle tecnologie di maggior rilievo in tale ambito è sicuramente la *Blockchain*.

CLOUD

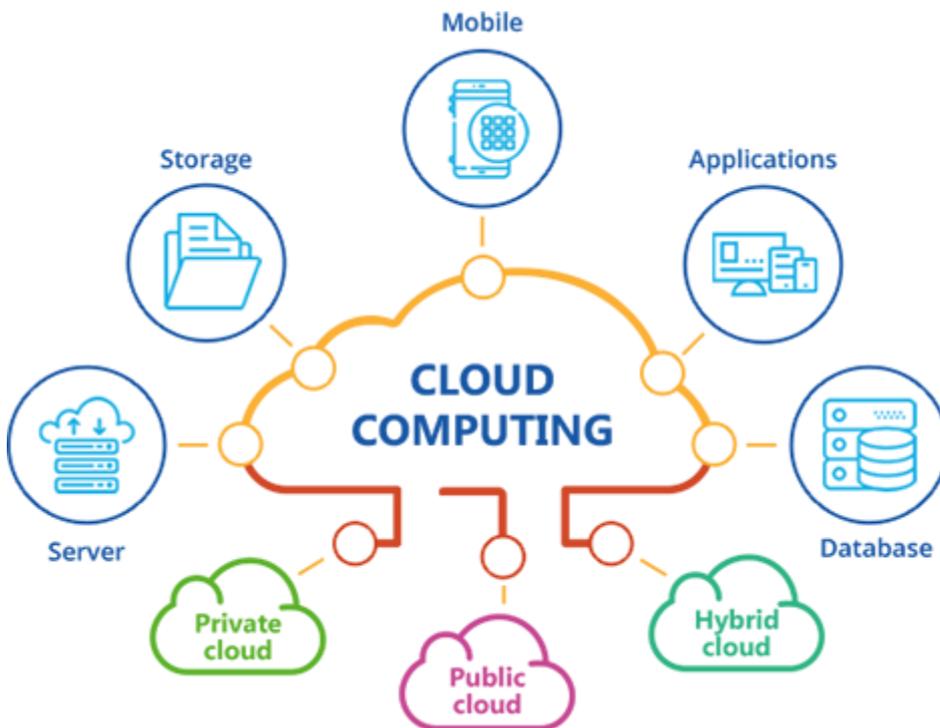


Figura 2.7 Esempio di sistema su base Cloud [10]

Il cloud computing è un'architettura per l'erogazione di servizi on demand, quali l'archiviazione dati ed altre applicazioni app o web-site. Le piattaforme cloud come possiamo vedere dalla figura 2.7 sono alimentate da un sistema hardware (database, server, dispositivi mobili) e da una componente software quali applicazioni on demand.

ADDITIVE MANUFACTURING

A differenza della manifattura sottrattiva che prevede la rimozione del materiale in eccesso da un blocco solido per ottenere un pezzo, con la manifattura additiva l'oggetto è costruito sovrapponendo successivi strati di materiale in apposite stampanti come quella che possiamo vedere nella figura 2.8.

I vantaggi sono la flessibilità nella forma e nelle caratteristiche del prodotto, e la possibilità di utilizzare materiali più leggeri ed allo stesso tempo resistenti.

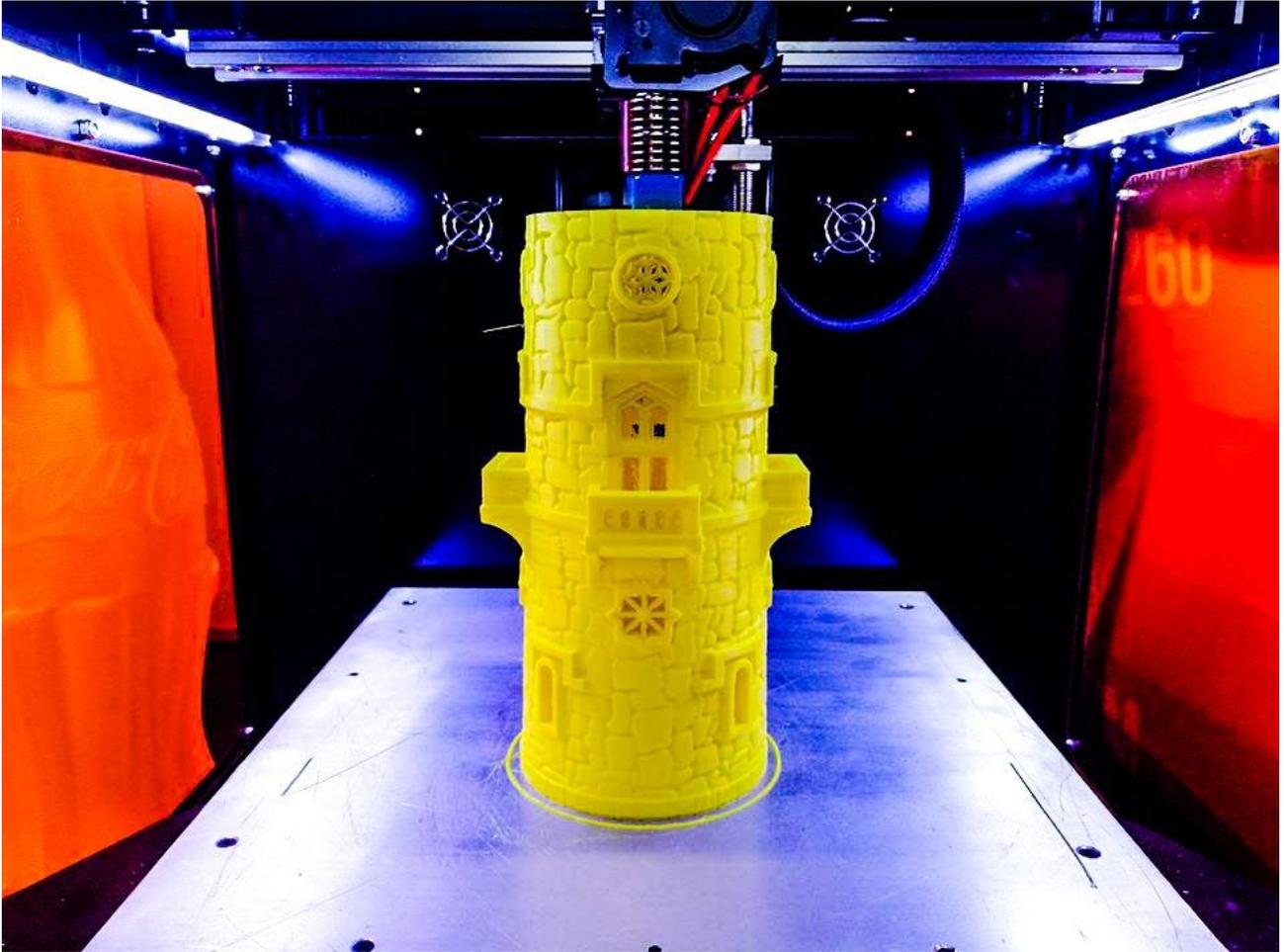


Figura 2.8 Esempio di 3D Printer [12]

REALTA' AUMENTATA

I sistemi di Realtà Aumentata o Realtà Mista (ambiente semi virtuale) come i Microsoft Hololens (occhiali) che possiamo vedere nella figura 2.9, amplificano la realtà vista dall'utilizzatore fornendo informazioni su ciò che osserviamo.



Figura 2.9 Microsoft HoloLens . [13]

BIG DATA AND ANALYTICS

Come accennato in precedenza con Big Data Analytics s'intendono tutti gli algoritmi e gli strumenti software per l'analisi dei Big Data, ovvero dati massivi non strutturati. I Big Data Analytics costituiscono un elemento imprescindibile dell'Industria 4.0, con i quali si va a sfruttare nel proprio business tutta la mole di dati che proviene da fornitori, clienti e dallo stesso *shop floor* aziendale.

Tutte le precedenti tecnologie sono state introdotte molto brevemente per avere una panoramica di un concetto così ampio come l'Industria 4.0.

In seguito si tratteranno tali argomenti in modo più approfondito da una prospettiva principalmente economica (Capitolo 5).

2.3 McKinsey's View

In ottica Mckinsey [14] l'Industria 4.0 andrà ad ottimizzare ogni ambito aziendale: utilizzo asset, lavoro, magazzino, qualità, gestione supply chain, time to market, servizio post vendita, utilizzo risorse.

Nella figura 2.10 sono evidenziati i *main driver* indicati da Mckinsey per ognuno di questi ambiti. Inoltre la società ha anche stimato quelli che potrebbero essere i benefici che porteranno le nuove tecnologie, stratificandoli per ambito industriale.

Un particolare focus è indirizzato alle seguenti tecnologie (o metodologie):

- *Human Robot collaboration* per un aumento della produttività
- *Remote Monitoring and Control* per ridurre i downtime macchina
- *Predictive Maintenance* per ridurre i costi di manutenzione
- *3D Printing* per uno snellimento dei magazzini
- *Predictive Quality* per ridurre i costi di controllo qualità
- *Digital Twin e 3D Printing* per ridurre il time to market velocizzando la fase prototipale del prodotto

Predictive Quality e Predictive Maintenance sono delle applicazioni dell'IoT e Machine Learning che verranno meglio esposte in seguito quando analizzeremo i benefici e gli use cases che ne derivano.

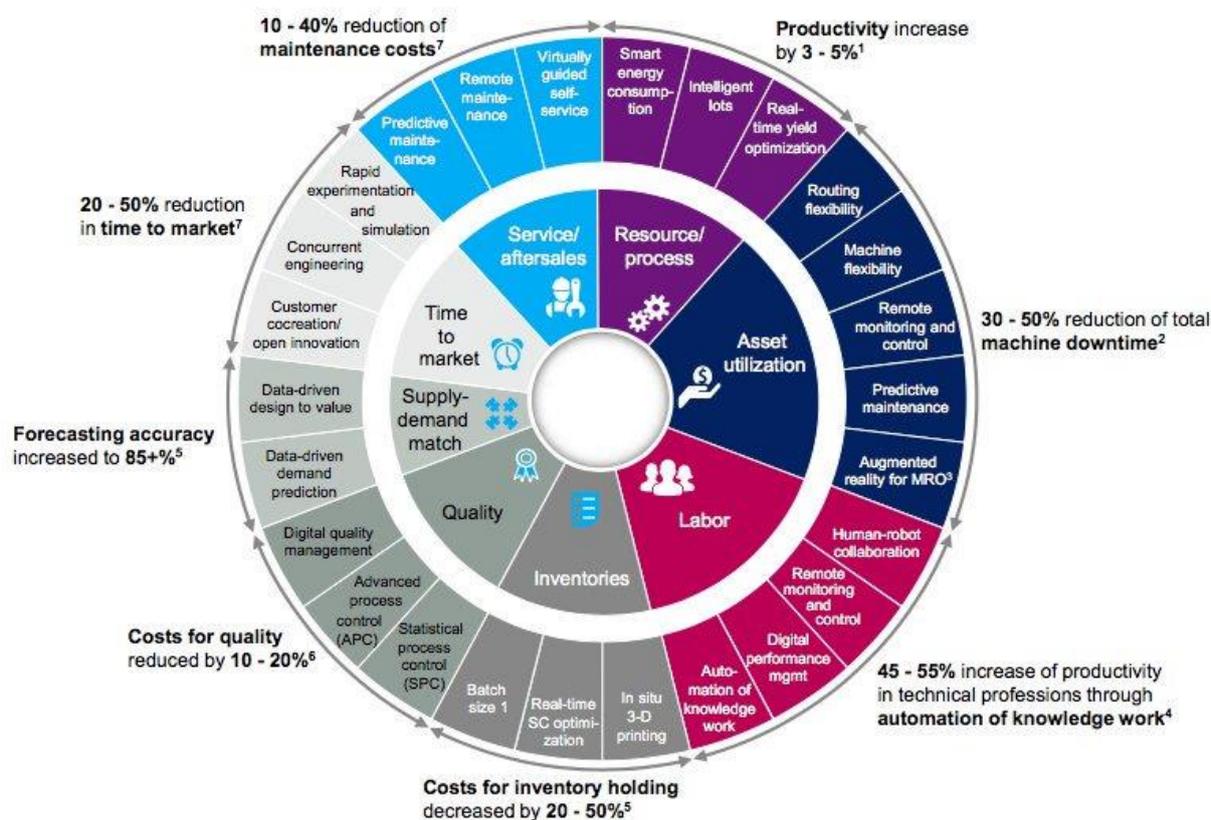


Figura 2.10 Mckinsey 14.0 use cases per l'efficienza[14]

2.4 Modelli BCG-McKinsey a confronto

Ogni società ha una propria *vision* e definizione di Industria 4.0, da cui derivano anche i propri target tecnologici ed il proprio piano strategico verso le nuove tecnologie.

Boston Consulting Group ha individuato i 9 pilastri (tecnologie) su cui basare la trasformazione digitale, mentre Mckinsey ha un approccio più Top Down, e parte dalla *value chain* aziendale da cui cercare le tecnologie per ottimizzarla.

Il primo approccio permette di conoscere a priori quali processi aziendali si vanno ad ottimizzare con l'implementazione di una data tecnologia e quali vantaggi strategici si possono avere. Tuttavia la generalizzazione di alcuni concetti e pratiche potrebbe portare in alcuni casi a scarsi risultati, infatti secondo i risultati di una ricerca nata dal progetto "*Best Practice 4.0*", che ha visto una collaborazione tra l'Università di Brescia ed i Giovani Imprenditori di Confindustria Lombardia, il punto di partenza per un percorso verso il 4.0 è l'analisi dei propri processi. Individuando i punti di forza e di debolezza si determina dove intervenire e con quali tecnologie, in tal modo si può massimizzare il ROI dell'investimento [17]. Quanto suggerito dal RISE è quello che cerca di implementare Mckinsey per i suoi clienti, ovvero partire da un'analisi della value chain, dei

processi e dell'organizzazione, per individuare i punti deboli e selezionare le tecnologie più adatte a risolvere questi ultimi. Tuttavia McKinsey nella sua descrizione all'Industria 4.0 si focalizza principalmente sui vantaggi operativi delle nuove tecnologie e tale visione focalizzante sui costi potrebbe limitare l'utilizzo di tutto il potenziale di una tecnologia in termini di aumento dei ricavi ed ulteriori vantaggi che sono esposti nel paragrafo successivo.

2.5 I vantaggi strategici e le difficoltà della Trasformazione Digitale

Secondo la società di consulenza Forrester [15], la trasformazione digitale nel mondo manifatturiero dovrebbe focalizzarsi sia sul cliente che sull'eccellenza operativa. Ridurre i costi, ma creare anche valore per il consumatore con un miglioramento della qualità del prodotto e del servizio. Servizio che assume sempre più importanza in un'ottica di end-to-end integration.

La stessa società ha ideato un modello per la valutazione della maturità digitale di un'impresa basato sulla valutazione di 5 fattori chiave per perseguire una trasformazione digitale [15]:

- Vision and Strategy : visione della propria impresa e del proprio business in un ambiente completamente digitale ed una strategia ben delineata per raggiungere tale obiettivo
- Talenti: il personale, managers e dirigenti con competenze e skills adatte a gestire il cambiamento.
- Tecnologie: le nuove tecnologie sono un fattore imprescindibile per assicurare la digitalizzazione dei processi.
- Struttura Organizzativa: le sole tecnologie e le *skills* non sono sufficienti se non vi è una struttura organizzativa in cui tali risorse vengono combinate ed implementate correttamente.
- Cultura aziendale: la cultura verso il cambiamento, la capacità dell'organizzazione di innovarsi.

Molte aziende ancora faticano nell'approcciarsi all'Industria 4.0 non solo a causa di risorse finanziarie ma anche per difficoltà nel riuscire a vedere oltre lo stato attuale della propria industria, tuttavia quasi tutte le imprese tentano anche senza una visione ben precisa, di passare al nuovo Paradigma Industriale per via dei numerosi vantaggi che se ne possono avere.

Molti sono gli obiettivi che si perseguono con il voler implementare le nuove tecnologie all'interno del proprio mondo manifatturiero:

- Miglioramento della Customer Experience ed aumento fidelizzazione clienti

Produrre on demand soddisfacendo le specifiche richieste dal consumatore grazie ad una produzione flessibile ed una supply chain snella e digitalizzata, offrire nuovi servizi al cliente in un'ottica di servizio complementare al prodotto secondo le logiche dell' end to end integration, non possono che migliorare l'esperienza del consumatore nell'acquisto ed utilizzo del prodotto o servizio.

- Riduzione dei costi

Si stima che l'Industria 4.0 a livello globale genererà, dal 2018 al 2022, un aumento medio della produttività aziendale compreso tra il 15 e il 30% (elaborazione su dati 2017 McKinsey, PWC, Accenture), con una riduzione media dei costi operativi d'impresa tra il 3,6% e il 5,4% su base annua. [16]

Un esempio d'implementazione per la riduzione dei costi è quello della società Atom SpA [17].

Atom Spa ricopre un ruolo di leadership nel mondo della produzione di impianti e macchinari per il taglio di materiali flessibili e semirigidi, e sta utilizzando l'Additive Manufacturing per un miglior servizio post vendita. Rifornendo le filiali commerciali con stampanti 3D, si riducono i tempi di assistenza al cliente e si permette anche agli stabilimenti produttivi di ridurre a minimo i pezzi di ricambio ed il numero di scorte a magazzino.

La tecnologia difatti semplifica molto il processo produttivo e lo ridimensiona permettendo una produzione decentralizzata di alcune componenti.

- Aumento dei ricavi

Per quanto detto in precedenza, da studi effettuati da alcune importanti società di consulenza emerge che l'industria 4.0 possa portare ad un aumento della produttività e quindi a parità di assets si può produrre di più. Se il mercato sarà in grado di assorbire tale offerta vi sarà sicuramente un aumento dei ricavi, spinti in alto anche dall'integrazione di servizi aggiuntivi che ampliano l'offerta ed aumentano il valore percepito dal consumatore. Per esempio molte aziende produttrici di capital goods stanno offrendo un servizio di manutenzione predittiva sui propri prodotti.

- Agilità e flessibilità organizzativa

L'industria 4.0 permette di abbattere le barriere tra le diverse unità organizzative aziendali, e tra le stesse aziende. I sistemi d'integrazione verticale ed orizzontale favoriscono la comunicazione e la collaborazione intrafunzionale dando all'organizzazione la capacità di rispondere velocemente al mercato e all'ambiente esterno.

Secondo la società di consulenza Deloitte, nel settore Automotive ma non solo, l'Additive Manufacturing potrà dare grande flessibilità alle imprese sostenendo il fenomeno della *Mass Customization* [18]. Infatti tale tecnologia permette di ridurre la scala minima efficiente per la produzione di massa permettendo di avere nello *shop floor* costi di *Changeovers*, ovvero di cambiamento della produzione lungo la linea, quasi nulli. In tal modo sarà possibile produrre ogni singolo prodotto rispettando le diverse specifiche richieste da cliente a cliente.

- Innovazione di prodotto e di servizio

Con l'utilizzo delle nuove tecnologie i tempi di sviluppo di nuovi prodotti saranno sempre più brevi. Tecnologie come il digital twin e la simulazione permettono di ridurre notevolmente i tempi di design e prototipazione del prodotto permettendo uno sviluppo più rapido.

Anche l'Additive Manufacturing può essere molto utile da questo punto di vista. Prendiamo come esempio ancora una volta la società Atom SpA.

La nuova tecnologia permette una maggiore flessibilità e velocità nella risposta ai clienti, in particolare nello sviluppo di nuove soluzioni su richiesta interna ed esterna.

L'Azienda ha registrato una riduzione dell'80% del Time to Market, grazie alla diminuzione dell'80% del tempo della fase prototipale. Con l'AM (Additive Manufacturing) si può produrre in house le componenti plastiche per i prototipi riducendo costi e tempi di attesa per la produzione esterna.[17]

Se invece consideriamo i servizi, la connessione continua con il consumatore permette di offrirgli sempre nuovi servizi che soddisfano tutte le sue esigenze, a volte anche anticipandole grazie ad un'analisi di dati ormai raccolti in ogni ambito della quotidianità.

- Nuovo business model

Molte sono le aziende che sfruttando le nuove tecnologie introducono nuovi business model oppure decidono di diversificare il loro business già esistente. Un esempio è la società Leghe Leggere Lavorate Srl che ha utilizzato l'Additive Manufacturing per diversificare il proprio business. Leghe Leggere Lavorate è una PMI specializzata nella realizzazione di manufatti in acciaio, titanio, alluminio e altre leghe speciali per applicazioni particolari in ambito medicale[17]. L'azienda sta sfruttando questa tecnologia attraverso una serie di collaborazioni con fornitori esterni per la realizzazione di soluzioni customizzate.

Grazie alla simulazione 3D della specifica protesi e, partendo dalla radiografia eseguita digitalmente dal medico ortopedico, l'azienda riesce a modellare la specifica protesi customizzata sulla base delle caratteristiche del paziente stesso.

L'unico ostacolo all'implementazione su larga scala sono i costi dei macchinari, ma la nuova tecnologia ha già sviluppato uno nuovo business per l'impresa. Nuovo business che punta ad una nuova nicchia di mercato. [17]

Le aspettative e gli obiettivi che ci si attende da un investimento dettano anche quelle che sono le metodologie con cui si va a valutare un investimento in 4.0. Per esempio l'implementazione di una tecnologia come la Visione Artificiale in un punto di controllo del processo, può avere sia finalità di riduzione dei costi legati alla qualità, sia finalità di miglioramento delle specifiche del prodotto quindi della *customer satisfaction*. Quindi i benefici di un investimento possono e devono essere guardati da punti di vista differenti, e bisogna fare attenzione agli indicatori utilizzati per il calcolo del relativo ROI.

2.6 Diversi approcci all'Industria 4.0

Il modo in cui un'azienda decide di avvicinarsi al mondo dell'Industria 4.0 è da considerarsi una vera e propria scelta strategica e non come un normale investimento. Per tutti i vantaggi visti in precedenza e per la numerosità di tecnologie che vanno a far parte di tale fenomeno, l'Industria 4.0 è da considerarsi nelle industrie, ma anche nella società in ogni suo lato, un fenomeno *disruptive*.

La decisione di investire in tecnologie digitali per creare una propria fabbrica digitale, o un nuovo business, dev'essere gestita strategicamente sia da un punto di vista di gestione interna di tale processo di sviluppo, sia da un punto di vista della quantità e della tipologia degli investimenti.

Approccio esplorativo ed approccio evolutivo.

Scegliere di avere un approccio esplorativo significa utilizzare le nuove tecnologie per cambiare il proprio business model. Vi è un cambiamento radicale del modo in cui un'azienda crea valore per i propri clienti. Utilizzare un approccio esplorativo verso l'Industria 4.0 porta le imprese a creare un ecosistema produttivo di cui fanno parte fornitori e clienti completamente automatizzato.

Automatizzare qualsiasi attività del processo di trasformazione, gestione del magazzino, controllo qualità e manutenzione. La produzione e l'intera gestione della supply chain completamente *data-driven* ovvero guidate dai dati, che possono essere di mercato oppure registrati all'interno dello stabilimento. Oltre al radicale cambiamento interno, l'approccio esplorativo porta l'impresa anche a

sviluppare nuovi prodotti e servizi che aprono le porte a nuovi mercati, come per esempio nel caso della società Leghe Leggere Lavorate di cui si è parlato in precedenza.

