

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Industria 4.0 e digitalizzazione: introduzione di un sistema MES in una linea di assemblaggio DAB Pumps

Relatore

Ch.ma Prof.ssa Daria Battini

Correlatore

Ing. Francesco Zucchetto

Laureando

Davide Canova

Anno Accademico 2017/2018

Un sentito ringraziamento ai miei genitori per avermi sempre sostenuto e motivato in questo straordinario percorso. Grazie a Valeria per avermi fatto credere in me stesso e per il grande supporto che ha saputo darmi. Ringrazio infine la Professoressa Daria Battini e l'Ing. Francesco Zucchetto.

Sommario

La digitalizzazione è un argomento di contemporanea importanza poiché indispensabile per le aziende che vogliono essere competitive nello scenario di mercato attuale e diventarlo ancora di più in quello futuro. Complice la continua evoluzione tecnologica ogni giorno più accessibile ed i nuovi adeguamenti normativi, la digitalizzazione copre sempre più settori aziendali e permette di ottenere vantaggi quantificabili.

L'obiettivo di questa tesi è presentare l'introduzione di alcune tecnologie abilitanti all'Industria 4.0 in un'azienda manifatturiera italiana, con particolare riferimento all'implementazione di un Manufacturing Execution System (MES), presentando dapprima gli aspetti teorici di Industria 4.0 e delle tecnologie che la contraddistinguono per poi analizzare come queste tecnologie permettano di ricavare dei benefici concreti.

Il caso studio analizzato è DAB Pumps S.p.A.: l'azienda sta affrontando un percorso di cambiamento digitale che rappresenta l'oggetto dello studio presentato nella seguente tesi di laurea. Oltre a soffermarsi sul processo di implementazione che sta alla base della maggior parte dei cambiamenti introdotti, con questo elaborato sono state evidenziate ed analizzate con occhio critico le difficoltà affrontate durante i vari step della trasformazione, oltre a mettere in luce i principali vantaggi derivanti da essa.

La digitalizzazione è un processo ambizioso e complesso che necessita tempo per essere portato a termine, non è privo di difficoltà e deve basarsi su strategie consolidate e scientifiche. I tempi necessari ad ottenere questa trasformazione non dipendono solamente da quelli necessari dall'implementazione di un nuovo sistema tecnologico, ma sono molto influenzati dalla cultura del lavoro, soprattutto in un contesto industriale come quello manifatturiero italiano.

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1. Industria 4.0.....	5
1.1 Premessa storica.....	5
1.1.1 Le prime tre rivoluzioni industriali	5
1.2 Definizione ed origine del termine.....	6
1.2.1 Perché “4.0”?	7
1.3 La trasformazione digitale dell’industria.....	7
1.4 Vantaggi attesi	10
1.4.1 Aumento della produttività.....	10
1.4.2 Continuità lavorativa.....	11
1.4.3 Dati in real-time per una real-time supply chain	12
1.4.4 Prodotti di maggior qualità	13
1.4.5 Condizioni di lavoro e sostenibilità	14
1.4.6 Aumento dell’Agilità.....	15
1.4.7 Sviluppo di nuovi modelli di business.....	15
1.5 Svantaggi e nuove sfide.....	16
1.5.1 Cybersecurity.....	16
1.5.2 Nuove forme di alienazione	17
1.5.3 Diseguaglianza	17
Capitolo 2. Tecnologie Abilitanti	19
2.1 Automazione e Meccatronica	20
2.2 Internet of Things.....	21
2.3 Big Data e Analytics	23
2.3.1 Cosa sono i Big Data	23
2.3.2 L’utilizzo dei Big Data.....	25
2.4 Cloud Computing.....	27
2.5 Cybersecurity	29
2.6 Manifattura additiva.....	30
2.7 Simulazione.....	31
2.8 Realtà Aumentata e Realtà virtuale.....	32
2.9 Integrazione Orizzontale e Verticale	34
2.10 Manufacturing Execution System	37
Capitolo 3. Il Manufacturing Execution System in DAB Pumps	41
3.1 L’azienda DAB Pumps	41
3.1.1 Cenni Storici.....	42
3.1.2 Soluzioni.....	43
3.1.3 Gamma di prodotti	43
3.1.4 DAB Digital Committee	44
3.2 Il MES in DAB Pumps.....	45
3.2.1 La linea Pilota “as is”	45
3.2.2 Il MES allo stato attuale	51

Capitolo 4. Il progetto di introduzione di un sistema MES.....	59
4.1 Il metodo Agile Scrum	59
4.1.1 Definizione di Scrum.....	60
4.1.2 Gli eventi di Scrum	61
4.2 Sprint 1	64
4.2.1 Definizione degli Scope.....	65
4.2.2 Product Backlog	66
4.2.3 Selezione del fornitore (Fase di esecuzione)	69
4.2.3.1 Rischi.....	71
4.2.4 Kick Off.....	71
4.3 Sprint 2	72
4.3.1 Sprint Planning	74
4.3.1.1 Sprint Backlog.....	74
4.3.2 Fase di esecuzione.....	75
4.3.2.1 Definizione di un gantt.....	75
4.3.2.2 La gestione dei dati all'interno e all'esterno del MES	79
4.3.2.3 Sviluppo del sistema di comunicazione	82
4.3.2.4 Selezione Hardware e Software.....	84
4.3.2.5 Sviluppo andon di linea.....	87
4.3.2.6 KPI visualizzati.....	91
4.3.2.7 Sinottico.....	93
4.3.2.8 La Serializzazione	96
4.3.2.9 FMEA Linea Pilota	99
4.3.3 Approccio utilizzato con gli operatori della linea pilota	105
4.3.4 Il team e la collaborazione	108
4.3.5 Go Live.....	109
4.4 Prossimi Sprint.....	110
4.5 Analisi Costi e Benefici	113
4.5.1 Costi	113
4.5.2 Benefici	116
Capitolo 5. Altri Progetti di Digitalizzazione in DAB Pumps	119
5.1 Magazzini Verticali	119
5.2 D2B.....	121
5.3 Warehouse Management System.....	124
5.4 Automated Guided Vehicles	126
5.5 Where Is My Pump?	126
5.6 D-Connect	130
Conclusioni.....	133
Bibliografia e Sitografia.....	137

Introduzione

In questo elaborato vengono presentate le fondamenta di Industria 4.0 e della digitalizzazione aziendale, tema di attuale importanza nell'ambito industriale. È stato studiato l'impatto derivato dall'introduzione di una serie di tecnologie abilitanti in DAB Pumps S.p.A., azienda manifatturiera italiana che si occupa di produzione di elettropompe domestiche e industriali, che ha deciso di intraprendere un percorso di digitalizzazione dei propri sistemi produttivi.

La passione per la tecnologia e l'innovazione, insieme al percorso di studi universitario, hanno scaturito in me l'interesse per l'innovazione tecnologica industriale e mi hanno spinto ad intraprendere un tirocinio con finalità di analisi e implementazione di un sistema tecnologicamente avanzato come il Manufacturing Execution System in un'azienda manifatturiera.

L'obiettivo di questa tesi è quello di fornire una visione approfondita della digitalizzazione industriale partendo da una panoramica generale di Industria 4.0 e delle tecnologie che la definiscono. In particolare, viene data evidenza ai costi, alle difficoltà, alle sfide affrontate ed ai benefici derivanti dall'introduzione di un Manufacturing Execution System in DAB Pumps.

L'elaborato è strutturato in cinque capitoli. Il primo di questi introduce il concetto di "Industria 4.0" partendo da una base storica delle precedenti rivoluzioni industriali ed offre un'infarinatura generale in merito al concetto di "digitalizzazione aziendale". Inoltre, vengono individuati dapprima i vantaggi principali derivanti dall'introduzione in azienda di tecnologie proprie dell'Industria 4.0 e successivamente le sfide che le industrie e più in generale la società si trovano ad affrontare in questa fase di cambiamento.

Nel secondo capitolo viene sviluppato più nel dettaglio di il vero significato di Industria 4.0 andando a presentare le diverse tecnologie abilitanti individuate dal Ministero dello Sviluppo Economico ed analizzando come ognuna di esse impatta nel contesto industriale. Inoltre, in questa sezione si trovano dei riferimenti a casi

reali di implementazione ce dimostrano i benefici effettivi derivanti dall'utilizzo di alcune tecnologie abilitanti. Alla fine del capitolo viene introdotto a livello teorico il Manufacturing Execution System, soffermandosi sui principali vantaggi che la sua introduzione può portare in un'azienda manifatturiera.

Nel terzo capitolo viene presentato il caso studio DAB Pumps S.p.A. In questo capitolo, dopo una breve descrizione storica dell'azienda e del suo contesto industriale, viene descritta la configurazione della linea pilota antecedente all'implementazione del Manufacturing Execution System e successivamente viene descritto il funzionamento di quest'ultimo allo stato attuale, dopo la fase di kick-off.

La parte centrale dell'elaborato descrive il progetto di introduzione del Manufacturing Execution System nella linea pilota di DAB Pumps partendo dalla fase di selezione del fornitore fino alla descrizione delle fasi successive del progetto. Questo capitolo è stato strutturato basandosi sul metodo Agile Scrum di gestione dei progetti che ha permesso di suddividere il progetto di introduzione del Manufacturing Execution System dapprima in due macro fasi, una di selezione e una di implementazione, e successivamente in diverse fasi di sviluppo più specifiche al loro interno. La prima parte del quarto capitolo è quindi dedicata alla descrizione del suddetto metodo Scrum in tutte le sue sfaccettature. La seconda parte del capitolo quattro, invece, presenta il metodo di selezione del fornitore adottato da DAB Pumps, andando ad analizzare quali sono state le condizioni che hanno spinto l'azienda ad individuare la soluzione più coerente con la strategia e gli obiettivi. Nella terza parte di questo capitolo viene affrontata la fase di sviluppo delle diverse funzionalità del Manufacturing Execution System, esponendo i metodi utilizzati per l'analisi e la loro realizzazione, soffermandosi anche sulle difficoltà riscontrate nel percorso e presentando come queste sono state affrontate. Infine, nell'ultima parte del quarto capitolo vengono presentate le successive fasi del progetto che sono state programmate oltre all'analisi dei costi e dei benefici derivanti dall'introduzione del Manufacturing Execution System in DAB Pumps.

In conclusione, nel quinto capitolo vengono descritti altri progetti di digitalizzazione che l'azienda sta sviluppando, o che ha recentemente implementato, e ne vengono introdotti gli sviluppi futuri.

Capitolo 1. Industria 4.0

Lo scopo di questo capitolo è di introdurre brevemente il tema dell'industria 4.0 partendo da un riepilogo delle passate rivoluzioni industriali fino ai suoi effetti tra benefici e rischi, che verranno approfonditi anche nei prossimi capitoli. Le tecnologie abilitanti verranno invece discusse principalmente nel secondo capitolo. L'attenzione è posta sull'industria manifatturiera italiana.

1.1 Premessa storica

Gli storici con “rivoluzione industriale” definiscono una fase storica nella quale vi è un forte aumento della produttività ed un radicale cambiamento nelle tecnologie adottate nella produzione.

Non si tratta di cambiamenti istantanei tra due fasi, ma vi può essere una transizione più o meno rapida, più o meno radicale.

1.1.1 Le prime tre rivoluzioni industriali

La prima rivoluzione industriale:

Viene delimitata nel periodo che va dalla fine del Settecento fino alla metà dell'Ottocento. Ha inizio in Inghilterra dove, con l'introduzione del telaio meccanico e poi delle macchine a vapore, si è alleviato di molto lo sforzo fisico richiesto ai lavoratori che vengono affiancati da nuove e potenti macchine in grado di lavorare in maniera continuativa. La produttività ha potuto quindi crescere impulsivamente.

La seconda rivoluzione industriale:

Inizia negli anni 70 del XIX secolo ed è caratterizzata dall'avvento dell'elettricità e da una prima forma di produzione in serie. Famosissimo è l'esempio di Ford che grazie alla regolamentazione del flusso di produzione riusciva a massimizzare l'output produttivo.

La terza rivoluzione industriale:

Viene associata all'avvento dell'elettronica e alla prima digitalizzazione della seconda metà del Novecento.

Le tecnologie digitali consentono di creare macchine capaci di operazioni sempre più complete ed effettuate sempre più autonomamente, facendo subentrare a relais e interruttori dei circuiti elettronici programmabili. Questo ha reso possibile una capacità di modificare facilmente le prestazioni di una macchina e di gestire economicamente una grande complessità.

Si faceva così sempre più uso di macchine versatili a controllo numerico, robot, sistemi di trasporto flessibili.

Si inizia ad avere così accesso a dati elettronici: si tratta di dati necessari alla progettazione, all'analisi e al miglioramento continuo.

1.2 Definizione ed origine del termine

Secondo la Commissione Europea, "Industria 4.0" è un termine che si riferisce alla "trasformazione dell'intera sfera della produzione industriale avvenuta grazie alla fusione della tecnologia digitale ed in Internet con la manifattura convenzionale"¹.

Il termine prende il nome da un'iniziativa europea che si ispira ad un progetto del governo tedesco ed è stato coniato in occasione della Fiera di Hannover del 2011 da Hanning Kagermann, Wolf-Dire Lukas e Wolfgang Wahlster, occasione nella quale venne preannunciato lo Zukunftsprojekt Industrie 4.0.

Sempre più diffusa nel mondo scientifico e industriale è l'associazione tra industria 4.0 e "quarta rivoluzione industriale".

¹[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

1.2.1 Perché “4.0”?

La quarta rivoluzione industriale seguirebbe le precedenti tre e con la dicitura “Industry 4.0” si vuole indicare una forte influenza delle nuove tecnologie sulla stessa. La versione di un software infatti viene identificata da un primo numero seguito da un punto che lo separa da altri numeri, nella formula “X.XX”. Un software in via di sviluppo (non ancora rilasciato al pubblico) viene indicato con uno “0” antecedente il punto e dei numeri in progressione a destra del punto che indicano la versione del software, ad es: 0.34.

Quando viene rilasciato al pubblico solitamente si trova alla versione 1.0. Successivi aggiornamenti e risoluzioni di problemi portano a far crescere il numero dopo il punto, ad esempio: “versione 1.1” se l’aggiornamento è relativamente importante, o “versione 1.01” se l’aggiornamento è di minore importanza, magari risolutivo di piccoli problemi di programmazione o di sicurezza.

Quando invece viene rilasciato un aggiornamento sostanziale, quasi totale, si passa ad una vera e propria versione successiva del software che nel caso dell’esempio precedente potrebbe rispecchiarsi nella versione 2.0. Per questo, facendo riferimento alle 3 rivoluzioni industriali già avvenute, si utilizza la dicitura “4.0” come se si trattasse della quarta versione di un software.

1.3 La trasformazione digitale dell’industria

La quarta rivoluzione industriale rappresenta la trasformazione digitale del settore manifatturiero sfruttando la Terza piattaforma², i Big Data, Analytics e l’IoT. Essa richiede la convergenza di IT (Information Technology) e OT (Operational

² Dopo l’era dei mainframe e dei terminali e il passaggio attraverso il protocollo client/server e le reti locali, la terza piattaforma è caratterizzata da un accesso a Internet mobile ad alta velocità, dal Cloud, dai Big Data e dai Social Media.

Technology)³, l'utilizzo di dispositivi IoT, sensori e attuatori, robotica, dati ed intelligenza artificiale (Vaidya, Ambad, Bhosle, 2018)⁴.

Gli obiettivi iniziali dell'Industria 4.0 sono tipicamente l'automazione, il miglioramento dei processi produttivi e l'ottimizzazione della produzione/produktività, mentre gli obiettivi più maturi sono l'innovazione e la transizione a nuovi modelli di business e fonti di reddito.

La disponibilità simultanea di numerose tecnologie abilitanti⁵ dà luogo ad una forte accelerazione innovativa nel settore industriale.

Per fare un esempio: se prima una misura veniva segnata su di un foglio di carta, portata fisicamente a qualcuno che la sapesse leggere, analizzata e confrontata con altri (pochi) dati manualmente e successivamente (con molto ritardo) veniva pianificata o eseguita un'azione; ora è molto diverso: la misurazione può essere fatta da un sensore connesso che trasmette una quantità sensata di dati ad un sistema in grado di analizzarli tramite un algoritmo⁶ e di fornire degli alert nel caso in cui si verificano determinati eventi o addirittura capace di prendere decisioni in autonomia, il tutto in tempo reale.

Grazie a connessioni internet ormai ubiqua, al nuovo protocollo Internet (IPv6)⁷, che permette di avere 2^{128} identità univoche per dispositivi connessi in rete, e alla disponibilità di sensori a basso costo, di piccolissime dimensioni e con consumi energetici sempre minori, sarà possibile connettere gli "oggetti" oltre che le

³ Gli strumenti di Operation Technology (OT) sono applicazioni software a supporto della gestione e della continuità del servizio.

⁴ Vaidya S., Ambad P., Bhosle S., 2018, 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering, Procedia Manufacturing 20, pp 233-238.

⁵ Le tecnologie abilitanti sono tutte quelle tecnologie che permettono di sfruttare al meglio le interconnessioni, sono anche quelle che hanno avviato la rivoluzione stessa e che permettono ad un'azienda di entrare in un'ottica "4.0".

⁶ Un algoritmo è un procedimento che risolve un determinato problema attraverso un numero finito di passi elementari in un tempo ragionevole.

⁷ IPv6 è la versione dell'Internet Protocol designata come successore dell'IPv4. La sua caratteristica più importante è il più ampio spazio di indirizzamento: IPv6 riserva 128 bit per gli indirizzi IP e gestisce 2^{128} indirizzi, mentre IPv4 riserva 32 bit per l'indirizzamento e gestisce 2^{32} indirizzi.

persone. Infatti, secondo uno studio di McKinsey⁸ entro il 2020 si arriveranno ad avere tra i 26 ed i 30 miliardi di dispositivi connessi in rete, con una crescita annuale del 15-25%.

La possibilità per gli oggetti di scambiare informazioni e di interagire mette a disposizione in tempo reale grandissime quantità di dati riferite a moltissime variabili diverse. Ed è proprio il **dato** ad assumere un ruolo fondamentale in questa fase: passa infatti dall'essere un'informazione fine a sé stessa o sfruttata in modo superficiale, ad essere uno strumento che porta valore aggiunto (Beltrametti, Guarnacci, Intini, La Forgia, 2017)⁹. L'insieme delle tecnologie e metodologie di analisi di dati massivi viene chiamato *Big Data*.

Oggi la tecnologia offre fantastiche opportunità anche a bassissimo costo: piccole aziende possono ora accedere a strumenti di analisi di dati che prima erano esclusivi di imprese di dimensioni medio-grandi. Accresciute capacità di calcolo, spazio di archiviazione quasi illimitato ed algoritmi disponibili anche open source consentono un'efficace elaborazione dei dati rendendo così possibile intraprendere azioni correttive se necessario.

Si può dire, con la dovuta cautela, che i presupposti tecnologici per parlare di qualcosa di radicalmente nuovo per la manifattura ci sono e sono significativi; rimane da chiarire se la loro introduzione sarà immediata e impulsiva o se, più realisticamente nel caso della nostra situazione finanziaria e culturale, vi sarà una graduale adozione negli anni delle varie tecnologie abilitanti. Infatti il passaggio ad una manifattura completamente digitalizzata comporta non solo investimenti importanti, ma anche un adeguamento culturale e sociale, sia dal punto di vista manageriale, sia dal punto di vista delle risorse umane, con richiesta sempre maggiore di figure professionali con skills digitali. (Beltrametti, Guarnacci, Intini, La Forgia, 2017).

⁸ <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-internet-of-things-sizing-up-the-opportunity>

⁹ Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., 2017, La Fabbrica Connessa La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0, Guerini e Associati.

1.4 Vantaggi attesi

Come anticipato, nelle fasi iniziali di introduzione di tecnologie abilitanti all'industria 4.0 ci si attende una riduzione dei costi di produzione, un aumento della qualità dei prodotti e un migliore scambio dati sia interno che esterno all'azienda. Successivamente, in una fase più matura, industria 4.0 può portare ad una maggiore agilità, a nuovi modelli di business e quindi nuove fonti di reddito. (Qin, Liu, Grosvenor, 2016)¹⁰

1.4.1 Aumento della produttività

Quello che ci si aspetta fin da subito, banalmente, è un aumento della produttività dovuta all'introduzione di macchinari automatici e robot, ma questi non sono gli unici fattori che portano ad avere una migliore efficienza produttiva. È vero che l'automazione svolge un ruolo fondamentale: secondo uno studio McKinsey¹¹ si stima che per circa il 60% delle professioni, la quota delle loro attività che può essere automatizzata è di almeno il 30%. Non si tratta solo di lavori che consistono nella semplice esecuzione di operazioni ripetitive poiché, in questa fase storica, la tecnologia è sempre più in grado di svolgere anche attività che richiedono capacità cognitive. Lo studio stima anche le percentuali di risparmio di tempo reso possibile dall'automazione per le principali categorie professionali (Figura 1.1)

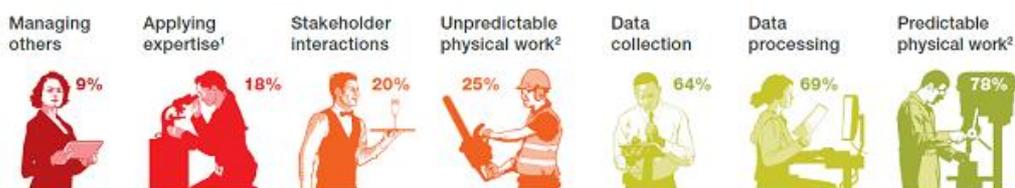


Figura 1.1: percentuale di tempo risparmiato grazie all'automazione per le principali categorie professionali.

¹⁰ Qin J., Liu Y., Grosvenor R., A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, Procedia CIRP 52 (2016) 173 – 178.

¹¹ <http://www.assolombarda.it/centro-studi/automazione-come-cambia-il-lavoro-qual-impatto-su-crescita-e-produttivita>

Sarà però la digitalizzazione a permettere di ottimizzare i processi e quindi di aumentare la produttività: riduzione dei costi, aumento della profittabilità, riduzione degli scarti, prevenzione di errori e ritardi, essere in grado di intervenire più velocemente in caso di problemi di produzione. Questi sono solo alcuni esempi di come si possano ottenere vantaggi di produttività grazie alla digitalizzazione.

Industria 4.0 offre svariate soluzioni per l'ottimizzazione: dall'utilizzo ottimizzato delle risorse e processi di produzione più fluidi fino al miglioramento della logistica e della gestione delle scorte. Tutta la supply chain può trarre beneficio da nuove tecnologie, si pensi ad esempio ai WMS per la gestione dei magazzini o ai software per il CRM¹².

Secondo uno studio del Boston Consulting Group¹³ le aziende si aspettano che il guadagno maggiore nell'adozione di tecnologie riconducibili ad industria 4.0 deriverà proprio dall'aumento della produttività insieme alla riduzione dei costi di produzione.

1.4.2 Continuità lavorativa

Quando una macchina si ferma in azienda per qualche disfunzione, quello che si conosce è solo 'quando' si è fermata e non si conosce invece il 'perché' e soprattutto quando riprenderà a lavorare. Questo comporta una corsa sfrenata verso la risoluzione del fermo con inevitabili spese di intervento probabilmente anche da parte del fornitore del macchinario.