Al contrario scegliere di avere un approccio evolutivo verso l'Industria 4.0 significa apportare innovazioni incrementali all'interno dei propri stabilimenti. Utilizzare le nuove tecnologie per ridurre i costi, innovare i propri prodotti e servizi, digitalizzare il flusso di dati all'interno dello stabilimento, potenziare gli operatori con *devices* che migliorano la loro performance e le loro condizioni di lavoro. A differenza del primo approccio, il secondo prevede rischi ed investimenti ridotti ed è quello più utilizzato dalle PMI che vogliono avvicinarsi al nuovo Paradigma Industriale.

Un esempio di implementazione incrementale molto utile che può migliorare notevolmente le prestazioni di uno stabilimento è l'utilizzo di sensori da installare sui macchinari già pre-esistenti all'interno dello stabilimento (Retrofitting[18]) per monitorare le condizioni di lavoro dei macchinari. Tale processo è la forma più semplice di utilizzo dell'Internet of Things, che non permette di fare manutenzione predittiva né qualità predittiva com'è possibile fare con le piattaforme IoT, ma può dare comunque numerosi benefici.

Approccio top-down ed approccio bottom-up

Altra decisione strategica molto importante è quella di assegnare all'interno dell'organizzazione le responsabilità per lo sviluppo dell'Industria 4.0 ed indicare le modalità con cui tale sviluppo deve avvenire.

Si possono riconoscere due approcci principali. Un approccio Top-down dove la direzione centrale dell'organizzazione si occupa di sponsorizzare e gestire i progetti d'innovazione. Per facilitare il controllo in questo caso vengono creati dei centri di ricerca e sviluppo o degli stabilimenti pilota in cui si iniziano a sperimentare ed utilizzare le nuove tecnologie. Vengono scelti sempre all'interno di tali strutture gli standard tecnologici da adottare ed i relativi fornitori. Il vantaggio di tale approccio è sicuramente il controllo sul processo d'innovazione e la standardizzazione delle tecnologie, tuttavia il processo di *knowledge transfer* dai centri pilota agli stabilimenti richiederà tempi lunghi.

Un secondo approccio possibile è quello bottom up, ovvero far partire il processo di trasformazione dal basso degli stabilimenti. Dando un budget agli stabilimenti di solito si lascia a questi ultimi di scegliere quali PoC (proof of concept) avviare in linea con le proprie necessità. Con tale approccio non solo si iniziano a portare le nuove tecnologie all'interno degli stabilimenti ma si iniziano anche ad utilizzarle per risolvere dei problemi esistenti. Per esempio lo stabilimento CNH Industrial del segmento Powertrain, Torino Driveline, aveva il problema dello spostamento di semilavorati molto

pesanti per un operatore, nel 2018 lo stabilimento ha avviato in collaborazione con Comau un progetto di installazione di un Cobot per effettuare tale attività.

Inoltre avviando già il processo di trasformazione all'interno degli stabilimenti il processo di knowledge transfer risulterà essere meno dispendioso. Le problematiche derivanti da tale approccio, a meno di un forte coordinamento tra tutti i plant, cosa che risulta molto difficile per una società Multinazionale, potranno essere le discordanze sugli standard tecnologici adottati e sui fornitori, la possibilità di escludere tecnologie molto rilevanti ed allo stesso tempo duplicare investimenti in ricerca e sviluppo presso i vari stabilimenti.

Capitolo 3 – Investimenti iniziali in Industria 4.0

3.1 Approccio CNH Industrial

CNH Industrial ha scelto di avere un approccio evolutivo verso l'Industria 4.0, indirizzando i nuovi investimenti verso programmi di miglioramento del proprio business e dei propri processi industriali.

La società ha avviato partnership a livello Global con importanti player dell'Industria 4.0 con le quali si sta cercando di innovare prodotti e servizi per i clienti.

Allo stesso tempo nei vari stabilimenti sono stati avviati progetti pilota per iniziare a sperimentare i vari use cases ed i vantaggi delle tecnologie per poter poi implementarle *worldwide*.

In seguito verranno indicate le tecnologie sulle quali i vari stabilimenti stanno lavorando, use cases attesi nei vari progetti ed i vantaggi che si potranno ottenere.

Inoltre si introdurranno i processi di innovazione di servizio avviati nei segmenti Agricoltura e Veicoli Commerciali.

3.2 Tecnologie in fase di sviluppo e progetti avviati.

Le tecnologie proprie dell'Industria 4.0 vengono di solito classificate come Operational Technologies (OT) ed Information Technologies (IT). Le prime vanno a supportare in modo diretto le attività operative all'interno dei vari stabilimenti, le seconde invece potenziano la comunicazione ed il controllo intraziendale ed interaziendale, supportando indirettamente anche l'Operational management.

Numerose sono le tecnologie che fanno parte di queste due categorie ed alcune sono già state descritte nei paragrafi precedenti. Si descrivono in seguito quelle che sono state attualmente in via di sviluppo all'interno di CNH Industrial. Tuttavia già nel 2019, nuove soluzioni tecnologiche inizieranno ad essere sperimentate.

OT

Augmented Reality

Virtual Reality

Motion Capture

Additive Manufacturing

Cobots

Adaptive AGV's

Smart Communication

RFID

IT

Digital Twin

CIM 4.0

IoT

Machine Learning

Tabella 1. Uses Cases e Progetti Pilota CNH Industrial per le principali tecnologie 4.0. [fonte: CNH Industrial Industry 4.0 Project status,2018]

Tecnologie	Use cases	Potenziati svantaggi o difficoltà	Progetti pilota CNHi avviati nel 2018
Augmented Reality	Supporto agli operatori nelle varie fasi di produzione, assemblaggio, picking, controllo qualità	Capacità dell'operatore di lavorare con un supporto visivo per un periodo di tempo prolungato	-New Holland (logistics) -Wichita -Annonay (assembly) -Sorocaba (Painting Simulator) -Zedelgem
Blockchain	Sicurezza in ambiti: -Tracciabilità del prodotto -Comunicazione Machine to Machine -IoT e IIoT -Utilizzo Industrial Data Platform	Rischio di perdere il controllo della gestione dei propri processi aziendali.	Nessun progetto attivo
Virtual Reality	- Training operatori - Test drive per product experience -bassi costi d'implementazione	Nessuno	-New Holland (fork truck training) -Zedelgem (assembly workstation training) -Contegem (Virtual Reality for

			Professional Maintenance)
Additive Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> -Accelerazione fase prototipale -Riduzione sprechi materiale -Nuovi materiali più leggeri e resistenti -Riduzione componenti a magazzino presso filiali -mass customization -produzione tools per fasi di testing o assemblaggio 	<ul style="list-style-type: none"> -Produzione ancora non estendibile su larga scala - elevati costi - Impossibilità di rispettare i tac time attuali 	<ul style="list-style-type: none"> -Dandenong (3D Printing) -Bourbon Lancy (Plastic 3D Printing) -New Holland (Plastic 3D Printing)
Motion Capture	<ul style="list-style-type: none"> -Miglioramento ergonomia del lavoratore e del posto di lavoro - Possibilità di tenere traccia di lavorazioni non convenzionali 	<ul style="list-style-type: none"> - Posizionamento delle telecamere per catturare i movimenti - Dispositivi da indossare 	<ul style="list-style-type: none"> -Noida (MC for automatic SOP) -Madrid (MC for WPI)
Cobots	<ul style="list-style-type: none"> -Supporto agli operatori -Automazione della produzione - Capacità di eseguire lavori ripetitivi/noiosi senza affaticarsi 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevati costi (dimensioni cobot e payload) -Collaborare con gli operatori in sicurezza -Ancora difficile utilizzo del Machine Learning 	<ul style="list-style-type: none"> -Suzzara (Cobot for welding station) -Torino Driveline (axle assembly)

	- Non necessitano di barriere protettive		
Adaptive AGV's	-automazione operazioni logistiche - Capacità di scegliere il percorso più efficiente	-Necessario relayout del plant -installazione guida - Diffidenza da parte degli stabilimenti ad avere veicoli che si muovono autonomamente all'interno dello stabilimento stesso	-Valladolid (Laser Smart AGV's) -Torino Driveline (Adaptive AGV's for Kitting)
Smart Communication (insieme degli strumenti e dei sistemi digitali che permettono ce la comunicazione intraorganizzativa sia rapida e real time)	-facile implementazione -miglioramento comunicazione intraorganizzativa -riduzione NNVA operatori attraverso work instructions o checklist	- difficoltà iniziale di adattamento da parte degli operatori - rischi per la sicurezza aziendale	-Madrid (i-operator) - Coex (i-terminal)
Rfid (radio-frequency identification)	-miglioramento tracciabilità prodotti finiti, semilavorati, componenti -controllo e monitoraggio produzione grazie al collegamento coi sistemi PLC dei macchinari	-l'esigenza dell'intervento umano per gestire uno scanner o un lettore che trasmette il contenuto	-Croix

<p>Digital Twin</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Riduzione dei costi di sviluppo prodotto ed ingegnerizzazione -applicazione in controllo qualità, con maggiore efficacia -velocizzare processo manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> -costi d'implementazione -necessità di avere infrastruttura IoT - 	<p>-Suzzara (Digital Twin for Quality)</p>
<p>IIoT</p>	<ul style="list-style-type: none"> -predictive maintenance -predictive quality -Monitoring e controllo da remoto -connessione tra shopfloor e livelli superiori 	<p>-implementazione rete</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Goodfield (Automatic OEE Management) -Suzzara (2 progetti in Predictive Maintenance) -Foggia (Predictive maintenance in block machining) -Sorocaba (predictive Maintenance) -Sete Lagoas (Data collection and management System)
<p>Machine Learning</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Creazione intelligenza artificiale - elevata automazione 	<ul style="list-style-type: none"> - necessità di un'elevata mole di dati 	<p>-Wichita (Machine Learning to reduce missing parts, in collaborazione con la Wichita State University)</p>
<p>Big Data Analytics</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Real time decision making -predictive Quality -predictive maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> -necessità di un'elevata mole di dati -perdita di controllo dei dati 	<p>Nessun progetto.</p>

	-real time market demand analysis		
--	--------------------------------------	--	--

3.3 L'utilizzo della stampa 3D : il caso Valladolid

Un esempio di progetto pilota è quello di Additive Manufacturing sviluppato presso lo stabilimento di Valladolid.

Quello di Valladolid è stato uno dei primi plant (Iveco) ad utilizzare dell'Additive Manufacturing producendo strumenti ed utensili per la produzione in house.

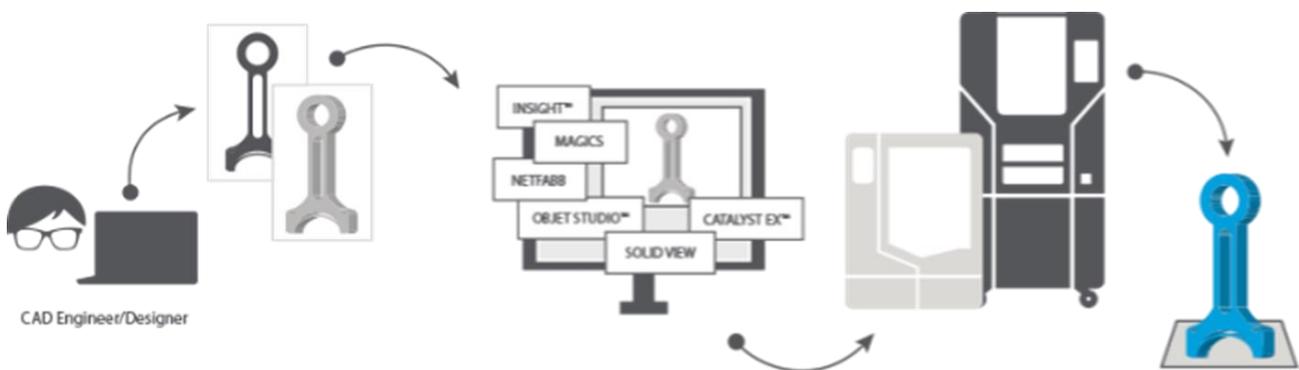


Figura 3.1 processo di progettazione e produzione in Additive Manufacturing [fonte: Valladolid AM report, 2018]

Come possiamo vedere dalla figura 3.1, il primo step per la produzione in 3D è disegnare l'oggetto a computer con l'utilizzo di un CAD.

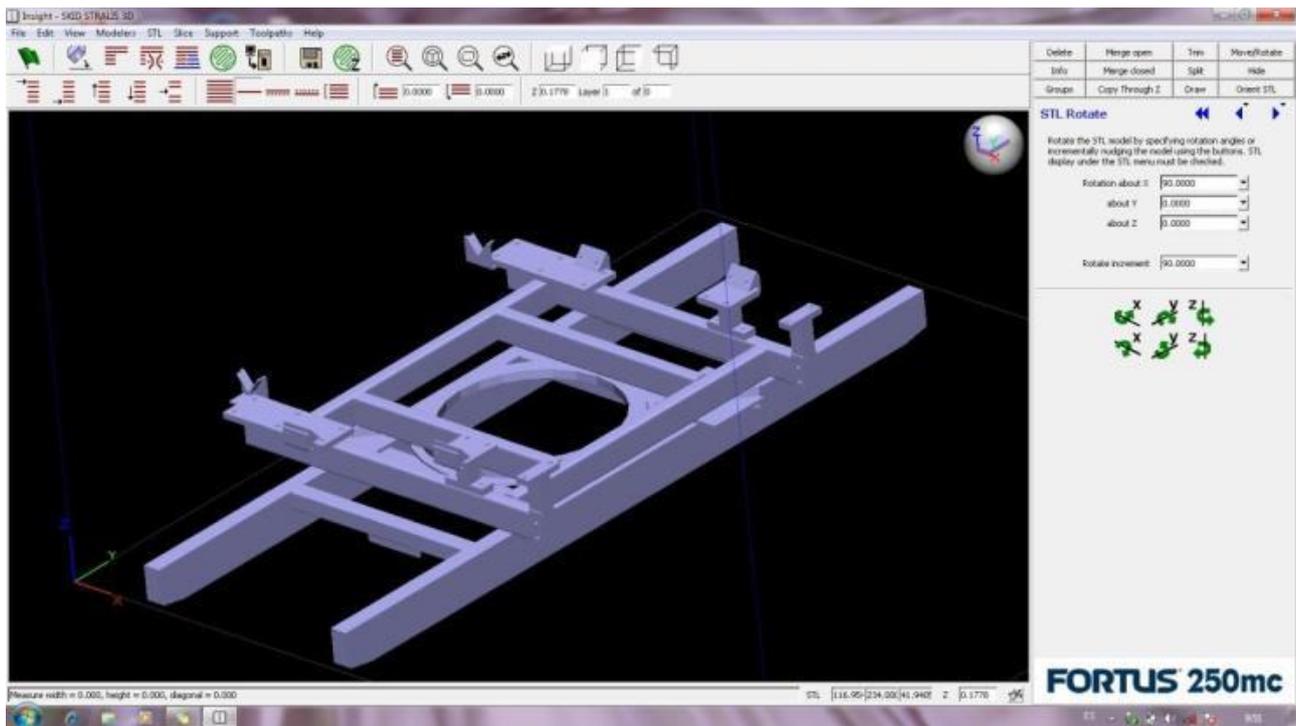


Figura 3.2 progettazione di un oggetto in CAD [fonte: Valladolid AM report, 2018]

Successivamente uno specifico software modifica l'oggetto presente in un file scomponendolo in strati. Il file con l'oggetto stratificato è inviato in input alla stampante 3D che inizia la produzione stampando l'oggetto strato dopo strato.

In commercio ci sono varie topologie di stampante 3D:

- FDM (Fused Deposition Modeling)
- SLS (Selective Laser Sintering)
- SLA (Stereolithography)
- Polyjet
- EBF (Electron Beam Melting)
- DMLS (Direct Metal Laser Sintering)

Il Team di Valladolid che si è occupato del progetto ha deciso di utilizzare una stampante 3D FDM oggetto della figura 3.3

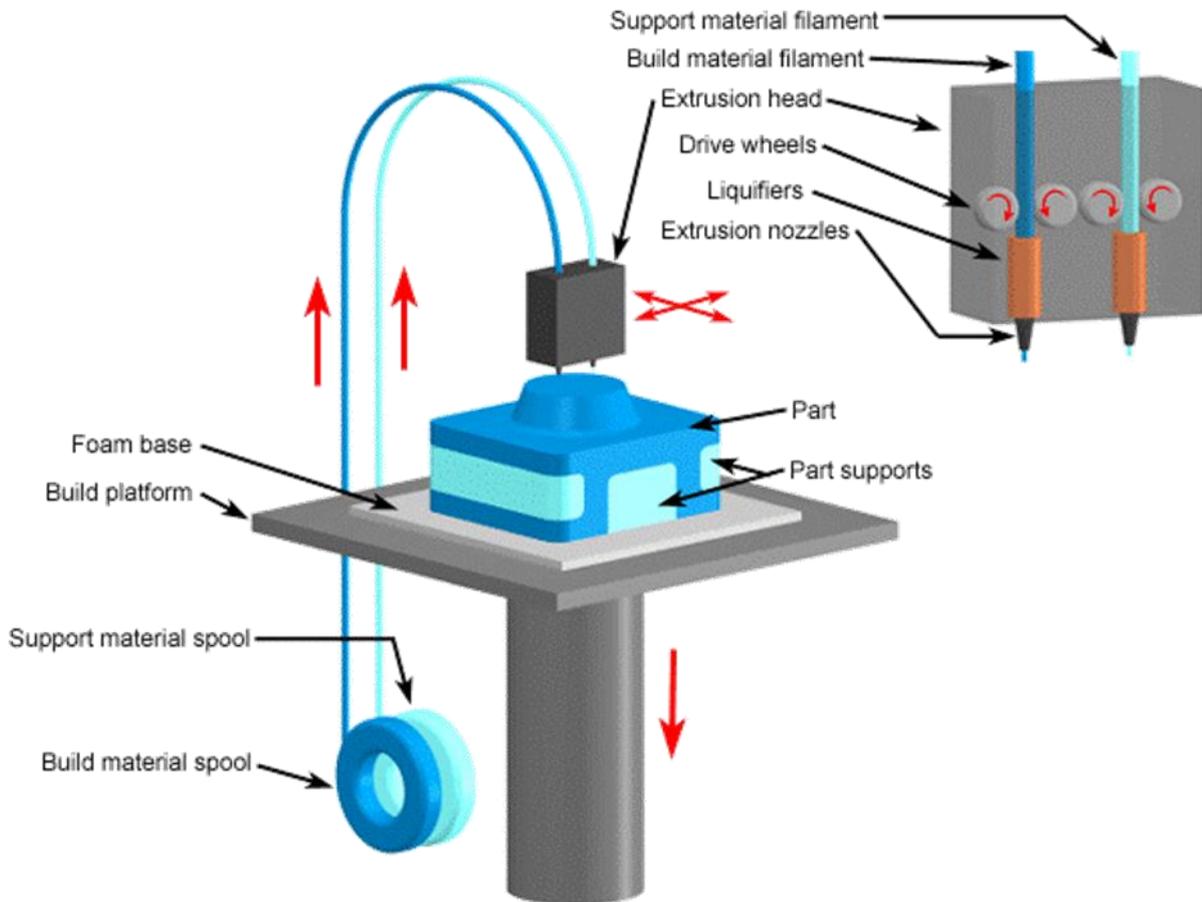


Figura 3.3 Componenti di una stampante FDM [fonte : Valladolid AM report, 2018]

Questa tipologia di stampa 3D permette di produrre manufatti con diverse tipologie di materiali metallici e non:

- ABS (*Acrylonitrile Butadiene Stirene*)
- PLA (*Polylactic acid*).
- HIPS (*High Impact Polystyrene*)
- NYLON

- FILAFLEX (*Elastic*).
- Altri

Per la produzione degli utensili si è deciso di utilizzare l'ABS ovvero l'acrilonitrile-butadiene-stirene, un comune polimero termoplastico utilizzato per creare oggetti leggeri e rigidi.

Gli strumenti realizzati con la stampante 3D sono stati utilizzati per svariati use cases: Controllo Qualità, Manutenzione, Engineering, assemblaggio, verniciatura.

Nella figura 3.4 si propone la distribuzione dei Jobs (pezzi) realizzati dall'implementazione di tale tecnologia, che ad ottobre 2018 sono quasi 1200.

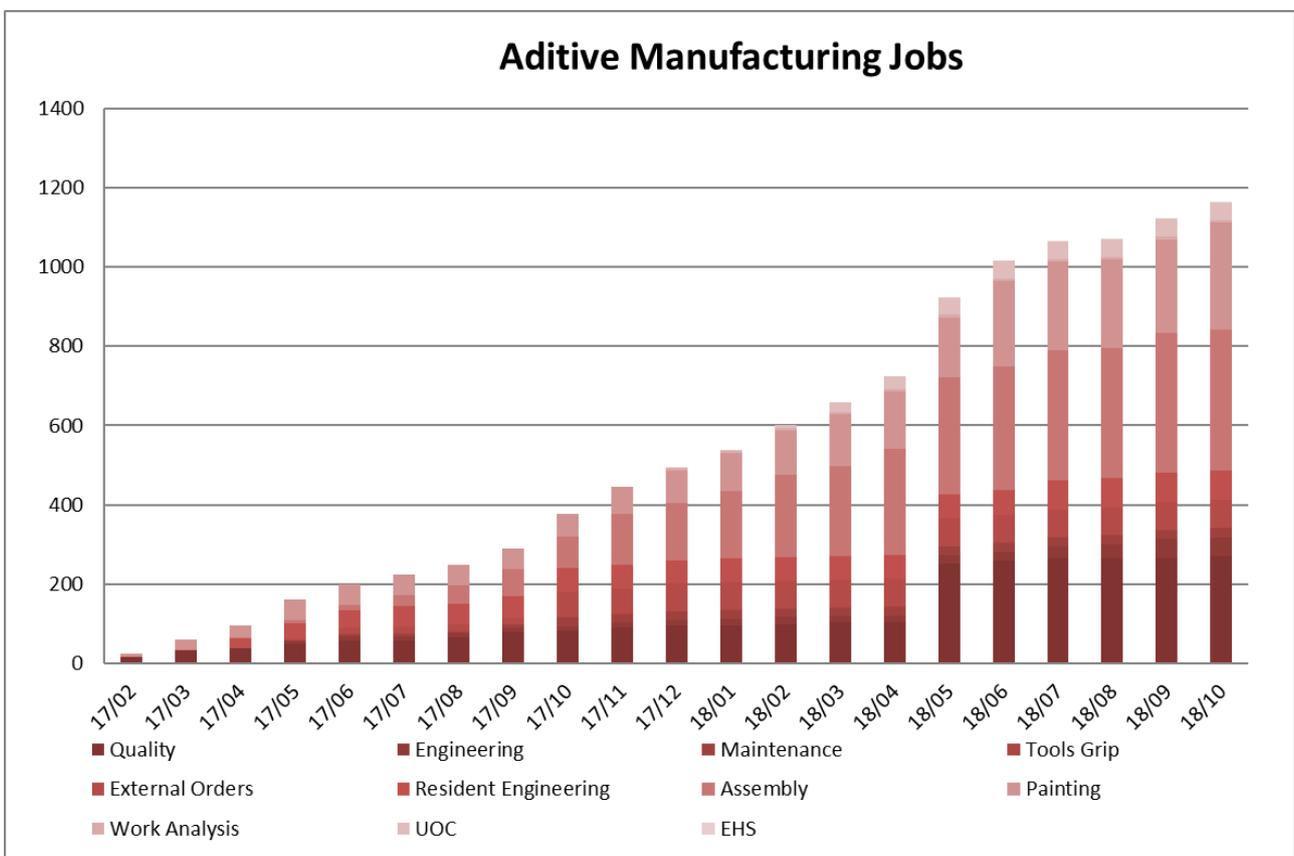


Figura 3.4 Quantità di Jobs realizzati in stampante 3D presso lo stabilimento di Valladolid [fonte: Valladolid AM Report, 2018]

Si mostrano in seguito alcuni dei tools realizzati.



Figura 3.5 Metal Detector realizzato in manifattura additiva [Fonte: Valladolid AM Report, 2018]

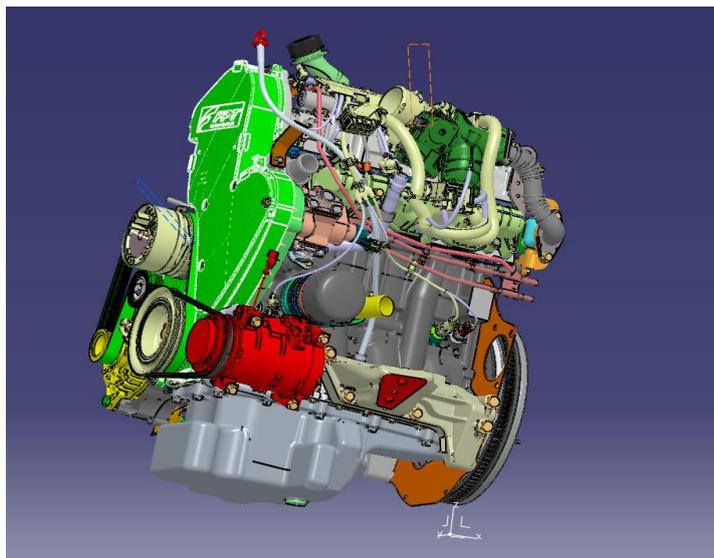


Figura 3.6 Componente di un motore realizzato con stampante 3D [Fonte: Valladolid AM Report, 2018]

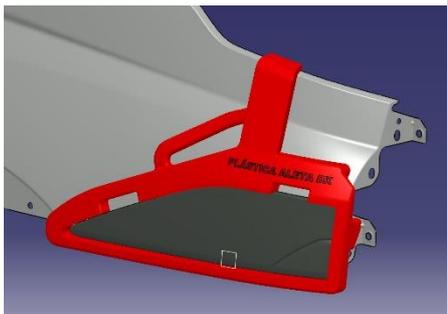


Figura 3.7 Tool utile al posizionamento del parafango [Fonte: Valladolid AM Report, 2018]



Figura 3.8 Supporto alla telecamera di lettura del volante. [Fonte: Valladolid AM Report, 2018]

Questi sono solo alcuni dei tool realizzati.

La scelta di aver prodotto internamente piuttosto che in outsourcing tali strumenti non ha portato soltanto un risparmio di tempo ma anche di costi, che sono stati stimati dal team di lavoro.

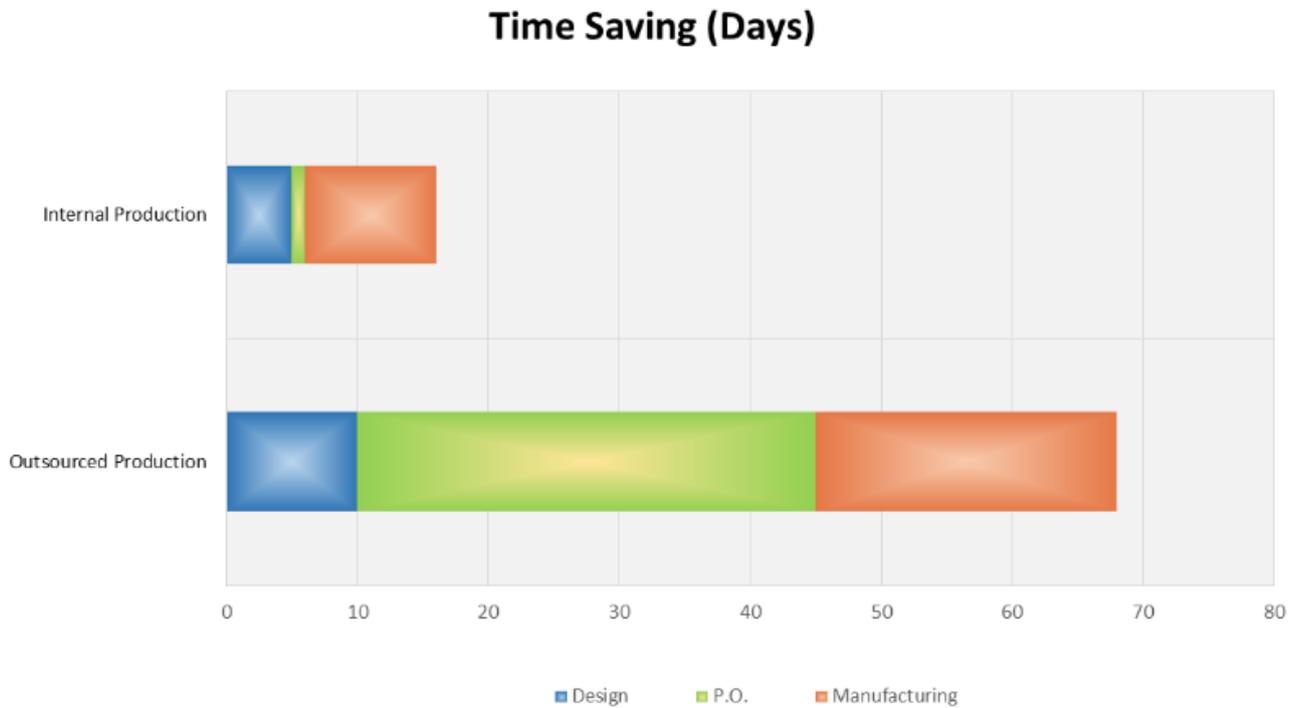


Figura 3.9 Confronto tra tempo di produzione propria e tempi di outsourcing di componenti 3D

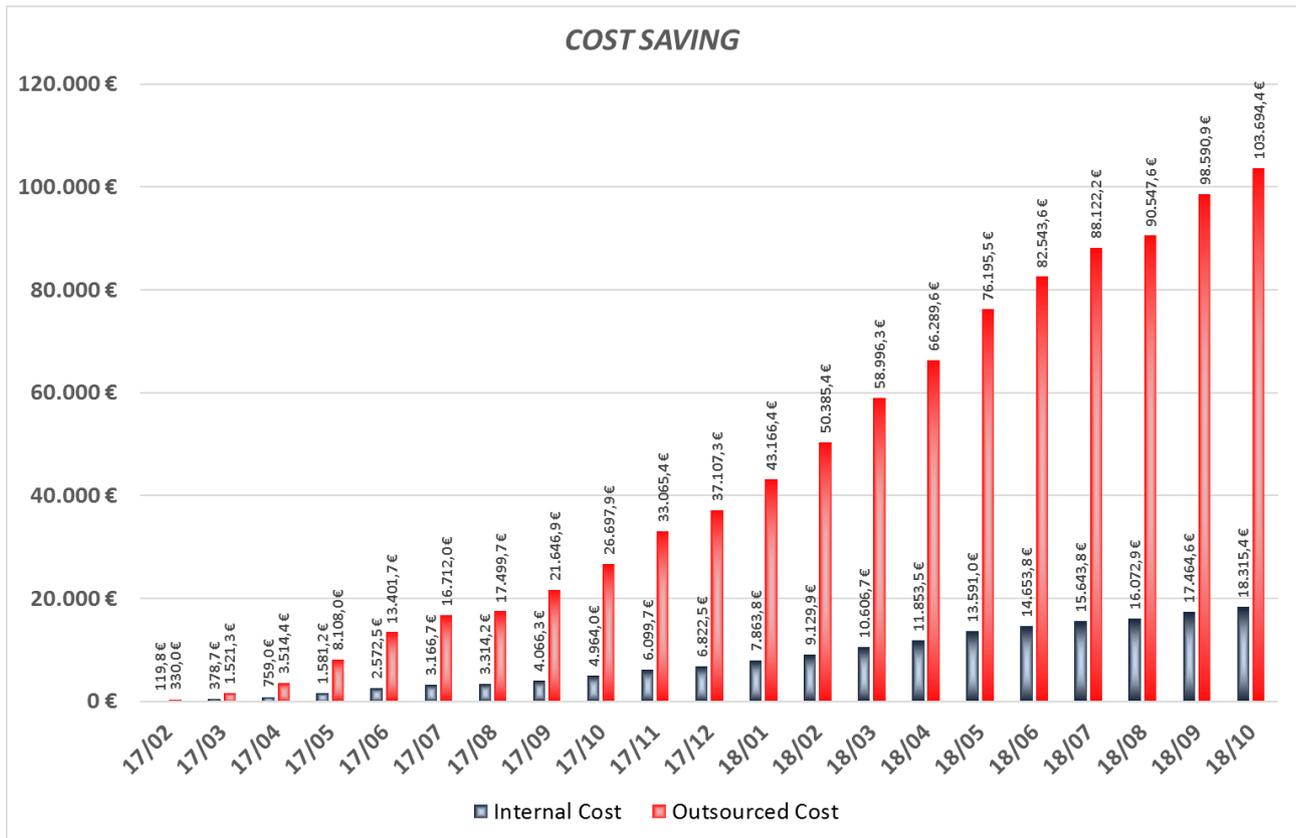


Figura 3.10 Confronto al 18/10 dei costi interni sostenuti e costi esterni evitati per i Jobs prodotti. [Fonte: Valladolid AM Report, 2018]

Ad ottobre 2018, dopo 20 mesi dall'avvio della produzione con la stampante 3D i savings calcolati in base ai prezzi richiesti da esterni ammontano a 85.379 euro.

Il tempo di realizzazione di un pezzo in AM dipende dalla sua complessità. E' stato calcolato il risparmio di tempo medio per la realizzazione di un singolo oggetto in manifattura additiva che è di 52 giorni.

3.4 Trasformazione Digitale nel settore agricolo

Il segmento *Agriculture* è uno dei più profittevoli per CNH Industrial, insieme a quello dei veicoli commerciali. Proprio per questo la società sta investendo in tecnologie 4.0 per offrire ai clienti nuove soluzioni innovative. La società ha intrapreso una partnership con Microsoft (uno dei Leader nel movimento Industria 4.0) per la realizzazione di una piattaforma IoT con la quale supportare i clienti con nuovi servizi e funzionalità del prodotto.

I trattori ed i camion di CNH Industrial (l'accordo comprende anche il segmento Truck and Bus) saranno connessi ad una piattaforma IoT, la Service Delivery Platform, basata sul cloud "Azure" di Microsoft. [20]

Saranno installati sensori sulle componenti di trattori connessi che delibereranno dati utilizzati come supporto all'operatore per le operazioni agricole.

Un esempio di applicazione è la *Precision Farming*, un nuovo modo di trattare il terreno utilizzando le nuove tecnologie. L'agricoltura di precisione di basa su sistemi agricoli che sono in grado di prendere decisioni sulla base di informazioni derivanti dai dati raccolti. I sistemi di guida automatiche e semi-automatiche ne sono un esempio, con i quali si può aumentare l'efficienza e la produttività riducendo costi, tempo e carburante. Si sfruttano i sistemi GPS per creare delle traiettorie parallele lungo il terreno. [20]

Precision Farming però non significa solo utilizzare sistemi di guida automatica, ma anche sistemi per il controllo automatico dei fattori produttivi quali fertilizzanti, pesticidi e fitosanitari.

In tale ambito risultano più avanti da un punto di vista tecnologico alcuni competitors di CNH nel settore Agriculture come John Deere.

John Deere ha di recente acquistato una *startup* californiana, Blue River Technology, che ha sviluppato una soluzione di Machine Learning, *See and Spray*. [21]

See and Spray, elabora le immagini delle piante e del terreno raccolte da fotocamere installate sui trattori e restituisce agli spruzzatori indicazioni su quanto fertilizzante usare e di che tipologia. Ciò permette di evitare errori di scelta dei prodotti chimici e di ridurre gli sprechi. [21]

3.5 Trasformazione Digitale nel segmento dei veicoli commerciali

La Trasformazione Digitale in CNH Industrial ha abbracciato anche il segmento dei veicoli commerciali.

La Service Delivery Platform servirà anche i camion Iveco e degli altri marchi, con lo scopo di supportare i clienti durante il loro utilizzo. [20] Attraverso i sensori installati sui camion si potranno monitorare da remoto le condizioni di guida, informare il cliente sulle condizioni del traffico e la viabilità, predire eventuali guasti e rendere quindi la guida più sicura evitando ogni tipo di sosta.

Anche altri competitors di CNH Industrial si sono attivati in tale processo d'innovazione, in particolare la società Scania ha avviato alcune *joint ventures* importanti, come quella con Ericsson, per connettere i propri veicoli commerciali. [22]

Le due società s'impegheranno per sfruttare la rete 5G di Ericsson per la comunicazione e supportare il conducente durante la guida con attività di monitoraggio e controllo.

In tale settore anche altri competitors di CNH Industrial come Daimler e Volvo stanno investendo in tecnologie 4.0 per innovare i propri prodotti.

La partnership con Microsoft riguarderà anche l'implementazione della Realtà Mista (Microsoft HoloLens) per le attività di manutenzione dei veicoli. [20]

Grazie agli occhiali Microsoft, i tecnici potranno capire a distanza quale sia il problema e potranno chiedere all'operatore locale come intervenire, anche sulla scorta di disegni concernenti la componente da riparare o sostituire, come possiamo vedere nella figura 3.11. [20]



Figura 3.11 HoloLens Microsoft per la Realtà Mista [23]

Capitolo 4 – World Class Manufacturing e Industria 4.0

Scopo di questo capitolo è quello di introdurre il concetto di World Class Manufacturing per poi trattare più dettagliatamente il Cost Deployment, uno dei suoi pilastri tecnici.

Come già introdotto in precedenza, uno dei benefici di avere una Smart Factory è quello di raggiungere risultati d'efficienza superiori.

Dato che lo scopo principale del lavoro di tesi è quello di riuscire ad identificare qualitativamente come le nuove tecnologie possono aiutare a ridurre od eliminare le causali di perdite e sprechi, e quindi utilizzare il Cost Deployment come punto di partenza per passare al nuovo Paradigma Industriale, risulta fondamentale introdurre tali metodologie.

4.1 Introduzione al WCM

“Il termine (WCM) o produzione di classe mondiale, che qualifica alcuni tra i più importanti costruttori di beni e servizi mondiali, fu coniato dallo studioso americano Richard Schonberger negli anni Ottanta, per definire l'insieme di metodologie di ottimizzazione della produzione adottate dalle migliori industrie giapponesi.” [24]

Il WCM è una metodologia di manufacturing che nasce come integrazione di altre:

- *Lean Manufacturing*, metodologia di produzione snella con la quale si cerca di eliminare tutte le attività a non valore aggiunto, minimizzare le scorte di semilavorati, ridurre i tempi di setup ed adeguare il ritmo produttivo alla domanda di mercato. [25]
- *Just in Time*, metodologia per la gestione delle scorte. Può essere intesa come una politica di gestione delle scorte a ripristino che cerca di ridurre al minimo lo stock in magazzino, perché ogni singolo pezzo a magazzino (materie prime, semilavorati o prodotti finiti) può essere considerato come uno spreco di risorse. [26]
- *Total Productive Maintenance* per la gestione proattiva dei macchinari ed impianti in termini di manutenzione. Gestire proattivamente significa agire sulla causa radice prima che provochi un guasto.
- *Total Industrial Engineering* è una metodologia di miglioramento del sistema produttivo introdotta dal Prof. Yamashina, che prevede la risoluzione dei problemi ed il miglioramento nei singoli reparti con il coinvolgimento di tutto il personale di stabilimento. I problemi vengono affrontati con i principi del lean manufacturing ovvero con l'eliminazione di attività a non valore aggiunto e di attività innaturali che prevedono movimenti irregolari. [34]
- *Six Sigma* è una metodologia che punta a ridurre le inefficienze in ogni processo aziendale, partendo dai dati ed analizzando ogni processo da un punto di vista statistico. [27]

- *Total Quality Control* è stato definito da Feigenbaum come “un sistema efficace per integrare e coordinare lo sviluppo della Qualità, il suo mantenimento e gli sforzi per il suo miglioramento in modo da permettere una produzione ed un servizio che soddisfino del tutto il cliente, ai costi minimi” [35]. Da ciò si evince che i principi della qualità vanno applicati a tutte le aree aziendali e ad ogni livelli facendo in modo che la qualità sia responsabilità di tutti.

L'insieme di queste metodologie ha come obiettivo l'azzeramento delle perdite e degli sprechi, e relative cause radice, non solo all'interno del processo produttivo ma lungo tutta la catena del valore. L'obiettivo del WCM è minimizzare (o azzerare idealmente) all'interno degli stabilimenti: guasti, incidenti, scorte, reclami, difetti.

Tale obiettivo è perseguito attraverso un processo di miglioramento continuo reso operativo dall'avvio di progetti all'interno degli stabilimenti, chiamati *Kaizen*, che in giapponese significa : "miglioramento continuo a piccoli passi" [36]. Non a caso si parla sempre di progetti di durata limitata.

La metodologia WCM prevede una struttura organizzativa apposita costituita da 20 pilastri, 10 tecnici e 10 manageriali [28] che possiamo vedere nella figura 4.1.

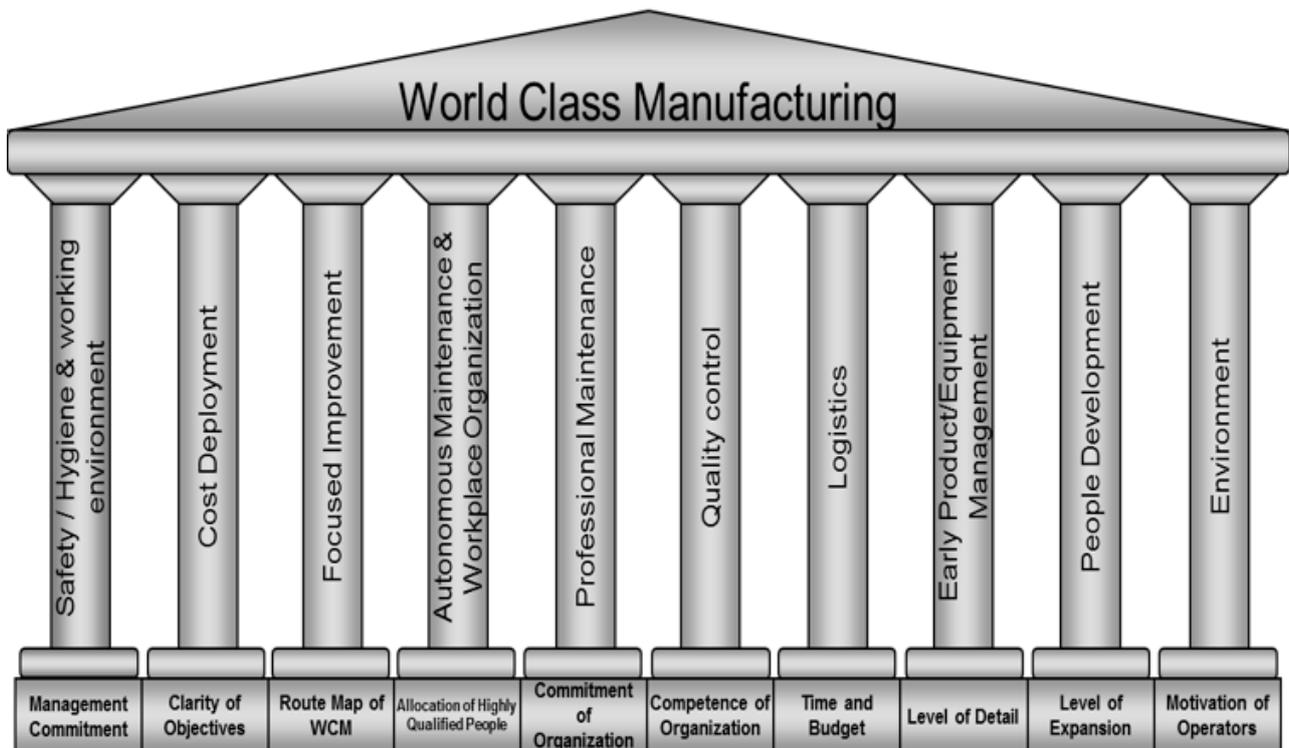


Figura 4.1 I pilastri del WCM [28]

Il pilastro fondamentale ai fini dello sviluppo di tale elaborato è stato sicuramente il Cost Deployment che verrà esposto in seguito.

4.2 WCM-4.0 : Complementarietà

Una delle domande chiave che si pone chiunque utilizzi le metodologie della lean manufacturing, ed intenda approcciarsi al mondo dell'Industria 4.0 è : “ le soluzioni 4.0 ed un sistema Lean Manufacturing sono alternative o compatibili? “ [16]

La stessa domanda si è posta in CNH Industrial quando si è deciso di lanciare il Programma 4.0.

Le aziende Giapponesi, che sono state la culla della metodologia Lean Manufacturing, non usano il termine Industria 4.0, ma identificano la quarta rivoluzione industriale con il termine *Smart Manufacturing*. (CNH , *Visit to Japan Report*, 2018).

L'approccio Giapponese infatti è stato quello di utilizzare la connessione della fabbrica per un migliorare il processo produttivo, non a caso nella maggior parte degli stabilimenti giapponesi il target ed indicatore principale per attestare i benefici delle nuove implementazioni tecnologiche è l'OEE (Overall Equipment Efficiency) di stabilimento, lo stesso utilizzato per valutare i benefici del WCM.

Le imprese giapponesi non vedono le nuove tecnologie come una vera e propria Rivoluzione Industriale, ma come degli strumenti da utilizzare per una strategia di continuo miglioramento già avviata con la produzione snella, pertanto hanno scelto di approcciare alle nuove tecnologie in modo evolutivo.

Le nuove tecnologie 4.0 possono essere degli strumenti che se ben implementati all'interno degli stabilimenti possono aiutare a raggiungere, o anche superare, i target posti dal programma WCM, infatti la riduzione degli sprechi e delle perdite, e quindi dei costi, è uno dei benefici principali dell'Industria 4.0 per quanto esposto nel Capitolo 2.

Si espongono in seguito le motivazioni per le quali l'Industria 4.0 può aiutare a raggiungere o superare gli obiettivi delle metodologie integrate nel programma WCM. Tale problema sarà ripreso nel Capitolo 5, e sarà affrontato più dettagliatamente utilizzando gli standard del Cost Deployment (voci di perdita) ed esempi di progetti avviati in CNH Industrial.

L'industria 4.0 come supporto alla Lean Manufacturing

L'obiettivo principale della Lean Manufacturing è ridurre al minimo le attività a non valore aggiunto. Per attività a non valore aggiunto intendiamo tutte quelle attività che non aggiungono valore al prodotto ovvero per cui il cliente non pagherà. Ne sono esempi attività d'imballaggio o il moto dell'operatore lungo la linea, o l'attività di picking.