Il vero problema non è che la macchina, come ad esempio un robot in una linea di avvolgeria, abbia smesso di funzionare, ma la produzione che viene rallentata portando a costi sia diretti sia indiretti, come personale inutilizzato o l'insoddisfazione dei clienti. Altre volte il fermo macchina potrebbe portare

¹² CRM (Customer Relationship Management, dall'inglese: gestione delle relazioni con i clienti), definisce una categoria di software costituita da applicazioni che aiutano imprese e organizzazioni d'ogni genere a gestire, analizzare e ottimizzare le interazioni con i clienti e tutti i relativi dati.

¹³ <https://www.bcg.com/publications/2016/lean-manufacturing-technology-digital-sprinting-to-value-industry-40.aspx>

addirittura all'interruzione della produzione. Questa è uno delle più grandi preoccupazioni per un'azienda manifatturiera ed è quindi di grande interesse mantenere la continuità produttiva.

Oltre al lavoro e alle risorse necessarie alla riparazione, la reputazione dell'azienda può rischiare di rimanere danneggiata e gli ordini venire cancellati. Ogni minuto che passa senza un intervento aumenta i guadagni persi.

Se invece gli impianti industriali sono connessi, possono essere monitorati e, grazie alle Industrial Internet of Things, diventa possibile prevenire dei malfunzionamenti andando ad intervenire prima che essi possano avvenire. Possono essere impostati degli alert in real-time che avvisino il reparto manutenzione quando determinati valori superano delle soglie preimpostate e quindi possano essere sintomo di un possibile malfunzionamento. Inoltre è possibile anche tenere traccia di dove i malfunzionamenti avvengono più spesso andando a generare degli schemi che, se correttamente sfruttati, possono garantire enormi potenzialità nella manutenzione predittiva.

Secondo uno studio di International Data Center (IDC)¹⁴ la seconda più grande area di investimento nell'IoT sarà finalizzata alla gestione degli impianti ed alla manutenzione predittiva.

1.4.3 Dati in real-time per una real-time supply chain

Industria 4.0 riguarda tutto il ciclo di vita di un prodotto. Se si guarda a tutta la *supply chain* si può notare che vi sono molti stakeholders coinvolti e si tratta sempre di clienti. In questa fase storica i clienti sono sempre più esigenti e sono i primi a volere un aumento della produttività, indipendentemente dalla posizione in cui si trovano nella *supply chain*.

¹⁴ <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42209117>

Potrebbero infatti essere aumentate le loro aspettative di qualità, di velocità di risposta e di personalizzazione. Tutto questo va ad impattare sull'intera *supply chain*, ben oltre il semplice processo produttivo.

Anche la visibilità che il cliente vuole avere sulla stessa è sempre maggiore, si pensi a come ormai sia uno standard che gli e-commerce permettano al cliente di avere una tracciabilità totale del proprio ordine: dal pagamento fino alla consegna a domicilio.

Industria 4.0 mette a disposizione ottimi strumenti che già sono ampiamente sfruttati in questo ambito come appunto nel caso della tracciabilità delle spedizioni. È però anche possibile fornire una maggiore visibilità all'interno della fabbrica grazie a sistemi cyberfisici¹⁵ connessi in rete in grado di fornire sufficienti informazioni sullo stato di avanzamento della produzione. È così possibile conoscere in che stato si trova un determinato ordine di un cliente e si può decidere di rendere visibile questa informazione per migliorare la sensazione di affidabilità. Tutto, naturalmente, in *real time*.

1.4.4 Prodotti di maggior qualità

L'automazione, insieme a componenti dei sistemi cyber-fisici ed agli Internet of Things, svolgono certamente un ruolo importante nell'aumento della qualità, questo in quanto vi è la possibilità sia di ridurre gli errori grazie ai robot, sia di monitorare il processo per verificare che sia sotto controllo.

Anche in questo caso la possibilità di monitorare il processo produttivo e poter impostare degli alert per quando si trova in condizioni non idonee o non previste permette di prevedere possibili difetti nel prodotto finale e consente quindi di intraprendere azioni di correzione prima ancora che il problema possa diventare un

¹⁵ Un sistema Cyberfisico (CPS, dall'inglese *Cyber-Physical System*) è un sistema informatico in grado di interagire in modo continuo con il sistema fisico in cui opera. Il sistema è composto da elementi fisici dotati ciascuno di capacità computazionale e riunisce strettamente le cosiddette "tre C": capacità computazionale, comunicazione, controllo. Le strutture artificiali di calcolo e comunicazione, rappresentate dal prefisso "cyber", formano un sistema distribuito che interagisce direttamente e dinamicamente con il mondo reale che le circonda.

costo per l'azienda. Questo si traduce anche in una miglior qualità percepita da parte del cliente che si trova ad avere prodotti che rispettano sempre gli standard concordati (o attesi).

1.4.5 Condizioni di lavoro e sostenibilità

Le possibilità di miglioramento delle condizioni lavorative portate da industria 4.0 sono molteplici e molte riguardano un aumento della sicurezza del luogo di lavoro: “certamente ciò accadrà anche grazie alla diminuzione di lavori esposti direttamente a rischi grazie all'automazione sempre più spinta e grazie all'utilizzo di macchinari sempre più sicuri in quanto dotati di sensoristica come di intelligenza e quindi anche capaci di sicurezza attiva” (Beltrametti, Guarnacci, Intini, La Forgia, 2017)¹⁶.

Non è da sottovalutare nemmeno il beneficio derivante dalla virtualizzazione e dalla possibilità di avere tutte le informazioni in qualunque posto nel mondo in tempo reale. Sarà infatti possibile svolgere il proprio lavoro in remoto, consentendo una maggiore flessibilità e quindi la creazione delle condizioni per un miglior bilanciamento tra vita lavorativa e privata.

Infine l'automazione offre la possibilità concreta di sostituire il lavoro ripetitivo delle persone con il lavoro di macchine, lasciando alle prime la possibilità di svolgere le attività più stimolanti e meno alienanti.

Dal punto di vista ambientale, la disponibilità di informazioni accurate e puntuali su tutto il processo produttivo permetterà non solo la riduzione dei costi, ma anche la minimizzazione dell'impatto ambientale. Ad esempio: se nel periodo di chiusura dell'impianto produttivo si nota un consumo anomalo di aria compressa rispetto a quanto ci si attende, sarà facile capire che potrebbe trattarsi di una perdita in qualche punto dell'impianto e, se il dato è sufficientemente accurato, sarà anche possibile risalire con precisione a quale ubicazione ha la perdita. Analogamente si può fare per il consumo energetico di qualunque macchinario ed anche dell'impianto di climatizzazione.

¹⁶ Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., 2017, La Fabbrica Connessa La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0, Guerini e Associati.

Anche in questo ambito il lavoro flessibile e l'opportunità di poter lavorare in remoto riducono gli spostamenti abbattendo di conseguenza le emissioni. La possibilità di poter stampare in 3D i componenti direttamente dove servono, a partire da un modello tridimensionale, permette di ridurre le movimentazioni di semilavorati e anche di persone a vantaggio dell'ambiente. La *sharing economy*¹⁷ è un altro esempio di come l'utilizzo condiviso di infrastrutture rende possibile un risparmio di risorse necessarie alla loro produzione ed al loro mantenimento grazie all'aumento del coefficiente di utilizzo che ne deriva.

1.4.6 Aumento dell'Agilità

Agilità, scalabilità e flessibilità sono caratteristiche che rendono un'azienda competitiva nel mercato. Industria 4.0, grazie alle tecnologie che vengono introdotte come Big Data e Intelligenza Artificiale, è in grado di aiutare a prevedere gli andamenti di mercato in modo da permettere un livellamento della produzione più efficiente. In altre parole, grazie al maggior numero di informazioni ed alla loro gestione ed estrapolazione più raffinata, si possono rendere più prevedibili le fluttuazioni del mercato ed è anche possibile andare a ricavare informazioni dove non era possibile fare una previsione grazie ad una maggiore visibilità sui dati.

1.4.7 Sviluppo di nuovi modelli di business

La *digital transformation* sta determinando anche cambiamenti nel modo in cui le aziende manifatturiere tradizionali stanno orientando il loro business. Le aziende leader si stanno sempre più orientando verso la vendita di servizi, piuttosto che prodotti, riuscendo a creare elevato valore aggiunto da operazioni che una volta erano costose e difficili da gestire, come la manutenzione sul campo.

Grazie alle tecnologie abilitanti è possibile riuscire ad abbattere i costi di operazioni che prima richiedevano sforzi elevati come lo spostamento di un tecnico per la manutenzione di un prodotto. Ora, infatti, è possibile sfruttare il cloud per

¹⁷ L'espressione "sharing economy" può essere tradotta letteralmente come "economia della condivisione". Uno degli esempi più citati è il *car pooling* o *car sharing*.

implementare soluzioni di monitoraggio remoto in modo rapido e scalabile. Inoltre grazie alla connessione in rete degli stessi prodotti installati presso clienti, è possibile mantenere sotto controllo tutte le prestazioni fornendo, grazie ad analisi di dati e cruscotti dettagliati, una visibilità continua su di essi.

Questo nuovo modello è noto come *servitization*, offre la possibilità di ridurre i costi operativi e di garantire flussi di entrate ricorrenti oltre che differenziare l'offerta dai concorrenti.

1.5 Svantaggi e nuove sfide

Più che svantaggi sarebbe corretto parlare di rischi. Uno di essi è proprio quello di *non* adottare le nuove tecnologie associate ad industria 4.0 e, anziché cavalcare l'onda della digitalizzazione, farsi travolgere da essa. Il rischio, infatti, è proprio quello di rimanere indietro rispetto ai concorrenti e di non riuscire più a stare al passo con l'innovazione. Per questo è importante che vi sia una politica di incentivazione all'introduzione di tecnologie innovative nel settore manifatturiero.

Ci sono tuttavia alcune sfide e problemi fondamentali che si verificano durante l'implementazione di industria 4.0 nelle attuali industrie manifatturiere:

1.5.1 Cybersecurity

La gestione dei dati tramite Internet comporta anche dei rischi. L'attenzione si concentra in particolar modo sulla cybersecurity: lo scambio di dati via internet e lo storage basato su cloud espongono le strutture IT ad attacchi esterni. Vi è il rischio che i dati possano essere rubati, le comunicazioni disturbate o spiate e che intere strutture possano essere paralizzate.

Questo genere di attacchi è in continuo aumento, secondo il Clusit¹⁸ (Associazione Italiana per la Sicurezza Informatica) nel 2017 gli attacchi informatici sono aumentati del 240% rispetto al 2011 e del 7% rispetto al 2016. In Italia si stima un

¹⁸ <https://clusit.it/rapporto-clusit/>

danno di circa 10 miliardi di Euro nel 2016, un valore pari a 10 volte quello degli attuali investimenti in sicurezza informatica.

Ogni attacco può passare da un punto debole connesso alla rete aziendale, può trattarsi di un qualunque dispositivo: dalla Smart TV a una telecamera di sorveglianza.

Vi è quindi un aumento nella necessità di proteggere i sistemi industriali e manifatturieri critici dalle minacce alla sicurezza informatica (Vaidya, Ambad, Bhosle, 2018)¹⁹.

1.5.2 Nuove forme di alienazione

Grazie alle precedenti innovazioni tecnologiche, molti lavori manuali hanno visto l'affiancamento e, in alcuni casi, la sostituzione dei lavoratori con le macchine. Tutto questo ha portato in varie forme e misure all'alienazione degli operatori che sono state molto discusse in letteratura. Con l'introduzione di nuove tecnologie è probabile che questo fenomeno si ripresenti.

Inoltre, l'innalzamento del livello di astrazione all'interno dell'ambiente di lavoro dovuti ad esempio alla simulazione 3D, può portare ad un distacco relazionale tra le persone e anche tra persona e manufatto. Anche nel caso della realtà aumentata, non è ancora chiaro come essa possa influire dal punto di vista psico-fisico e se possa essere utilizzata per periodi di lavoro prolungati.

1.5.3 Diseguaglianza

Negli ultimi anni, dopo la recente crisi economica, la diseguaglianza nella distribuzione dei redditi è aumentata in quasi tutti i paesi del mondo. L'innovazione tecnologica è ritenuta da molti uno degli altri fattori che ha svolto un ruolo decisivo. In alcuni settori tecnologici in particolare si sono verificati dei casi del tipo *winner takes all*, situazioni in cui vi è un unico vincitore della competizione il quale si

¹⁹ Vaidya S., Ambad P., Bhosle S., 2018, 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering, Procedia Manufacturing 20, pp 233-238.

impossessa di tutto il guadagno disponibile di un certo mercato (ad esempio Google e Facebook). Questo tipo di problema si sta verificando anche in contesti industriali: può succedere infatti che chi si trova ad occupare per primo un novo mercato e riesce a raggiungere un bacino di clienti elevato si può trovare in una posizione di vantaggio irrecuperabile.

La disoccupazione tecnologica è inoltre un rischio reale da non sottovalutare, anche se molti studiosi sono ottimisti soprattutto per quanto riguarda l'Italia, è chiaro che il rischio di perdita di posti di lavoro dovuta all'introduzione di nuove tecnologie ed automazione esiste. Secondo uno studio di Ambrosetti²⁰, la quarta rivoluzione industriale in Italia potrebbe portare alla perdita del 14,9% del totale degli occupati nei prossimi 15 anni (dal 2018 al 2033), mentre la Commissione Europea stima in 700 mila i nuovi posti di lavoro creati entro il 2020 nei settori ad alta tecnologia e fino a 450 mila le figure professionali con competenze multidisciplinari: digitali, manifattura additiva, nanotecnologia ecc. Negli Stati Uniti esiste un alto rischio di automazione totale della mansione per il 10% dei lavori, all'interno di questa percentuale in alcuni casi al lavoratore sarà sufficiente modificare i propri task mentre in altri casi esiste realmente la possibilità di perdere il lavoro (Arntz, Gregory, Zierahn, 2017)²¹.

Per creare nuovi posti di lavoro ad alto valore aggiunto, Ambrosetti ha formulato due proposte, necessarie per gestire il cambiamento. La prima è l'incentivazione degli investimenti per l'Industria 4.0, essenziali per collocare l'Italia tra i Paesi *early adopters* delle innovazioni tecnologiche. La seconda riguarda la promozione di attività di formazione e aggiornamento su temi legati alle nuove tecnologie.

²⁰ <https://www.it-adp.com/ricerche-ed-eventi/studi-e-ricerche-hr/ricerca-adp-ambrosetti-automazione-digitalizzazione-lavoro>

²¹ Arntz M., Gregory T., Zierahn U., 2017, Revisiting the risk of automation, Elsevier.

Capitolo 2. Tecnologie Abilitanti

Secondo la definizione data dalla Commissione Europea le tecnologie abilitanti²² sono tecnologie “ad alta intensità di conoscenza e associate a elevata intensità di ricerca e sviluppo, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati”.

Nel caso di industria 4.0, le tecnologie che permettono di sfruttare al meglio le interconnessioni e che permettono ad un'azienda di affrontare la digitalizzazione vengono definite “tecnologie abilitanti”. Esse possono essere suddivise in due macro-categorie. La prima categoria racchiude tutte quelle che riguardano più da vicino il settore informatico come *Big Data* e *Cloud*, mentre la seconda riguarda tecnologie più operative come la simulazione e la realtà aumentata.

Quello delle tecnologie abilitanti è un mondo in continua evoluzione, per questo è molto difficile e limitante fare una loro catalogazione, non solo per lo sviluppo delle singole tecnologie ma anche per la nascita di nuove iterazioni tra tecnologie diverse che danno origine a nuovi modi d'uso delle stesse.

Per fornire una panoramica di queste tecnologie si partirà da quelle individuate dal Ministero dello Sviluppo Economico con il Piano Nazionale Industria 4.0²³ (Figura 2.1): Robotica e Automazione Avanzata, Internet of Things, Big Data, Cloud, Cybersecurity, Manifattura Additiva, Realtà Aumentata e Realtà virtuale, Simulazione, Integrazione Orizzontale e Verticale.

²² Le tecnologie abilitanti o KET (dall'inglese Key Enabling Technologies) sono ritenute fondamentali per la crescita e l'occupazione, poiché sviluppano soluzioni o miglioramenti tecnologici attraverso esperienze di ricerca capaci di rivitalizzare il sistema produttivo.

²³ <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>

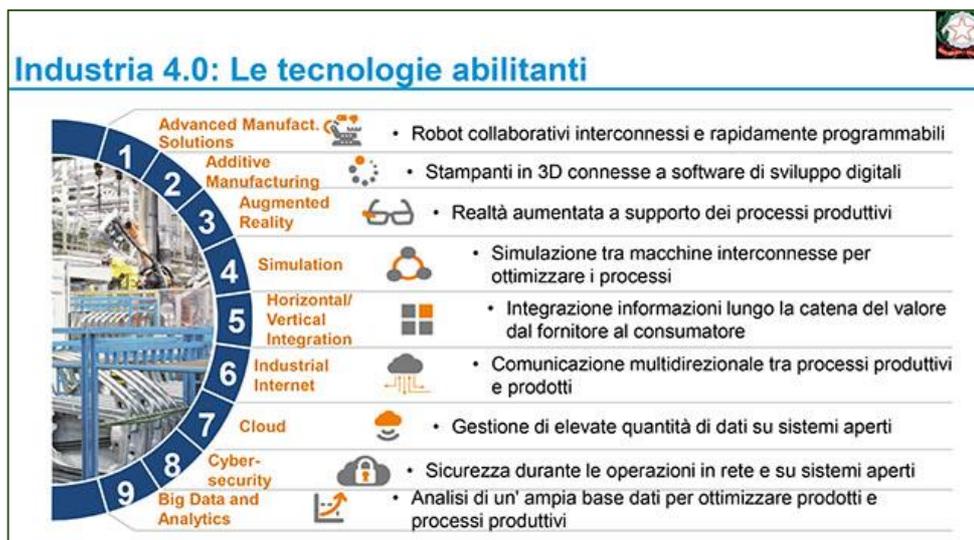


Figura 2.1 – Tecnologie abilitanti (Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020)

2.1 Automazione e Meccatronica

Oggi quando si parla di meccatronica, ci si riferisce all'interazione tra meccanica, elettronica, informatica e, ultimamente, all'IoT.

La meccatronica nasce in principio come fusione tra meccanica ed elettronica. Qualche decina di anni fa i sistemi meccanici venivano regolati in alcune funzioni da organi meccanici in movimento, la variazione della geometria fisica di questi corpi permetteva il controllo dei sistemi stessi. Si tratta di camme meccaniche: una forma geometrica definita, ruotando su un proprio asse, determina un movimento lineare sul corpo con il quale è in contatto. Per cambiare la legge di moto era quindi necessario cambiare la geometria della camma, un processo lungo e poco flessibile.

L'evoluzione dell'elettronica ha permesso di sostituire molti sistemi di regolazione meccanici con attuatori più flessibili, precisi ed affidabili. Ai sistemi analogici, si sono sempre più sostituiti sistemi elettronici digitali che sono capaci di gestire i sottosistemi meccanici in modo molto più flessibile e facilmente riconfigurabile.

Questo ha portato ad avere robot in grado di svolgere compiti complessi nelle industrie, ma la loro inarrestabile evoluzione li sta dirigendo verso una generazione

più autonoma, flessibile e cooperativa: i cobot²⁴. Si tratta di macchine che possono condividere lo spazio di lavoro con gli umani e realizzate per lavorare a stretto contatto con loro. Questa sicurezza è garantita da sistemi anticollisione composti da telecamere e sensoristica avanzata che permettono ai robot di riconoscere la presenza di persone nella loro area di lavoro, portando, ad esempio, all'immediata interruzione del ciclo di lavoro in caso di collisione e successiva riattivazione automatica appena vengono ristabilite le condizioni di sicurezza.

I vantaggi principali rispetto ai robot normalmente utilizzati in ambienti industriali sono che i cobot possono essere collocati in diverse postazioni di lavoro grazie alla possibilità sia di lavorare a stretto contatto con gli uomini, sia per la loro facilità di riprogrammazione. Inoltre possono dialogare con altre macchine e interagire e collaborare con l'uomo in maniera attiva, rendendo così possibile creare processi molto flessibili (Bahrin, Othman, Nor, Azli, 2016)²⁵.

Un esempio di come i cobot si stanno evolvendo è quello della startup italiana *Smart Robots*²⁶, che ha ideato un dispositivo che permette l'interazione tra uomo e macchina senza interfacce. Si tratta di un "occhio intelligente" di piccole dimensioni che, posizionato nell'ambiente di lavoro, recepisce in modo istantaneo ciò che sta accadendo, monitorando espressioni, movimenti e gesti.

2.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT) o "internet delle cose" è un termine che sta diventando molto comune e si riferisce ad una rete di oggetti fisici connessi tra loro che, attraverso l'uso di sensori, attuatori e altri dispositivi, raccolgono e trasmettono informazioni riguardanti l'oggetto stesso. I dati accumulati da questi dispositivi possono essere

²⁴ I cobot (dall'inglese *'collaborative robots'*) sono robot collaborativi, robot industriali di nuova generazione pensati per lavorare insieme all'uomo, gomito a gomito e in sicurezza, senza barriere o gabbie protettive a dividerli.

²⁵ Bahrin M., Othman M., Nor N., Azli M., Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), eISSN 2180–3722 (2016) 137–143.

²⁶ <http://smartrobots.it/>

analizzati per ottimizzare prodotti, servizi e la produzione. Il tema dell'IoT, originato in informatica, diventa un flusso di dati fruibile in altri ambiti.

Uno dei primi utilizzi massivi di questa tecnologia è stato applicato alle reti di distribuzione dell'energia elettrica che, grazie a sensori posizionati in punti strategici della rete, ha aiutato a regolare la generazione di corrente basandosi sugli effettivi consumi della stessa, riuscendo a seguire agilmente i picchi di domanda. Un altro esempio sono l'utilizzo di "scatole nere" per le automobili che le compagnie di assicurazione chiedono di installare nelle auto degli assicurati, questo permette loro di basare la l'offerta assicurativa sul comportamento reale dell'assicurato anziché utilizzare statistiche. Altri settori in cui sta aumentando l'utilizzo di IoT sono la domotica, l'automazione nelle scuole, nei negozi e nell'industria.

Quando ci si riferisce all'Industria 4.0 si parla di Industrial Internet of Things (IIoT), la quale non è la stessa tecnologia: un oggetto IIoT è in realtà un dispositivo IoT di recente sviluppo, pensato esclusivamente per la sua applicazione all'interno della quarta rivoluzione industriale. Il loro scopo è quello di ottimizzazione dei processi produttivi attraverso la connessione tra i macchinari, la raccolta di dati utili per un centro di analisi o per la manutenzione predittiva ed il controllo dei tempi di produzione. Un'azienda che investe su nuove tecnologie può quindi usare sia IIoT che Iot, ma le due tecnologie non sono sinonimi. La IIoT permette a un dispositivo intelligente di avere più connessioni simultaneamente e di lavorare con una maggiore mole di dati.

Entro il 2020 ci saranno 50 miliardi di dispositivi connessi ad internet, già nel 2015 erano 25 miliardi. La crescita è di tipo esponenziale e nei prossimi anni si stima²⁷ che il 40% dei dati creati proverrà da sensori, questi includono sensori negli smartphone, automobili, e altri tipi di dispositivi domestici, ma includeranno anche macchine industriali, aeroplani, reti elettriche e così via.

Vista la mole di dati, è importante definire quali sono quelli importanti e quali sono quelli superflui, per questo si ricorre ad un tipo di architettura chiamata in gergo

²⁷ <https://www.idc.com/home.jsp>

tecnico Fog Computing: questa tecnologia viene predisposta per separare il segnale dal rumore di fondo direttamente nel dispositivo.