L'utilizzo di carrelli automatici (AGVs) può sostituire l'operatore nelle fasi di trasporto.

Oppure l'utilizzo di Cobots per spostamenti di materiali e semilavorati è un altro esempio di riduzione delle attività a non valore aggiunto a carico degli operatori di linea.

Ovviamente tali assets hanno un costo così come gli operatori, che dovrà essere ammortizzato. Ma nel lungo periodo l'automazione di tale attività porterà ad una riduzione del costo del personale con conseguente riduzione di sprechi di lavoro.

L'Industria 4.0 per la riduzione delle scorte

I sistemi d'integrazione orizzontale favoriscono la comunicazione tra azienda e cliente ed azienda e fornitore. Una comunicazione rapida ed efficace non può che supportare la filosofia Just in Time per la gestione delle scorte. Per esempio la connessione dei veicoli commerciali (come nel caso Iveco) potrà permettere al cliente di sapere sempre real time dove si trova il proprio ordine, il lead time aggiornato e l'insorgere di eventuali ritardi. In questo modo può gestire e nel caso riprogrammare la propria produzione. Un altro esempio come visto nei capitoli precedenti è l'Additive Manufacturing. La decentralizzazione della produzione di componenti presso le filiali dotate di opportune stampanti 3D, elimina la necessità di avere magazzini periferici di tali componenti, che potranno essere prodotti dalle filiali stesse on demand.

L'Industria 4.0 oltre la Total Productive Maintenance

Secondo i principi del Total Productive Maintenance, al fine di evitare il ripetersi di guasti all'interno dello stabilimento su macchinari e strumenti, bisogna eliminare le cause radice facendo manutenzione straordinaria o migliorativa periodicamente.

Con le nuove tecnologie di IoT e Big Data Analytics si può andare oltre a tale metodologia periodica, e fare Manutenzione Predittiva. Manutenzione Predittiva significa calcolare il tempo residuo prima del guasto attraverso modelli matematici costruiti sull'elaborazione dei dati raccolti, ed intervenire prima del guasto. Il vantaggio di tale pratica è la riduzione dell'attività di manutenzione migliorativa quando non necessaria evitando così blocchi macchina e fermi produzione.

Industria 4.0 per la Qualità: oltre il Total Quality Control

L'Industria 4.0 migliora la Qualità dei prodotti e dei processi in modi diversi. Supportare gli operatori con apparecchiature di realtà aumentata aiuta a migliorare la qualità degli assemblati e a ridurre gli errori per *missing parts* o di assemblaggio.

Il Digital Twin può essere utilizzato per automatizzare il controllo qualità passando da un controllo a campione ad uno a tappeto. Ancora, IoT e Big Data Analytics permettono di fare delle analisi di Qualità Predittiva, ovvero attraverso l'analisi dei dati raccolti sul processo, andare a stimare real time quelli che saranno gli standard qualitativi prodotti.

4.3 Introduzione al Cost Deployment: *CNH's concept*

Uno dei pilastri del WCM è il Cost Deployment. Il Cost Deployment è una metodologia utilizzata all'interno di un'organizzazione per l'individuazione di perdite e sprechi e per l'analisi dei benefici di eventuali misure volte alla loro riduzione. L'obiettivo del Cost Deployment è di individuare le principali voci di perdite e sprechi all'interno del sistema logistico-produttivo, di valutarle qualitativamente e quantitativamente, di ordinarle per criticità e valorizzarle. In tal modo si facilita la classificazione degli interventi e l'indirizzo delle risorse verso attività a maggiore potenziale di riduzione costi.

Il Cost Deployment è strutturato in sette fasi, proprio come tutti gli altri pilastri di World Class Manufacturing, ed è costituito da sette matrici che forniscono un modo coerente per scoprire e analizzare le perdite, per gestire le azioni di riduzione ed infine per tracciarne i benefici. Queste matrici sono identificate da una lettera da "A" a "G"; di seguito viene riportato l'obiettivo principale di ognuno di essi:

A Matrix → Identificare sprechi e perdite.

B Matrix → Separare le perdite causali e le perdite risultanti.

C Matrix → Tradurre le perdite identificate in costi.

D Matrix → Identificare metodi per ridurre sprechi e perdite.

E Matrice → Stimare i costi per il miglioramento e l'ammontare della possibile riduzione dei costi.

F Matrix → Stabilire un piano di miglioramento e la sua implementazione; follow-up dei risultati ottenuti.

Matrice G → Creare una base per l'anno di bilancio N + 1.

Ma prima della formulazione di tali matrici, bisogna identificare i costi totali dello stabilimento, allocare i costi ai singoli processi, e stabilire un target per la loro. (STEP 1).

STEP 1 – ANALISI DEI COSTI

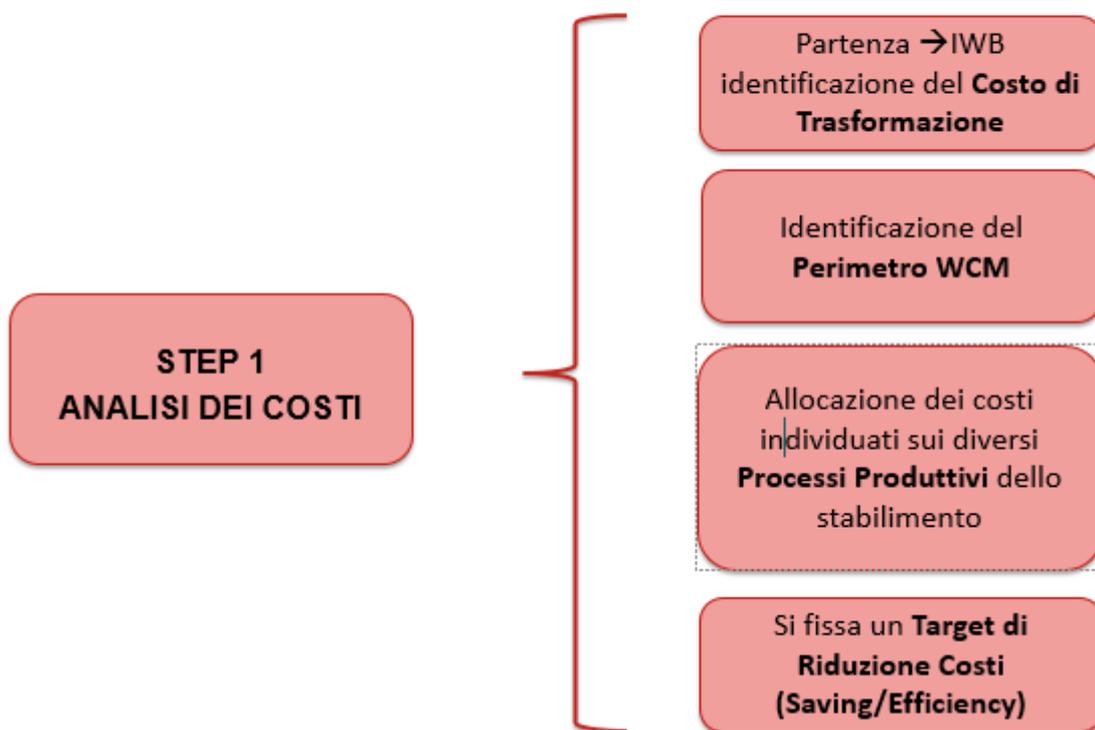


Figura 4.2 Step 1 del Cost Deployment [29]

Il Perimetro WCM è la parte del Costo di Trasformazione definita come “Total Manufacturing Responsible Cost”, ovvero tutti i costi sotto la diretta responsabilità dello stabilimento.

Le categorie principali sono le seguenti:

- Manodopera diretta
- Costi variabili totali manufacturing, ad esclusione delle materie prime.
- Costi fissi totali manufacturing (escluse tasse ed assicurazioni)
- Costi funzionali : solo ICT, Finance and HR salari strettamente correlate allo stabilimento

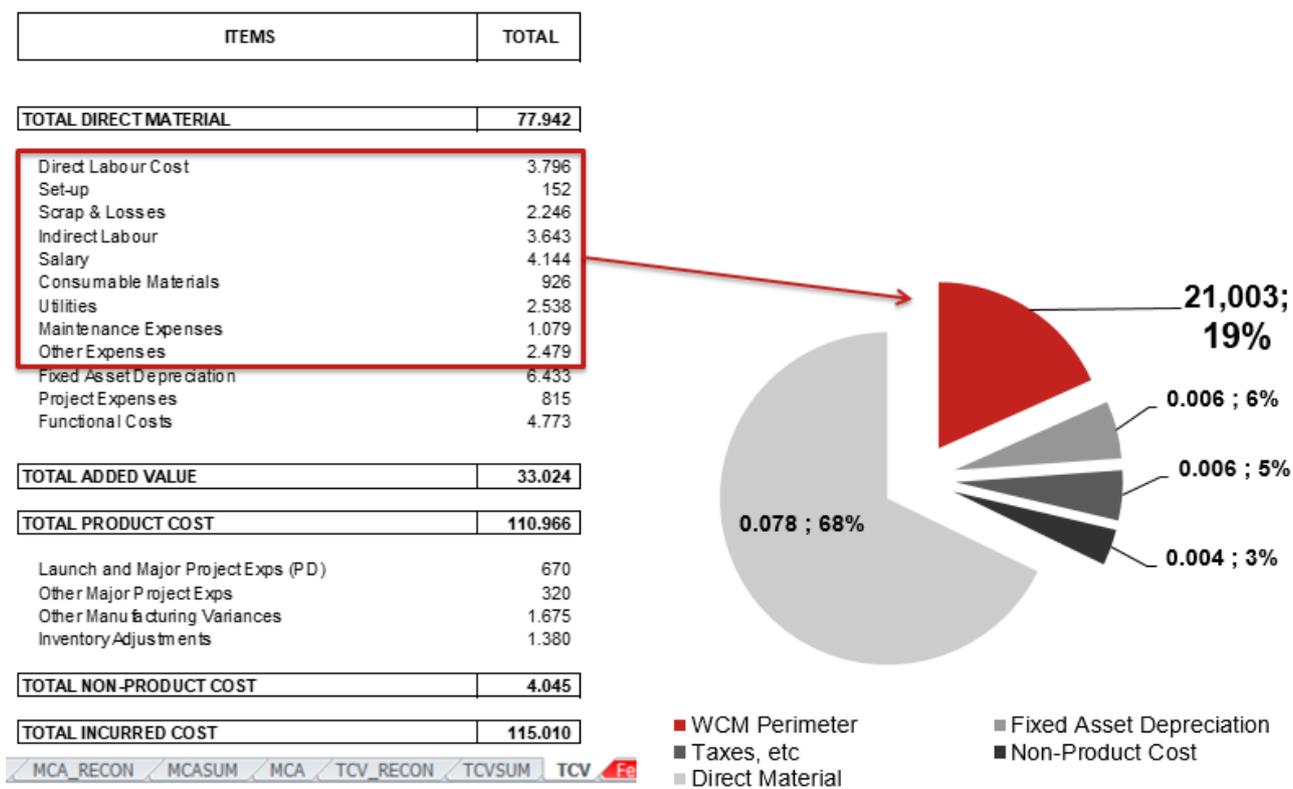


Figura 4.3 Esempio di Costo di Trasformazione [29]

Come possiamo vedere nell'esempio riportato nella figura 4.3 il "Total Manufacturing Responsible Cost" comprende solo alcune delle voci del conto economico. Come mostra l'esempio su un costo totale di trasformazione di 115.010.000 \$ rappresenta solo il 19% , ovvero circa 20 M \$.

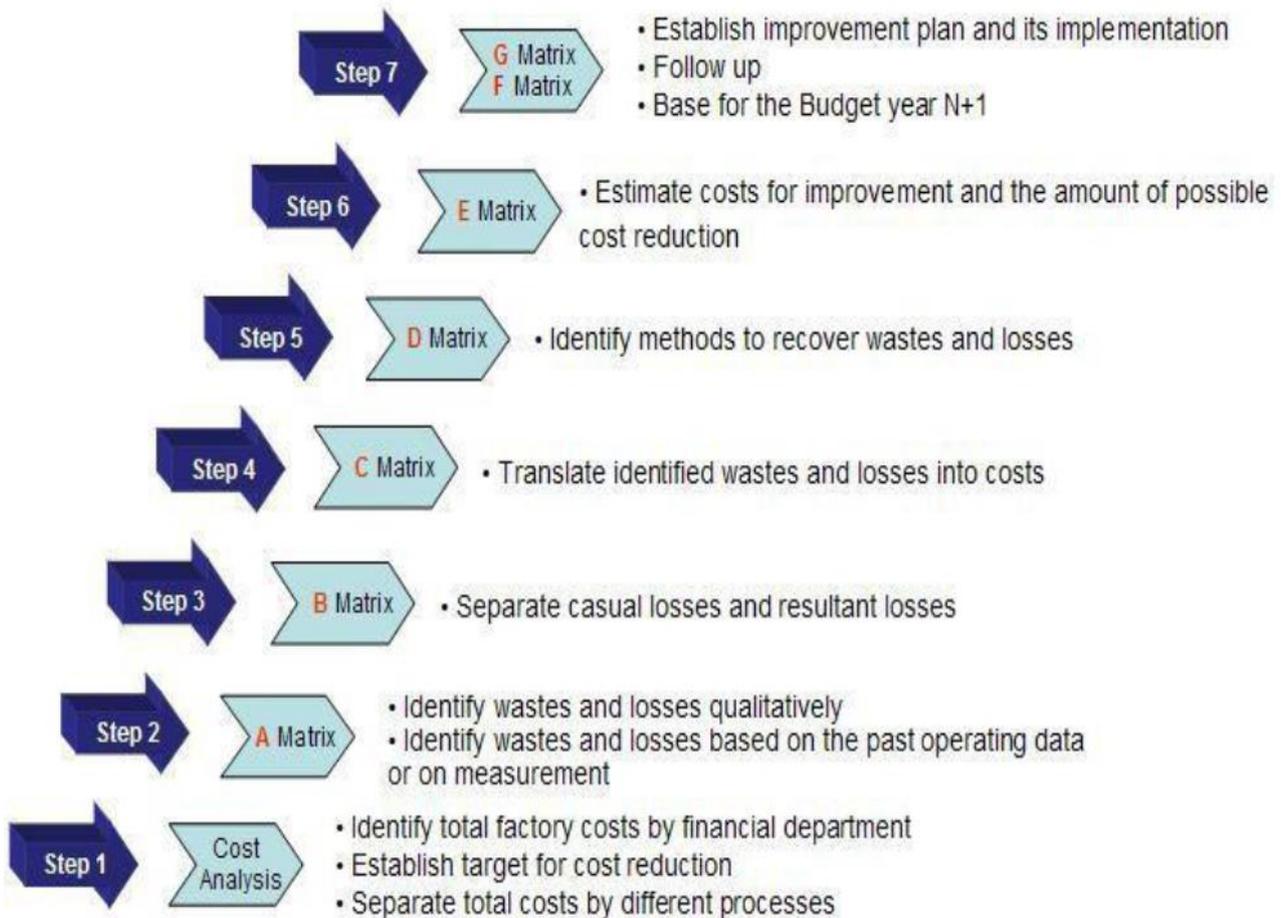


Figura 4.4 Steps e matrici del Cost Deployment [29]

L'obiettivo dell'applicazione della metodologia Cost Deployment è la riduzione di sprechi e perdite in tutti i processi.

Uno spreco è un uso eccessivo di risorse di input per ottenere un determinato output, quindi è fondamentalmente un eccesso della quantità di input.

Una perdita è la differenza tra l'output previsto e quello ottenuto, data una certa quantità di risorse di input. Una perdita può essere vista come input non utilizzato in modo efficace.



Figura 4.5 Esempio di spreco a sinistra e perdita a destra; [29]

In una fabbrica esistono normalmente enormi quantità di scarti e perdite che possono essere raggruppate in quattro categorie principali: macchinari, manodopera, materiali ed energia.

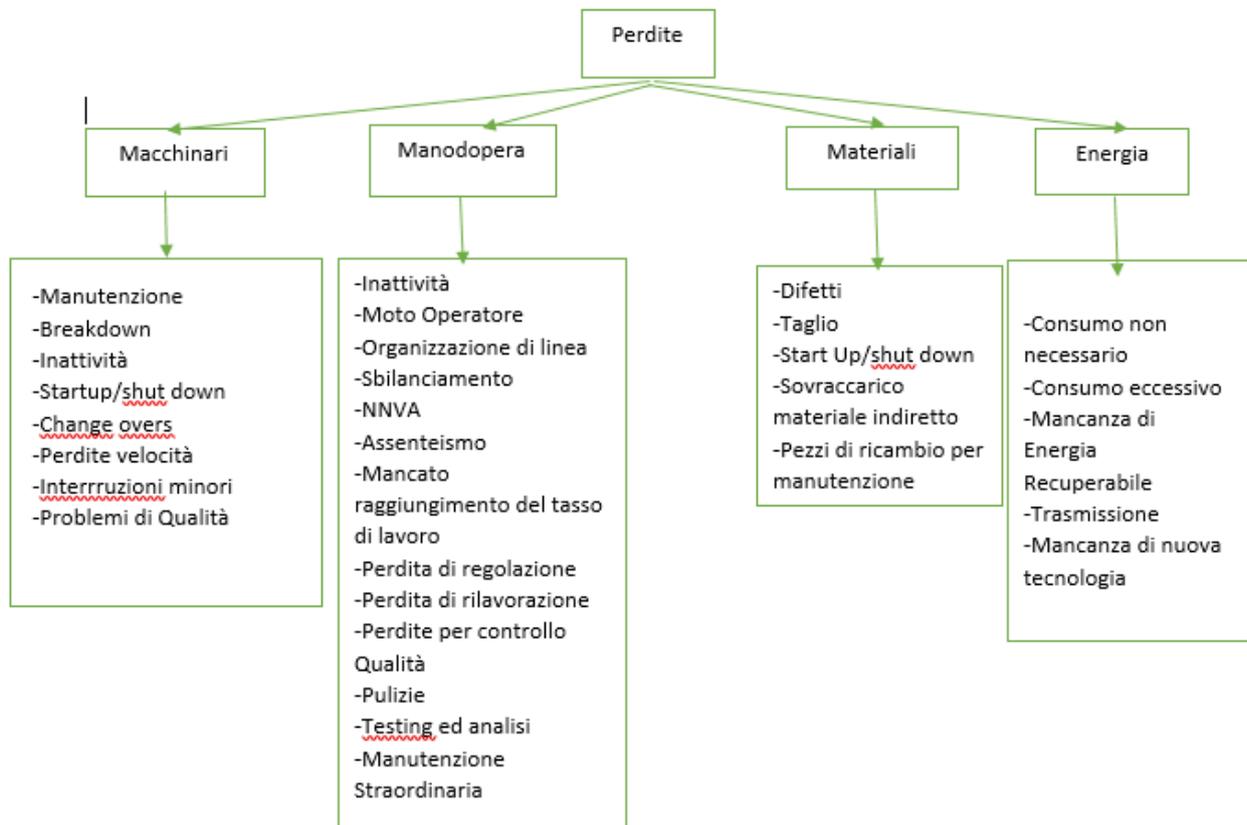


Figura 4.8 Albero delle perdite

Di seguito vengono elencate le varie classi e sottoclassi di perdite utilizzate in CNH Industrial, e per ognuna delle perdite è descritta la causale. [29]

Macchinari

Tutte le perdite relative ai macchinari hanno un impatto diretto sulla O.E.E. un indicatore che misura l'efficacia complessiva di un macchinario, workstation o linea. Il valore di O.E.E. è calcolato come il prodotto di:

- 1)Disponibilità tecnica. (D)
- 2)Prestazione. (E)
- 3)Tasso di qualità (Q)

Ciascuno di essi è espresso in percentuale e, di conseguenza, l'O.E.E. sarà un valore percentuale.

$$OEE= D * E * Q$$

Di seguito sono riportati i principali tipi di perdita che riguardano ciascuna componente dell'OEE:

- Disponibilità tecnica (D):

Perdite da inattività: perdite per inutilizzo di un macchinario a causa di un'attesa di istruzioni, materiali, controllo qualità o personale.

Manutenzione programmata: perdita per indisponibilità di un macchinario a causa di tempi di attesa per la manutenzione e l'aggiustamento periodico.

Breakdown: tempi di attesa per un guasto o un fermo inaspettato dei macchinari.

start up/shut down: tempo di attesa affinché il macchinario raggiunga i parametri di specifica, durante le fasi di start up e shut down.

Changeovers: tempo di attesa affinché vengano cambiati degli utensili, o i parametri di produzione propri del macchinario. La causa può essere un cambio di produzione o un'usura dello stesso.

•Prestazioni (E):

Perdite di velocità: Differenza di velocità di funzionamento dei macchinari tra quella progettata e quella impostata dall'operatore.

Interruzioni minori: Perdita di velocità causata da frequenti interruzioni del macchinario.

•Tasso di qualità (Q):

Problemi di qualità: Tempo in cui la macchina viene utilizzata per rielaborare il prodotto difettoso e tempo in cui la macchina è in funzione per produrre materiale difettoso.

Manodopera

Perdite da inattività: perdite per inattività del personale a causa di un'attesa per istruzioni, materiali, controllo qualità o supporto.

Moto dell'operatore: Ore lavorative perse a causa di qualsiasi tipo di arresto della macchina e tempo per riassetto e rielaborare i difetti.

Organizzazione di linea: ore di lavoro perse per riparare o sostituire un macchinario, quando si sono già sostenuti dei costi extra per un altro operatore impiegato nella manutenzione.

Sbilanciamento: Perdite dovute alla differenza tra l'andatura della linea e il tempo di ciclo per le operazioni assegnate all'operatore responsabile dell'assemblaggio.

NVAA: Qualsiasi attività che costa risorse ma non aggiunge valore al prodotto, qualsiasi attività che il cliente non pagherà

Perdite da assenteismo: include l'FTE (equivalente a tempo pieno) nell'impianto, necessario per coprire l'assenteismo medio dovuto a incidente e malattia.

Mancato raggiungimento del tasso di lavoro: Perdita dovuta a basse prestazioni di operatori con malattie fisiche

Perdita di regolazione: perdita di tempo associata agli aggiustamenti parametri macchina. Queste regolazioni sono spesso richieste per assicurare che i prodotti rimangano entro tolleranze accettabili

Perdita di rilavorazione: perdita dovuta alla rilavorazione, alla finitura o al ricircolo dei prodotti che risultavano non conformi ai controlli di qualità

Perdite per controllo qualità: perdite per tempo impiegato nell'ispezione di materie prime, WIP e prodotti finite.

Ore di lavoro per pulizie: ore lavorative utilizzate per la pulizia dei macchinari o delle workstation.

Perdite per testing e analisi: ore lavorative utilizzare per la fase di testing ed analisi dei parametri macchina

Manutenzione straordinaria: ore lavorative impiegate per eseguire le operazioni di manutenzione straordinaria qualora esse non fossero effettuate da esperti esterni

Perdita logistica: parte di NNVA che comprende trasporto e stoccaggio materiali all'interno del plant.

Materiali

Perdita da difetto di qualità: La prima perdita di materiale è quella delle parti difettose (difetti di processo o difetti del fornitore). Se una parte difettosa non può essere rielaborata, viene sprecata tutta la materia prima utilizzata.