Le possibilità che vengono messe a disposizione dalle IoT sono molteplici:

- Avere un controllo in real time: permettono la possibilità di intervenire su sistemi complessi, realizzando modifiche anche alla semplice pressione di un pulsante.
- Aumentare la produttività: i sensori possono aiutare a riconoscere problemi sorgenti e quindi di evitare fermi macchina o fermi impianto non previsti.
- Isolare i problemi: permettono di localizzare le aree con problemi (ad esempio di ritardo) in modo da poter organizzare meglio il personale.
- Risparmio nei costi: aumentando l'efficienza utilizzando dati precisi e aggiornati è possibile riuscire a risparmiare nella produzione.

2.3 Big Data e Analytics

2.3.1 Cosa sono i Big Data

Grazie all'avvento di internet e dell'IoT, oggi è possibile raccogliere un'innumerabile quantità di dati: una ricerca su Google, un like su Facebook, una foto, un messaggio vocale. La maggior parte delle azioni quotidiane, oggi, crea dei dati che possono essere memorizzati e analizzati. Inoltre qualsiasi oggetto connesso alla rete, sia essa internet o una rete interna, produce dei dati.

Con *Big Data* si intende il fenomeno di memorizzazione, gestione e analisi di grandi quantità di dati.

Tutti questi dati possono provenire sia dall'interno dell'azienda, che dall'esterno:

- Interni: archivi e registri, documenti scambiati tra l'azienda e il cliente...
- Esterni: provenienti dal Web: dati economici, censimenti, dati governativi...
- Sia Interni che Esterni: Social media, documenti, applicazioni aziendali (ERP, CRM...), dati dei log delle macchine, dati dei sensori (dispositivi medici, GPS, sorveglianza...).

La definizione didattica di Big Data passa anche attraverso una classificazione della tipologia di dati che in ambito informatico viene fatta attraverso l'analisi delle 3V, che nel corso del tempo sono diventate 4V e 5V (Hu, Wen, Chua, Li, 2014)²⁸:

1. Volume. Si trova già intrinsecamente nel nome, *Big Data* implica infatti un enorme volume di dati. Citando solo Facebook: ogni minuto vengono generati 3,2 milioni di like e 510.000 commenti.
2. Varietà. Un'altra importante caratteristica che contraddistingue i *Big Data* è la loro eterogeneità garantita sia dalla coesistenza di diverse fonti di dati, sia dalla presenza di dati strutturati e destrutturati. Oggi i dati non sono più rappresentati solo da fogli di calcolo e database, ma anche da moltissime altre forme come email, foto, video, dati di monitoraggio, audio...
3. Velocità. La mole di dati che viene creata ogni istante da un processo aziendale, dalle linee di produzione, dal web, offre la possibilità di ottenere un vantaggio competitivo se si riesce a gestire al meglio la velocità, in modo da avere una comprensione in tempo reale del dato.
4. Veridicità. La veridicità e l'affidabilità dei dati sono caratteristiche imprescindibili e rappresentano un punto cruciale nell'analisi degli stessi. È necessario quindi utilizzare tecniche per il bilanciamento e la pulizia dei dati.
5. Valore. Fondamentale diventa capire come estrarre valore dai dati raccolti. I metodi sono molteplici e passano anche per la monetizzazione²⁹ degli stessi (Witkowski, 2017)³⁰.

²⁸ Hu H., Wen Y., Chua T., Li X., 2014, Toward Scalable Systems for Big Data Analytics: A Technology Tutorial, IEEE Xplore Digital Library, Vol. 2, pp 652-687.

²⁹ La monetizzazione dei dati consiste nella vendita e nello scambio dei dati ovvero nella capacità di sfruttare il valore dei dati per generare nuovi prodotti o servizi.

³⁰ Witkowski K., Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Procedia Engineering (2017) 763-769.

2.3.2 L'utilizzo dei Big Data

Come già visto nel primo capitolo, una delle sfide più grandi delle aziende di oggi consiste nella capacità di acquisire un vantaggio competitivo dall'elaborazione di dati.

Le nuove opportunità che le aziende possono cogliere partono sempre da una buona analisi, i Big Data possono portare a una miglior conoscenza del comportamento dei clienti, migliori decisioni manageriali, innovazione e una gestione dei rischi migliorata. È importante però sottolineare che bisogna saper gestire tutta questa mole di dati: troppi dati creano un sovraccarico di informazioni, l'organizzazione e l'archiviazione può diventare problematica e costosa se si sopravvaluta la mole di dati necessaria, inoltre, spesso le compagnie non sanno come sfruttare tutti questi dati per creare nuova conoscenza.

Il vantaggio maggiore lo si ottiene quando vengono utilizzati algoritmi di intelligenza artificiale e *machine learning*³¹ in grado di eseguire contemporaneamente sia la fase di analisi ed apprendimento, sia la fase decisionale. Il problema, in questo caso, è che si perde la possibilità di capire come funziona il software nel dettaglio: una volta che il software si basa sull'auto apprendimento non è più possibile risalire ai passi da esso compiuti per giungere a determinate conclusioni.

L'analisi in tempo reale dei dati provenienti da impianti industriali connessi e contestualizzati rispetto alle condizioni esterne, possono immediatamente tracciare degli indicatori sull'interazione tra diverse variabili come l'umidità ed il tempo di asciugatura di un componente appena verniciato. Grazie all'utilizzo di simili algoritmi di analisi è possibile agire per ridurre al minimo gli sprechi, gli stop

³¹ L'apprendimento automatico (anche chiamato *machine learning* dall'inglese) rappresenta un insieme di metodi sviluppati a partire dagli ultimi decenni del '900 in varie comunità scientifiche con diversi nomi come: statistica computazionale, riconoscimento di pattern, reti neurali artificiali, filtraggio adattivo, teoria dei sistemi dinamici, elaborazione delle immagini, data mining, algoritmi adattivi, ecc; che "fornisce ai computer l'abilità di apprendere senza essere stati esplicitamente programmati"

produttivi degli impianti e individuare successive criticità attraverso la ricerca di pattern di dati ricorrenti.

Alcuni casi d'uso dei Big Data sono:

- Walmart, una nota multinazionale statunitense di negozi al dettaglio, utilizza un nuovo motore di ricerca per il suo negozio online che include l'analisi di testo su importanti dati semantici, machine learning e la ricerca di sinonimi per produrre risultati di ricerca più rilevanti. Grazie a questo, Walmart sostiene di aver ottenuto un aumento di clienti che completano l'acquisto tra il 10% ed il 15%, aumentando il fatturato di miliardi di dollari.
- American Express, società che opera nei servizi finanziari e di viaggio, ha iniziato a ricercare degli indicatori che potessero predire la fedeltà del cliente ed ha quindi iniziato a sviluppare modelli predittivi sofisticati per analizzare lo storico delle transazioni e 115 variabili per poter prevedere potenziali elementi di fidelizzazione. La compagnia ha lanciato un progetto pilota in Australia ed è ora in grado di identificare il 24% degli account nel paese che verranno chiusi nei successivi 4 mesi.
- I dipartimenti di polizia di Los Angeles e Santa Cruz hanno iniziato ad utilizzare un algoritmo per predire i terremoti modificandolo e iniziando ad inserire dati sui crimini di zona. Il software può ora prevedere dove potenzialmente avverranno i prossimi crimini con una precisione di 50 metri quadri. A Los Angeles c'è stata una riduzione del 33% di furti e del 21% di crimini violenti nelle aree in cui il software sta venendo utilizzato.

“Il valore dei dati e delle informazioni è sempre più elevato e, proprio come in una contrattazione, molto spesso il vincitore è chi detiene il maggior numero di informazioni. Un concetto applicabile anche alla strategia di qualunque azienda.”
(P. Menon, COO, DAB Pumps)

2.4 Cloud Computing

Secondo il NIST³² la definizione di *cloud computing* è la seguente: “Il cloud computing è un modello per abilitare, tramite la rete, l’accesso diffuso, agevole e a richiesta, ad un insieme condiviso e configurabile di risorse di elaborazione (ad esempio reti, server, memoria, applicazioni e servizi) che possono essere acquisite e rilasciate rapidamente e con minimo sforzo di gestione o di interazione con il fornitore di servizi.”

Un modo semplice di definirlo è che il cloud computing è una raccolta di servizi informatici e di elaborazione dati che l’organizzazione ottiene acquistandole come servizio su richiesta e non più tramite l’acquisto di licenze software o hardware dedicato. In poche parole non si acquista un cloud, ma si sottoscrive un servizio.

Un esempio è il pacchetto Office 365 che Microsoft ha deciso di rendere fruibile anche attraverso un browser web e non più unicamente tramite l’utilizzo di una applicazione dedicata. Questo permette di minimizzare la manutenzione e la gestione del sistema stesso. Da questo modello derivano numerosi vantaggi: primo tra tutti quello economico, è infatti possibile attivare o disattivare in qualunque momento le licenze autorizzate, magari basandosi sulla stagionalità del lavoro come può avvenire in un CAF. Vengono inoltre a mancare spese eccessive per hardware non più necessari, il software non deve più essere avviato sul PC utilizzatore, ma viene semplicemente sfruttata la capacità di calcolo del server Cloud che garantisce le prestazioni necessarie.

Lo scopo del Cloud è quello di rendere fruibili le funzionalità di un software per il quale non si è interessati a comprare una licenza definitiva in una modalità “a servizio, in base alle necessità”. Si parla infatti, nel caso sopra citato della Microsoft, di SaaS, acronimo di *Software as a Service*³³.

³² National Institute of Standards and Technology

³³ Software as a service (SaaS) (Software come servizio in italiano) è un modello di distribuzione del software applicativo dove un produttore di software sviluppa, opera (direttamente o tramite terze

Altre aziende del calibro di IBM, Amazon e SAP si sono mosse per sviluppare Software erogati nella medesima modalità per svariati campi applicativi in azienda: la gestione delle risorse umane, la gestione dei processi di vendita, marketing e molto altro.

Un'altra modalità di erogazione dei servizi tramite cloud è *Infrastructure as a Service*³⁴, IaaS. Si tratta di un modello di servizio che rende disponibile infrastrutture hardware accessibili via web, fornendo la manutenzione, l'aggiornamento e, a contorno, sistemi di monitoraggio, automazione e analisi sempre più evoluti.

I vantaggi che possono portare i servizi cloud alle aziende sono quindi: le elevate prestazioni erogabili, l'alta scalabilità delle risorse e l'affidabilità. Inoltre permette di usufruire di diverse potenze di calcolo in base alle esigenze del momento, liberando così gli sprechi che ogni anno incidono negativamente sul bilancio finale. Questo è vero soprattutto nei casi di bassi e medi volumi produttivi per i quali lo sviluppo ingegneristico viene spostato su piattaforme Cloud. Si pensi ad esempio alla scalabilità di cui necessita un'azienda con bassi volumi produttivi e come, grazie al cloud, possa soddisfare la piccola crescita di domanda aumentando significativamente il ROI (Wu, Terpenney, Gentsch, 2015)³⁵.

Il mercato Cloud in Italia è sempre più consolidato. Una ricerca condotta da Sirmi³⁶ dimostra che tra il 2016 e il 2017 si è registrato un aumento del 26,4% dell'adozione di soluzioni Cloud con un valore di mercato totale pari a 1,9 miliardi di euro. Dallo studio inoltre emerge che nell'ultimo anno in Italia il Cloud è maturato ed è passato da alternativa al sistema IT interno, a efficace opportunità per realizzare la Digital Transformation.

parti) e gestisce un'applicazione web che mette a disposizione dei propri clienti via Internet previo abbonamento.

³⁴ IaaS (Infrastructure as a Service) - Oltre alle risorse virtuali in remoto, vengono messe a disposizione anche risorse hardware, quali server, capacità di rete, sistemi di memoria, archivio e backup.

³⁵ Wu D., Terpenney J., Gentsch W., 2015, Cloud-Based Design, Engineering Analysis, and Manufacturing: A Cost-Benefit Analysis, *Procedia Manufacturing*, Vol. 1, pp 64-76.

³⁶ <http://img.musvc2.net/static/83215/documenti/10/ListDocuments/Sirmi%20-%20II%20mercato%20Cloud%20Computing.pdf>

2.5 Cybersecurity

La *cybersecurity*, cioè la sicurezza informatica, è un tema di forte attualità. Con l'aumento esponenziale di dispositivi connessi in rete aumentano esponenzialmente anche le possibilità da parte di malintenzionati di sfruttare questi dispositivi per i loro fini.

In Italia la spesa in cybersecurity è ancora molto bassa e si aggira intorno all'1,5% della totale spesa ICT³⁷, mentre gli attacchi informatici sono cresciuti dell'8,3% a livello globale e risultano sempre più dannosi.

Il vero problema spesso risiede nella cultura con il quale viene trattato il “rischio informatico”: non si tratta, infatti, solamente del rischio di venire derubati. Spesso la privacy ha molto valore intrinseco e se messa a repentaglio può causare danni ben più gravi di una semplice frode. Basti pensare ai dati sensibili di un'azienda o dei dipendenti della stessa, come nel caso di un database contenenti tutte le informazioni su agenti di sicurezza che dovrebbero rimanere top secret. Inoltre la sicurezza informatica implica investimenti finanziari spesso importanti e privi di return of investment (ROI)³⁸ che spiega perché i problemi vengano affrontati solamente quando sopraggiungono (Pereira, Barreto, Amaral, 2017)³⁹

Inoltre, per la natura intrinseca di industria 4.0, sempre più dispositivi e sistemi vengono connessi alla rete aziendale e per questo bisogna rispettare degli standard di sicurezza in quanto la stessa rete è sicura tanto quanto lo è il suo dispositivo più vulnerabile. Di fatto, oggi, vengono connessi gli oggetti più disparati: frigoriferi, televisori, lavatrici, automobili e, come dimostrato dall'attualità, spesso gli attacchi

³⁷Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (in inglese Information and Communications Technology, in acronimo ICT), sono l'insieme dei metodi e delle tecnologie che realizzano i sistemi di trasmissione, ricezione ed elaborazione di informazioni.

³⁸ Il return on investment (o ROI, tradotto come indice di redditività del capitale investito o ritorno sugli investimenti) è un indice di bilancio che indica la redditività e l'efficienza economica della gestione caratteristica a prescindere dalle fonti utilizzate: esprime, cioè, quanto rende il capitale investito in quell'azienda.

³⁹ Pereira T., Barreto L., Amaral A., 2017, Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain.

possono passare proprio da questi ultimi. Un esempio è infatti il caso FCA che nel 2015 è stata costretta ad effettuare un richiamo tecnico su oltre 1 milione e 400 mila veicoli a seguito della scoperta di una falla di sicurezza sul sistema digitale installato a bordo delle automobili.

Da un punto di vista strategico, la cybersecurity può essere considerata un vantaggio dal momento che è in grado di incidere direttamente sull'efficienza e sui costi. Progettare prodotti con la sicurezza informatica già implementata porta ad un miglioramento in termini di usabilità del prodotto e del servizio, creando un evidente vantaggio competitivo.

“In definitiva, la sicurezza dovrebbe essere percepita come integrata, automatica e trasparente, affinché l'usabilità diventi una chiave di differenziazione.” (Beltrametti, Guarnacci, Intini, & La Forgia, 2017)⁴⁰

2.6 Manifattura additiva

La stampa 3D è, tra quelle trattate, la tecnologia più matura. Nasce infatti nel 1986 quando Chuck Hull brevetta la stereolitografia. Da allora la stampa 3D si è evoluta e differenziata con l'introduzione di nuove tecniche di stampa e l'utilizzo svariati materiali con diverse caratteristiche meccaniche.

La manifattura additiva realizza oggetti, di geometria complessa, partendo dal loro modello matematico e ricreandolo attraverso l'aggiunta progressiva di strati di materiale, senza l'utilizzo di utensili. Al contrario delle tecniche sottrattive (fresatura, foratura ecc...), non si parte da un pezzo grezzo di materiale per asportarne quello in eccesso ma si aggiunge materiale laddove serve.

Tra i maggiori vantaggi della tecnologia vi sono: un quasi totale superamento dei vincoli geometrici imposti dalle tecnologie tradizionali, un notevole abbassamento dei costi di realizzazione di varianti e la quasi eliminazione lo spreco di materia

⁴⁰ Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., 2017, La Fabbrica Connessa La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0, Guerini e Associati.

prima. Un altro vantaggio consiste nella possibilità di progettare un componente in un luogo e subito dopo poterlo stampare dall'altra parte del mondo, o addirittura nella ISS⁴¹, dove è stata attivata una stampante 3D che ha l'obiettivo di realizzare pezzi di ricambio e strumenti di lavoro in PLA⁴² direttamente in orbita.

In un mondo in cui sempre di più si tende a digitalizzare, la stampa 3D diventa un potente mezzo di concretizzazione. Nasce infatti nel mondo della prototipazione rapida, ma il suo utilizzo per la realizzazione di pezzi tecnici, dalle geometrie complesse e per serie di produzione altamente personalizzabili e limitate, costituisce un nuovo segmento di mercato di grande interesse.

Uno dei campi in cui l'additive manufacturing sta avendo un forte sviluppo è quello biomedicale, ad esempio per le protesi, le quali sono sempre diverse per ogni paziente e grazie alla completa flessibilità della tecnologia di stampa 3D è possibile stamparle su misura in modo che si adeguino perfettamente al corpo ed è anche possibile utilizzare biomateriali⁴³.

2.7 Simulazione

Fin dai primi utilizzi, i calcolatori elettronici venivano utilizzati per la simulazione, molto spesso si trattava di applicazioni militari, come nel caso di ENIAC⁴⁴, un computer elettronico costruito per simulare il volo di un proiettile e quindi per aiutare i dispositivi di puntamento. Grazie all'aumento delle capacità computazionali e alle nuove tecnologie, la simulazione ha potuto compiere un notevole salto di qualità. In campo industriale oggi è possibile simulare con un

⁴¹ Stazione Spaziale Internazionale (in inglese: International Space Station, in sigla ISS)

⁴² Il PLA, o Acido Polilattico, è stata la seconda bioplastica commercializzata e venduta su larga scala. Deriva dalla macinazione del mais ed è da considerarsi biodegradabile, anche se necessita di precise condizioni per innescare il processo di decomposizione.

⁴³ Un biomateriale è un materiale che si interfaccia bene con i sistemi biologici, siano essi tessuti viventi, microrganismi o organismi.

⁴⁴ L'Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) è, tra quelli di cui si ha notizia, il quarto computer elettronico digitale della storia, il quarto computer Turing completo della storia, il secondo computer elettronico Turing completo della storia e il primo computer elettronico general purpose della storia.

ottimo grado di approssimazione anche prototipi di aereo che prima richiedevano la fabbricazione del prototipo stesso. Questo è possibile per molteplici applicazioni: la simulazione del comportamento di un fluido, la simulazione della resistenza di un'automobile a un urto, la simulazione del comportamento umano in determinate circostanze...

Il passo successivo consiste nel creare un modello virtuale di tutto ciò che si trova in una fabbrica. Le tecnologie di industria 4.0 hanno portato alla creazione di quello che è il gemello digitale o virtuale (*digital twin*) del processo fisico, cioè un modello matematico in grado di descrivere il processo, il prodotto o il servizio in modo preciso per poter effettuare analisi e applicare strategie. Sarà possibile fare in modo che un computer simuli diversi scenari produttivi in modo da trovare il miglior processo allo scopo di scegliere quello più ottimizzato.

La realizzazione di un prototipo virtuale è diventata sempre più facile, ma soprattutto è diventata più efficace l'integrazione del modello digitale con l'IoT. Grazie, infatti, all'avvento di piattaforme che offrono la possibilità di integrare dati in tempo reale con tutte le informazioni digitali che un'azienda ha su un determinato prodotto, viene resa possibile la realizzazione del gemello digitale anche attraverso l'utilizzo di dati reali raccolti sul campo.

2.8 Realtà Aumentata e Realtà virtuale

Uno degli aspetti principali di industria 4.0 è costruire un collegamento tra mondo fisico e mondo virtuale, da qui l'attenzione ai sistemi cyber fisici. Non si tratta di un problema puramente tecnologico e per questo pensare solamente all'Internet of Things non è sufficiente. Anche la realtà virtuale (VR – dall'inglese Virtual Reality) e la realtà aumentata (AR – dall'inglese Augmented Reality) svolgono certamente un ruolo importante.

L'uso della realtà aumentata e della realtà virtuale lo si può già vedere applicato in diversi settori e contesti, dalle applicazioni per i consumatori a quelle per i produttori. Alcune banche online, ad esempio, hanno già cominciato ad utilizzare visori per la realtà virtuale che permettono ai loro clienti di svolgere attività come

parlare con un loro addetto al servizio clienti. È nel manifatturiero però che la realtà aumentata offre un gran valore in una moltitudine di applicazioni, in combinazione con altre tecnologie.

L'uso di VR e AR nel settore manifatturiero è già realtà ed è in continua accelerazione vista la sempre maggior certezza sui benefici che queste tecnologie possono apportare.

Queste tecnologie possono svolgere un ruolo chiave nelle prime fasi di digitalizzazione quando l'ottimizzazione e il miglioramento della produttività (quantità, qualità, velocità, flessibilità) sono più importanti delle successive fasi di innovazione e trasformazione del business. Ad esempio nella fase di progettazione, grazie al modello virtuale di un componente, è possibile trasformare i dati CAD in una esperienza interattiva in real time. (Figura 2.2)



Figura 2.2 - Visualizzazione in VR di un modello CAD⁴⁵

L'utilizzo della realtà aumentata attraverso un tablet per la manutenzione può fornire indicazioni su dove posizionare determinati componenti o quale vite dover serrare. I casi d'uso includono l'addestramento del personale, l'educazione, la

⁴⁵ <https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality>

pianificazione aziendale, l'assemblaggio, la sicurezza, i collaudi e la prototipazione digitale (Rüßmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, 2015)⁴⁶.

Anche nel campo delle operations l'AR porta notevoli vantaggi, ad esempio grazie all'utilizzo di headset è possibile per i magazzinieri svolgere le operazioni di picking (vedendo evidenziati gli oggetti che deve raccogliere) con entrambe le mani completamente libere e la possibilità di muoversi liberamente nello spazio perché non dovranno tenere una lista in mano o non dovranno rimanere fermi davanti ad un monitor fisso. Lo stesso vale per un operatore di linea, al quale può venire evidenziato dove e come posizionare il componente successivo per l'assemblaggio.

Allo stato attuale l'utilizzo della realtà aumentata e della realtà virtuale sono limitati anche nelle aziende più tecnologiche, ma il loro livello di adozione è in continua crescita: l'investimento in queste tecnologie, secondo uno studio di IDC, raddoppierà ogni anno fino al 2021⁴⁷. Il loro utilizzo, oggi, si concentra principalmente nelle fasi di design del prodotto, nei programmi di addestramento virtuali e nella simulazione di scenari importanti.

2.9 Integrazione Orizzontale e Verticale

Quando si parla di *integrazione verticale* in ambito di industria 4.0, si intende l'adozione di sistemi informativi atti a far interagire l'intera supply chain e i vari processi che avvengono lungo essa. L'integrazione di sistemi IT per e attraverso i vari processi di produzione e di pianificazione aziendale, è invece quella che viene definita *integrazione orizzontale*.

Mentre prima le procedure di produzione presenti nel sistema ERP e nel controllo macchine in stabilimento erano aree separate tra loro, ora i processi informatici e di comando vengono spesso messi in rete ed eseguiti in modo integrato. In questo

⁴⁶ Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, (April 09, 2015) 1-14.

⁴⁷ <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42959717>

modo, tutti i reparti aziendali hanno accesso ai dati logistici e di produzione, con l'effetto di integrare orizzontalmente tutta l'azienda. (Figura 2.3)

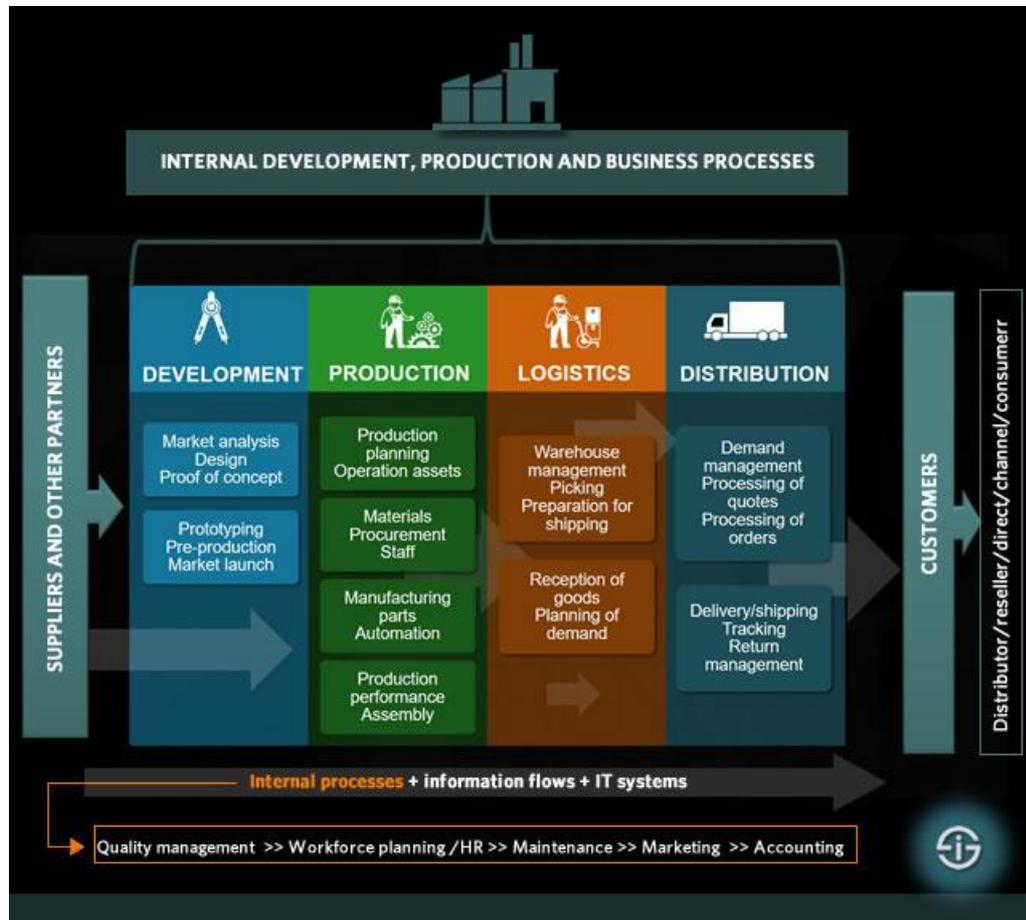


Figura 2.3 - Integrazione orizzontale in Industria 4.0⁴⁸

Un esempio di piattaforma che garantisce l'integrazione è il WMS (Warehouse Management System), un software con il compito di supportare la gestione operativa dei flussi fisici in azienda. Oltre quindi a conoscere l'esatta posizione e condizione di ogni risorsa, è anche possibile vedere le correlazioni tra i vari processi e asset dell'azienda, in modo da poter prendere decisioni con maggior consapevolezza.

L'integrazione verticale in industria 4.0 riguarda l'integrazione di sistemi IT a vari livelli gerarchici di produzione in un'unica soluzione: si parte dal livello operativo

⁴⁸ <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

(interfacciato con i processi di produzione tramite sensori e attuatori), il livello di controllo (regolazione di macchine e sistemi), il livello di produzione (che necessita di essere monitorato e controllato), il livello delle operations (programmazione della produzione, controllo qualità ecc...) e il livello di pianificazione aziendale (gestione degli ordini, gestione dei processi aziendali e così via). Le soluzioni tipiche in questa integrazione includono PLC, che controllano i processi di produzione e si trovano nel livello di controllo, gli SCADA⁴⁹ che permettono operazioni di controllo e supervisione e sono ampiamente utilizzati nei sistemi di controllo industriali, i MES (Manufacturing Execution Systems) per il livello di gestione, che collegano l'ERP aziendale agli SCADA. (Figura 2.4)

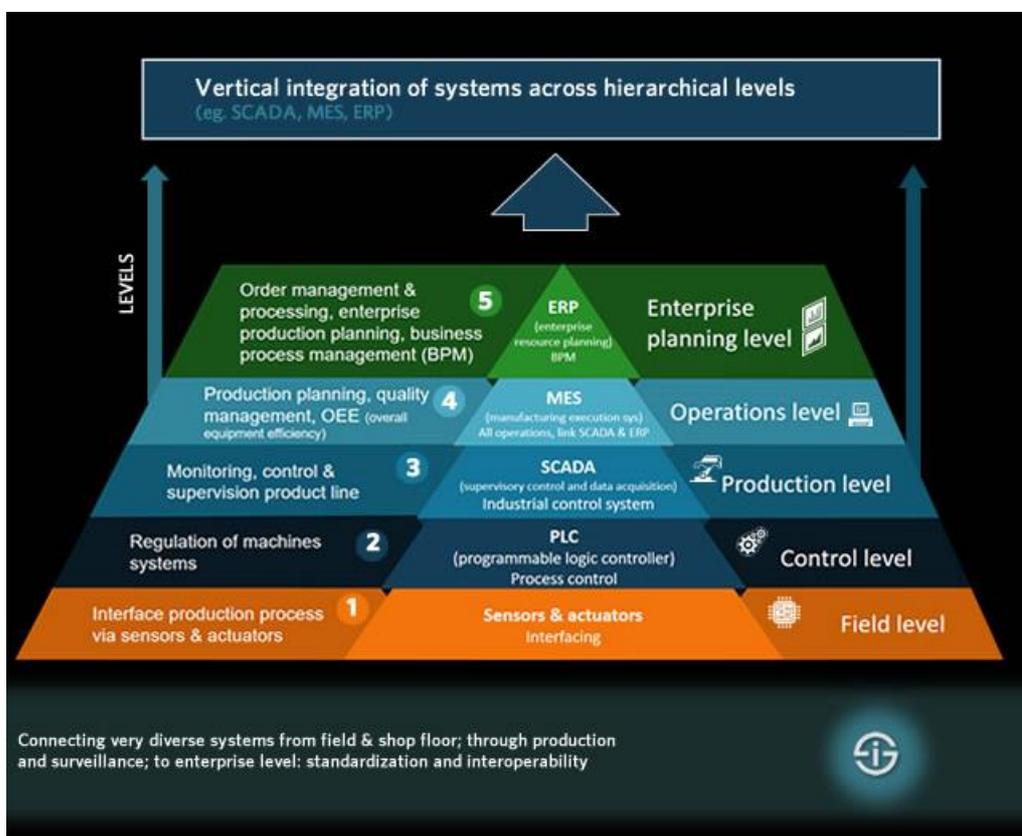


Figura 2.4 - Integrazione verticale in Industria 4.0⁵⁰

⁴⁹ Nell'ambito dei controlli automatici, l'acronimo SCADA (dall'inglese "Supervisory Control And Data Acquisition", cioè "controllo di supervisione e acquisizione dati") indica un sistema informatico distribuito per il monitoraggio elettronico di sistemi fisici.

⁵⁰ <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

2.10 Manufacturing Execution System

Il Manufacturing Execution System (MES) è uno strumento di Information Technology che viene installato in aziende produttive. Tradizionalmente il MES connette l'ERP⁵¹ e altri software di gestione aziendale con gli impianti produttivi (Meyer, Fuchs e Thiesl, 2009)⁵². Si tratta infatti di un sistema IoT di fabbrica che racchiude un insieme di tecnologie abilitanti e spiana la strada alla possibilità di introdurre delle altre.

In industria 4.0 i Manufacturing Execution Systems sono più critici che mai. La trasformazione digitale che le aziende percorrono si basa infatti sui dati, sulla loro raccolta, aggregazione e analisi che porta all'ottenimento delle informazioni risultanti. Questo approccio basato sui dati contiene sia il flusso top-down (come ordini e obiettivi forniti dal business level per poter essere trasformati in pianificazione della produzione) sia il flusso bottom-up (i feedback provenienti dalla produzione). (D'antonio, Bedolla e Chiabert, 2017)⁵³.

I MES non sono uno strumento nuovo e, come altri sistemi informatici, sono in continua evoluzione in concomitanza con altre tecnologie come il Cloud, i Big Data e gli IoT. Anche le altre tecnologie abilitanti, come le nuove forme di stampa additiva, i robot, i cobot e tutti gli oggetti connessi tramite sistemi cyberfisici, rendono il sistema MES, oltre che estremamente indispensabile per permettere un'interconnessione tra i sistemi, anche una risorsa sempre più intelligente e dinamica.

Nell'ambiente industriale tutto sta diventando "smart" o intelligente ed è per questo necessario avere un connettore che permetta di gestire ed analizzare il flusso di dati

⁵¹ Enterprise resource planning (letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa", spesso abbreviato in ERP) è un software di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, gestione magazzino, contabilità ecc.).

⁵² Meyer H., Fuchs F., Thiesl K., Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal design, planning, and deployment, first ed., McGraw-Hill Professional, New York, 2009.

⁵³ D'antonio G., Bedolla J., Chiabert P., 2017, A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach, *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, Modena, Italy.

generato. Il MES svolge un ruolo centrale nelle prime fasi di trasformazione in industria 4.0 come hub digitale⁵⁴ di informazioni e connettività.

Come visto nei precedenti paragrafi nella piramide di fabbrica, il MES si pone al livello operativo: tra il livello di pianificazione aziendale in cui troviamo l'ERP ed il livello produttivo composto da SCADA e ICS (Figura 2.5). Il MES, in questa classica visione, permette di interfacciare gli SCADA con l'ERP, gestendo aspetti come la pianificazione della produzione, la schedulazione fine, la gestione della qualità, l'analisi dell'OEE⁵⁵ e la gestione delle informazioni riguardanti le operations e la produzione, ad esempio per l'analisi delle performance.

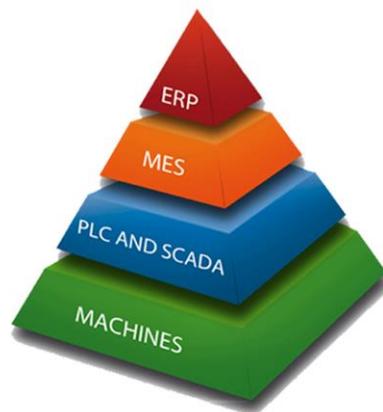


Figura 2.5 – Piramide di fabbrica tradizionale ⁵⁶

Gli obiettivi di un Manufacturing Execution System sono:

- Garantire completa visibilità del piano lavori e sullo stato di avanzamento.
- Controllare tempi e costi di produzione diretti e indiretti.
- Utilizzare appieno le risorse aziendali.

⁵⁴ In informatica e telecomunicazioni un hub (letteralmente in inglese fulcro, mozzo, elemento centrale) rappresenta un concentratore, ovvero un dispositivo di rete che funge da nodo di smistamento dati di una rete di comunicazione dati organizzata con una topologia logica a bus e di topologia fisica a stella.

⁵⁵ L'Overall Equipment Effectiveness (OEE) è la misura di efficacia totale di un impianto. È un indice espresso in punti percentuali che riassume in sé tre concetti molto importanti dal punto di vista della produzione manifatturiera: la disponibilità, l'efficienza ed il tasso di qualità di un impianto.

⁵⁶ <https://adroittech.co.za/compelling-platform-mes-solutions-2/>

- Evidenziare le condizioni critiche e i tempi improduttivi.
- Gestire i flussi informativi necessari ai vari processi tecnologici.
- Garantire la qualità e la rintracciabilità delle informazioni.

Nel settore manifatturiero, soprattutto in aziende con forti requisiti di qualità, è possibile ottenere risultati importanti di risparmio sfruttando le funzionalità del MES che permettono di prevenire problemi che possono influenzare la qualità dei pezzi prodotti e portare al loro scarto. Questo sistema permette infatti di ridurre le attività per migliorare la qualità della produzione, come ad esempio le operazioni di rilavorazione, con conseguente risparmio di tempo. I test eseguiti nei casi studio consentono di affermare che è possibile una riduzione del 50% delle parti da scartare o da rilavorare. Inoltre, si prevede che il lead time ed il work in process saranno ridotti del 40%. (D'antonio, Bedolla e Chiabert, 2017)⁵⁷

Il Manufacturing Execution System rappresenta, inoltre, un efficace strumento decisionale poiché consente all'addetto alla sorveglianza del processo produttivo di identificare in tempo reale scostamenti e criticità tramite allarmi, dashboard, grafici interattivi e KPI che visualizzano in modo immediato l'efficienza dei processi produttivi. Queste informazioni permettono sia una maggiore responsabilizzazione sul lavoro degli operatori, sia una supervisione puntuale da parte del management.

⁵⁷ D'antonio G., Bedolla J., Chiabert P., 2017, A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach, *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, Modena, Italy.

Capitolo 3. Il Manufacturing Execution

System in DAB Pumps

In questo capitolo vengono presentati: il caso studio aziendale DAB Pumps, la linea pilota utilizzata per l'introduzione del Manufacturing Execution System (MES); la descrizione del processo di assemblaggio prima e dopo l'attivazione del MES.

3.1 L'azienda DAB Pumps

DAB Pumps S.p.A. è una multinazionale italiana fondata nel 1975 specializzata nella produzione di sistemi di movimentazione idrica, in particolare nella produzione di elettropompe.

L'Headquarter si trova a Mestrino, in provincia di Padova. Gli altri stabilimenti produttivi si trovano a Brendola (VI), San Germano dei Berici (VI), Bientina (PI), Castello di Godego (PD), Ungheria e Cina (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Le sedi di DAB Pumps nel mondo

3.1.1 Cenni Storici

Nel 1996 DAB viene acquisita dall'azienda danese Grundfos, multinazionale che si colloca tra i primi tre maggiori produttori di elettropompe al mondo.

Alla fine degli anni Novanta, DAB ha intrapreso una serie di acquisizioni volte all'ampliamento delle proprie competenze e all'integrazione dell'offerta con altre tipologie di prodotto. Nel 1998 avviene la prima fusione con Leader, azienda specializzata in elettropompe a materiale composito. Nel 2005 viene acquisita Tesla, azienda specializzata nella produzione di motori sommersi. Nel 2007 viene acquisita Wacs, impresa leader nello sviluppo di soluzioni per il controllo dei sistemi di pompaggio tramite microprocessori e sensori di ultima generazione. Nel 2008 è la volta di Brisan, azienda sudafricana specializzata in pompe sommerse per agricoltura e irrigazione. Infine nel 2009 vi è l'accorpamento di Alma, azienda esperta nell'ambito del drenaggio delle acque reflue.

Dopo le prime fusioni, nel 2008 viene costituito il DAB Water Technology Group (DWT Group) che ora raggruppa queste sei aziende contigue.

Nell'anno 2017 DAB ha chiuso con un fatturato di 304 milioni di Euro, 1519 dipendenti e conta 19 stabilimenti in tutto il mondo di cui 7 stabilimenti produttivi, 12 commerciali e 2,6 milioni di pezzi prodotti (Figura 3.2).

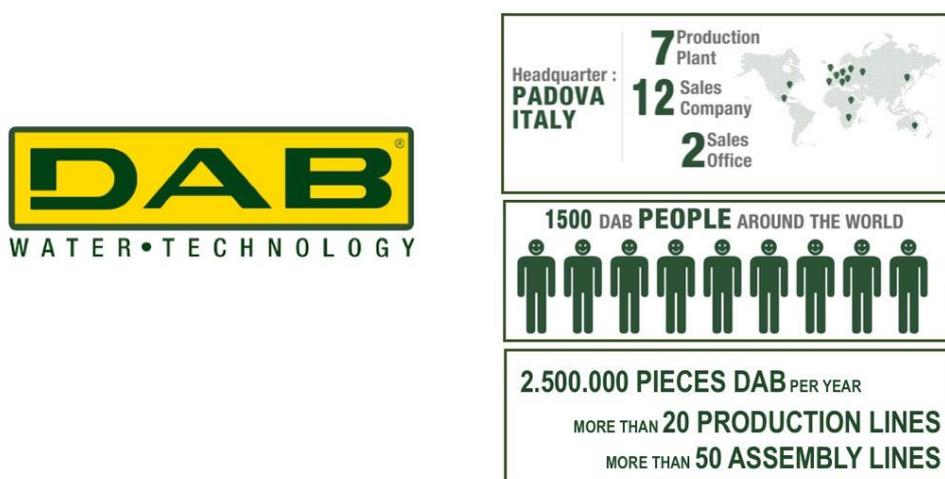


Figura 3.2 – I Numeri di DAB Pumps, 2017.

3.1.2 Soluzioni

DAB offre una gamma di prodotti applicabili per:

- Soluzioni domestiche e residenziali per i seguenti utilizzi: riscaldamento e condizionamento, alimentazione idrica e pressurizzazione, irrigazione e giardinaggio, utilizzo delle acque piovane, drenaggio, raccolta e smaltimento delle acque di scarico, circolazione e filtrazione di acque nelle piscine.
- Soluzioni industriali per la circolazione per riscaldamento e condizionamento, la pressurizzazione di sistemi per l'alimentazione idrica e antincendio, lo smaltimento delle acque di scarico.
- Soluzioni per l'agricoltura e l'irrigazione.

3.1.3 Gamma di prodotti

DAB vanta una vasta gamma di prodotti che va dai piccoli circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento ai sistemi antincendio industriali. Di seguito vengono presentate alcune delle principali famiglie di prodotto:

I **circolatori** sono delle pompe elettroniche a basso consumo energetico per la circolazione di acqua calda per tutti gli impianti domestici di riscaldamento, sono uno dei prodotti più venduti da DAB e tra i più conosciuti, ne esistono di diverse tipologie, sia elettronici che non e con diversi campi di funzionamento (Figura 3.3)

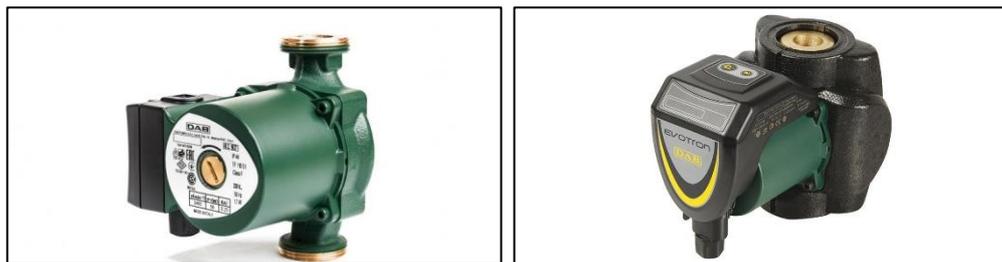


Figura 3.3 – A sinistra un circolatore a rotore bagnato VS, a destra un circolatore elettronico a rotore bagnato EVOTRON

Le **pompe centrifughe** sono un'altra categoria di pompe molto diffuse utilizzate in impianti domestici, civili, industriali ed agricoli per impieghi di travaso, miscelazione ed irrigazione. Possono essere monogiranti o bigiranti. (Figura 3.4)



Figura 3.4 – A sinistra una pompa centrifuga KP, a destra una pompa centrifuga K bigirante.

Le **pompe sommerse** sono pompe idonee all'utilizzo in immersione e trovano impiego in impianti di sollevamento di acque limpide da pozzi, serbatoi di prima raccolta o cisterne, pozzi romani o corsi d'acqua e sono quindi idonee per la distribuzione di acqua in impianti domestici, piccola agricoltura, irrigazioni a pioggia di giardini e orti.

I **gruppi antincendio** sono dotati generalmente di motore diesel ed elettrico, sono ideali per gli impianti automatici fissi antincendio sprinkler e/o idranti di edifici commerciali. Possono essere realizzati con pompe verticali immerse e sono modulari per poter comporre e soddisfare tutte le versioni previste dalle norme antincendio.

3.1.4 DAB Digital Committee

Il Digital Committee è un gruppo composto dal management aziendale con lo scopo di guidare i progetti di digitalizzazione preparando e mantenendo i documenti sulla strategia digitale di DAB. Questo comitato garantisce l'allineamento di tutto il gruppo sull'avanzamento dei progetti, impegnandosi a tenere aggiornate sia le filiali che i vari dipartimenti. Si occupano inoltre di definire quelle che sono le linee guida della rivoluzione digitale che si sta affrontando, cercando di facilitarne la comprensione e l'implementazione.

La frequenza con cui i membri si ritrovano è mensile e questo permette di avere una visione sempre aggiornata sui progetti e sull'impegno che sta venendo

impiegato sugli stessi. Inoltre aiuta a mantenere anche l'impegno dello stesso Comitato.

Tra i membri è importante citare la presenza dell'amministratore delegato, del logistic manager, del group IT manager e del marketing & sales director. Queste ultime sono tutte figure fondamentali nella gestione della rivoluzione digitale che va a colpire ciascuna area aziendale.

3.2 Il MES in DAB Pumps

Il MES in DAB Pumps è ora attivo nella linea pilota, in questo paragrafo vengono descritte la linea "as is" e le funzionalità attive del MES allo stato attuale.

3.2.1 La linea Pilota "as is"

La linea pilota selezionata per il progetto di introduzione del MES in azienda è la linea D103: si trova nello stabilimento di Mestrino ed è una linea di assemblaggio completamente manuale di elettropompe per la movimentazione di acqua fredda (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Pompa centrifuga K monogirante

Le elettropompe prodotte sono di taglia media per uso domestico ed il prodotto tipico è una pompa K trifase, un modello di pompa centrifuga monogirante idonea in impianti domestici, civili, industriali ed agricoli e per impieghi di travaso, miscelazione ed irrigazione.

La linea si può dividere in 7 postazioni:

- Nella prima postazione avviene un pre-assemblaggio.
- Nella seconda avviene l'assemblaggio della parte elettrica ed idraulica.
- Nella terza postazione viene effettuato un collaudo.
- Nella quarta vi è una stazione di verniciatura alla quale le pompe vengono inviate tramite una catena.
- Nella quinta vi è un processo di finitura.
- Nella sesta un altro possibile collaudo che solo alcune tipologie di elettropompe devono svolgere.
- Nella settima ed ultima avviene l'imballaggio.

In media, per le elettropompe prodotte in maggior quantità, il tempo ciclo è di 4 minuti. Il collo di bottiglia è costituito dalla terza postazione, questo è dovuto al fatto che la macchina di collaudo non può collaudare una pompa in meno tempo.

I collaudi sono costituiti da un macchinario dotato di un computer con interfaccia per l'utente basata su un software proprietario che funziona su sistema operativo Windows. Per effettuare un collaudo l'operatore a inizio ordine seleziona manualmente la scheda di collaudo presente nella macchina, basandosi sul codice prodotto della pompa da testare, dopodiché avvia manualmente il collaudo pompa per pompa.

Invece, per l'imballaggio, prima dell'introduzione del MES, venivano utilizzate etichette stampate in un altro reparto e richieste in base alle necessità.