Perdita di taglio: scarto di materiale durante le fasi di produzione affinché le caratteristiche del prodotto rientrino nelle specifiche prescritte.

Perdita di avvio: perdita di materiali utilizzati per la realizzazione di prodotti durante la fase di start up che non saranno conformi alle specifiche

Sovraccarico di materiale indiretto: spreco e sovrautilizzo di materiali indiretti.

Perdita di pezzi di ricambio per manutenzione: costo dei pezzi di ricambi installati durante la fase di manutenzione

Energia

Consumo non necessario: include l'energia consumata durante i periodi non produttivi dei macchinari o degli operatori.

Consumo eccessivo: includere l'energia consumata in eccesso a quella che sarebbe necessaria, per macchinari vecchi, o estensione del ciclo di produzione o dimensionamento non adeguato alle necessità

Mancanza di energia recuperabile: include energia termica residua non recuperata e energia cinetica residua non recuperata.

Perdite di trasmissione: include perdite per colature nell'impianto industriale, bassa conduttività elettrica e perdite di calore all'interno della condotta industriale.

Mancanza di nuova tecnologia: include le perdite di energia dovute all'uso di dispositivi non efficienti o di vecchia generazione (trasformatore non efficiente o compressori di vecchia generazione) e/o mancanza di utilizzo di energia rimovibile.

Uno dei passi fondamentali del Cost Deployment è quello di convertire perdite e sprechi in costi.

Questa trasformazione viene fatta attraverso la matrice C, ma prima bisogna separare le perdite risultanti da quelle causali, procedimento che viene eseguito con l'ausilio della matrice B.

Una perdita causale è una perdita che viene generata da un problema nel processo o con qualche macchinario. Una perdita risultante viene generata da una perdita causale generatasi in un altro processo, o in un altro punto dello stesso. Nel Cost Deployment è molto importante questa distinzione, perché quelle che si cercherà di aggredire con opportune azioni correttive saranno le perdite causali. Infatti è impossibile eliminare una perdita risultante se non si elimina la causa scatenante, ovvero la perdita causale.

Nella matrice C vengono riportati solo i costi delle perdite causali, monetarizzati come somma dei costi delle rispettive perdite risultanti.

I centri di costo considerati nel Cost Deployment di CNH industrial sono :

- Manodopera diretta
- Manodopera indiretta
- Salari
- Benefici
- Scarti di materiali diretti
- Materiali di consumo e manutenzione
- Servizi acquistati
- Energia
- Valutazioni esterne ed interne
- Tutti gli altri OME

Il Cost Deployment ci mette a disposizione un potente set di dati per l'analisi costi e le perdite da prospettive differenti.

Ad esempio le perdite possono essere stratificate (aggregate):

- Per prodotto
- Per processo
- Per tipo di perdita

La stratificazione può essere anche rappresentata ed analizzata utilizzando un diagramma di Pareto al fine di identificare le componenti più critiche del sistema.

Inoltre possiamo stratificare le perdite in modo iterativo, scendendo sempre più nel dettaglio come ci mostra la figura 4. .

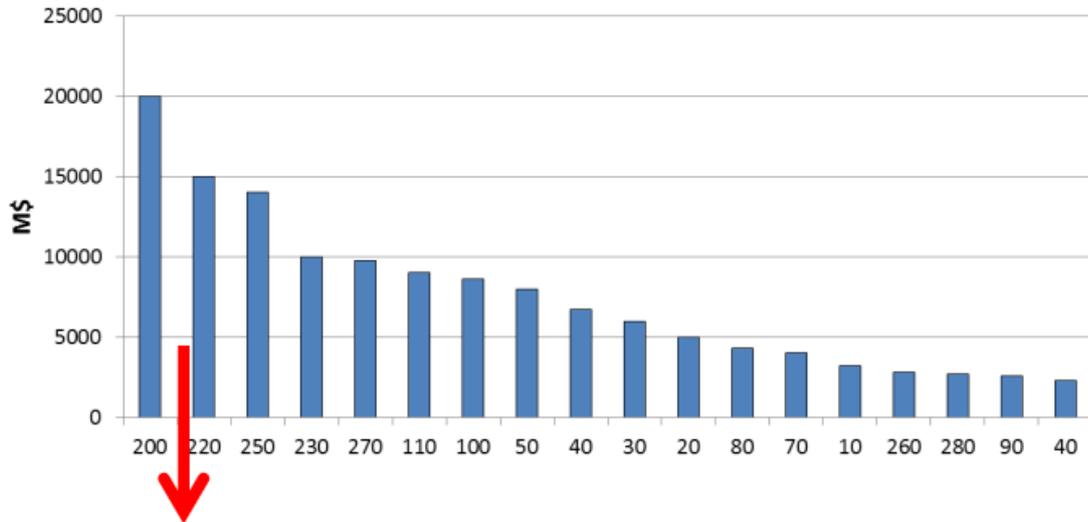
Partendo da una stratificazione per tipologia di perdita, si può analizzare la singola perdita nei vari processi, fino ad arrivare a determinare una singola causa radice quanto incide sulle perdite di un dato tipo.

Per comprendere meglio tale processo consideriamo la perdita da NNVA. (figura 4.9)

Nel primo grafico una stratificazione per tipologia di perdita ci permette di determinare il NNVA quanto incide sul totale delle perdite registrate.

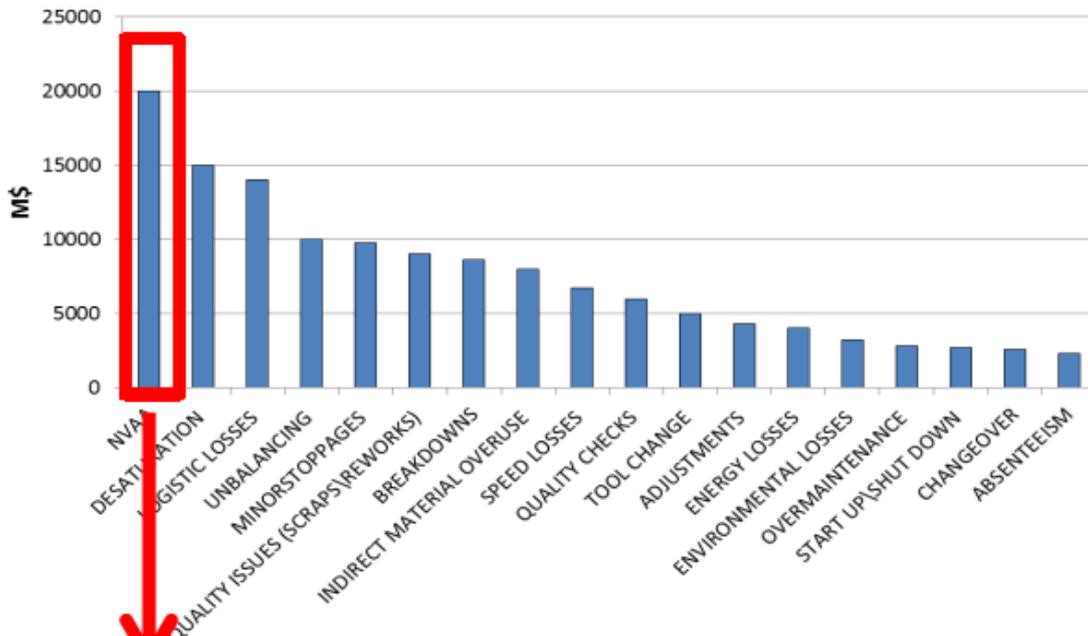
Nel secondo grafico si stratifica la singola perdita da NNVA sui vari processi, al fine di determinare quali sono i processi dove si verificano maggiormente NNVA.

Nell'ultimo grafico si aggiunge ancora un' informazione, si determina per ogni processo quali sono le *root causes* che hanno generato NNVA.



**C Matrix – Breakdowns station/machine level –
Root causes**

C Matrix



C Matrix – NVAA station/machine level

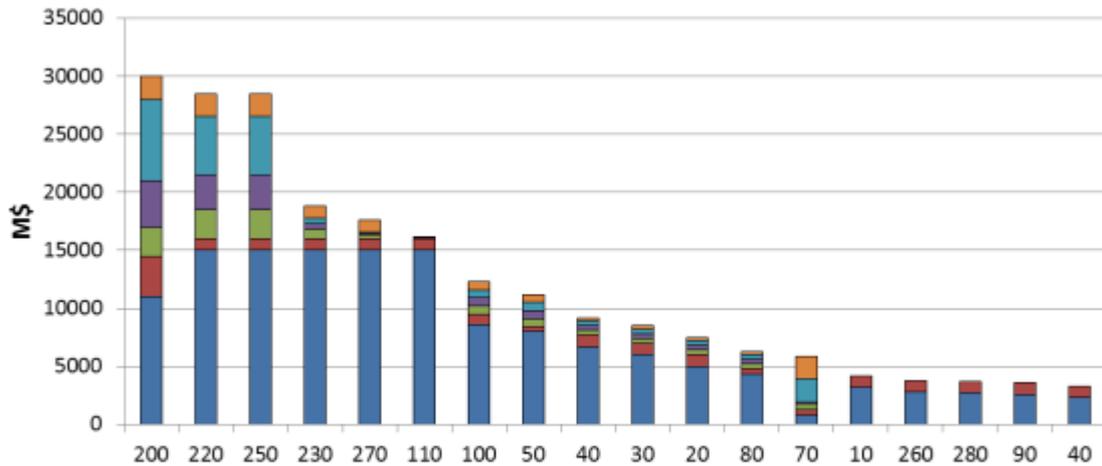


Figura 4.9 Processo di stratificazione delle perdite [29]

Per esempio le cause radice per una perdita da NNVA, saranno attività che non generano valore aggiunto:

- Imballaggio / disimballaggio: il tempo che l'operatore impiega per le fasi di imballaggio e disimballaggio è considerato a non valore aggiunto.
- Camminare: spostamenti da una workstation all'altra
- Ricerca: utensili o materiali
- Attesa di informazioni o materiali
- Gestione informazioni cartacee o con l'utilizzo di devices
- sollevamento materiali o utensili
- Controllo Qualità

Il tool di analisi , *QlikSense*, che è stato utilizzato per l'analisi delle principali perdite del mondo manifatturiero CNH industrial, esegue proprio queste stratificazioni.

4.4 Analisi Organizzativa delle perdite in CNH Industrial

L'analisi delle perdite che sarà illustrata in questo capitolo, si fonda sul concetto di stratificazione delle perdite che è stato introdotto nel paragrafo precedente.

Lo strumento utilizzato è *QlikSense* che ci permette di contestualizzare nel modo che si ritiene più funzionale i dati caricati e raccolti con il Cost Deployment.

Prima di procedere con una panoramica dei risultati ottenuti bisogna fare alcune considerazioni preliminari.

- Non tutti gli stabilimenti CNH stanno utilizzando il Cost Deployment. In particolare i plant LATAM non hanno ancora dato il loro contributo per una diffusione Worldwide del sistema.
- Alcuni stabilimenti che prima utilizzavano il Cost Deployment nel 2018 sembra che non l'abbiamo utilizzato (Basildon e Burlington,). Mentre lo stabilimento di New Holland che nel 2017 non usava il Cost Deployment nel 2018 lo ha utilizzato. Pertanto le perdite totali per i due anni saranno alterate da tali incongruenze e sarà difficile fare un confronto tra l'ammontare dei due periodi
- Le perdite registrate nel 2017 sono state di 280.750.247 \$, mentre quelle nel 2018: 337.463.051 \$. Si è registrato un aumento del 20,20 % delle perdite, probabilmente a causa di un maggior utilizzo del sistema Cost Deployment.
- Escludendo lo stabilimento di New Holland che nel 2017 non usava il CD, nel 2018 le perdite ammontano a 143.045.085, quindi fortemente diminuite.
- Escludendo gli stabilimenti di Burlington e Basildon che nel 2018 non hanno utilizzato il CD, le perdite calcolate per l'anno 2017 ammontano a 244.715.541 \$.
- Solo per il campione di plant che hanno utilizzato CD nel 2017 e nel 2018. identifichiamo una riduzione delle perdite del 41,6 %

Losses Distribution

2017-2018

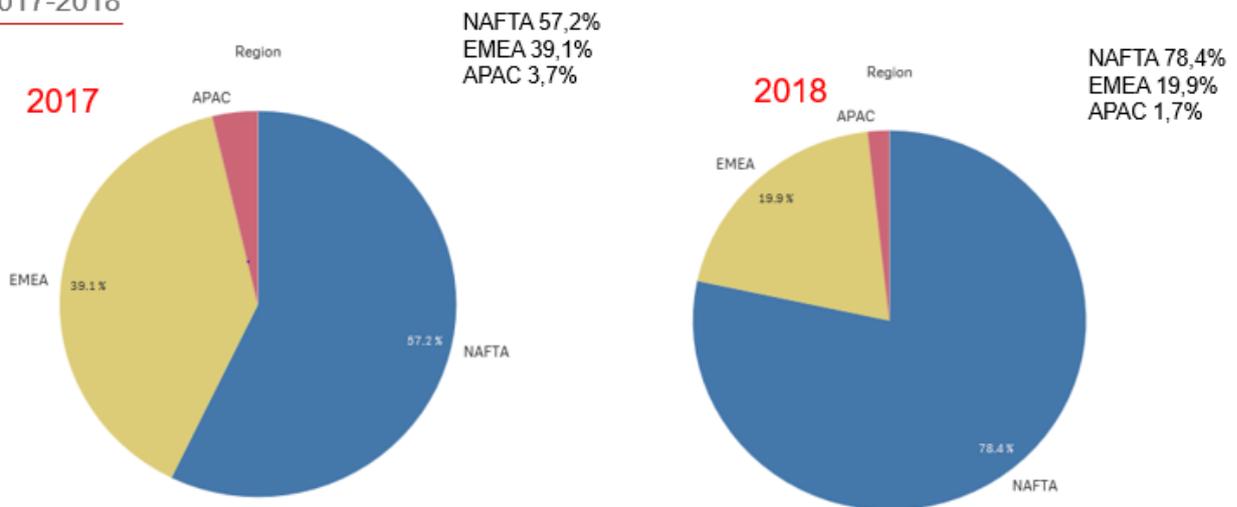


Figura 4.10. Distribuzione delle perdite tra Regions negli esercizi 2017 e 2018.

Come possiamo osservare dalla figura 4.12, nel 2017 e 2018 la percentuale più alta di perdite si trova in NAFTA. Nel 2018 tale percentuale aumenta perché lo stabilimento di New Holland inizia ad utilizzare il Cost Deployment nello stesso anno.

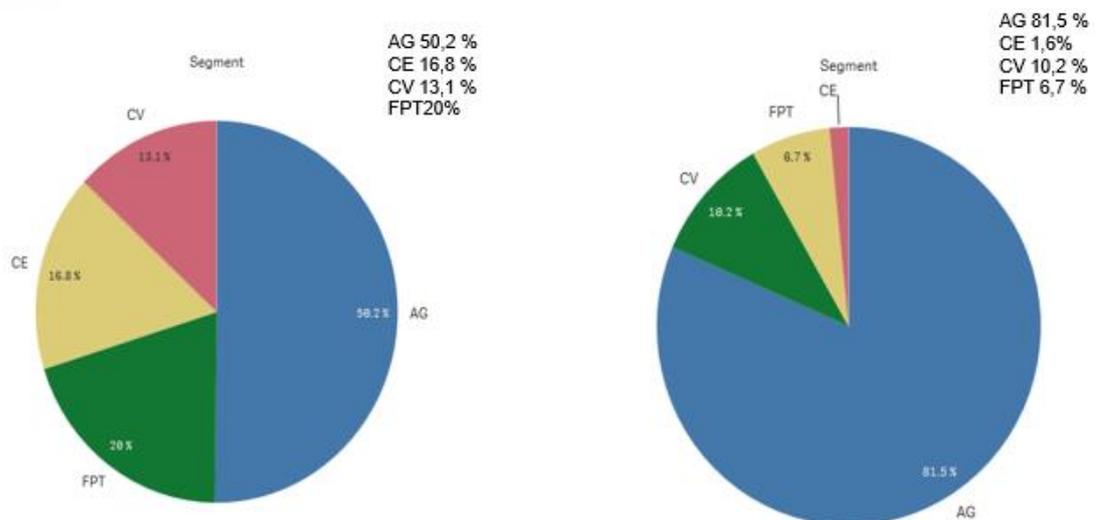


Figura 4.11. Distribuzione delle perdite tra segments (settori) nel 2017 e nel 2018.

La percentuale più elevata di perdite si registra per il segmento Agriculture dedito alla produzione di mezzi agricoli. Nel 2018 tale percentuale aumenta a causa dello stabilimento di New Holland (appartenente al segmento Agriculture) che inizia ad utilizzare il Cost Deployment in tale anno.

Le perdite dell'anno 2017 distribuite per Region e segment sono indicate nella tabella 3:

Region	Loss	Segment	Loss
EMEA	109.786.922 \$	AG	140.936.624\$
NAFTA	160.598.464 \$	CE	47.166.041
APAC	10.364.860 \$	CV	36.778.282 \$
		FPT	56.150.049

Tabella 3. Suddivisione delle perdite 2017 tra Regions e Segments

Mentre quelle del 2018 nella tabella 4:

Region	Loss	Segment	Loss
EMEA	67.105.275\$	AG	275.032.387 \$
NAFTA	264.416.249\$	CE	5.399.409 \$
APAC	5.941.527 \$	CV	34.421.231 \$
		FPT	22.610.024 \$

Tabella 4; Suddivisione delle perdite 2018 tra Regions e Segments

Le perdite registrate nei vari plant sono state per EMEA:

Segment	Plant	Losses 2017	Segment	Plant	Losses 2018
AG	Basildon	3.353.346 \$	AG	St. Valentin	10.047.589 \$
	St. Valentin	13.598.383 \$	CV	Piacenza	3.227.621 \$
CV	Piacenza	5.079.810 \$		Brescia	31.240.059 \$
	Brescia	31.658.781 \$	FPT	Torino Engine	18.824.975 \$
FPT	Torino Engine	18.938.127 \$		Bourbon Lancy	3.765.030 \$
	Bourbon Lancy	37.158.476 \$			67.105.275 \$
		109.786.922 \$			

Tabella 5; suddivisione delle Perdite EMEA tra i vari stabilimenti

Gli stabilimenti che hanno registrato una riduzione delle perdite significativa sono stati evidenziati in giallo.

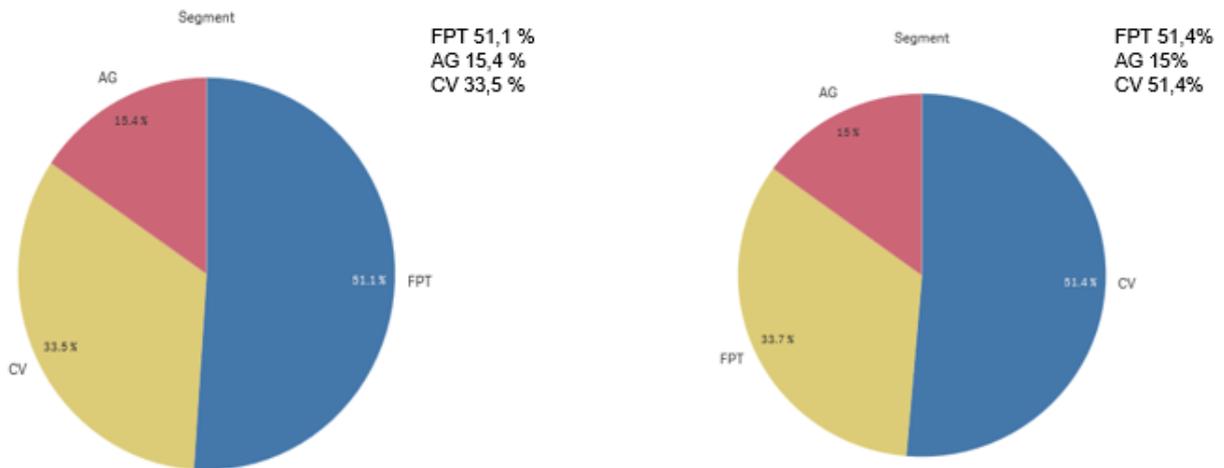


Figura 4.12; Distribuzione delle perdite EMEA tra i vari segments.

Anche per NAFTA, in giallo sono stati evidenziati i plant che hanno ridotto di una buona parte le proprie perdite dal 2017 al 2018

NAFTA:

Segment	Plant	Losses 2017	Segment	Plant	Losses 2018
AG	St. Nazianz	7.203.238 \$	AG	St. Nazianz	1.237.735 \$
	Racine	34.833.821 \$		Racine	25.072.984 \$
	Fargo	26.672.251 \$		Fargo	16.757.276 \$
	Benson	10.470.251 \$		Benson	1.606.101 \$
	Grand Island	28.409.635 \$		Grand Island	19.959.271 \$
	New Holland	Non registrate		New Holland	194.417.966 \$
CE	Burlington	26.704.227 \$	CE	Burlington	Non Registrata
	Wichita	20.327.908 \$		Wichita	5.364.917 \$
		160.598.464 \$			264.416.249 \$

Tabella 6. Quantificazione delle perdite nei plant NAFTA

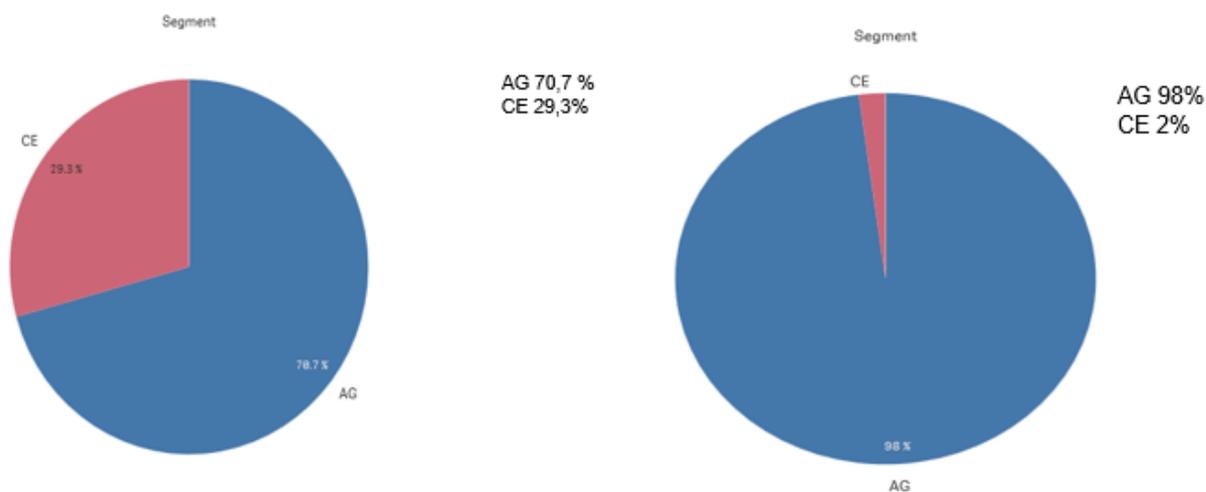


Figura 4.13. Distribuzione percentuale delle perdite NAFTA tra i vari segmenti.