I semilavorati per l'assemblaggio vengono posti a bordo linea su dei cassoni di acciaio, i cassoni contenenti i materiali vengono sostituiti se termina il materiale o se l'ordine successivo prevede l'assemblaggio di un semilavorato diverso. Questo comporta un tempo di setup e l'impiego di una persona addetta alla movimentazione dei cassoni stessi. Attualmente questo compito è svolto dal caporeparto che sostituisce i cassoni di semilavorati quando necessario e per questo motivo buona parte del suo tempo è dedicata a questo lavoro. Per ridurre i tempi di setup gli viene quindi concessa una certa flessibilità nella gestione della sequenza

degli ordini di produzione giornalieri che inizialmente vengono rilasciati dal dipartimento di schedulazione, sono esclusi i casi di ordini di produzione urgenti.

La linea pilota allo stato iniziale presentava alcune problematiche:

- Un accumulo di pallet contenenti prodotti finiti e prodotti incompleti alla fine della linea. Questo è dovuto alla mancanza di alcuni componenti necessari all'assemblaggio, causato da un controllo non puntuale della loro disponibilità a magazzino.

In figura 3.6 si può vedere un pallet completo messo da parte in quanto mancano i componenti per completare l'ultima pompa dello stesso. Questo comporta un rallentamento della produzione dovuto al nuovo setup necessario per procedere all'avvio di un nuovo ordine mentre si attende il materiale per terminare l'ordine sospeso.



Figura 3.6 – Pallet incompleto e accantonato su cui si può notare una scatola aperta in attesa del prodotto finito.

- La presenza di numerosi fogli di carta in linea che possono comportare errori e disordine. Si tratta di fogli indicanti l'avvio dell'ordine di produzione ed il codice da produrre con tutte i componenti necessari. In figura 3.7 si possono notare chiaramente i fogli presenti direttamente sulla linea tra un ordine ed il successivo.



Figura 3.7 – Dettaglio della prima postazione della linea pilota con fogli di carta direttamente sul banco di lavoro.

In altri casi si tratta di standard work posizionati lungo la linea. Questi fogli contengono istruzioni sulle attività caratteristiche di alcuni prodotti standard e rimangono visibili anche durante il processamento di altri modelli, ciò può portare ad errori di assemblaggio e confusione per l'operatore. (Figura 3.8)



Figura 3.8 – Dettaglio della postazione di collaudo della linea pilota con istruzioni su fogli di carta.

- Il processo di stampa delle etichette è completamente manuale ed avviene tramite la stampa massiva di una quantità prefissata di etichette che viene poi messa in linea a disposizione dell'operatore che si occupa dell'imballaggio. Questo comporta che se l'etichetta fosse non conforme e

L'operatore fosse poco esperto potrebbe non rendersi conto del problema e applicarla ugualmente alla pompa o all'imballaggio. Inoltre, spesso, a causa del non bilanciamento della linea, l'operatore tende ad accumulare scatole già pronte con l'etichetta già applicata che occupano molto spazio sia in linea sia fuori linea. (Figura 3.9)



Figura 3.9 – Scatole già etichettate e accumulate a bordo linea.

- Il processo di dichiarazione degli scarti e dello scarico del materiale consiste nell'utilizzo del gestionale da parte del capo reparto che, generalmente a fine turno, dichiara gli scarti, le rilavorazioni e i pezzi completati. Questo comporta un impiego di tempo pari a circa 30 minuti al giorno per la dichiarazione delle rilavorazioni, altri 30 minuti per lo scarico dei materiali e circa 3 ore alla settimana per la gestione degli scarti. Il costo complessivo annuale è molto elevato e a volte si incombene in errori o in dimenticanze dovendo essere fatto tutto in modo completamente manuale e asincrono. In figura 3.10 si può vedere la postazione dalla quale il capo reparto effettua le dichiarazioni.



Figura 3.10 – Dettaglio postazione del capo reparto della linea pilota.

- Il monitoraggio delle performance produttive viene effettuato su lavagne statiche tramite il calcolo su fogli Excel dell'efficienza giornaliera che poi viene riportato su delle tabelle che ne consentono l'analisi. Spesso questi dati, a volte per mancanza di tempo da parte del capo reparto che ne è l'addetto, non vengono indicati e viene persa quella che è l'utilità delle andon⁵⁸ board. (Figura 3.11)



Figura 3.11 –Lavagna andon della linea pilota

⁵⁸ Una lavagna andon è uno strumento di controllo visivo di produzione, solitamente un display illuminato, che fornisce lo stato corrente del sistema produttivo e allerta i membri del team quando emergono problemi.

Ciascuna di queste problematiche si è pensato potessero essere risolte passando ad una digitalizzazione della linea. Per questo motivo, dopo un'attenta analisi, è stato introdotto un Manufacturing Execution System, i cui dettagli vengono riportati nel paragrafo seguente.

3.2.2 Il MES allo stato attuale

Il Manufacturing Execution System è stato sviluppato ed è quindi in funzione nella linea pilota. In questo paragrafo verranno discusse le sue funzioni principali. Per descriverle si seguirà il normale flusso di un ordine di produzione di.

Si tratta di un MES sviluppato da SIEMENS denominato SIMATIC IT ed integrato nella linea con la collaborazione di Engineering, un'azienda di consulenza operante nel settore software e servizi IT.

I processi della linea produttiva non sono stati modificati, ma sono stati inseriti dei componenti Hardware:

- Un andon a muro per la visualizzazione di dati riguardanti la produzione in tempo reale.
- Cinque tablet in linea per il monitoraggio dell'avanzamento di produzione e per la visualizzazione di istruzioni e disegni. Due di questi tablet sono addetti al monitoraggio della produzione e si trovano rispettivamente nella prima e nell'ultima postazione, gli altri tre tablet sono addetti alla visualizzazione di istruzioni di assemblaggio.
- Un monitor touch screen a bordo linea per la visualizzazione dell'andamento dei KPI rispetto ai giorni precedenti.

Il primo avvenimento è rappresentato dal rilascio dell'ordine di produzione da parte dello schedatore (ad oggi attività non ancora informatizzata) che, tramite l'ERP aziendale Infor⁵⁹, modifica lo stato di un ordine da “pianificato” a “rilasciato”. Alla variazione di stato si avvia automaticamente una comunicazione tra INFOR ed il

⁵⁹ Infor LN è l'Enterprise Resource Planning di DAB Pumps.

MES che permette il passaggio di tutte le informazioni riguardanti l'ordine di produzione, come ad esempio: il codice articolo, la sua descrizione, estimated start time, estimated end time, quantità da produrre e linea in cui deve essere prodotto.

Gli ordini disponibili per la produzione compaiono quindi sulla piattaforma MES e tramite web browser è possibile accedere alla sua interfaccia per rilasciare gli ordini di produzione nella sequenza desiderata. Questo compito verrà svolto in futuro dal caporeparto, proprio per mantenere la flessibilità sulla sequenza con cui produrre gli ordini.

Una volta rilasciato l'ordine esso diventa disponibile per la produzione: sarà quindi visibile nel tablet installato nella prima postazione della linea, nel quale verranno visualizzati i seriali associati a quello specifico ordine, e nel nuovo andon di produzione. In quest'ultimo sarà visibile il codice articolo, la sua descrizione e la quantità da produrre.

L'andon è stato pensato principalmente per il capo reparto, permettendogli di capire quanto manca per il completamento di un ordine ed in questo modo organizzare la sostituzione del materiale a bordo linea. Questo strumento rende visibili alcune informazioni come ad esempio l'ordine attuale e l'ordine successivo, quanti pezzi sono da produrre per l'ordine attuale e quanti ne sono già stati prodotti, i KPI della linea e il ritardo stimato. Maggiori dettagli saranno discussi nel paragrafo 4.3.2.5 (Sviluppo andon di linea).

Nell'immagine 3.12 si può vedere l'andon appeso al muro in alto a sinistra e i cassoni di materiale a bordo linea, che è necessario sostituire se l'ordine successivo è da produrre con semilavorati diversi.



Figura 3.12 – Linea pilota dopo l’installazione dei tablet e dei display andon.

Con l’introduzione del MES, tutte le pompe prodotte nella linea pilota sono state serializzate. Il MES infatti, al rilascio dell’ordine di produzione, provvede ad associarvi tanti codici seriali quanti sono i prodotti finiti previsti ed a mostrarli nel tablet installato nella prima postazione.⁶⁰

L’operatore a testa della linea, dopo aver eseguito alcune operazioni di pre-assemblaggio, seleziona sul tablet un seriale ed avvia la stampa dell’etichetta. L’operatore provvede quindi ad incollare quest’ultima all’interno del vano della morsettiere, l’unico punto che non verrà successivamente verniciato. Una volta avviata la stampa, il MES è a conoscenza che quel seriale è stato avviato ed associato ad una pompa e quindi lo rende disponibile per la postazione successiva. In figura 3.13 si può notare la stampante delle etichette dei numeri seriali ed il tablet, entrambi presenti nella prima postazione di assemblaggio.

⁶⁰ Da questo momento in poi quando si parlerà di avanzare un seriale si intenderà avanzare un prodotto sulla linea.



Figura 3.13 - Prima postazione della linea D103 con tablet e stampante dedicata alla stampa di etichette seriali.

In figura 3.14, invece, è visibile un dettaglio dell'etichetta seriale applicata ad una pompa già verniciata.



Figura 3.14 – Dettaglio di una pompa verniciata su cui è stata applicata l'etichetta seriale

stato avviato nella prima postazione e che faccia parte dell'ordine di produzione in corso. Se le risposte sono positive, il MES invia la scheda di collaudo di quello specifico modello di pompa reperendo le informazioni direttamente dal PLM.

In figura 3.16 si può vedere la postazione di collaudo in attesa di ricevere come input un seriale da testare. A destra, invece, si può notare un tablet che viene utilizzato per la visualizzazione delle istruzioni di collaudo.



Figura 3.16 - Postazione di collaudo con schermata di attesa numero seriale.

Dopo aver completato il collaudo con successo, la macchina comunica l'esito positivo con tutti i dati misurati della pompa specifica al MES che immagazzina tutte le informazioni associate al seriale e provvede automaticamente al suo avanzamento alla stazione successiva, senza bisogno di intervento da parte dell'operatore.

Ora la pompa viene mandata alla stazione dedicata al processo di verniciatura, dopo il quale, in base alla tipologia di motore, segue un ulteriore collaudo. Ciò è dovuto al fatto che la linea è multi model e per questo alcuni prodotti subiscono un collaudo elettrico di sicurezza nella seconda parte della linea.

Se la pompa deve eseguire il secondo collaudo, la macchina richiede al MES di verificare se il seriale è corretto e riceve di conseguenza la scheda di collaudo specifica per quel tipo di pompa. A collaudo completo e con esito positivo, automaticamente la macchina comunica al MES che il collaudo è avvenuto con successo e quest'ultimo avvia la stampa dell'etichetta dati e dell'etichetta imballo. La prima è applicata direttamente sul prodotto finito mentre la seconda viene applicata sulla scatola d'imballaggio, operazione effettuata subito dopo il fissaggio del copri morsettiera.

Altrimenti, se la pompa non deve effettuare il secondo collaudo, l'operatore utilizza un lettore di codice a barre collegato ad un tablet presente nell'ultima postazione di imballaggio per leggere il seriale della pompa, dopo aver completato il processo di finitura. Se il seriale è corretto viene automaticamente selezionato sul tablet e l'operatore, dopo aver completato le operazioni di chiusura, dichiara tramite un tasto sul tablet di aver completato il prodotto. A questo punto automaticamente il MES comunica al server di stampa il seriale completato ed avvia la stampa di etichetta dati ed etichetta imballo, come nel caso precedente.

Dopo questa postazione, le pompe vengono appese ad una catena di verniciatura che successivamente le porta ad una postazione di collaudo o finitura in base al tipo di pompa. Questo è dovuto al fatto che la linea è multi model e alcuni prodotti subiscono un collaudo elettrico di sicurezza nella seconda parte della linea, trattasi per lo più di pompe monofase, mentre altri subiscono solo un processo di finitura e quindi di imballaggio.

Nella figura 3.17 si può vedere la postazione finale in cui è presente il tablet, con a sinistra il lettore di codice a barre wireless collegato direttamente ad esso e le due stampanti ai lati, una per la stampa di etichette dati e l'altra di etichette imballo. In basso a destra si possono notare i cartoni di imballaggio su cui vengono applicate le etichette.



Figura 3.17 – Postazione di assemblaggio della linea pilota con tablet per stampa delle etichette dati e imballaggio.

Alcune delle funzionalità⁶² attive del MES, importanti da citare, sono:

- La chiamata al Team Leader, effettuata tramite tablet al caporeparto.
- La Chiamata Materiale, necessaria per la richiesta di uno specifico materiale in linea.

⁶² Queste funzionalità saranno approfondite nel capitolo 4: Il progetto di introduzione di un sistema MES.

Capitolo 4. Il progetto di introduzione di un sistema MES

In questo capitolo si tratterà più approfonditamente della gestione del progetto di implementazione di un sistema MES in DAB Pumps, seguito in prima persona a partire dalla seconda fase (denominata Sprint 2) fino al go live nella linea pilota della sede di Mestrino.

Verranno analizzate le fasi del processo, la definizione degli obiettivi desiderati, l'approccio avuto da parte del core team per raggiungere i risultati sperati, le problematiche riscontrate e come sono state affrontate, l'impatto che il progetto ha avuto sui diversi dipartimenti aziendali coinvolti e sugli operatori direttamente interessati, la comunicazione interna, la resistenza al cambiamento, lo sviluppo delle funzionalità del MES e il go-live.

Nello sviluppo di questo progetto è stata di fondamentale importanza l'utilizzo di un metodo Agile denominato Scrum che ha consentito di variare gli scope durante l'evoluzione stessa del progetto, senza intaccare i tempi ed i costi che invece si volevano mantenere fissi.

4.1 Il metodo Agile Scrum

DAB ha deciso di utilizzare un metodo agile⁶³ denominato Scrum per la gestione dei processi di digitalizzazione.

Scrum nasce come metodo agile per la gestione dei progetti di compilazione di software ed è stato recentemente importato nel mondo aziendale a sostegno del project management.

⁶³ Per metodologia agile si intende un insieme di metodi di sviluppo software e progetti che si distingue dai metodi tradizionali per l'approccio iterativo e incrementale.

Tutti i progetti di digitalizzazione di cui si parlerà successivamente in questa tesi sono stati sviluppati con questo metodo che ha permesso di migliorare notevolmente il coinvolgimento del team di sviluppo e di tutte le persone che ne hanno fatto parte. Questo approccio ha infatti consentito di creare un punto di ritrovo in cui chiunque fosse interessato ai progetti poteva sia avere visibilità sul loro stato di avanzamento, sia partecipare in prima persona intervenendo direttamente sulle lavagne utilizzate per tenere traccia dell'avanzamento.

4.1.1 Definizione di Scrum

Scrum è una struttura per sviluppare, rilasciare e mantenere prodotti complessi. La definizione di Scrum passa dalla definizione dei ruoli, degli eventi, dei prodotti e delle regole che li legano insieme. È un metodo ideato da Ken Schwaber⁶⁴ e Jeff Sutherland.

Il metodo Scrum prevede di creare un gruppo di persone, chiamato Scrum Team, atto a sviluppare un prodotto in una serie di iterazioni di breve durata, chiamate Sprint, in modo da permettere un ri-orientamento dello scope del progetto alla fine di ogni iterazione. Alla fine di ogni Sprint deve essere consegnato valore (come ad esempio un prodotto o una quotazione) al cliente finale. (Schwaber, 2004)⁶⁵

Lo Scrum Team si compone di tre figure chiave:

- Il Team di Sviluppo, composto dalle persone che fisicamente sviluppano il prodotto.
- Il Product Owner, colui che indirizza strategicamente il Team di Sviluppo nella sua funzione di sviluppo del prodotto.
- Lo Scrum Master, colui che opera affinché il Team di Sviluppo lavori nella maniera più efficace possibile, svolgendo la funzione di facilitatore.

⁶⁴ Ken Schwaber è uno sviluppatore software, product manager e consulente del settore industriale.

⁶⁵ Schwaber K., 2004, Agile Project Management with Scrum, Microsoft, pp. 22-38.

4.1.2 Gli eventi di Scrum

Come generalmente accade durante l'introduzione di un nuovo progetto, la prima fase è dedicata alla definizione di un elenco di attività "to do", che rappresentano l'input per il successivo processo di sviluppo. Questo primo step è chiamato Product Backlog e si compone di una serie di elementi ordinati il cui scopo è dare allo Scrum Team delle priorità per lo sviluppo degli stessi. È importante in questa fase non includere documenti di analisi e l'esecuzione di fasi di test, ma soltanto la descrizione delle funzionalità utilizzabili dall'utente del prodotto finito desiderato.

Le priorità del Product Backlog vengono definite dal Product Owner sulla base delle necessità degli Stakeholders e del Team di Sviluppo. È importante in questa fase cercare di massimizzare il valore generato ad ogni Sprint, che dipende dalle necessità dell'organizzazione. I criteri più comuni per la definizione del valore possono essere identificati come segue:

- Gli introiti generati dallo sviluppo.
- I risparmi sui costi possibili grazie allo sviluppo.
- Le conoscenze acquisite.
- Il rischio di fallire.

L'iterazione di Scrum è organizzata in tre fasi successive:

1. Pianificazione
2. Esecuzione
3. Ispezione

La fase di pianificazione è chiamata Sprint Planning e serve per definire cosa verrà sviluppato nello Sprint, il Team di Sviluppo decide cosa può essere sviluppato date le loro possibilità in termini di risorse in quel determinato arco temporale, mantenendo l'ordine definito durante il Product Backlog. Il risultato del lavoro svolto in questa fase è lo Sprint Backlog, ossia la definizione delle funzionalità complete del prodotto che dovranno essere implementate alla fine dello Sprint, e la modellazione dello Sprint Goal, ossia l'obiettivo che sarà raggiunto durante lo Sprint.

Durante la fase di esecuzione il Team di Sviluppo si adopera per sviluppare gli elementi dello Sprint Backlog per completarli entro la fine dello Sprint. In questa fase è fondamentale la collaborazione del Team di Sviluppo, che spesso può essere formato da personale appartenente a diversi dipartimenti, creando in questo modo un team eterogeneo.

Uno dei punti peculiari di Scrum è il Daily Scrum, si tratta di un meeting giornaliero di circa 15 minuti, svolto ad inizio giornata, per la coordinazione del Team di Sviluppo che avviene durante tutta la fase di esecuzione. Solo il team dedicato beneficia di questo meeting, durante il quale può verificare l'andamento del progetto ponendo tre specifiche domande:

- Cosa ho fatto ieri che ha aiutato il Team di Sviluppo a procedere?
- Cosa farò oggi per aiutare il Team di Sviluppo?
- Ci sono degli ostacoli che impediscono a me o al Team di Sviluppo di procedere?

Il Daily Scrum ha quindi lo scopo di migliorare la comunicazione, eliminare altri incontri superflui, identificare gli ostacoli allo sviluppo in modo da rimuoverli, evidenziare e promuovere un rapido processo decisionale e migliorare il livello di conoscenza del Team di Sviluppo.

Successivamente alla fase di esecuzione si passa alla fase di ispezione. Quest'ultima viene chiamata Sprint Review e si tiene al termine dello Sprint. Durante lo Sprint Review lo Scrum Team e gli Stakeholders collaborano su ciò che è stato fatto durante lo Sprint. Si tratta di un incontro informale con lo scopo di presentare l'incremento apportato dallo Sprint per suscitare commenti e promuovere la collaborazione. Può durare massimo quattro ore per uno sprint della durata di un mese.

In questa fase viene mostrato cosa è stato fatto, cosa è andato bene e quali invece sono stati i problemi che si sono incontrati e come sono stati risolti. Viene inoltre discusso lo stato attuale del Product Backlog in modo da fare una previsione delle possibili date obiettivo e consegna in base all'avanzamento attuale e l'intero gruppo collabora su cosa fare negli Sprint successivi. Il risultato di questa fase è un Product

Backlog revisionato che definisce gli elementi del Product Backlog probabilmente selezionati per lo Sprint successivo.

Infine lo Sprint Retrospective, che si tiene dopo la Sprint Review e prima del successivo Sprint Planning, è una riunione della durata massima di tre ore il cui scopo è ispezionare com'è andato l'ultimo Sprint in merito a relazioni, processi e strumenti. Identificare e ordinare gli elementi principali che sono andati bene e le migliorie potenziali. Creare un piano per attuare i miglioramenti al modo di lavorare dello Scrum Team. In questa fase lo Scrum Master incoraggia il Team di Sviluppo a migliorare il proprio processo di sviluppo e le pratiche per renderlo più efficace per il prossimo Sprint. Entro la fine del meeting il Team di Sviluppo dovrebbe sapere che migliorie applicare durante il prossimo Sprint.

In Figura 4.1 è visibile una delle lavagne con cui vengono monitorate le fasi di avanzamento dei vari progetti di digitalizzazione. La lavagna è stata divisa in quattro quadranti: in alto a sinistra si tiene traccia della fase di Scrum in cui si trovano i progetti, se si trovano in progress vengono aggiunti nel quadrante in basso a sinistra che viene utilizzato per definire gli Sprint Goal dei vari Sprint, in alto a destra viene tenuta traccia dell'andamento della coda dei task da svolgere per un determinato sprint e in basso a destra vi è una descrizione grafica del funzionamento di Scrum.

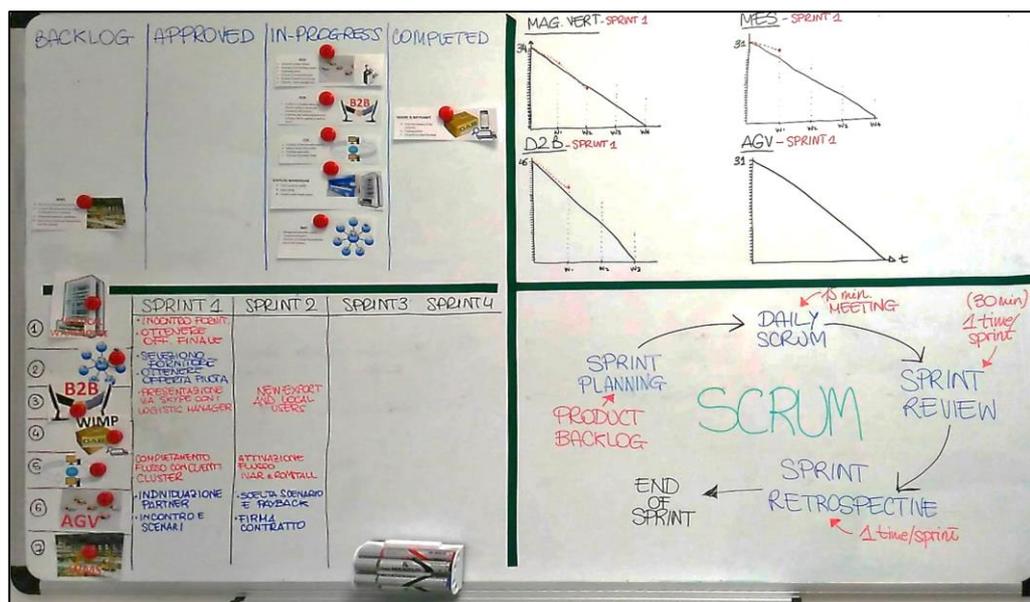


Figura 4.1 – Lavagna per la gestione dei progetti di digitalizzazione in DAB.

4.2 Sprint 1

Come visto in precedenza, Scrum prevede tre figure chiave nello sviluppo di un progetto. In questo caso il Team di Sviluppo è composto da due figure del dipartimento Industrializzazione e dal Digitalization Project Leader di DAB. Lo Scrum Master è raffigurato dal Logistic Manager. Il Product Owner è il COO del gruppo DAB.

Lo Sprint, come visto nel paragrafo dedicato allo Scrum, è un'iterazione di breve durata che permette un ri-orientamento e una ri-pianificazione alla fine di ogni iterazione. Ogni Sprint deve consegnare del valore al cliente finale.

Nel caso del progetto MES, lo Sprint 1, definiva come valore per il cliente finale la selezione del fornitore e l'ottenimento di un'offerta finanziaria.

Per raggiungere questo risultato è stato necessario affrontare diversi temi fondamentali come: la definizione del Product Backlog e la definizione del metodo di selezione.

Lo Sprint 1 ha inizio a febbraio del 2017 e termina nel novembre del 2017.

In Figura 4.2 si può vedere lo Sprint 1 dei progetti MES e AGV gestito tramite la lavagna con le fasi "to do", "in progress" e "done". Sulla parte sinistra della lavagna si possono notare scritti direttamente sulla lavagna le fasi principali dello sprint e sui post-it i singoli task individuati per il raggiungimento dell'obiettivo che vengono poi posizionati in "to do", "in progress" e "done" in base al loro stato di avanzamento.

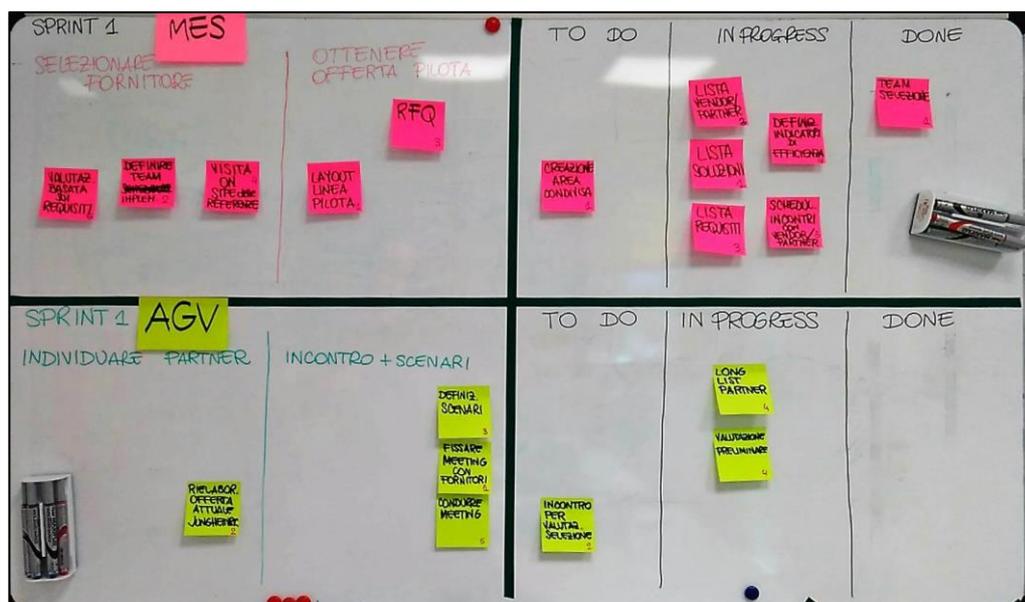


Figura 4.2 – Lavagna per la gestione dello Sprint 1 dei progetti “MES” e “AGV”.

4.2.1 Definizione degli Scope

Questa fase viene svolta all’inizio dello Sprint per decidere quali debbano essere le funzionalità che si desiderano dal prodotto dello Scrum.

Per la definizione degli obiettivi è stato necessario in primis comprendere quali fossero i driver che hanno spinto DAB a voler intraprendere un percorso di installazione di un sistema MES.

L’azienda ha quindi individuato quelli che sono i fattori chiave che trainano la necessità di introdurre nuovi progetti di digitalizzazione, tra cui il MES, nei seguenti:

- L’aumento della domanda da parte dei clienti di prodotti personalizzati a prezzi di produzione di massa.
- Lead Time poco competitivi che devono essere ridotti per permettere un miglior servizio al cliente finale.
- La responsabilità sul prodotto finito rispetto al cliente finale, sia dovuto a regolamentazioni, sia dovuto ad una sempre maggiore importanza del servizio che il cliente riceve dopo l’acquisto del prodotto.

- La gestione sempre più difficile di operazioni e risorse dovuta ad un aumento costante della complessità.
- Un eccessivo stoccaggio di prodotti work in process.
- Capacità sotto utilizzata, quindi un'efficienza migliorabile.
- La richiesta da parte dei clienti di una sempre maggior qualità ed affidabilità del prodotto.
- La sempre maggior visibilità desiderata dal cliente sull'intero processo dall'acquisto alla consegna.
- La mancanza di informazioni in real time.
- La mancanza di un controllo di processo.
- La mancanza di una correlazione tra i dati di processo e il bene prodotto.
- Le regolamentazioni governative sempre più stringenti.
- I requisiti di conformità richiesti dalla ISO 9000

La decisione di introdurre il MES è inoltre dipesa dalla necessità di ammodernamento dei sistemi di controllo della produzione che ora si basano su file excel e sono soggetti ad errore umano oltre che ad essere in differita rispetto al dato reale.

Quick Response

La quick response è una delle tecniche che si vuole implementare grazie al MES. Letteralmente significa risposta veloce, è una tecnica di risposta rapida alla domanda di mercato attraverso la raccolta continua dei dati dello stesso, una ri-pianificazione veloce e processi di produzione molto rapidi. Si tratta di un concetto manageriale creato per incrementare la soddisfazione dei clienti.

4.2.2 Product Backlog

Per la definizione del Product Backlog è stato necessario lo studio della linea pilota. Il Product Backlog è importante per comprendere se e come la soluzione proposta dal possibile fornitore possa soddisfare i bisogni del progetto.

Il flowchart di Figura 4.3, che mostra il workflow della linea prima dell'implementazione del MES, è stato utilizzato per lo studio della linea pilota e la definizione di come e dove le funzionalità del MES sarebbero dovute impattare.

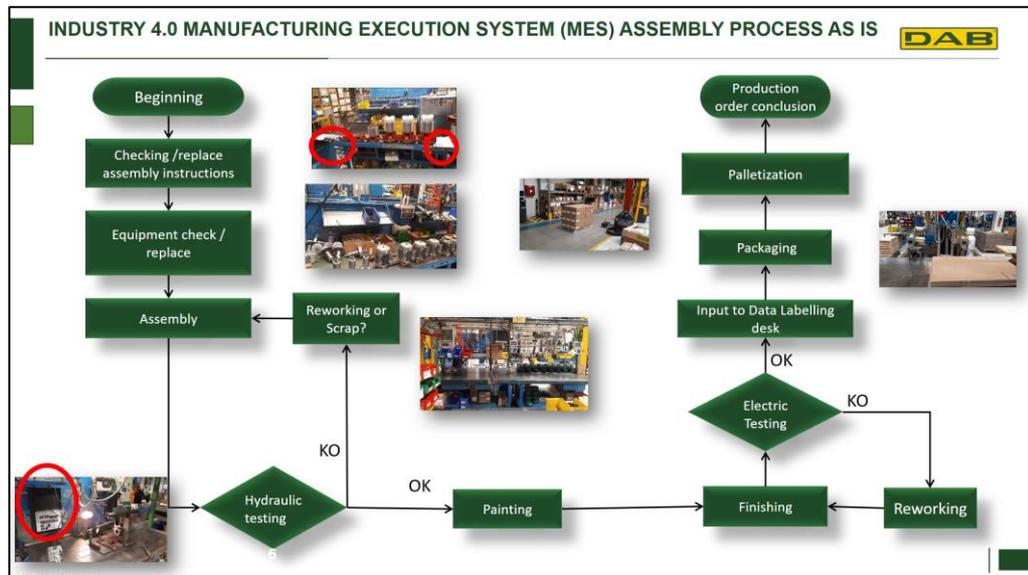


Figura 4.3 - Flowchart processo di assemblaggio as is

Le problematiche viste in precedenza nel capitolo 3 riguardanti la linea pilota sono state utilizzate per definire delle funzionalità del Manufacturing Execution System che avrebbero potuto risolverle:

- Per evitare l'accumulo di prodotti finiti dovuti ad ordini di produzione non completati per mancanza di materiale, l'introduzione di un sistema che analizzi le giacenze dei componenti prima dell'avvio dell'ordine.
- Per la rimozione dei fogli di carta, l'introduzione di monitor per ogni postazione in modo da sostituire le istruzioni cartacee e l'introduzione di un sistema automatico di avvio ordine per l'eliminazione delle distinte d'ordine.
- Per il processo di etichettatura, la stampa automatica di etichette con la presenza di stampanti nella linea per eliminare il rischio di errori e gli accumuli di materiale a bordo linea.
- Per la dichiarazione di pezzi completati, scarti e rilavorazioni, il MES dovrà occuparsi in automatico dello scarico degli ordini in modo da permettere una dichiarazione automatica dei pezzi completati, mentre la dichiarazione

di scarti e rilavorazioni avverrà tramite un sistema semiautomatico e informatizzato basato sui dati presenti nella Bill of Materials dell'ordine in produzione, permettendo al capo reparto di dichiarare scarti o rilavorazioni in real time e con maggior semplicità sfogliando tra una semplice lista di componenti. Questo permetterà di reimpiegare il suo tempo per svolgere attività a valore aggiunto.

- Per l'andon board è stato pensato l'utilizzo di un andon digitale a compilazione automatica grazie ai dati di produzione estratti ed analizzati dal MES, portatile e orientato ai bisogni del capo reparto.

Il prodotto pensato per il capo reparto prevede una HMI⁶⁶ dotata di funzioni chiave come:

- La gestione degli ordini di produzione.
- Le istruzioni di assemblaggio ed i disegni dei codici in produzione.
- La Skills Matrix⁶⁷ con la possibilità di gestire le risorse umane ed i loro DPI⁶⁸.
- La gestione degli avvisi, ad esempio per la chiamata del materiale o per la chiamata al team leader.
- La possibilità di effettuare una chiamata alla manutenzione.
- La possibilità di effettuare una chiamata al reparto qualità per la gestione di un problema a di non conformità.
- La gestione dei materiali a vista.
- La visualizzazione della bill of materials.
- La dichiarazione di non conformità.
- La dichiarazione di produzione, scarti e rilavorazioni.

⁶⁶ HMI (dall'inglese Human Machine Interface, interfaccia uomo macchina) è l'interfaccia rivolta all'utilizzatore finale di una applicazione software. Un esempio di una interfaccia uomo-macchina è l'hardware e il software di un calcolatore, che rende possibile ad un singolo operatore il monitoraggio ed il controllo remoto di un grande macchinario.

⁶⁷ La Skills Matrix è uno strumento che illustra chiaramente e visivamente le capacità e le competenze possedute dagli individui all'interno di un team.

⁶⁸ Con il termine dispositivi di protezione individuale (acronimo DPI) si intendono i prodotti che hanno la funzione di salvaguardare la persona che li indossa o comunque li porti con sé, da rischi per la salute e la sicurezza, sia in ambito domestico, sia in ambito sportivo, sia in ambito ricreativo e in campo lavorativo.

- La gestione dell'inventario.
- La gestione dei report sulla sicurezza.

Inoltre, è stata pensata per la linea pilota una andon board da utilizzare per visualizzare i KPI della linea, gli ordini in corso e futuri, la quantità degli scarti e delle rilavorazioni e infine i parametri di qualità.

Tutte queste funzionalità appena citate fanno parte delle richieste per definire il Product Backlog.

È stato inoltre definito come imprescindibile il fatto che la linea debba poter funzionare offline: in caso di assenza di rete o di malfunzionamento del MES è fondamentale che la produzione non venga interrotta. Si è deciso di conseguenza di non modificare le procedure di produzione nelle linee manuali che rimarranno le stesse ad eccezione della dichiarazione di avanzamento del prodotto.

4.2.3 Selezione del fornitore (Fase di esecuzione)

DAB ha utilizzato una strategia di selezione basata sulla valutazione di fattori chiave che l'azienda ritiene che la soluzione e il fornitore debbano avere.

Per quanto riguarda la tecnologia offerta sono stati valutati:

- La piattaforma nel suo complesso.
- L'integrazione con l'ERP.
- L'integrazione con le linee produttive.
- L'integrazione con il PLM.
- La scalabilità.
- La possibilità di clustering.
- La sicurezza della rete.

Per la valutazione del prodotto è stato previsto:

- Un meeting con la compagnia sviluppatrice del software.
- Un'analisi della copertura funzionale delle richieste di DAB.

- La visione di una Demo.
- La visita di un caso studio direttamente on site.

Per la scelta del partner sono state valutate:

- La solidità finanziaria.
- La capacità di lavorare in modo Agile.
- La presenza locale e globale.
- La lista di referenze.
- Il supporto garantito.

La scelta del fornitore ha richiesto diversi passaggi per la valutazione completa. Una delle difficoltà principali è stata riscontrata proprio nel momento iniziale di ricerca di un partner tecnologico. Non esiste, infatti, una lista di possibili partner locali che possano corrispondere ad una figura ricercata da un'azienda per l'introduzione di tecnologie di Industria 4.0.

La ricerca di un fornitore parte molto spesso da una ricerca online. Successivamente, dopo un primo contatto in cui viene preventivamente comunicato al fornitore un Product Backlog di massima, viene fissata una visita direttamente in azienda da parte di un addetto commerciale che si occupa di esporre la soluzione da loro proposta. A questo punto è molto difficile valutare la qualità della piattaforma, per questo è molto importante aver definito, grazie al Product Backlog, quelle che sono le funzionalità desiderate dall'azienda. Il fornitore in questa fase dovrebbe essere in grado di fornire informazioni accurate sul livello di completezza della loro soluzione rispetto alle funzionalità richieste. L'oggettività nella valutazione finale può essere garantita solo da una definizione accurata dei fattori che la possono influenzare.

Dopo una prima valutazione per scremare la lista di possibili partner si passa ad una seconda, cioè da una Long List ad una Short List di cui faranno parte solo i fornitori con cui si ritiene possa valere la pena approfondire l'analisi. La Short List per definizione deve essere limitata rispetto alla Long List e permettere di concentrare

gli sforzi nell'analisi di aspetti più specifici come una Demo delle funzionalità e una richiesta di quotazione (RFQ).

Si arriva infine ad una Evaluation List, costituita da pochi candidati partner, su cui si focalizza l'attenzione per la scelta finale del fornitore. A questo punto è fondamentale anche la visita in uno stabilimento di un caso studio per poter "toccare con mano" la soluzione. In questa fase è importante anche l'analisi della quotazione.

4.2.3.1 Rischi

I rischi potenziali che si incontrano nella fase di selezione sono:

- La mancata partecipazione, rappresentanza, o comprensione da parte delle aree aziendali su cui la piattaforma MES può avere influenza (come ad esempio produzione, qualità, industrializzazione, IT). È importante che vi sia partecipazione da parte di tutti i dipartimenti coinvolti il prima possibile in quanto il rischio è quello di non aver chiari i requisiti e il disallineamento può portare ad una resistenza da parte dei dipartimenti coinvolti che non conoscono in realtà lo scopo del progetto.
- La mancanza di una preparazione organizzativa al cambiamento.
- La mancanza di un senior manager alla guida del progetto.
- La mancanza di definizione di un budget chiaro può portare alla definizione di Product Backlog non corretti o disallineati con le reali capacità finanziarie del progetto.
- La mancanza di una pianificazione.

4.2.4 Kick Off

La fase di selezione ha portato alla scelta come fornitore della tecnologia di SIEMENS e del prodotto SIMATIC IT MES. Come partner per l'installazione e lo sviluppo è stata selezionata l'azienda di consulenza Engineering Ingegneria Informatica che seguirà tutte le fasi pratiche di implementazione del MES affiancando il Team di Sviluppo interno.

Dopo aver selezionato il fornitore ed aver ricevuto una proposta finanziaria è stato indetto un incontro, definito “kick off”, tra tutti i manager delle aree interessate dal progetto per poter presentare la soluzione e l’azienda partner. È stato quindi ufficialmente decretato l’avvio dello Sprint 2, cioè la fase di implementazione del sistema MES nella linea di assemblaggio pilota.

4.3 Sprint 2

Lo Sprint 2 è il secondo Sprint del progetto di implementazione del Manufacturing Execution System.

Per questo Sprint sono stati coinvolti molti dipartimenti tra cui l’industrializzazione, l’R&D, l’IT, la schedulazione, la qualità, la manutenzione e il reparto produttivo. Inoltre, è stato necessario il coinvolgimento di diversi consulenti e fornitori tra cui i consulenti che si occupano dell’ERP e del PLM e i fornitori delle macchine di collaudo della linea pilota.

Nelle Figure 4.4 e 4.5 è possibile vedere come lo Sprint 2 sia stato gestito tramite l’utilizzo di due lavagne suddivise in 4 sezioni per poterlo ripartire in più Sprint paralleli riguardanti diverse macro sezioni: una per Preactor⁶⁹, una per la parte di comunicazione, una per la parte di R&D e ufficio tecnico e una per tutto ciò che riguardava direttamente la produzione.

⁶⁹ Preactor è un software di pianificazione e schedulazione fine di SIEMENS.



Figura 4.4 – Lavagna per la gestione Agile del progetto MES (Sprint 2)



Figura 4.5 – Lavagna per la gestione Agile del progetto MES (Sprint 2)

4.3.1 Sprint Planning

A partire dallo Sprint 1 è stato possibile definire le funzionalità del prodotto che possono essere rilasciate con questo Sprint.

Lo Sprint Goal è stato definito come l'implementazione operativa del MES sulla linea pilota D103 ed è stata fissata come data improrogabile per il termine dello Sprint il giorno 14 marzo 2018.

4.3.1.1 Sprint Backlog

Per definire lo Sprint Backlog dello Sprint 2 è stato necessario un lavoro in sincronia con i consulenti di Engineering che si occupano dell'implementazione del sistema MES. È stato infatti fondamentale per comprendere cosa fosse possibile portare a termine nei tempi previsti avere un gantt costruito in collaborazione e in condivisione con tutti i membri del Team di Sviluppo, che in questo Sprint si può definire composto sia dal team interno sia dal team esterno di consulenza.

Lo Sprint Backlog deriva, come visto, da ulteriori modifiche e aggiunte fatte al Product Backlog provenienti dalla fase di selezione del fornitore in cui è stato possibile venire a conoscenza di nuove possibilità offerte da alcuni sistemi MES.

Le funzionalità principali da sviluppare sono dunque state definite come le seguenti:

- Integrazione con l'ERP INFOR-LN.
- Integrazione con il PLM Windchill.
- Integrazione con il software di gestione di stampa delle etichette.
- Integrazione delle macchine di collaudo.
- Installazione di nuovo Hardware.
- Integrazione di Preactor.
- La serializzazione del prodotto finito.

L'installazione di nuovo hardware riguarda una serie di elementi che è importante citare:

- Nuove stampanti connesse in rete.
- Andon board per i KPI in real time e il controllo della produzione.
- Smartwatch per operatori e capo reparto.
- Monitor in linea per la visualizzazione di istruzioni di assemblaggio e disegni tecnici.
- Monitor andon per il reparto qualità per la ricezione di avvisi di chiamate al controllo qualità.
- Monitor touch screen a bordo linea per l'utilizzo di una lavagna virtuale.

4.3.2 Fase di esecuzione

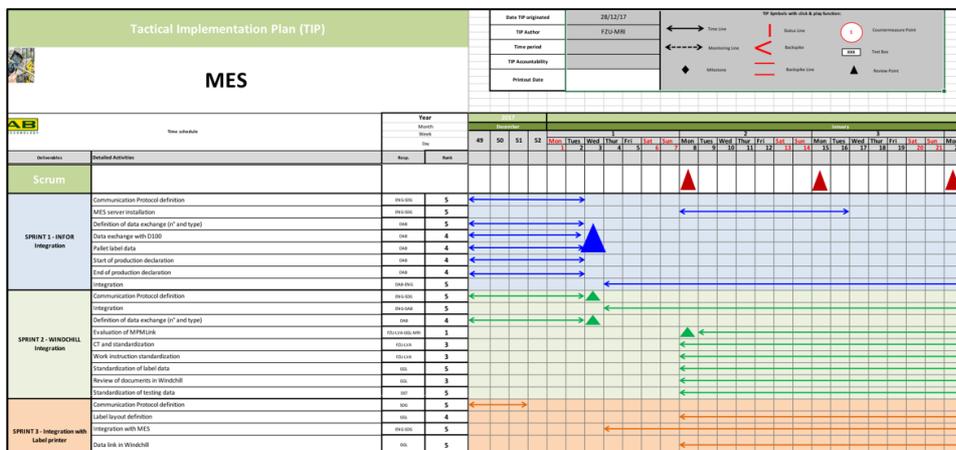
In questo paragrafo verranno espone come sono state sviluppate le funzionalità del Manufacturing Execution System, come si è giunti a prendere determinate decisioni, quali sono state le difficoltà riscontrate e come sono state affrontate.

Questo Sprint copre un arco temporale di circa 4 mesi in quanto inizia a dicembre 2017 e termina il 14 marzo 2018.

4.3.2.1 Definizione di un gantt

Nonostante il progetto sia gestito in modo Agile, è stato importante, anche dal punto di vista comunicativo, lo sviluppo di un **gantt** che rendesse chiaro anche all'esterno quali fossero gli obiettivi da raggiungere e in che tempi.

Tabella 4.1 – Gantt preliminare del progetto MES.



Nella Tabella 4.1 è riportato uno dei primi piani di implementazione che è stato sviluppato anche per poter comunicare con i consulenti quali erano i traguardi che si volevano raggiungere e in che arco temporale, sono inoltre presenti le date degli Scrum li avrebbero visti coinvolti.

Successivamente è stato sviluppato un gantt aggiornato contenente tutte le modifiche che sono state necessarie in corso d'opera come la sostituzione di smartwatch con i tablet⁷⁰. In questo secondo modello si possono distinguere tutte le funzionalità che si vogliono sviluppare, il mese in cui esse saranno sviluppate e la percentuale di completamento che sarà portata a termine entro quel mese.

Tabella 4.2 - Versione avanzata di un gantt del progetto MES.



Lo scopo principale del gantt della Tabella 4.2 è stato quello comunicativo, anche nei confronti del Product Owner che si aspetta di sapere in che stato di avanzamento si trovano i lavori e cosa sarà sviluppato in seguito.

Per lo sviluppo della piattaforma e come punto di riferimento per comprendere quali fossero le funzionalità fondamentali da implementare per prime è stato sviluppato un **flowchart** rappresentativo del processo di assemblaggio prima e dopo l'introduzione del sistema MES (Figura 4.8 e 4.9).

⁷⁰ Maggiori dettagli saranno discussi nei paragrafi successivi.