APAC:

Segment	Plant	Losses 2017	Segment	Plant	Losses 2018
AG	Horbin	1.091.431 \$	AG	Horbin	501.588 \$
	Noida	9.273.430 \$		Noida	5.439.939 \$
		10.364.860 \$			5.941.527 \$

In seguito all'analisi effettuata, si è arrivati ad alcune considerazioni importanti ed è stata evidenziata la necessità di rivedere l'utilizzo del Cost Deployment all'interno di CNH Industrial. Dopo aver constatato che attualmente non tutti i plant registrano le perdite in modo strutturato, e che spesso anche chi utilizza la giusta metodologia invia gli aggiornamenti sporadicamente e non costantemente.

Avendo avuto meeting con i diretti interessati alla diffusione ed il controllo dell'utilizzo della metodologia Cost Deployment tra i vari plant siamo riusciti ad identificare i fattori che hanno interferito con la nostra analisi organizzativa delle perdite.

Il mancato caricamento delle perdite da parte di Basildon fa registrare per EMEA una riduzione percentuale delle perdite in Agriculture. Mentre il mancato caricamento delle perdite da Burlington, aumenta la percentuale di perdita lato Agriculture in NAFTA. Aumento percentuale spinto anche notevolmente dall'utilizzo del Cost Deployment da parte di New Holland che ha iniziato a registrare le perdite solo nel 2018.

Il caso anomalo di Bourbon Lancy che aveva registrato una riduzione delle perdite dell' 89,97%, è causato da un mancato aggiornamento delle perdite da parte del plant.

Arrivati a questo punto, si è cercato di individuare le causali di tali inefficienze nell' utilizzo del Cost Deployment.

Il compito di caricare le perdite sul Cost Deployment spetta al Team WCM del plant, questo compito tuttavia richiede molto tempo, infatti il processo di misurazione della maggior parte delle perdite ad oggi è ancora manuale e dispendioso per gli operatori.

Ciò suggerisce di riflettere ancora maggiormente su quanto sia importante passare ad una digitalizzazione degli stabilimenti, e di quanto sia importante il contributo che l'industria 4.0 potrebbe dare al programma WCM. Una digitalizzazione degli impianti di produzione potrebbe permettere un miglioramento del processo di raccolta delle perdite e degli sprechi. Proprio come suggerito da alcuni responsabili Finance di stabilimenti con cui si è cercato un confronto, una maggiore automazione e sensoristica dei macchinari potrebbe rendere il processo di rilevamento e caricamento dei dati automatizzato. Soprattutto per quel che riguarda le perdite causate dai macchinari, che ad oggi restano un focus nella maggior parte dei plant, e la loro quantificazione coi sistemi PLC risulta dispendiosa perché risulta poca automatizzata ed ancora molto manuale.

Le imprese Giapponesi stanno già utilizzando l'IoT per automatizzare la raccolta delle perdite di stabilimento, non a caso le aziende giapponesi come detto in precedenza vedono una forte sinergia tra Lean Manufacturing ed Industria 4.0. (CNH, *Visit to Japan Report*, 2018)

Capitolo 5 – Analisi Strategica del nuovo paradigma industriale

5.1 Le nuove tecnologie come leva strategica per la riduzione delle perdite

Quanto emerge dal capitolo precedente è che l'industria 4.0 è uno strumento che può aiutare il WCM a raggiungere o anche superare i target di efficienza fissati. In questo capitolo vengono espone le modalità con cui le nuove tecnologie possono aiutare a ridurre le inefficienze. Scopo ultimo di tale analisi sarà la realizzazione di una matrice Perdite-Tecnologie, dove una correlazione tra una tecnologia j-esima ed una perdita i-esima, indicherà la possibilità di attaccare la seconda implementando la prima.

Realtà aumentata

La Realtà Aumentata è una tecnologia che può avere un gran valore per gli stabilimenti. Non è una tecnologia, che ha un effetto dirompente sui processi produttivi aziendali, ma può migliorarli apportando maggiore efficacia ed efficienza.

Un notevole supporto può dare agli operatori nelle fasi di produzione, assemblaggio e controllo qualità. Ma può essere impiegata anche per le attività di picking e testing.

- *Manutenzione/Manutenzione straordinaria*: l'Augmented Reality può ridurre le perdite di inutilizzo dei macchinari durante le fasi di manutenzione velocizzando tale attività attraverso un supporto visivo agli operatori che può mostrare una checklist, istruzioni o immagini di componenti da sostituire.
- *Problemi di Qualità/Perdita di rilavorazione* : la realtà aumentata può essere utilizzata come supporto agli operatori durante le fasi di assemblaggio aumentandone l'efficacia.

Riducendo gli errori durante questa fase di possono ridurre le perdite per un eventuale riassettaggio e/o rilavorazione delle componenti a causa di *missing parts* o errato assemblaggio.

- *Controllo Qualità /Testing ed Analisi* : la realtà aumentata può aumentare l'efficienza di tali attività velocizzandole. Per esempio proiettando un Digital Twin sul supporto visivo degli operatori si può confrontare il prodotto reale con una copia digitale evidenziando immediatamente la presenza di difetti, o si può supportare l'operatore con una checklist delle attività da eseguire.

Un Esempio di implementazione di successo è quello dell'impresa italiana Euromet Srl.

Euromet srl ha utilizzato l'augmented reality per il trasferimento del Know how aziendale, processo nel quale trovava molte difficoltà per mancanza di tempo degli operatori senior. [17]

La soluzione a tale problema è stato l'utilizzo di apparecchi visori e telecamere GoPro da parte degli operatori senior, per la registrazione e il trasferimento delle attività svolte in un'ottica di insegnamento agli operatori junior.

I benefici ottenuti sono stati:

- Riduzione del 47% dei tempi di apprendimento da parte dei neoassunti
- Polivalenza degli operai di montaggio rispetto al portafoglio di codici di prodotto.

Il grafico nella figura 5.1 evidenzia l'efficacia dell'addestramento con l'utilizzo della Realtà

Aumentata rispetto a quello convenzionale con affiancamento. I tempi sono espressi in ore.

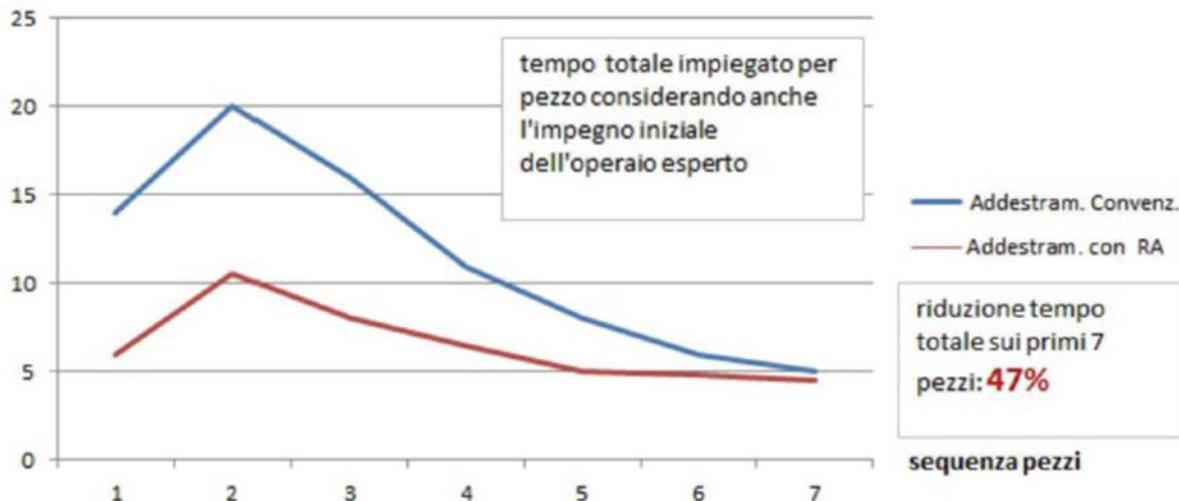


Figura 5.1 Benefici nell'apprendimento riscontrati da Euromet Srl in seguito all'utilizzo della virtual reality. [17]

Anche in CNH Industrial nel 2018 sono stati avviati una serie di progetti per l'implementazione della Realtà aumentata. Uno dei più interessanti è quello che sta sviluppando lo stabilimento di Wichita (USA) in collaborazione con la Wichita State University (WSU).

Come detto in precedenza la realtà aumentata può ridurre le perdite di inutilizzo dei macchinari durante le fasi di manutenzione velocizzando tale attività attraverso un supporto visivo agli operatori.

Proprio tale beneficio è l'obiettivo del progetto avviato in Wichita. Quando il numero delle componenti di un macchinario è elevato, l'operatore può avere difficoltà nel leggere le istruzioni per la manutenzione e contemporaneamente ad aggiornare la documentazione relativa alla propria attività.

Con l'utilizzo dei Microsoft HoloLens, l'operatore può leggere dagli occhiali le istruzioni per la manutenzione e visualizzare il componente da riparare.

Rimanendo in ambito industriale, uno dei competitor di CNH nel segmento Agriculture, AGCO, ha implementato la realtà aumentata all'interno dei propri stabilimenti ottenendo notevoli benefici. [30]

Gli smart glasses vengono utilizzati per fornire agli operatori [30]:

- Work Instructions
- Quality control support
- Migliorare la collaborazione

Ad oggi la società ha registrato i seguenti miglioramenti all'interno dei propri plant:

- Riduzione del 30 % del tempo di ispezione
- Riduzione del 25% del tempo di assemblaggio per la produzione a basso volume
- Riduzione del 50% del tempo di apprendimento per nuovi task

Realtà Virtuale

La Realtà Virtuale a differenza di quella aumentata ha meno ambiti aziendali applicativi.

Lo use case principale è sicuramente quello del “Work Training” che è considerata un attività a non valore aggiunto.

Nel caso in cui venga verificato sperimentalmente un miglioramento della performance degli operatori in seguito ad un training eseguito con l’utilizzo della realtà virtuale, si potrebbero avere dei miglioramenti di efficienza dell’operatore e del suo moto, apportando una riduzione delle perdite da NNVA.

In CNH Industrial sono stati avviati numerosi progetti di Virtual Reality nel 2018 appartenenti al Programma Industria 4.0

Tra i più interessanti vi è il progetto avviato presso lo stabilimento di Zedelgem (Belgio).

Lo stabilimento di Zedelgem è dedito alla produzione di mezzi agricoli, in particolare mietitrebbie e trincia-caricatrici.

In tale stabilimento sono state rilevate delle inefficienze nelle fasi di Development e Pre Build. Inefficienze dovute principalmente alla mancanza di conoscenza da parte degli operatori dei nuovi macchinari utilizzati durante queste fasi. Al fine di velocizzare il processo di Training degli operatori verso l’utilizzo di tali macchinari è stato avviato tale progetto con lo scopo di ricreare in ambiente virtuale l’intera linea di assemblaggio in modo da poter fare training offline.

Si è stimata una riduzione di 24 ore di training necessario per ogni operatore.

Motion Capture

La registrazione del movimento del corpo umano in ambito industriale trova applicazione nello studio dell’ergonomia del lavoro.

La sensorizzazione di operatori in esecuzione di attività operative permette non solo di creare una copia digitale di tale pratica e di analizzare quelle che sono le attività a non valore aggiunto, ma anche di identificare quelli che sono i movimenti che possono essere dannosi per la salute dell'operatore.

- *NNVA*: attraverso una registrazione dei movimenti eseguiti dall'operatore durante le sue routine si possono identificare quelle che sono le attività a non valore aggiunto che questi esegue ed eventualmente ricercare un modo per eliminarle.
- *Assenteismo*: registrando i movimenti dell'operatore si possono identificare quelli che sono ergonomicamente dannosi alla sua salute e che possono portargli danni fisici con conseguente assenteismo a lavoro.

Lo stabilimento CNH Industrial di Madrid in Ottobre 2018 ha tenuto un kick off meeting per avviare un progetto di Motion Capture in combinazione con la Virtual Reality.

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di virtual reality per la simulazione dell'assemblaggio dell'assemblato MY19.

La simulazione virtuale della workstation non solo permetterà di fare training agli operatori, ma equipaggiandoli durante la simulazione virtuale con appositi sensori, si potrà eseguire anche un'analisi ergonomica dei loro movimenti.

RFID

“Con RFID si intende una tecnologia per l'identificazione e/o memorizzazione automatica di informazioni inerenti ad oggetti, o persone, basata sulla capacità di memorizzazione di dati da parte di particolari etichette elettroniche, chiamate tag, e sulla capacità di queste di rispondere all'interrogazione a distanza da parte di appositi apparati fissi o portatili, chiamati reader (o anche interrogatori)”. [31]

Essendo una tecnologia matura e facile da implementare all'interno della propria fabbrica, con standard tecnologici ormai ben definiti, l'implementazione dell'RFID può avere numerosi benefici.

Gli ambiti in cui è maggiormente utilizzata sono quelli relativi alla tracciabilità del prodotto e delle sue componenti, rendendo questa fase automatizzata e meno affetta da errori da parte degli addetti. Inoltre con un collegamento ai sistemi PLC della linea produttiva può essere utilizzata anche per il controllo produzione.

Inattività: l'RFID può aiutare nella riduzione delle perdite per Inattività di operatori e macchinari quando questa è causata da un'attesa di materiali o componenti. Infatti migliorando la tracciabilità del prodotto si può velocizzare il processo di logistica interna e ridurre i tempi di attesa per i materiali.

NNVA: il miglioramento della logistica interna permette di ridurre la necessità di eseguire sulla linea attività a non valore aggiunto, perché le forniture saranno più rapide e puntuali.

Un esempio d'implementazione della tecnologia RFID all'interno di CNH Industrial è lo stabilimento di Valladolid che ha deciso di utilizzare tale tecnologia per migliorare la gestione degli approvvigionamenti e del magazzino.

Mediante un accordo con un fornitore locale di telai per mezzi pesanti, si è avviato un progetto per l'identificazione automatica dei telai.

Come si può vedere dalle figura 5.2 e 5.3, il progetto consiste nel dotare ciascuno telaio di un tag (compito del fornitore), e di posizionare due lettori nello stabilimento: uno all'ingresso dello stabilimento ed uno all'ingresso del magazzino.

I lettori permetteranno di registrare per ogni telaio l'orario di ingresso nello stabilimento e quello di ingresso in magazzino, caricando automaticamente l'informazione sul sistema informativo aziendale.

La sezione ICT di Valladolid ha sviluppato internamente un software che permette un collegamento automatico tra il sistema informativo e le informazioni lette dai lettori.

Alla fine di tale progetto ci si aspetta che il processo di approvvigionamento diventi più efficiente ed affidabile. Inoltre registrando in tempo reale le informazioni sulla quantità di pezzi a magazzino sarà possibile conoscere sempre la quantità disponibile e prevenire eventuali stockout.



Figura 5.2; tags installati sui telai del fornitore [fonte: CNH Industrial]

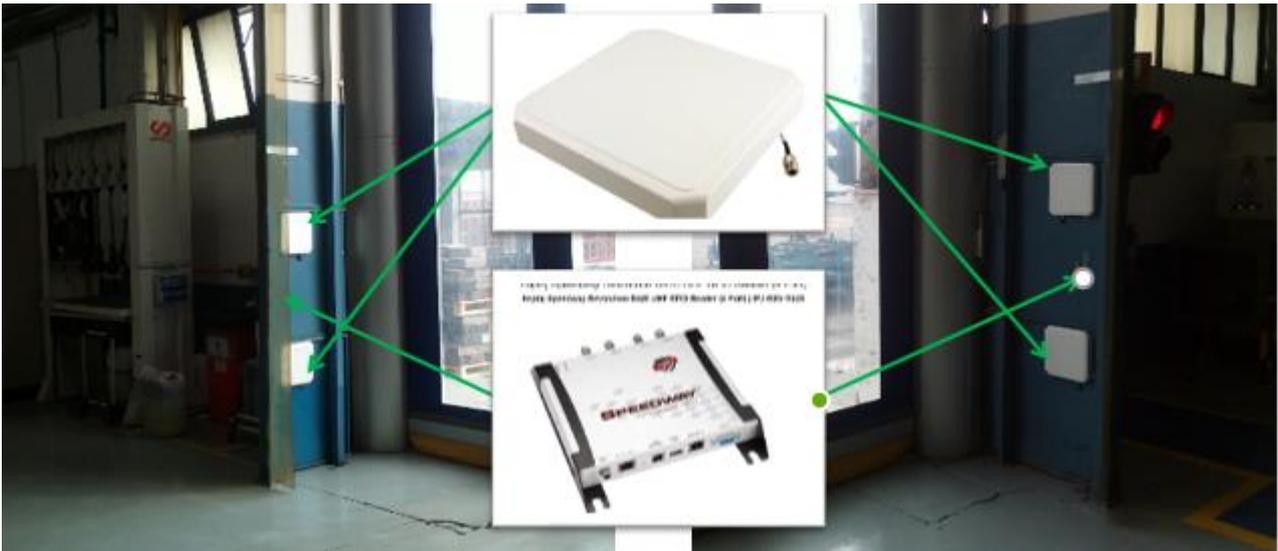


Figura 5.3; Reader Installati all'ingresso del magazzino in Valladolid. [fonte: CNH Industrial]

Internet of Things platform

L'IoT può essere considerata come la tecnologia più dirompente nel nuovo paradigma industriale. .

Il valore che l'IoT porta all'impresa è elevato, non solo in termini di impatto sull'efficienza ma anche sul business aziendale.

Volendoci soffermare sulla riduzione delle perdite, l'IoT è la chiave per una rivisitazione dei processi e l'abbattimento di un elevato numero di perdite. La sensorizzazione dei macchinari, anche attraverso un processo di Retrofitting (sensorizzazione di macchinari tecnologicamente semi-obsoleti) e l'utilizzo di una piattaforma di aggregazione ed analisi di tali dati consente di fare Manutenzione Predittiva e Qualità predittiva.

Manutenzione/Breakdown/Moto dell'operatore/Perdite di velocità/ Interruzioni minori : le piattaforme IoT permettono di fare manutenzione predittiva molto più efficace di quella proattiva. La predizione permette di evitare interventi di manutenzione migliorativa e straordinaria quando non necessari, ma allo stesso tempo ridurre i breakdown e le interruzioni minori intervenendo prima del guasto. La sensoristica dei macchinari permette di identificare rapidamente le perdite di velocità e di effettuare una regolazione da remoto.

Problemi di Qualità/Perdite di rilavorazione/ Perdite di Controllo qualità/ Difetti: Le piattaforme IoT oltre a ridurre i guasti dei macchinari permettono anche un utilizzo più efficace di questi con controllo dei parametri macchina e prodotto. Con l'utilizzo dell'IoT si può fare Predictive Quality,

ovvero andare ad utilizzare particolari Analytics per predire quale sarà la qualità dell'output della nostra linea di produzione.

Con un'applicazione di questo tipo si può ridurre drasticamente il numero di prodotti difettosi, potendo intervenire sui parametri macchina prima che quest'ultima ci produca componenti con caratteristiche tecniche fuori dai limiti di specifica. In tal modo si può evitare di utilizzare i macchinari e personale per dover rilavorare prodotti difettosi, evitare scarti di materiale e componenti non riutilizzabili o rigenerabili, ma anche ridurre il numero di ispezioni a fine linea prevedendo la qualità finale.

Mancanza di ottimizzazione energetica :

La piattaforma IoT impatta anche sui consumi energetici. La sensorizzazione dei macchinari permette di rilevare direttamente o indirettamente qual è il loro consumo ed adattarlo agli standard prefissati ottimizzando così i consumi energetici.

Consumi energetici non necessari: Grazie al sistema IoT è possibile ridurre tutti quei consumi energetici non necessari che si hanno quando la linea produttiva è ferma o viene utilizzata per fare dei rework.

Per quest ultimo ambito d'applicazione energetico è interessante il caso dell' azienda Valsir SpA, che è stato incluso nelle Best Practice 2018 dalla RISE.[17]

I consumi energetici erano uno dei problemi di Valsir SpA, società che si occupa della produzione di sistemi e componenti per idraulica ed edilizia.

Un altro problema era la poca consapevolezza dell'uso e dei consumi energetici. Con l'implementazione della piattaforma IoT e l'utilizzo di Big Data Analytics si sono ottenuti vari benefici:

- Miglioramento dell' 8,8% del consumo specifico di energia elettrica (rispetto al 2015)
- Riduzione del 9,1% dell'intensità di emissioni di CO2 (rispetto al 2015)
- Raggiungimento di un grado di consapevolezza degli usi e consumi di energia del 95%

- Totale coinvolgimento del Top Management e diffusione della politica energetica a tutti i livelli aziendali [17]

Valsir ha implementato una struttura interconnessa (Internet of Things) costituita da una fitta rete di contatori, sensori e PLC grazie alla quale vengono acquisiti in continuo i dati di consumo energetico, di produttività e climatici-ambientali. Il software specifico di Energy Management elabora l'enorme mole di dati raccolti, li aggrega e li visualizza su un "cruscotto". Le competenze possedute all'interno del team di Energy -management di Valsir consentono un'approfondita analisi dei dati raccolti, per la definizione di modelli di consumo e di indicatori sulla base dei quali misurare il miglioramento della prestazione energetica, ottenuta a fronte di una specifica attività.[17]

Per quanto riguarda CNH Industrial, uno dei primi plant che si sta mobilitando per una digitalizzazione completa della fabbrica con un'installazione di una piattaforma IoT, è lo stabilimento di Suzzara.

A Suzzara è stato avviato un progetto di sensorizzazione dei macchinari (Retrofitting) con lo scopo di creare per ognuno di essi una curva di degradazione che servirà per stendere un piano di manutenzione predittiva.

I server di accumulazione dati, installati sui sensori, saranno connessi ad un server centrale tramite connessione wi fi.

Cobots

I Cobots possono essere considerati una tecnologia prettamente operativa, infatti vanno ad inserirsi all'interno della linea di trasformazione industriale con lo scopo di ottimizzare la performance di un processo industriale.

NNVA : inserendo i cobots sulla linea di produzione si possono affidare a questi le attività a non valore aggiunto, permettendo agli operatori di focalizzarsi sulle attività a valore aggiunto.

Assenteismo/ Mancato raggiungimento del tasso di lavoro: Ai cobots possono essere affidate attività rischiose e dannose per la salute fisica di un operatore. Si possono così evitare assenteismi causati da malattia e supportare con dei cobots operatori con problemi fisici.

Perdite per controllo qualità: Un cobot può sostituire un operatore in alcuni processi di controllo qualità permettendo così di eliminare questa perdita di ore lavoro.

Uno dei primi plant CNH che ha deciso di implementare dei cobots all'interno dei propri reparti, è quello di Suzzara.

Il cobot sarà collocato all'interno del reparto di saldatura, e dovrà lavorare in totale sicurezza a contatto con gli operatori in tale workstation.

Attraverso un'analisi dei processi, la tecnostuttura in Suzzara ha constatato che in tale reparto ci sono molte attività ed operazioni che oltre ad essere a non valore aggiunto sono anche dannose per la salute fisica degli operatori perché molto ripetitive. Ed avendo constatato che una totale automazione non risulta essere implementabile vista la natura del processo, per automatizzare tali attività si è deciso di sfruttare la collaborazione dei cobots.

Un altro progetto avviato in ambito cobot è quello dello stabilimento Torino Driveline.

Lo stabilimento ha deciso di utilizzare un cobot collocato su un AGV per agevolare il processo di picking di materiali pesanti. La pinza del cobot gli permetterà di prendere l'assemblato, la camera di leggere il barcode sul pezzo e registrare tale operazione, e l'AGV di eseguire il trasferimento fisico.