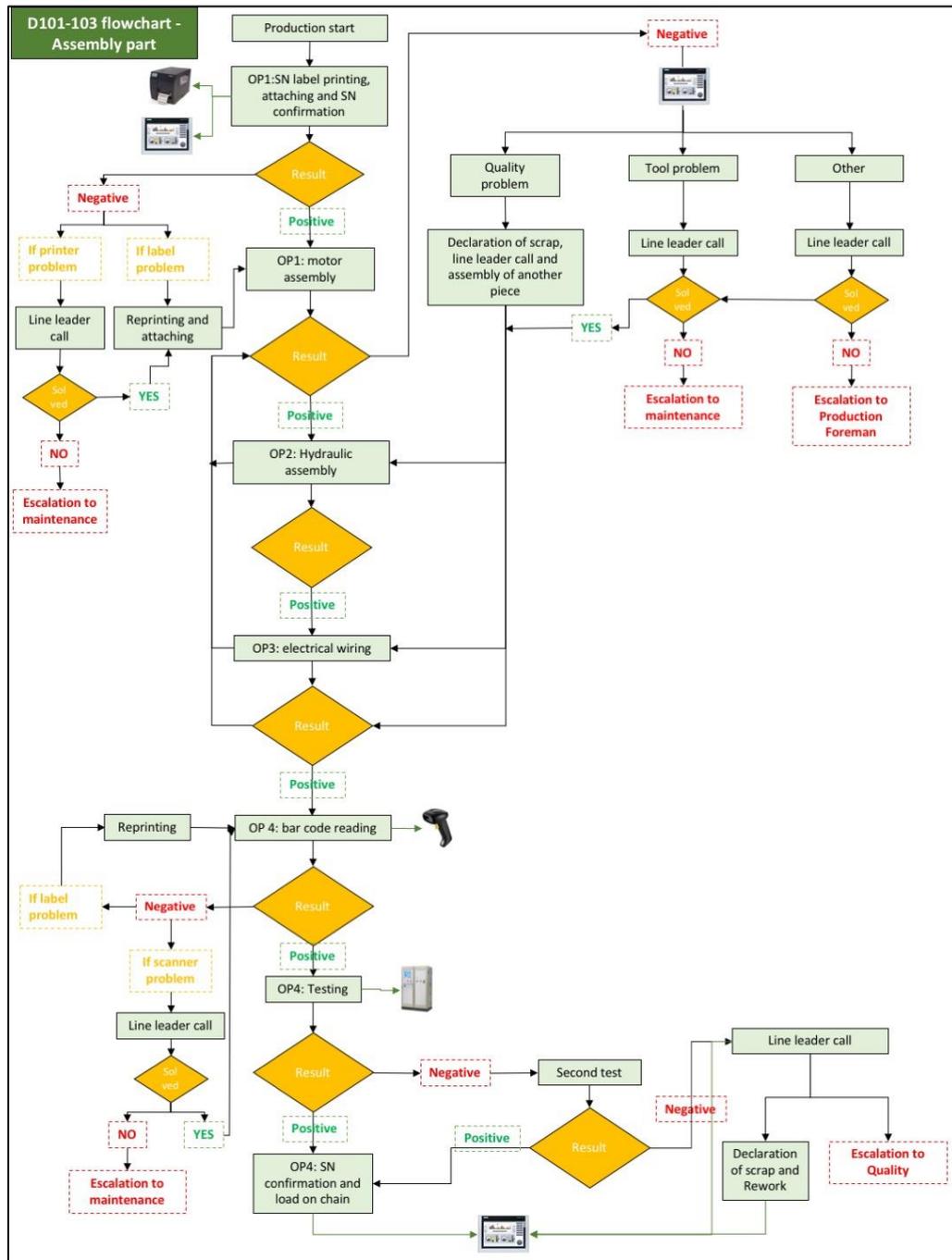


Figura 4.6 – Flowchart della fase iniziale di assemblaggio nella linea pilota

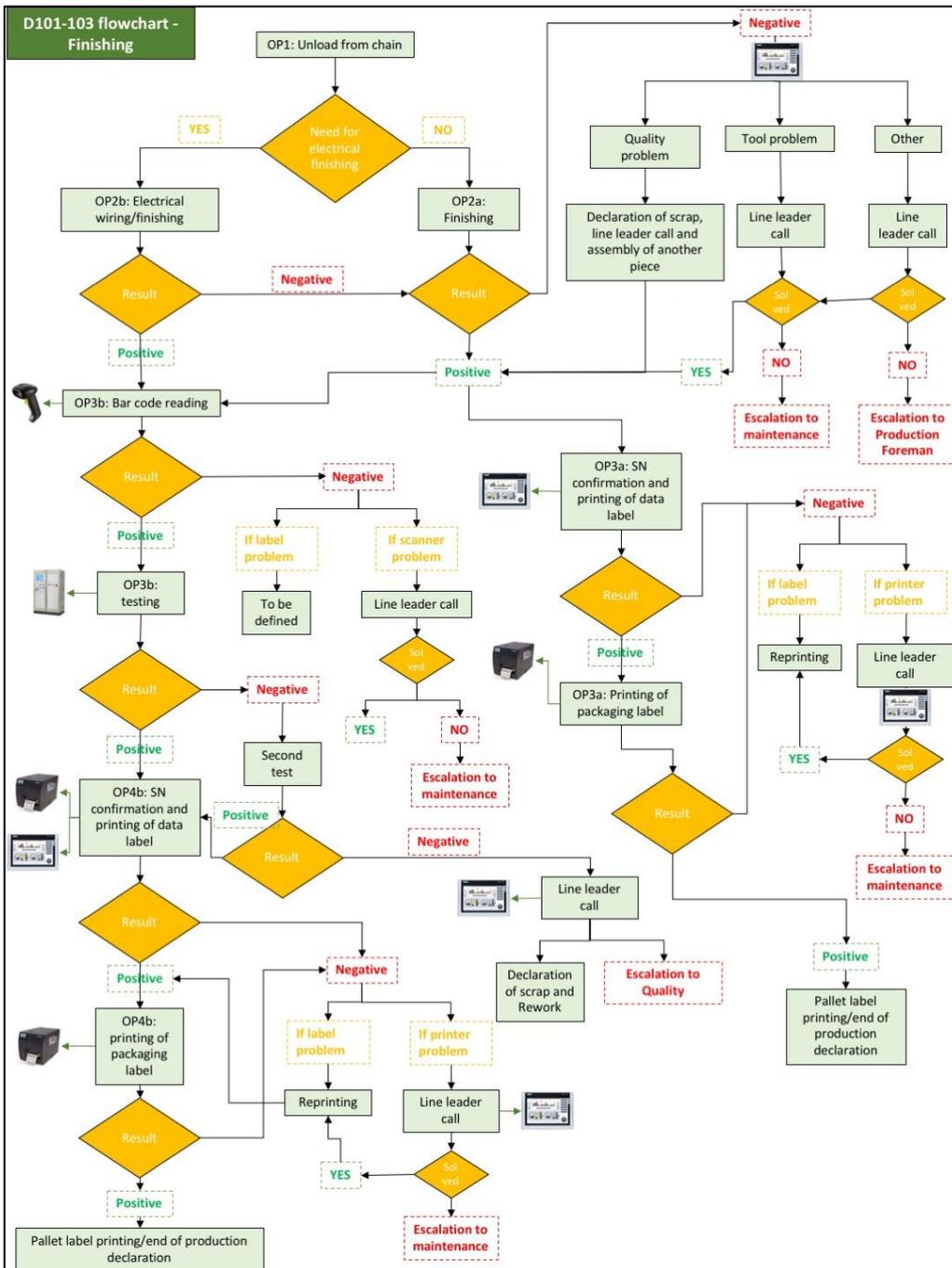


Figura 4.7 – Flowchart della fase di finitura nella linea pilota.

La realizzazione dei flowchart ha richiesto uno studio accurato dei processi della linea di assemblaggio direttamente sul campo e, per quanto riguarda il flowchart indicante i processi post introduzione del Manufacturing Execution System, è stato importante simulare direttamente in linea tutto il processo di produzione immaginandolo con la presenza di un sistema MES.

Dai flowchart è risultato evidente come, in assenza di comunicazione tra il MES e gli altri software (tra cui ERP, PLM, software di stampa e software dei collaudi), fosse impossibile procedere con la produzione. È stata quindi data priorità elevata allo sviluppo delle funzioni di interfacciamento tra i sistemi.

4.3.2.2 La gestione dei dati all'interno e all'esterno del MES

Il Manufacturing Execution System è una piattaforma destinata al ruolo di interfacciamento e per questo, quando viene implementata, è importante che non diventi una piattaforma di gestione. Questo sistema non deve andare a sostituirsi al ruolo del PLM, degli SCADA o a quello dell'ERP, è fondamentale infatti mantenere ciascuna funzionalità di questi sistemi come ad esempio:

- La gestione delle Bill of Process⁷¹ (BOP), necessarie al MES per comprendere come è strutturato il processo produttivo di un determinato prodotto finito, dovrebbe essere in carico, se possibile, all'ERP o al PLM. Se si utilizzasse il MES per la creazione di BOP, possibile tramite un'interfaccia dedicata, si rischierebbe di avere un dispiegamento di dati disallineati tra i vari sistemi gestionali. Ad esempio, se fosse necessario modificare un processo produttivo per lo spostamento della produzione di un codice prodotto da una linea ad un'altra, se le BOP fossero state inserite manualmente anche nel sistema MES oltre che nei sistemi di gestione, rendendo in questo modo i dati ridondanti, bisognerebbe modificare le informazioni in entrambi i sistemi per mantenerle coerenti. Oppure, se risultasse necessaria la bonifica di alcuni dati come ad esempio il codice della prima operazione dei processi di produzione (che allo stato attuale può chiamarsi a gestionale operazione 10 o operazione 1), nel caso in cui le BOP fossero state create solo all'interno del MES risulterebbe necessario apportare la stessa modifica anche su quest'ultima piattaforma per rendere coerenti i dati.

⁷¹ La Bill of Process (o distinta di processo) è composta da piani dettagliati che illustrano i processi di produzione per un particolare prodotto. All'interno di questi piani si trovano informazioni approfondite su macchinari, risorse di stabilimento, layout delle apparecchiature, strumenti e istruzioni.

- La gestione della stampa delle etichette può essere effettuata dal MES in quanto, avendo tutte le anagrafiche dati a disposizione, può inviare queste ultime al software di stampa come campi da inserire nelle etichette. Il problema, in questo caso, è il rischio di un disallineamento tra PLM e MES che può comportare una stampa di dati errati. Conviene dunque che sia il PLM a fornire i dati anagrafici dei prodotti e che sia il MES abbia solamente il controllo sull'avvio della stampa.

Questi esempi permettono di capire che, se possibile, è meglio evitare che il sistema MES si occupi del controllo dei dati in sostituzione ad altre piattaforme. I problemi sopracitati sono relativi principalmente alla ridondanza e quindi al disallineamento dei dati.

A causa della mancanza di risorse, per la linea pilota è stata necessaria l'immissione manuale delle BOP direttamente sulla piattaforma MES in quanto la creazione delle stesse sull'ERP, per poi effettuare l'importazione sul MES, andava ad interferire sulla programmazione della produzione. Per riuscire a implementare il sistema entro la data stabilita, è stata scelta questa soluzione anche se non ottimale dal punto di vista di gestione dell'informazione, come spiegato precedentemente. Nel mentre si è comunque continuato a studiare una soluzione per introdurre le BOP nell'ERP o nel PLM.

Per la gestione di questa problematica è stata effettuata un'analisi sui prodotti altorotanti della linea pilota in modo da ricavarne una lista di priorità per la creazione delle BOP in tempi brevissimi. Per raggiungere questo obiettivo è stata effettuata una esportazione di dati dal gestionale riguardanti la quantità prodotta nell'ultimo anno trascorso di ogni singolo codice andato in produzione sulla linea pilota. Si tratta, nello specifico, di 158 codici per la linea pilota D103 e di 1123 codici per le altre due linee che verranno successivamente interessate dall'introduzione del MES.

Il file Excel sottostante (Tabella 4.3) è stato condiviso con tutte le persone che hanno contribuito all'implementazione di dati e mostra come sono state date le priorità ai codici (la prima colonna determina il grado di priorità, se 1 è di massimo, se 3 è minimo).

Tabella 4.3 - Foglio Excel condiviso internamente per tenere traccia dell'avanzamento delle fasi necessarie alla preparazione di un codice per il MES e per definirne delle priorità.

PRIORIT	Code	Status complessivo	Productio nWeek	Due Date	Description	Count of codes	Quantity Ordered	Seriale collegato al materiale	Materiale collegato	Sequenze verificata	BOP	Dati Collaudo	Dati Targa	Layout Targhetta
1	60146040	completo	11	12/03/18	K 36/200 T 230400/50 IE2		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179375	completo	11	14/03/18	K 36/200 T 230400/50 IE3		9	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146050	completo	11	14/03/18	K 40/200 T 230400/50 IE2		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179853	completo	11	14/03/18	K 55/200 T 230400/50 IE3		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179857	completo	11	14/03/18	K 66/100 T 230400/50 IE3		5	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180169	completo	11	14/03/18	KPA 40/20 T 230400/50 IE3 IP44		3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	98904985	completo	11	14/03/18	PF 2-50 1X230V 50HZ		168	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146054	completo	11	15/03/18	K 55/100 T 230400/50 IE2		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	101110360	completo	11	15/03/18	KP 38/18 M 220-240/50 NB		204	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	101110320	completo	11	15/03/18	KP 60/12 M 220/240/50 IP44		39	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168879	non completo	11	16/03/18	K 18/500 220-277/380-480/60T NPT 2015		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168881	completo	11	16/03/18	K 28/500 220-277/380-480/60T NPT 2015		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168877	completo	11	16/03/18	K 28/500 M 230/50 2015		10	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60181134	completo	11	16/03/18	K 30 T 230400/50 SACI IE3		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179373	completo	11	16/03/18	K 55/100 T 230400/50 IE3		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	98907045	completo	11	16/03/18	NS 30-36 3X400V 50HZ		12	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180904	completo	12	19/03/18	K 40/200 T 230400/50 IE2 ARG		4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179857	completo	12	19/03/18	K 66/100 T 230400/50 IE3		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146040	completo	12	20/03/18	K 36/200 T 230400/50 IE2		84	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146054	completo	12	20/03/18	K 55/200 T 230400/50 IE2		36	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	102131990	non completo	12	21/03/18	K 11/500 220-277/380-480/60T NPT		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168868	completo	12	21/03/18	K 28/500 T 230400/50T IE2 2015		144	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	102115670	completo	12	21/03/18	K 36/200 T 220-230/380-460/60 NPT		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146067	completo	12	22/03/18	K 66/100 T 230400/50 IE2		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168867	completo	12	23/03/18	K 18/500 T 230400/50 IE2 2015		54	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60152448	completo	12	23/03/18	K 55/100 M 230/50		10	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60146068	completo	12	23/03/18	K 90/100 T 230400/50 IE2		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168877	completo	12	21/03/18	K 11/500 220-277/380-480/60T NPT 2015		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180207	completo	12	23/03/18	K 55/100 230400/50T S/IMBALLO IE3		3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180208	completo	12	23/03/18	K 66/100 230400/50T S/IMBALLO IE3		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180209	completo	12	23/03/18	K 90/100 230400/50T S/IMBALLO IE3		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180170	completo	12	23/03/18	KP 60/12 T 230400/50 IE3 IP44		10	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60140651	completo	13	26/03/18	K 55/200 M 230/60 NPT		5	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	102125670	non completo	13	27/03/18	K 90/100 T 230V 3-60HZ NPT		4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60181133	completo	13	28/03/18	K 41 T 230400/50T SACI IE3		4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60181138	completo	13	28/03/18	K 55 T 230400/50T SACI IE3		1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179859	completo	13	29/03/18	K 90/100 T 230400/50 IE3		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179882	completo	14	03/04/18	K 28/500 T 230400/50T IE3 2015		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180905	completo	14	03/04/18	K 55/100 T 230400/50 IE2 ARG		3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180908	completo	14	03/04/18	K 90/100 T 230400/50 IE2 ARG		48	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180907	completo	14	04/04/18	K 66/100 T 230400/50 IE2 ARG		4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179379	completo	14	05/04/18	K 11/500 T 230400/50 IE3		51	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179374	completo	14	05/04/18	K 40/200 T 230400/50 IE3		216	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168866	completo	14	06/04/18	K 11/500 T 230400/50 IE2 2015		729	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180915	completo	14	06/04/18	K 11/500 T 230400/50 IE2 ARG		3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	102115690	non completo	14	06/04/18	K 55/200 T 208-277/380-480/60 NPT		232	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60181136	completo	14	06/04/18	K 56 T 230400/50T SACI IE3		18	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60180874	completo	14	06/04/18	KP 38/18 M 220-240/50 NB ARG		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	101110050	completo	14	06/04/18	KP 38/18 T 230400/50		20	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168870	completo	14	09/04/18	K 18/500 M 230/50 2015		4	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60152452	completo	14	09/04/18	K 40/200 M 230/50		2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60181131	completo	15	10/04/18	K 28/500 T 400D/50 IE3		16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60179380	completo	15	12/04/18	K 18/500 T 230400/50 IE3		117	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	101113520	non completo	15	15/04/18	KP 60/12 M 220/240/50 IP44 SYSTEM C		397							OK
1	60152453	completo	16	17/04/18	K 55/200 M 230/50		111	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
1	60168874	completo	16	20/04/18	K 28/500 T 230415/50 5.SHP BHOJSONS IE2		170	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
2	60122080	non completo	18	04/05/18	115320 220-240/50 REMS		5440	ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK
2	101120000	non completo	n/a		KPA 40/20 M 220/240/50 IP44		1553				ok			OK
2	98907044	non completo	n/a		NS 30-30 3X400V 50HZ		1020							OK
2	101110280	non completo	n/a		KP 60/6 M 220/240/50 IP44		987							OK
2	99126442	non completo	n/a		PF 2-50 1X230V 50HZ SCHUKO IT		672							OK
2	60168882	non completo	n/a		K 28/500 220-277/380-480/60T GAS 2015		367							OK
2	60146056	non completo	n/a		K 55/100 230400/50T S/IMBALLO IE2		315							OK
2	60148835	non completo	n/a		K 55/200 T 400D/50 IE2		308							OK
2	60169277	non completo	n/a		NF 30-30 230400/50T 2015 98351877		306							OK
2	60169276	non completo	n/a		NF 30-36 230400/50T 2015 98351876		306							OK
2	401115310	non completo	n/a		PFBASIC 2-50 220-240/50 (96121860)		224							OK
2	60145184	non completo	n/a		KP 60/12 T 230400/50 IE2 IP44		173							OK
2	60146071	non completo	n/a		K 66/100 230400/50T S/IMBALLO IE2		151							OK
3	60128997	non completo	n/a		115320 110/50 REMS		150							OK
3	60152451	non completo	n/a		K 36/200 M 230/50		135							OK
3	102115290	non completo	n/a		K 55/200 T220-277/380-480/60 AL MANJ.EL		126							OK
3	101110220	non completo	n/a		KP 38/18 M90°C 220-240/50 NB		95							OK
3	60146066	non completo	n/a		K 55/200 T 230400/50 SENZA IMBALLO IE2		91							OK
3	60168872	non completo	n/a		K 11/500 T 230415/50 3HP BHOJSONS IE2		85							OK
3	60148944	non completo	n/a		K 90/100 400D/50T IE2		78							OK
3	60145185	non completo	n/a		KPA 40/20 T 230400/50 IE2 IP44		76							OK
3	60168869	non completo	n/a		K 11/500 M 230/50 2015		73							OK
3	101113350	non completo	n/a		KP 60/12 T220-277/380-480/60T NPT IP4		69							OK
3	60146072	non completo	n/a		K 90/100 230400/50T S/IMBALLO IE2		65							OK
3	102125650	non completo	n/a		K 55/100 T 220-277/380-480/60 NPT		64							OK
3	401115390	non completo	n/a		PFBASIC 2-50 220-240/50 (96150047)		56							OK

I criteri per l'attribuzione delle priorità sono stati i seguenti:

1. I codici con priorità massima sono stati quelli con tempistiche di inizio produzione molto brevi, in quanto vi era la possibilità di effettuare dei test con il MES attivo.

2. Per ordinare i gruppi di codici che non erano ancora previsti in produzione dalla schedulazione delle settimane successive ci si è basati sulla quantità prodotta nell'anno precedente. Maggiore la quantità prodotta e maggiore la priorità data.

In questa fase di sviluppo sono stati utilizzati i criteri di priorità precedentemente descritti anche per la gestione di altri task come:

- L'inserimento dei dati di collaudo, delle istruzioni di assemblaggio e dei dati di targa nel PLM.
- La creazione dei layout per le etichette per il nuovo software di stampa.
- Alcune verifiche di coerenza tra MES e ERP, dovute al fatto che i dati non possono essere disallineati ed alcuni sono stati inseriti a mano nel MES.

Quando un determinato codice risulta completo di tutti i dati nei vari sistemi (indicazione fornita dalla terza colonna del file Excel) allora è possibile procedere alla produzione tramite sistema MES.

4.3.2.3 Sviluppo del sistema di comunicazione

Una delle altre difficoltà che si possono incontrare nello sviluppo del MES è la gestione delle partnership con i fornitori di macchinari e strumenti.

Nella linea pilota, tutte le macchine di collaudo sono state prodotte da un fornitore unico che le ha programmate e si occupa anche della gestione e manutenzione del software: ciò comporta la dipendenza da fornitori esterni, sia per quanto riguarda i tempi di sviluppo, sia per quanto riguarda i costi che diventano difficilmente contrattabili. Nel momento in cui è risultato necessario interfacciare le macchine con il MES è stato imprescindibile il confronto con il fornitore per la modifica del software e lo sviluppo di un sistema per la comunicazione.

Per mantenere il MES il più compatibile possibile con altri sistemi software si è deciso di utilizzare come sistema di comunicazione delle Web Service⁷². Questo implica che il MES mette a disposizione una interfaccia software che espone verso l'esterno con la quale altri sistemi possono interagire, attivando le operazioni descritte nell'interfaccia tramite appositi "messaggi di richiesta". Questi messaggi sono trasmessi solitamente tramite protocollo web HTTP⁷³, da cui il nome web service.

Il vantaggio di questo metodo di comunicazione consiste nel fatto che il Manufacturing Execution System espone i suoi dati sempre allo stesso modo e non devono essere personalizzati in base al sistema che dovrà riceverli. Di conseguenza, se dovesse cambiare il sistema che va a raccogliere quei dati sarà solamente quest'ultimo a doversi adattare e non sarà necessario effettuare modifiche lato MES.

Ad esempio, nello stabilimento di Mestrino, altre linee utilizzano macchine di collaudo di un produttore diverso da quello che ha fornito i collaudi presenti nella linea pilota. Quando verrà fatto un roll out⁷⁴ del MES su queste linee sarà sufficiente andare a configurare il software delle suddette macchine di collaudo, senza dover modificare nulla del MES che già espone tutti i dati necessari.

In Figura 4.11 è possibile vedere tutti gli eventi di comunicazione tra il Manufacturing Execution System e gli altri sistemi aziendali (ERP, PLM, software di stampa, andon, tablet, macchine di collaudo, ecc.). È importante notare che la comunicazione può essere bidirezionale e per questo motivo si è ritenuto più

⁷² In informatica un Web Service (servizio web), secondo la definizione data dal World Wide Web Consortium (W3C), è un sistema software progettato per supportare l'interoperabilità tra diversi elaboratori su di una medesima rete ovvero in un contesto distribuito.

⁷³ L'HyperText Transfer Protocol (HTTP) (protocollo di trasferimento di un ipertesto) è un protocollo a livello applicativo usato come principale sistema per la trasmissione d'informazioni sul web ovvero in un'architettura tipica client-server.