Questa implementazione porterà numerosi vantaggi. L'automazione di tale attività non solo permette di ridurre il NNVA degli operatori che erano addetti a tale routine, ma anche di svolgerla in maggior sicurezza visto il peso del componente da spostare. Inoltre la lettura del barcode tramite la camera migliora la tracciabilità dei componenti e riduce il rischio di missing parts o altri problemi logistici.



Figura 5.4 Agv e Cobot nello stabilimento Torino Driveline [fonte: CNH Industrial]

Smart AGVs

AGVs o per esteso Automated/Automatic Guided Vehicles, sono veicoli, utilizzati per la movimentazione di prodotti all'interno di uno stabilimento.

Gli Smart AGVs, opportunamente coordinati da un sistema di controllo centralizzato, possono ridurre una notevole quantità di perdite logistiche.

Inattività Macchinario/operatore: proprio come nel caso dei cobots, gli AGVs possono ridurre i periodi di inattività puntualizzando e regolando le forniture per gli operatori di linea.

NNVA: Con gli AGV si può automatizzare la componente logistica delle NNVA. Infatti si eliminano con gli AGV le perdite di ore lavoro per il trasporto di materiali all'interno dello stabilimento.

Smart Communication

Con Smart Communication indichiamo tutta una classe di devices connessi che sono a supporto degli operatori nell'esecuzione dei loro task, e che favoriscono la comunicazione *human to human* e *human to machine*.

Per esempio tablet o smart watches, che possono indicare all'operatore istruzioni durante l'attività di manutenzione, o permettergli di comunicare con un esperto da remoto.

Inattività : la comunicazione digitale riduce i tempi di attesa per la ricerca di informazioni o la ricezione di istruzioni.

NNVA: Attraverso il giusto supporto informativo si possono evitare alcune delle attività che possono essere a non valore aggiunto.

Uno dei primi stabilimenti che ha deciso di investire in tale tecnologia migliorativa è lo stabilimento di Madrid.

Il progetto consiste nell'implementazione di PCs con interfaccia touch, smartwatches, smartphones e tablets, per facilitare la comunicazione orizzontale lungo la linea, ma anche verticale tra operatori e management. Inoltre l'obiettivo è quello di sostituire tutta l'informazione cartacea (checklist degli operatori, controllo qualità, codice componenti ecc) con informazione digitalizzata.

I promotori di tale progetto hanno stimato un importante riduzione del NNVA degli operatori. Infatti la registrazione cartacea della documentazione operativa richiede molti spostamenti ed interruzioni da parte degli operatori. Digitalizzando tale processo, e rendendo tutte le procedure accessibili da un solo dispositivo si possono eliminare tali spostamenti.

Blockchain

La Blockchain è una di quelle tecnologie che non hanno un vero e proprio impatto sui processi aziendali, ne tanto meno sulla loro efficienza. Ma all'interno di una fabbrica connessa il tema della sicurezza dei dati non può passare in secondo piano, pertanto Blockchain, ed in generale la Cybersecurity, sono una condizione imprescindibile se si vuole passare al nuovo paradigma industriale.

Machine Learning

Gli algoritmi di Machine Learning, in particolare quelli di *deep learning* sono alla base di processi di analisi di Predictive Maintenance e di Predictive Quality, pertanto sono condizione necessaria per sfruttare a pieno le potenzialità dell'Internet of Things e dei Big Data. [32]

Pertanto le perdite aggredibili con l'applicazione degli algoritmi di Machine Learning sono tutte quelle che prevedono l'utilizzo delle piattaforme IoT.

Ma non solo, perché il Machine Learning è anche applicabile per altri scope.

NNVA/Sbilanciamento della linea: una visione futuristica dell'applicazione del Machine Learning vede una vera e propria creazione di robots ad intelligenza artificiale. Questi robots potranno sostituire a tutti gli effetti le attività svolte dagli operatori in tal modo eliminare dal raggio d'azione di questi ultimi tutte le attività che non creano valore aggiunto (ma non solo). Sempre attraverso robots o cobots ad intelligenza artificiale si potranno potenziare le linee che rappresentano colli di bottiglia per la linea produttiva aumentando così l'efficienza ma anche l'efficacia di tutto il processo di trasformazione.

Additive Manufacturing

Come abbiamo visto in precedenza la stampa 3D può essere disruptive per il settore Automotive, e non solo.

Anche se per adesso resta solo un utilizzo marginale di tale tecnologia, in futuro diventerà uno strumento di produzione necessario ai fini competitivi.

Ai fini della riduzione delle perdite di trasformazione, l'introduzione della stampa 3D, cambia completamente la natura del ciclo di trasformazione e può ridurre notevolmente le perdite di materiale, macchinari e manodopera.

La perdita principale aggredibile con l'utilizzo della manifattura additiva è quella dello scarto di materiali che si ha durante le fasi di lavorazione dei materiali (*Taglio/ Sovraccarico materiale indiretto*). Infatti produrre con additività permette di evitare scarti di materiale ottenuti per estrazione.

Digital Twin

In accordo con la società IBM, il Digital Twin è la rappresentazione virtuale di un oggetto fisico o di un sistema, utilizzando dati real time che permettono di visualizzare, analizzare e migliorare le sue condizioni. [33]

Il gemello digitale è una copia virtuale dinamica di qualcosa di reale con la quale risulta più facile interagire, e con esso si possono avere numerosi benefici per quanto riguarda la riduzione delle perdite di trasformazione.

Manutenzione/ Manutenzione straordinaria

Il digital twin di un macchinario facilita il processo di manutenzione. Infatti analizzare il gemello digitale piuttosto che il macchinario, per capire dove si trova il guasto, è molto più veloce e prevede praticamente costi nulli.

Perdite di regolazione

Attraverso il gemello digitale di un macchinario, sul quale si possono monitorare e controllare i relativi parametri, si può regolare il sistema reale bypassando un controllo ed una regolazione fisica che richiedono tempi più lunghi.

Difetti/Perdite per rilavorazioni/Perdite di qualità /Perdite per controllo qualità

Il Digital Twin può essere anche evolutivo da un punto di vista della Qualità. Utilizzando dei sensori per l'ispezione dei prodotti, ed utilizzando degli algoritmi di confronto tra il gemello digitale del prodotto realizzato ed il design del prodotto si può andare a vedere la corrispondenza delle specifiche

tecniche. In tal modo con costi quasi nulli è possibile fare un controllo a tappeto, che risulterà essere più efficiente ed efficace nel rilevamento dei prodotti difettosi.

Testing ed Analisi

Le fasi di testing ed analisi possono essere velocizzate e centralizzate agendo direttamente sul prototipo o sul processo digitale.

Manca di ottimizzazione

I consumi del sistema fisico possono essere monitorati e controllati dal sistema digitale, in modo tale da avere un'idea dei consumi globali del sistema da cui partire per le opportune misure di ottimizzazione.

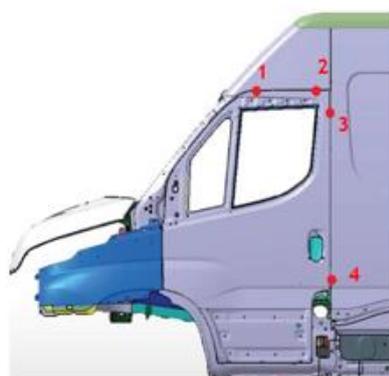
Una delle prime implementazioni concrete per quanto riguarda il Digital Twin sarà conclusa entro il 2019 presso lo stabilimento di Suzzara dove vengono prodotti veicoli commerciali leggeri, e dove si sta cercando di implementare tale tecnologia per il controllo qualità.

Il progetto prevede l'installazione di quattro sensori per monitorare il corretto montaggio delle porte del veicolo alla fine del processo di saldatura.

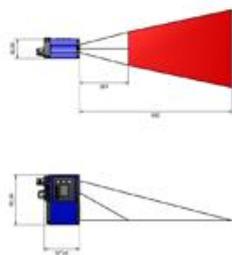
Attualmente in tale punto del processo viene fatto un controllo a campione manuale, che prevede l'ispezione di 20 veicoli a settimana.

Con l'utilizzo di tali sensori sarà possibile fare un controllo a tappeto poiché tale processo sarà totalmente automatizzato. (figura 5.5)

Il controllo qualità viene fatto confrontando con dei sensori installati alla fine della linea, le geometrie del modello digitale, ricostruito con i dati real time, con le specifiche geometriche del prodotto.



**Points
controlled**



Sensor



**Points measured with
sensors on equipment**

Figura 5.5: Punti di controllo e sensori per il controllo automatico [fonte: CNH Industrial]

5.2 Matrice Perdite-Tecnologie

Classe	Perdita	2018 Amount \$	Realtà Aumentata	Realtà Virtuale	Motion Capture	RFID
Macchinari	Manutenzione	13,101,10	*			
Macchinari	Breakdown	15,264,442				
Macchinari	Inattività macchinario					*
Macchinari	Startup/Shutdown	719,375				
Macchinari	Changeovers	17,323,902				
Macchinari	Perdite di velocità	1,422,524				
Macchinari	Interruzioni minori	11,968,247				
Macchinari	Problemi di Qualità	10,674,037	*			
Manodopera	Inattività operatore					*
Manodopera	Moto operatore	9,396,907				
Manodopera	Organizzazione di linea					
Manodopera	Sbilanciamento	41,607,855				
Manodopera	NNVA	113,072,210		*		*
Manodopera	Assenteismo	10,799,959			*	
Manodopera	Mancato Raggiungimento del tasso di lavoro	2,508,375				
Manodopera	Perdita di regolazione	115,099				
Manodopera	Perdita di rilavorazione	7,990,833	*			
Manodopera	Perdita per controllo Qualità	14,423,583	*			
Manodopera	Pulizie	5,975,098				
Manodopera	Testing e Analisi		*			
Manodopera	Manutenzione Straordinaria	9,319,946	*			
Materiali	Difetti	9,722,461				
Materiali	Taglio					
Materiali	Startup/Shutdown (materiali)					
Materiali	Sovraccarico materiale indiretto	10,455,443				
Materiali	Pezzi di ricambio per manutenzione	1,594,108				
Energia	Consumo non necessario					
Energia	Mancanza di ottimizzazione					
Energia	Mancanza di Energia Recuperabile					
Energia	Perdita di Trasmissione					
Energia	Mancanza di nuova tecnologia	6,352,498				

Classe	Perdita	Cobots	AGVs	Smart Communicator	Blockchain	Machine Learning	Additive Manufacturing	Digital Twin
Macchinari	Manutenzione			*		*		*
Macchinari	Breakdown					*		*
Macchinari	Inattività macchinario	*	*				*	*
Macchinari	Startup/Shutdown						*	
Macchinari	Changeovers						*	
Macchinari	Perdite di velocità					*		*
Macchinari	Interruzioni minori					*		*
Macchinari	Problemi di Qualità			*		*		
Manodopera	Inattività operatore	*	*					*
Manodopera	Moto operatore					*		
Manodopera	Organizzazione di linea			*				
Manodopera	Sbilanciamento					*		
Manodopera	NNVA	*	*	*		*		
Manodopera	Assenteismo	*						
Manodopera	Mancato Raggiungimento del tasso di lavoro	*						
Manodopera	Perdita di regolazione			*		*		*
Manodopera	Perdita di rilavorazione					*		
Manodopera	Perdita per controllo Qualità	*	*	*		*		*
Manodopera	Pulizie						*	
Manodopera	Testing e Analisi							*
Manodopera	Manutenzione Straordinaria			*		*		*
Materiali	Difetti					*		*
Materiali	Taglio						*	
Materiali	Startup/Shutdown (materiali)						*	
Materiali	Sovraccarico materiale indiretto						*	
Materiali	Pezzi di ricambio per manutenzione					*		
Energia	Consumo non necessario					*		*
Energia	Mancanza di ottimizzazione					*		*
Energia	Mancanza di Energia Recuperabile							
Energia	Perdita di Trasmissione							
Energia	Mancanza di nuova tecnologia							

Figura 5.2 Matrice Perdite-Tecnologie

5.3 L'impatto delle nuove tecnologie sulla value chain e l'organizzazione: conclusioni finali

Una delle considerazioni fatte durante l'analisi di complementarità tra Industria 4.0 e programma WCM e lo studio delle varie tecnologie, è che non tutte impattano con la stessa intensità ed allo stesso modo sull'organizzazione.

Alcune permettono di migliorare le attività di trasformazione industriale, altre il coinvolgimento dei clienti e/o dei fornitori, altre le attività di supporto della value chain.

Volendo fare una prioritizzazione delle varie tecnologie, come hanno capito la gran parte delle imprese Giapponesi e Tedesche, l'Internet of Things è la base per avere miglioramenti in efficienza ed efficacia lungo tutta la catena del valore, sia che si voglia partire con una semplice visualizzazione dei dati, sia con un utilizzo più spinto di tale tecnologia combinandola con Big Data Analytics, Machine Learning o Digital Twin. Altre tecnologie come AGV, Cobots, Realtà virtuale ed aumentata, vedono il loro impiego solo limitato ad alcune attività aziendali, in particolare come supporto agli operatori, mentre l'Additive Manufacturing è una tecnologia operativa che in futuro potrà avere un grande impatto non solo sul ciclo di trasformazione, ma sulla configurazione di tutta la supply chain e del business d'impresa (disruptive).

La maggior parte delle imprese fa ancora fatica ad approcciarsi al nuovo paradigma industriale perché non hanno ancora competenze e risorse tecnologiche. In più manca una cultura aziendale pronta a questo tipo di transizione. La grandezza di tale fenomeno e la sua crescita potenziale può far nascere all'interno dei vertici aziendali un sentimento di frustrazione che porta a spingerli in investimenti senza una linea strategica ben definita, spinti dalla sola paura di essere in ritardo rispetto ai competitors e potersi trovare domani fuori dal mercato.

La transizione all'industria 4.0 diventerà ben presto una condizione imprescindibile per rimanere competitivi sul mercato. Chi ha investito ieri, oggi può avere un vantaggio competitivo che però sarà annullato ben presto a causa della crescita esponenziale dei mercati tecnologici.

Per investire in modo efficace e soprattutto efficiente (con ROI elevati), bisogna partire da un'analisi dei processi aziendali. Analizzare i punti forti ed i punti deboli e cercare di agire prima su questi ultimi individuando le tecnologie più impattanti. Non è necessario fare investimenti esorbitanti, sostituendo tutto il parco macchine e gli impianti industriali, ma si può partire anche step by step, attraverso piccole implementazioni aggiuntive [19]. Per esempio nel caso dell'IoT non è necessario che si installi da zero l'ultima piattaforma Microsoft e si parta subito con l'implementare la manutenzione predittiva ed altre applicazioni di machine learning, si può iniziare

con l'installazione di sensori sui propri macchinari (che oggi ormai hanno raggiunto prezzi veramente bassi) e collegandoli alla rete aziendale si può monitorare i parametri di funzionamento.

Attraverso un'implementazione graduale si può anche dare tempo al personale, permettendogli di conoscere (anche attraverso training di fornitori esterni) e prendere consapevolezza delle nuove tecnologie, perchè dovranno essere loro ad utilizzarle e a sfruttarne a pieno il potenziale.

Come si vuole proporre con tale lavoro di tesi, il punto di partenza per impostare una roadmap per i propri investimenti in tecnologie digitali può essere proprio l'analisi delle perdite (e più in generale dei costi) di produzione. Nel capitolo successivo si fornisce una metodologia per una prioritizzazione degli investimenti basata su un'analisi delle perdite per un singolo stabilimento. Tale metodologia potrà essere utilizzata singolarmente da ogni singolo stabilimento (approccio bottom up), o utilizzata a livello Global per indirizzare tutta l'organizzazione in un'unica direzione (approccio top down).

Capitolo 6: Analisi delle perdite presso lo stabilimento di Brescia

Lo scopo di tale capitolo è l'applicazione di una sinergia tra WCM ed Industria 4.0 per un caso reale. È stato preso come riferimento lo stabilimento di Brescia di cui avevamo una serie storica di perdite più lunga rispetto agli altri stabilimenti. Partendo dai dati delle perdite annuali suddivise per categorie, si è eseguita un'Analisi di Pareto per l'individuazione di una classe di perdite molto gravi. Con le conoscenze strategiche acquisite sulle varie tecnologie 4.0, si è cercato di dare alcuni suggerimenti d'implementazione tecnologica per la riduzione di tali perdite individuate all'interno dello stabilimento.

6.1 Analisi di Pareto delle perdite

Utilizzando i dati delle perdite registrate presso lo stabilimento di Brescia dal 2015 al 2018 , si è deciso di applicare tale metodologia di rappresentazione quale il Diagramma di Pareto, per andare a suddividerle in 3 classi: perdite molto gravi (contribuiscono all'80% delle perdite totali), perdite

gravi (contribuiscono al 15% delle perdite totali) e perdite lievi (contribuiscono al 5% delle perdite totali). I dati saranno rappresentati secondo un modello costituito da un Istogramma di Pareto diviso in 3 zone (classi): quella delle perdite molto gravi, gravi e lievi.

Le perdite sono state raggruppate nelle 3 classi secondo un criterio 80-15-5.

Le perdite molto gravi sono quello che insieme vanno a costituire l'80% delle perdite totali (per Esempio nel 2015 NNVA, Logistics Loss, Energy Loss).

Le perdite gravi sono quelle che contribuiscono insieme a quelle molto gravi a raggiungere il 95% delle perdite totali.

Infine quelle lievi costituiscono il restante 5%.

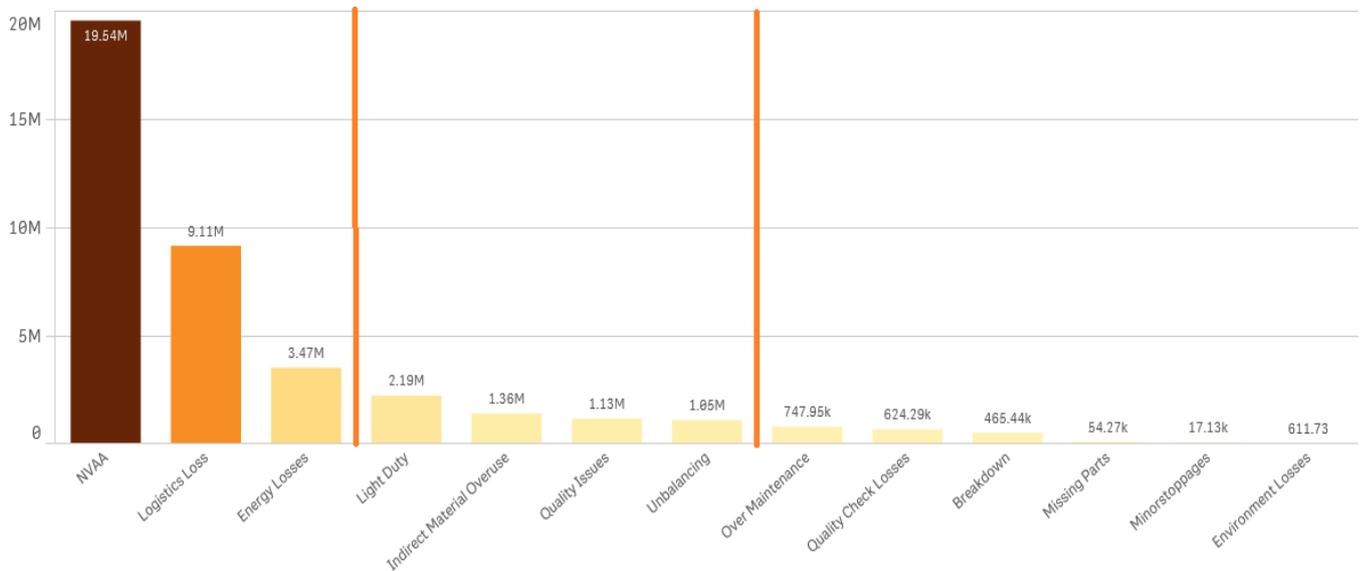


Figura 6.1; Diagramma di Pareto per le perdite relative all'anno 2015 presso lo stabilimento di Brescia

Anno 2015					
Perdita	Incidenza quantitativa(\$)	Incidenza Percentuale	Cumulata quantitativa	Cumulata percentuale	
NNVA	19.540.000	49,14525115	19.540.000	49,14525115	
Logistics Loss	9.110.000	22,91265292	28.650.000	72,05790407	
Energy Loss	3.470.000	8,727432011	32.120.000	80,78533608	
Light Duty	2.190.000	5,508091097	34.310.000	86,29342718	
Indirect Material Overuse	1.360.000	3,420549722	35.670.000	89,7139769	
Quality Issues	1.130.000	2,842074401	36.800.000	92,5560513	
Unbalancing	1.050.000	2,640865594	37.850.000	95,1969169	
Over Maintenance	747.950	1,881176592	38.597.950	97,07809349	
Quality Check Losses	624.290	1,570158078	39.222.240	98,64825157	
Breakdown	465.440	1,17063284	39.687.680	99,81888441	
Missing Parts	54.270	0,136495025	39.741.950	99,95537943	
Minor Stoppages	17.130	0,043083836	39.759.080	99,99846327	
Environment Losses	611	0,001536732	39.759.691	100	
	39.759.691				

Tabella 6.1; Quantificazione delle perdite relative all' anno 2015 presso lo stabilimento di Brescia, con suddivisione in classi.

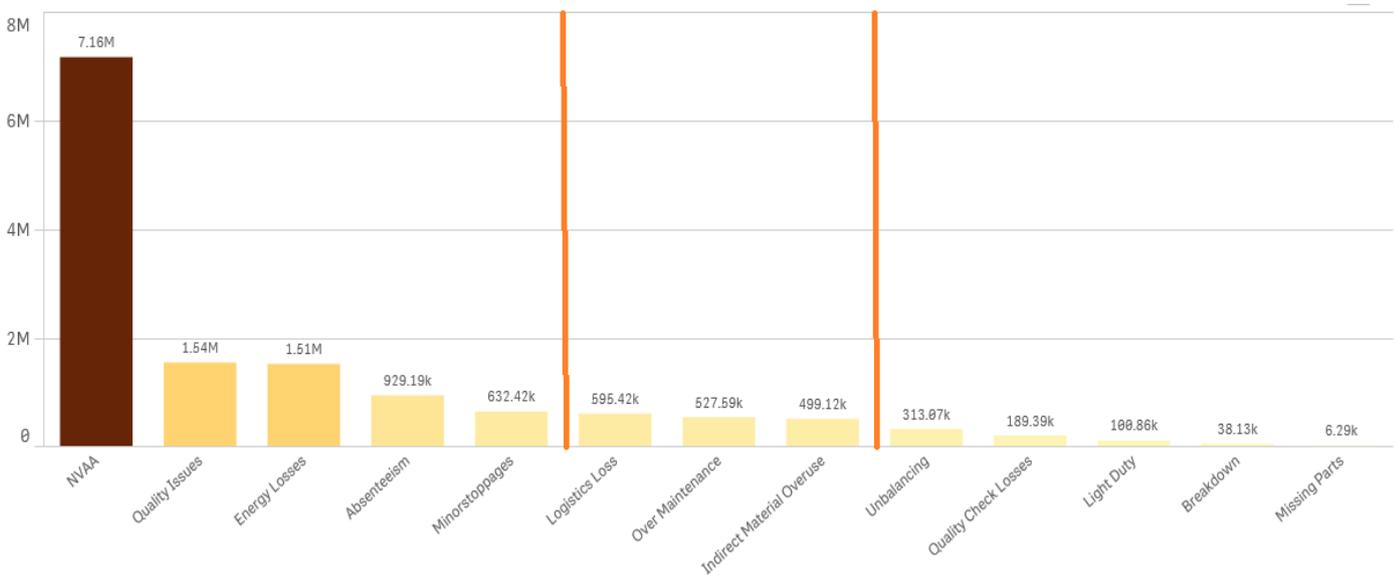


Figura 6.2; Diagramma di Pareto per le perdite relative all'anno 2016 presso lo stabilimento di Brescia

Anno 2016					
Perdita	Incidenza quantitativa(\$)	Incidenza Percentuale	Cumulata quantitativa	Cumulata percentuale	
NNVA	7.160.000	50,9917758	7.160.000	50,9917758	
Quality Issues	1.540.000	10,96750485	8.700.000	61,95928065	
Energy Loss	1.510.000	10,75385216	10.210.000	72,7131328	
Absenteeism	929.190	6,617464826	11.139.190	79,33059763	
Minor Stoppages	632.420	4,50394118	11.771.610	83,83453881	
Logistics Loss	595.420	4,240436193	12.367.030	88,074975	
Over Maintenance	527.590	3,757367457	12.894.620	91,83234246	
Indirect Material Overuse	499.120	3,554611052	13.393.740	95,38695351	
Unbalancing	313.070	2,229608275	13.706.810	97,61656179	
Quality Check Losses	189.390	1,348789444	13.896.200	98,96535123	
Light Duty	100.860	0,71830035	13.997.060	99,68365158	
Breakdown	38.130	0,271552571	14.035.190	99,95520415	
Missing Parts	6290	0,044795848	14.041.480	100	
	14.041.480				

Tabella 6.2; Quantificazione delle perdite relative all' anno 2016 presso lo stabilimento di Brescia, con suddivisione in classi.

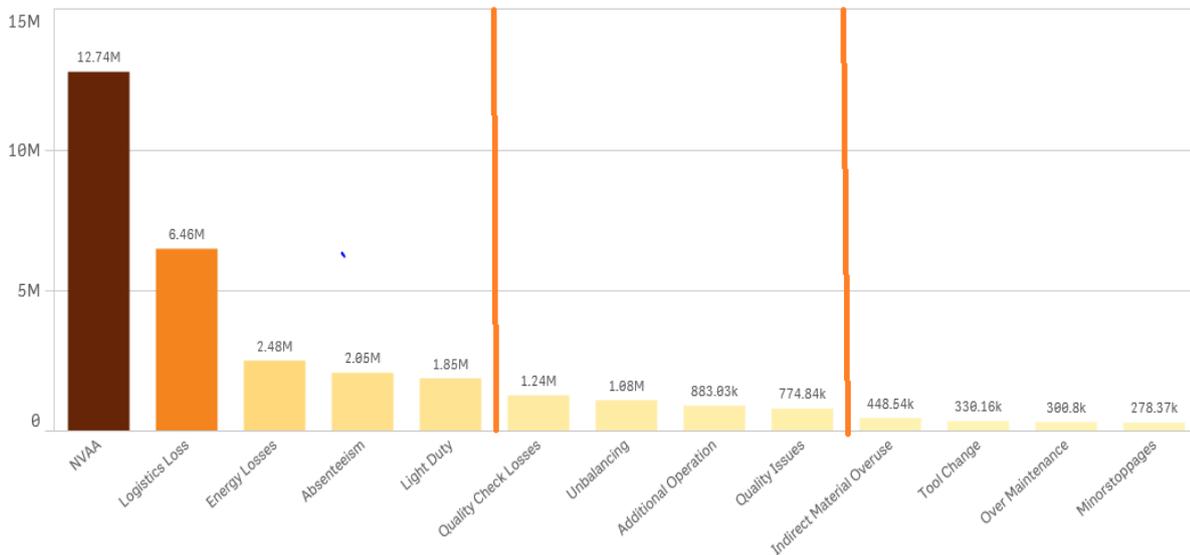


Figura 6.3; Diagramma di Pareto per le perdite relative all'anno 2017 presso lo stabilimento di Brescia

Anno 2017					
Perdita	Incidenza quantitativa(\$)	Incidenza Percentuale	Cumulata quantitativa	Cumulata percentuale	
NNVA	12.740.000	41,20878232	12.740.000	41,20878232	
Logistics Loss	6.460.000	20,89550501	19.200.000	62,10428733	
Energy Losses	2.480.000	8,02180378	21.680.000	70,12609111	
Absenteeism	2.050.000	6,630926512	23.730.000	76,75701762	
Light Duty	1.850.000	5,984006852	25.580.000	82,74102447	
Quality Check Losses	1.240.000	4,01090189	26.820.000	86,75192637	
Unbalancing	1.080.000	3,493366162	27.900.000	90,24529253	
Additional Operation	883.030	2,856247335	28.783.030	93,10153986	
Quality Issued	774.840	2,506296146	29.557.870	95,60783601	
Indirect Material Overuse	448.540	1,450846721	30.006.410	97,05868273	
Tool Change	330.160	1,067934974	30.336.570	98,1266177	
Over Maintenance	300.800	0,972967168	30.637.370	99,09958487	
Minorstoppages	278.370	0,900415128	30.915.740	100	
	30.915.740				

Tabella 6.3; Quantificazione delle perdite relative all' anno 2017 presso lo stabilimento di Brescia, con suddivisione in classi.

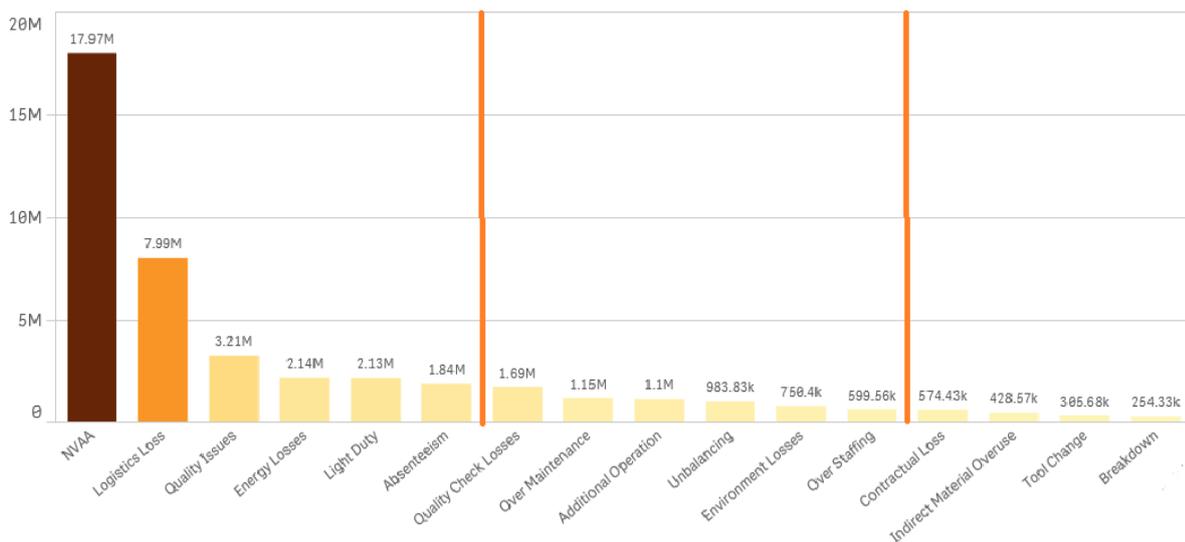


Figura 6.4; Diagramma di Pareto per le perdite relative all'anno 2018 presso lo stabilimento di Brescia

Perdita	Incidenza quantitativa(\$)	Incidenza Percentuale	Cumulata quantitativa	Cumulata percentuale
ANNO 2018				
NNVA	17.970.000	41,67748998	17.970.000	41,67748998
Logistics Loss	7.990.000	18,53105982	25.960.000	60,2085498
Quality Issues	3.210.000	7,44489387	29.170.000	67,65344367
Energy Losses	2.140.000	4,96326258	31.310.000	72,61670625
Light Duty	2.130.000	4,940069764	33.440.000	77,55677601
Absenteeism	1.840.000	4,267478106	35.280.000	81,82425412
Quality Check Losses	1.690.000	3,919585869	36.970.000	85,74383999
Over Maintenance	1.150.000	2,667173816	38.120.000	88,4110138
Additional Operation	1.100.000	2,551209737	39.220.000	90,96222354
Unbalancing	983.830	2,281778796	40.203.830	93,24400234
Environment Losses	750.400	1,740388897	40.954.230	94,98439123
Over Staffing	599.560	1,390548464	41.553.790	96,3749397
Contractual Losses	574.430	1,332264918	42.128.220	97,70720462
Indirect Material Overuse	428.570	0,993974506	42.556.790	98,70117912
Tool Change	305.680	0,708957993	42.862.470	99,41013712
Breakdown	254.330	0,589862884	43.116.800	100
	43.116.800			

Tabella 6.4; Quantificazione delle perdite relative all' anno 2017 presso lo stabilimento di Brescia, con suddivisione in classi.

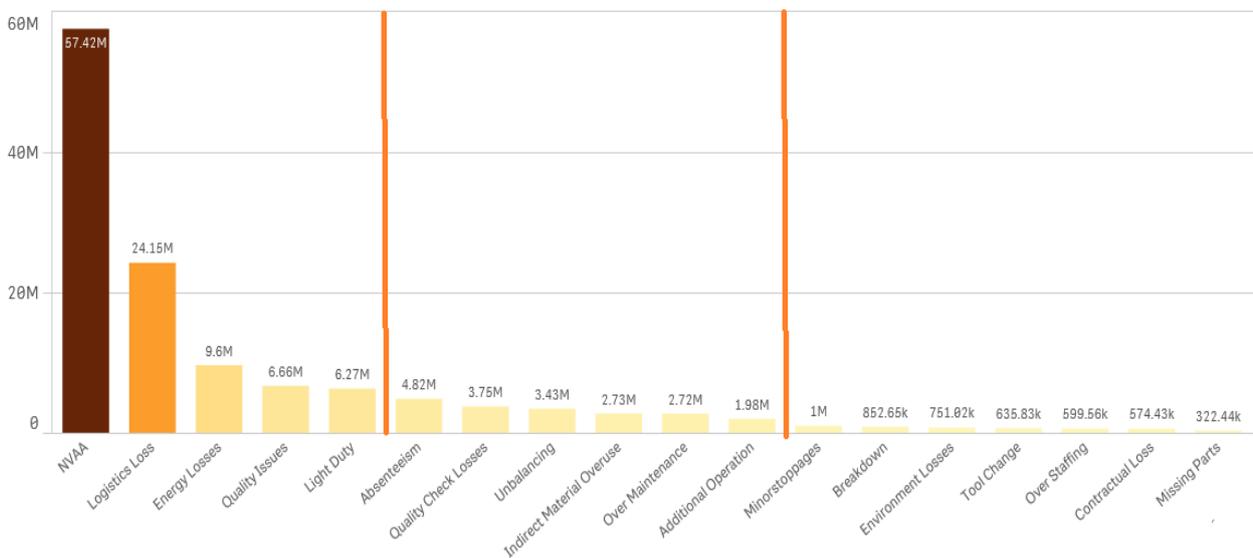


Figura 6.5; Diagramma di Pareto per le perdite dal 2015 al 2018 presso lo stabilimento di Brescia

Anno 2015-2018		Incidenza quantitativa(\$)	Incidenza Percentuale	Cumulata quantitativa	Cumulata percentuale
	Perdita				
	NNVA	57.420.000	44,76636937	57.420.000	44,76636937
	Logistics Loss	24.150.000	18,82807071	81.570.000	63,59444008
	Energy Losses	9.600.000	7,484450469	91.170.000	71,07889055
	Quality Issues	6.660.000	5,192337513	97.830.000	76,27122807
	Light Duty	6.270.000	4,888281713	104.100.000	81,15950978
	Absenteeism	4.820.000	3,75781784	108.920.000	84,91732762
	Quality Check Losses	3.750.000	2,923613465	112.670.000	87,84094108
	Unbalancing	3.430.000	2,674131782	116.100.000	90,51507286
	Indirect Material Overuse	2.730.000	2,128390602	118.830.000	92,64346347
	Over Maintenance	2.720.000	2,1205943	121.550.000	94,76405777
	Additional Operation	1.980.000	1,543667909	123.530.000	96,30772568
	Minor Stoppages	1.000.000	0,779630257	124.530.000	97,08735593
	Breakdown	852.650	0,664751739	125.382.650	97,75210767
	Environment Losses	751.020	0,585517916	126.133.670	98,33762559
	Tool Change	635.830	0,495712306	126.769.500	98,8333789
	Over Staffing	599.560	0,467435117	127.369.060	99,30077301
	Contractual Losses	574.430	0,447843009	127.943.490	99,74861602
	Missing Parts	322.440	0,25138398	128.265.930	100
		128.265.930			

Tabella 6.5; Quantificazione delle perdite dall' anno 2015 al 2018 presso lo stabilimento di Brescia, con suddivisione in classi.

6.2 Analisi delle perdite molto gravi: trend e suggerimenti

L'individuazione delle perdite di stabilimento etichettate come "molto gravi" ovvero che appartengono a quella classe di perdite che genera l'80% delle perdite totali, può essere un'ottima base di partenza per impostare una roadmap verso la transizione tecnologica. Nel caso dello stabilimento analizzato le perdite più alte sono quasi sempre le stesse durante il periodo di tempo considerato e tendono rimanere costanti nonostante gli sforzi del programma WCM nel cercare di ridurle. Scopo di questo paragrafo è quello di analizzare il trend storico delle perdite molto gravi e dare qualche suggerimento di sviluppo tecnologico che potrebbe favorirne la riduzione.

	\$	2015	2016	2017	2018	media	2015-2018(improvement)
NNVA		19540000	7160000	12740000	17970000	14352500	1570000
Logistics Losses		9110000	595420	6460000	7990000	6038855	1120000
Energy Losses		3470000	1510000	2480000	2140000	2400000	1330000
Quality Issues		1130000	1540000	774840	3210000	1663710	-2080000
Light Duty		6270000	100860	1850000	2130000	2587715	4140000
Absenteeism		0	929190	2050000	1840000	1204797,5	-1840000

Tabella 6.6; serie storica delle perdite molto gravi evidenziate dall'analisi di Pareto.

Dalla tabella 6.6 si può osservare che per le perdite di NNVA, Logistiche, Energia e Light Duty si è avuta una riduzione anche se lieve (fa eccezione Light Duty).

Mentre le perdite da assenteismo e per problemi di qualità sono addirittura aumentate nel corso degli anni.

NNVA

La perdita per NNVA era la più gravosa nel 2015 e resta tale anche nell'ultimo esercizio. Mediamente si registrano annualmente 14 Milioni di dollari per perdite di manodopera impiegata in attività che non generano valore aggiunto sul prodotto. Nonostante gli sforzi di riduzione negli anni si è avuta una riduzione di solo 1,5 Milioni.

Numerose sono le tecnologie che potrebbero aiutare in tale ambito come per esempio la Realtà Virtuale per un training più efficace dell'operatore o l'utilizzo di Cobots per sostituire l'operatore in attività a non valore aggiunto. Prima di utilizzare una tecnologia però sarà opportuno analizzare le cause radice di tale perdita, studiare il processo e scegliere l'implementazione più adatta al caso. Tale analisi non è stata per ora possibile a causa di una mancata collaborazione con lo stabilimento di Brescia.

Logistics Losses

Proprio come le perdite per NNVA, quelle logistiche sono persistenti negli anni all'interno dello stabilimento. Molto utile nel caso di questa tipologia di perdite è l'utilizzo di AGVs per automatizzare il trasporto di materiali all'interno dello stabilimento, e supportare gli operatori con Smart devices per velocizzare le attività di picking e stoccaggio.

Energy Losses

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti ci sono varie tipologie di perdite energetiche, ma queste vengono raggruppate dallo stabilimento in un'unica voce di Energy Losses.

Tuttavia le tecnologie che permettono di acquisire consapevolezza dei propri consumi energetici, e forniscono gli strumenti per ridurli, vanno a lavorare quasi tutte ad ampio spettro.

Le piattaforme IoT costituiscono in questo caso uno strumento imprescindibile. Infatti solo attraverso l'installazione di sensori sui macchinari e sulla rete di trasmissione energetica, è possibile monitorare il consumo energetico dello stabilimento. Ad un livello più alto poi, l'utilizzo di algoritmi di Machine Learning permettono di fare delle analisi predittive sui consumi ed impostare una strategia volta alla riduzione dei consumi.

Quality Issues

Le perdite per problemi di Qualità sono aumentate nel corso degli anni, ad indicare che lo stabilimento ha spinto poco nel miglioramento di tale ambito oppure ha migliorato il processo di individuazione dei difetti. L'utilizzo dei macchinari per fare delle rilavorazioni per prodotti non conformi è una perdita che può essere ridotta solo attraverso un miglioramento della qualità totale dei processi. Tutto il Team Industria 4.0 è risultato concordante sul fatto che per abbattere questa tipologia di perdita bisogna agire su due fronti: da un lato bisogna ridurre i guasti dei macchinari ed evitare che questi eseguano lavorazioni non conformi, dall' altro bisogna supportare l'operatore con strumenti che gli permettano di avere una maggior accuratezza e precisione della lavorazione.

Se nel primo caso ci possono venire incontro gli strumenti di manutenzione predittiva, nel secondo caso la realtà aumentata può essere una tecnologia molto utile soprattutto come supporto nelle fasi di assemblaggio.

Light Duty e Absenteeism

Si è deciso di trattare insieme queste due categorie di perdita essendo tra loro molto correlate, sia per cause radici che per misure preventive.

Il basso ritmo di lavoro e l'assenteismo della forza lavoro possono essere dovute ad una numerosità di ragioni sociali, politiche ed ambientali.

Nel caso in cui si tratti di comportamenti spinti dalla volontà dell'operatore e da sue ragioni personali, vi è un discostamento da ogni fine di questo elaborato.

Nel caso in cui invece le cause radici siano problemi fisici e di salute dell'operatore si può intervenire cercando di ridurre tecnicamente tale topologia di perdita.

La sicurezza sul lavoro è un tema sempre più attuale e che sta spingendo molte aziende ad investire in tecnologie con tale fine. Ne sono esempio il Motion Capture con il quale si cerca di individuare i movimenti dannosi alla salute dell'operatore e l'utilizzo di Cobots per sostituire quest ultimo nell'esecuzione di attività potenzialmente dannose.

Nel caso dello stabilimento di Brescia visto il progressivo aumento delle perdite per assenteismo ed allo stesso tempo di quelle per basso ritmo di lavoro, si può ipotizzare un progressivo deterioramento fisico della squadra operaia.

NNVA	<u>Logistic Losses</u>	<u>Energy Losses</u>	<u>Quality Issues</u>	<u>Light Duty and Absenteesim</u>
<u>Cobots</u>	<u>AGVs</u>	IoT Platform	Realtà Aumentata	<u>Motion Capture</u>
Realtà Aumentata	RFID	Machine Learning	IoT Platform	Realtà Virtuale
<u>Smart Communication</u>			Machine Learning	<u>Cobots</u>
			Digital Twin	

Tecnologie per la riduzione delle perdite presso lo stabilimento di Brescia.

Bibliografia e sitografia

- [1] CNH Industrial (2018), *Corporate Presentation*
- [2] <https://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/rivoluzione-252.htm>
- [3] <https://www.leadershipmanagementmagazine.com/articoli/implementazione-industria-4-0-vantaggi-criticita/>
- [4] <https://www.process-worldwide.com/usa-industry-40-the-american-way-a-536602/>
- [5] <https://www.techeconomy.it/2018/06/08/industry-40-germania-segreto-del-successo/>
- [6] CNH Industrial *Japan Report* (2018)
- [7] https://www.bcg.com/it-it/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- [8] <https://community.nasscom.in/communities/iot-ai/digital-twins-define-oil-gas-4-0.html>
- [9] <http://www.mercurio.it/2017/10/31/pharma4-0-automazione-industriale/>

- [10] <https://www.kcsitglobal.com/cloud-computing-services>
- [11] <https://1sheeld.com/iot-understanding-concepts/ibms-watson-iot-platform-allows-you-to-quickly-connect-devices-to-bluemix-cloud-valerie-lampkin-5-638/>
- [12] <https://kentstrapper.com/stampante-3d-kentstrapper-zero/>
- [13] <https://www.investireoggi.it/tech/hololens-2-nuovo-visore-per-realta-mista-targato-microsoft-ma-che-prezzo/>
- [14] <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>
- [15] Forrester (2018); *Benchmark your digital journey report*; scaricabile su : <https://www.odgersberndtson.com/media/5742/forrester-odgers-berndtson-digital-business-2018-benchmark-your-digital-journey-report.pdf>
- [16] <https://www.theleansixsigmacompany.it/blog/industria-4-0/industria-4-0-il-focus-su-efficienza-e-costi-da-solo-e-in-grado-di-assicurare-il-roi-dellinvestimento/> Cristiano Valtolina, 2018.
- [17] "Best Practice dalla teoria alla pratica 4.0" (2018) , RISE, Vendor. Scaricabile su <http://www.vendorsrl.it/reportbestpractice40>
- [18] Craig A. Giff Bharath Gangula Pandarinath Illinda (2018), "3D opportunity in the automotive Industry: Additive Manufacturing hits the roads", Deloitte University Press
- [19] Luca Beltrametti Nino Guarnacci Nicola Intini Corrado La Forgia (2017), "la fabbrica connessa", Guerini e Associati, Milano, MI.
- [20] <https://www.industriaitaliana.it/CNH-industrial-trattori-per-coltivare-e-raccogliere-dati/>
- [21] <https://www.agrifood.tech/agridata/dai-trattori-al-machine-learning-la-smart-agrifood-secondo-john-deere/>
- [22] <https://www.internet4things.it/smart-mobility/scania-e-ericsson-uniscono-le-forze-per-migliorare-l-efficienza-dei-trasporti-grazie-al-5g/> Mauro Bellini; 2016
- [23] <https://internetofbusiness.com/mixed-reality-microsoft-hololens-summer-school/>
- [24] <https://dirigentindustria.it/industria/world-class-manufacturing-e-industria-4.0-alla-base-della-ripresa-del-gruppo-fca.html>
- [25] <https://www.organizzazioneaziendale.net/lean-production>
- [26] <https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/just-in-time.html>

- [27] <http://www.qualitiamo.com/six%20sigma/cose%20six%20sigma.html>
- [28] <https://www.hbtsa.it/wcm-world-class-manufacturing/>
- [29] CNH Industrial, *Cost Deployment Standards book* (2014)
- [30] <https://news.agcocorp.com/topics/agco-innovations-in-manufacturing-with-glass>
- [31] <https://www.sorma.com/news/rfid-i-benefici-per-produzione-e-logistica/>
- [32] <https://www.prometeia.it/atlante/machine-learning-potenzialita-industria-40>
- [33] <https://www.ibm.com/internet-of-things/trending/digital-twin>
- [34] <https://museum-madness.blogspot.com/2011/11/total-industrial-engineering-h-yamashina.html>
- [35] <http://www.qualitiamo.com/guru/feigenbaum/tqm.html>
- [36] <https://dirigentindustria.it/industria/world-class-manufacturing-e-industria-4.0-alla-base-della-ripresa-del-gruppo-fca.html>