⁷⁴ Nell'ambito dell'ingegneria, il termine roll out (o Rollout) è spesso utilizzato per definire la fase finale dell'avviamento di un progetto, di una iniziativa o di un sistema di qualche tipo (anche un prodotto materiale). Si può usare, ad esempio, per indicare la parte conclusiva del collaudo di un nuovo aereo prima del suo impiego ufficiale, oppure per identificare la parte di training di un nuovo sistema informativo, prima della sua definitiva messa in esercizio.

corretto l'utilizzo di web service. Questa soluzione permette di interfacciare i sistemi indipendentemente dalla direzionalità della trasmissione dei dati.

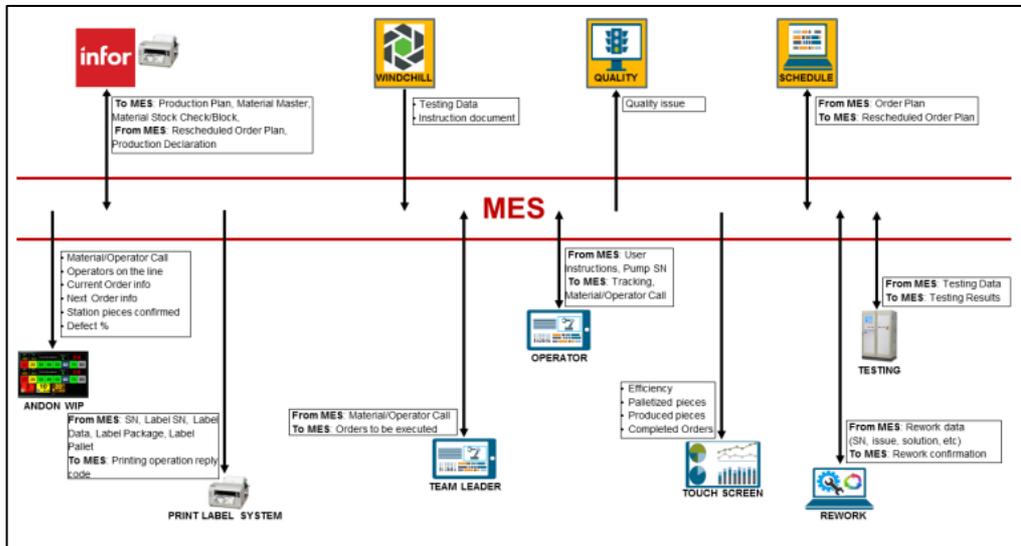


Figura 4.8 – Immagine raffigurante la direzione e il contenuto dei flussi di dati tra MES e gli altri sistemi aziendali.

4.3.2.4 Selezione Hardware e Software

La selezione dell'Hardware è stata svolta sia in collaborazione con i consulenti sia internamente.

Per quanto riguarda i monitor utilizzati per le andon board e per la visualizzazione dei KPI si è deciso di accettare l'hardware presente nell'offerta finanziaria (conseguenza dello Sprint 1) proposta dallo stesso fornitore del MES.

Per quanto riguarda invece i monitor da utilizzare come pannelli per la visualizzazione delle istruzioni, i loro supporti, e le stampanti, DAB ha effettuato una ricerca autonoma.

I monitor che sono stati applicati direttamente in linea sono serviti inizialmente per visualizzare le istruzioni di assemblaggio e i disegni tecnici. Entrambe le istruzioni sono disponibili su un file PDF e la loro visualizzazione necessita di un input di scorrimento e di ingrandimento per poterlo visualizzare correttamente. Inoltre, il

MES ha la necessità di comunicare con i monitor per inviargli i suddetti file che sono diversi ogni qualvolta viene processato uno specifico codice prodotto. Per questo è stata necessaria la selezione di un dispositivo che fosse in grado di svolgere tutte queste funzioni.

Dopo aver analizzato queste variabili, la selezione è stata ristretta a dei monitor dotati di computer integrato o dei tablet. Per la visualizzazione dei PDF è stato deciso di utilizzare direttamente l'interfaccia MES che è consultabile sotto forma di pagina web. Questo ha ristretto le necessità Hardware a un dispositivo in grado di far funzionare correttamente un Web Browser.

È stato possibile escludere la necessità di un dispositivo con protezione elevata dall'acqua e dalla polvere (tipo IP68⁷⁵) in quanto i monitor andrebbero posizionati in un ambiente pulito. Il dispositivo sarebbe stato soggetto solamente al tocco da parte degli operatori che indossano dei guanti da lavoro e per questo è stato possibile escludere la necessità di acquistare i più costosi monitor con PC integrato utilizzati negli ambienti lavorativi soggetti a fattori deterioranti, il cui costo può variare dai 1000 ai 1500€ a pezzo. È stata presa in considerazione successivamente l'idea di acquistare dei tablet industriali, molto resistenti anche questi sia all'acqua sia agli ambienti ostili⁷⁶, con batterie di lunga durata e dotati spesso anche di lettore di codice a barre integrato, prezzo di circa 1000-1200€ a pezzo. Anche in questo caso, molte delle funzionalità offerte da questi dispositivi erano superflue e per questo la scelta è ricaduta su dei tablet di tipo domestico dal costo molto più contenuto (circa 300€ l'uno), dalle prestazioni più che sufficienti per la necessità aziendale, equipaggiati di una custodia in alluminio antifurto dal costo di circa 100€ al pezzo, di un braccio di supporto dal costo di circa 40€ e di una pellicola protettiva di circa 10€. Il costo totale di questi componenti è di quindi 450€ al pezzo.

⁷⁵ Il Codice IP, Marchio Internazionale Protezione, a volte interpretato come Marchio Protezione Ingresso, classifica e valuta il grado di protezione fornito da involucri meccanici e quadri elettrici contro l'intrusione di particelle solide (quali parti del corpo e polvere) e l'accesso di liquidi. IP68 indica un involucro totalmente protetto dalla polvere e protetto da immersione permanente in acqua a 1 metro di profondità.

⁷⁶ Per ambiente ostile si intende un'area soggetta a fattori avversi come: temperature rigide, umidità elevata, presenza di agenti chimici nell'atmosfera, elevata presenza di polvere.

Nella Tabella 4.4 si può vedere una comparazione numerica della spesa necessaria per acquistare l'hardware appena descritto per la sola linea pilota che mostra come i tablet domestici siano notevolmente più convenienti degli altri dispositivi individuati.

Tabella 4.4 – Comparazione prezzi di acquisto per i dispositivi di input installati nella linea pilota.

	Quantità	Prezzo unitario	Prezzo totale
Monitor PC	5	1300	6500
Tablet industriali	5	1000	5000
Tablet domestici	5	450	2250

Il risparmio totale ottenuto acquistando dei tablet domestici, considerando il numero di tablet necessari per la linea pilota, è di 2750€ rispetto all'acquisto di tablet industriali.

La vera difficoltà in questa fase è stata la ricerca di una custodia per i tablet domestici che fosse compatibile con un ambiente industriale, è stato infatti necessario trovare un fornitore che le producesse su misura. Questa difficoltà ha inciso notevolmente sui costi di acquisto di questo componente e allungato i tempi di installazione.

Per quanto riguarda invece la scelta delle stampanti, sono state selezionate valutandone il costo di acquisto e il costo del cablaggio ethernet per il loro collegamento in rete. La linea necessitava di tre stampanti per sopperire alle diverse necessità: una per la stampa di etichette seriale da inserire nella pompa, una per la stampa dell'etichetta dati che viene applicata direttamente all'esterno del prodotto finito e una per la stampa delle etichette per l'imballo. Di seguito i costi previsti per le stampanti:

- Costo stampante: 1300€
- Costo stampante con modulo Wi-Fi: 1500€
- Costo cablaggio singolo: 200€

Essendo già presente un router Wi-Fi non saturo in linea, si è deciso di procedere con l'acquisto di stampanti dotate di modulo Wi-Fi per risparmiare in questo modo sui costi di cablaggio ed essere più flessibili nel posizionamento dell'hardware in linea.

4.3.2.5 Sviluppo andon di linea

L'andon di linea è un sistema pensato per fornire informazioni di produzione, di manutenzione e segnalare eventuali problemi di qualità e di processo. Il sistema di monitoraggio dei KPI attraverso schermi andon è stato ideato per essere il più utile possibile al capo reparto, per permettergli di prendere decisioni tempestive verificando l'andamento puntuale della linea pilota e quindi per permettergli di risolvere le problematiche derivanti dal mancato raggiungimento degli obiettivi strategici condivisi. Date le finalità di questo strumento, è stato deciso di appendere a muro lo schermo utilizzato per la presentazione dei KPI direttamente in produzione di fianco all'inizio della linea pilota (ad un'altezza di circa 4 metri), rendendo in questo modo le informazioni proiettate visibili a tutti gli operatori ed in particolar modo al capo reparto. La scelta della posizione è dipesa anche dalla difficoltà di trovare altri posti che fossero ben visibili e per evitare di mettere due monitor speculari, soluzione necessaria se si fosse deciso di appendere i dispositivi al soffitto nella zona centrale della linea, raddoppiando di conseguenza i costi.

Per lo schermo andon è stato scelto di utilizzare un monitor da 55 pollici di tipo commerciale al quale è stato collegato un mini computer, chiamato thin client⁷⁷, per poter visualizzare delle schermate derivanti da pagine web contenenti le pagine di visualizzazione degli andon, e per poter controllare il monitor in remoto.

I dati visualizzati sull'andon sono stati decisi grazie al supporto del capo reparto e altre figure chiave come il responsabile della produzione ed il plant manager, i quali hanno stabilito insieme quali fossero i dati utili da visualizzare per poter prendere decisioni tempestive. Lo scopo dell'andon è infatti quello di permettere decisioni rapide ed efficaci grazie alla possibilità di avere a disposizione dati di produzione in tempo reale.

⁷⁷ In informatica un thin client (letteralmente client sottile) è un computer che opera come client in un sistema client/server, caratterizzato dalla presenza di nessuna o di un ristretto numero di applicazioni poiché il suo esercizio dipende strettamente da un server centrale per lo svolgimento della maggior parte delle proprie funzioni.

I dati che si è deciso di visualizzare sull'andon sono i seguenti:

- Il nome della linea a cui fa riferimento l'andon.
- La quantità di prodotto finito che dovrebbe essere prodotta nel turno di lavoro.
- La quantità effettivamente prodotta nel turno di lavoro corrente.
- Il numero di operatori attualmente impegnati nella linea.
- Il codice prodotto attualmente in produzione.
- La descrizione del prodotto attualmente in produzione.
- La quantità in termini di pezzi dell'ordine attualmente in produzione.
- Il codice prodotto dell'ordine successivo.
- La descrizione del prodotto dell'ordine successivo.
- La quantità di pezzi da produrre nell'ordine successivo.
- La quantità di pezzi effettivamente prodotta fino a quel momento dell'ordine attualmente in produzione.
- L'OPR⁷⁸ e LE⁷⁹
- La quantità di difettosità dichiarate nel turno.
- La quantità di pezzi rilavorati nel turno.
- La quantità di pezzi prodotti in ritardo o in anticipo rispetto alla programmazione della produzione.

Durante la fase di pianificazione e progettazione della schermata andon che sarebbe stata visualizzata in produzione, è stato importante agire per tentativi (trial and error)⁸⁰ effettuando anche delle prove su carta per comprendere ad esempio se la dimensione dei caratteri fosse adeguata per rendere le informazioni visibili da

⁷⁸ OPR, acronimo di Operational Rate, permette di conoscere l'utilizzo percentuale dell'attrezzatura durante il periodo in cui ne è previsto l'utilizzo. I fattori conosciuti di perdita possono essere il fermo linea, la mancanza di un operatore, la mancanza di componenti ecc.

⁷⁹ LE, acronimo di Labour Efficiency, permette di conoscere l'utilizzo percentuale della manodopera diretta durante il periodo in cui si è previsto di utilizzarla. Permette quindi di conoscere i fattori di perdita e il loro effetto sul costo unitario.

⁸⁰ Il trial and error è un metodo di pianificazione strategica che permette di introdurre velocemente novità, magari anche con l'aiuto di alcuni utenti, e testarle con alcuni segmenti per avere delle evidenze chiare su cosa interessa o meno.

tutti gli operatori della linea o se fossero necessarie delle modifiche. Le modifiche apportate al layout dell'andon sono state molteplici nel corso di tutto lo Sprint e molte di esse sono state conseguenza proprio all'illeggibilità dei dati da distanze ideali.

Anche i colori sono stati scelti facendo delle prove sul campo e cercando di dare risalto alle informazioni più importanti. Gli unici dati colorati in rosso sono la quantità di pezzi in ritardo, i pezzi scarti e i pezzi che hanno subito una rilavorazione. Per evitare di rimpicciolire troppo le righe, si è deciso di porre sulla stessa riga le informazioni dell'ordine attuale e quelle dell'ordine seguente, facendo un cambio di schermata ogni 30 secondi. Per far notare la differenza tra le due informazioni ed evitare errori si è deciso di colorare le scritte dell'ordine successivo in azzurro.

Gli operatori di linea hanno la possibilità di effettuare delle chiamate per richiedere l'intervento del capo reparto (chiamata al Team Leader) e per segnalare l'assenza di materiale (chiamata Materiale).

La chiamata al Team Leader consente al capo reparto di ricevere su un proprio terminale un avviso di chiamata. Sull'andon invece viene visualizzata un'icona indicante la chiamata in attesa con le indicazioni sulla postazione dalla quale è stata effettuata. La chiamata può dipendere da vari motivi e quando il Team Leader la risolve deve indicarne la causale permettendo quindi di tracciare le motivazioni che più spesso portano alla necessità di escalation. Tra le possibili motivazioni vi sono guasti, errori al collaudo, materiale non conforme e così via. Il Team Leader può anche inoltrare la chiamata al reparto qualità qualora lo ritenesse necessario.

La chiamata Materiale, invece, può essere effettuata per la richiesta di materiale a bordo linea. L'operatore può effettuare la chiamata tramite tablet, quest'ultima ha lo stesso tipo di effetto della chiamata Team Leader con l'avviso al capo reparto e la visualizzazione sull'andon dell'icona della chiamata riportante la postazione dalla quale è stata effettuata. Inoltre viene richiesto all'operatore di selezionare, tra i codici presenti a distinta per quell'ordine di produzione, quale codice è mancante in modo da permettere un intervento di ripristino più tempestivo.

Quando un operatore effettua una chiamata al Team Leader o una chiamata Materiale, viene nascosta l'ultima riga della schermata dell'andon contenente i KPI e viene sostituita da una riga contenente un avviso, sotto forma di icona, di grandi dimensioni e di colore diverso in base al tipo di chiamata in modo da poterle distinguere tra loro.

Le immagini di Figura 4.12 rappresentano alcune fasi in ordine cronologico di sviluppo della soluzione andon sviluppata. Il primo prototipo, riportato nella figura 4.12.a, è stato riadattato per permettere una migliore lettura (figura 4.12.b). Per verificarne la leggibilità si è provveduto ad effettuare dei test direttamente in linea sul monitor touch screen delle stesse dimensioni dei monitor installati a muro.

Come si può vedere nella figura 4.12.c, già ad una distanza pari a metà della lunghezza della linea è risultato chiaro che quella in prova non fosse la soluzione corretta, per questo si è deciso di procedere con lo sviluppo su carta dei riquadri contenenti le informazioni che sarebbe stato necessario visualizzare, il tutto a dimensione reale come si può notare nella figura 4.12.d. Una volta definiti quali fossero i parametri più importanti da visualizzare, è stato possibile scegliere un layout definitivo e valutare dunque la dimensione più adeguata per le informazioni da proiettare. Si è arrivati quindi al prototipo finale (figura 4.12.e), che è stato infine replicato per lo sviluppo reale dell'andon, definitivamente installato come si può vedere in figura 4.12.f.

SET: 440	TH: 345	Team: 9	[Line Description]	358
Order_057	JET50	[Final Product Description]	81	2 0
Order_058	JET50	[Final Product Description]	75	
		81	80	
		3	10	20
		01:43	00:43	02:21
Defects		Percentage 1.29%	Shift 0	Month 9

4.12.a – Primo prototipo

440	341	Linea JET	9	340
Order_057	JET50	jet50 product	82	2 0
Order_058	JET50	jet50 product	75	
81	80			
4	5			
Difettosità	1.29%	0		9

4.12.b – Primo cambiamento



4.12.c – Verifica di leggibilità dei dati



4.12.d – Prova di layout su carta

Qta turno	Qta prodotta	Num Operatori	Qta ritardo
D103	219 94	4	1
Prodotto	Descrizione	Qta ordine	Qta prodotta
101110280	KP 60/6 M 220/240/50 IP44	39	0
100.DM1.D103	OP10		
000	01:20:06		

4.12.e – Prototipo definitivo



4.12.f – Installazione finale andon board

Figura 4.9 - Le fasi di sviluppo dell'andon di linea.

4.3.2.6 KPI visualizzati

Come anticipato precedentemente, OPR e LE sono due indici di efficienza utilizzati dall'azienda DAB Pumps per il monitoraggio delle linee produttive manuali.

L'OPR (Operational Rate) è un indice di efficienza tramite il quale è possibile monitorare l'utilizzo dell'impianto durante l'orario lavorativo.

Per il suo calcolo è necessario conoscere:

- Il tempo ciclo della linea.
- Il numero di pezzi in uscita dalla linea durante il Planned Production time.
- Il Planned Production time (PPT)⁸¹.

La formula per il calcolo dell'OPR è la seguente:

$$\frac{\left(\text{Number of approved parts produced [pcs]} \times \text{Cycle time of the line} \left[\frac{\text{min}}{\text{pcs}} \right] \right)}{\text{Planned Production time [min]}} \times 100$$

Per il calcolo dell'indicatore LE (Labor Efficiency), che permette di conoscere l'utilizzo percentuale della manodopera diretta durante il periodo in cui si è previsto di utilizzarla, è necessario conoscere i seguenti dati:

- Il tempo ciclo della linea.
- Il numero di pezzi in uscita dalla linea durante il Planned Production time.
- Il Total Time at Work (TTW): tempo speso nel posto di lavoro verificato con il passaggio del badge.

La formula per il calcolo della LE è:

$$\frac{\left(\text{Number of approved parts produced [pcs]} \times \text{Cycle time of the line} \left[\frac{\text{min}}{\text{pcs}} \right] \right)}{\text{Total Time at Work [min]}} \times 100$$

In ottica di analisi dati e di prestazioni delle linee di assemblaggio è importante citare i fattori di perdita, i quali influiscono direttamente sull'efficienza delle linee. Questi fattori possono essere monitorati anche con il MES, come visto in precedenza, grazie alla chiusura del capo reparto di una chiamata al team leader, la quale identificava delle particolari problematiche evidenziate dagli operatori di linea. Nella Tabella 4.5 vengono presentati alcuni esempi di possibili fattori di perdita:

⁸¹ Il Planned Production Time è il tempo previsto di produzione per l'impianto. Si ottiene sottraendo gli stop programmati dal tempo totale disponibile.

Tabella 4.5 – Tabella dei fattori di perdita previsti da DAB Pumps.

Categoria	Descrizione
PLANNED STOP	Manutenzione macchina programmata
	Manutenzione attrezzatura o stampo programmata
	Taratura strumenti di misura
	Preparazione macchina
	Cambio stampo
NOT PLANNED STOP	Rispristino - robot - computer
	Guasto attrezzatura e stampo
	Guasto macchina
	Problemi connessione macchina
	Mancanza servizi vari
PRODUCTION or QUALITY STOP	Materiale non conforme
	Recupero scarti e/o rilavorazioni
	Perdite di avvio macchina
	Mancanza materiale
	Rottura strumento controllo qualità
VARIOUS STOP	Assenza personale
	Campionatura
	Collaudo attrezzature e stampi
	Pausa turnisti
	Addestramento

Una volta raccolte delle serie di dati riguardanti le motivazioni dei fattori di perdita, sarà possibile analizzarli statisticamente per ricavare informazioni utili per pianificare degli interventi necessari in ottica di miglioramento continuo. Queste informazioni possono essere considerate a tutti gli effetti dei Big Data che, anche se allo stato attuale non vengono estratti, possono portare un grande valore aggiunto alla Business Intelligence.

4.3.2.7 Sinottico

Nei primi due capitoli della presente tesi è stato introdotto il concetto di Cloud e della possibilità di avere il controllo in tempo reale degli impianti produttivi da qualunque parte del mondo e da qualunque dispositivo. Questa possibilità viene sfruttata dal Manufacturing Execution System che, grazie al monitoraggio continuo

che svolge sull'andamento della produzione, può mostrare dati in tempo reale allo scopo di prendere decisioni anche senza doversi trovare fisicamente nello stabilimento produttivo.

A tale scopo è sufficiente un tablet o addirittura uno smartphone per poter accedere a tutte quelle funzionalità di monitoraggio che il MES può rendere disponibili. Tra queste vi sono la possibilità di visualizzare un sinottico grafico di impianto⁸² che permette di avere una visione aggregata dell'andamento, in termini di efficienza e produttività, delle linee produttive di uno specifico stabilimento.

Nella Figura 4.13 si può vedere una schermata del sinottico che mostra il reparto in cui si trova la linea pilota. Zoomando verso l'esterno è possibile consultare i dati aggregati del reparto e verificare lo stato di attività nel quale ognuna delle aree si trova (produzione, guasto, manutenzione programmata, ecc.). Questo tipo di interfaccia dunque permette il monitoraggio dei fermi linea in tempo reale, delle manutenzioni ordinarie e consente di avere sempre sotto controllo l'andamento delle attività produttive.

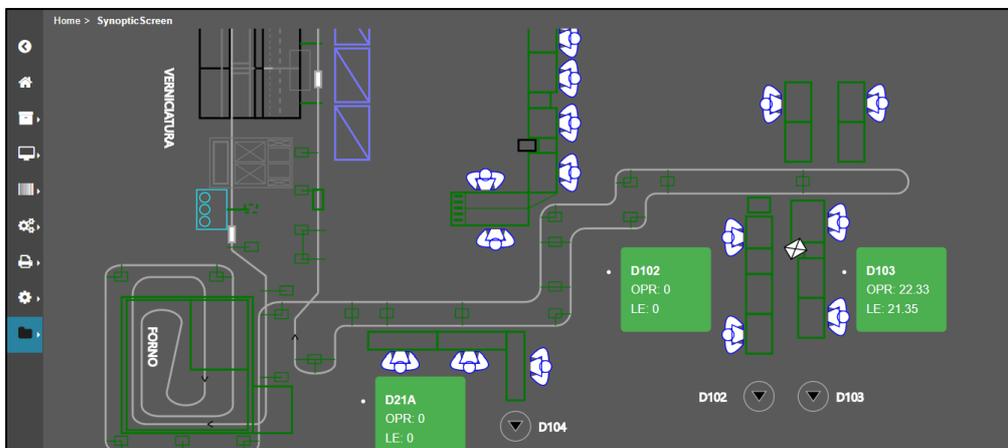


Figura 4.10 – Sinottico con zoom sulla linea pilota D103.

⁸² Con il termine sinottico si intende uno strumento grafico che offre uno sguardo d'insieme sullo stato delle macchine e dei reparti produttivi in generale. Il sinottico prevede in questo caso specifico la possibilità di visualizzare il layout dello stabilimento ed in particolar modo gli impianti installati.

È possibile inoltre visualizzare maggiori dettagli come ad esempio lo storico dei dati di OPR e LE (Figura 4.14), i pezzi prodotti (figura 4.15) ed avere una visuale diretta dell'andon di linea, il tutto consultabile dal proprio dispositivo.

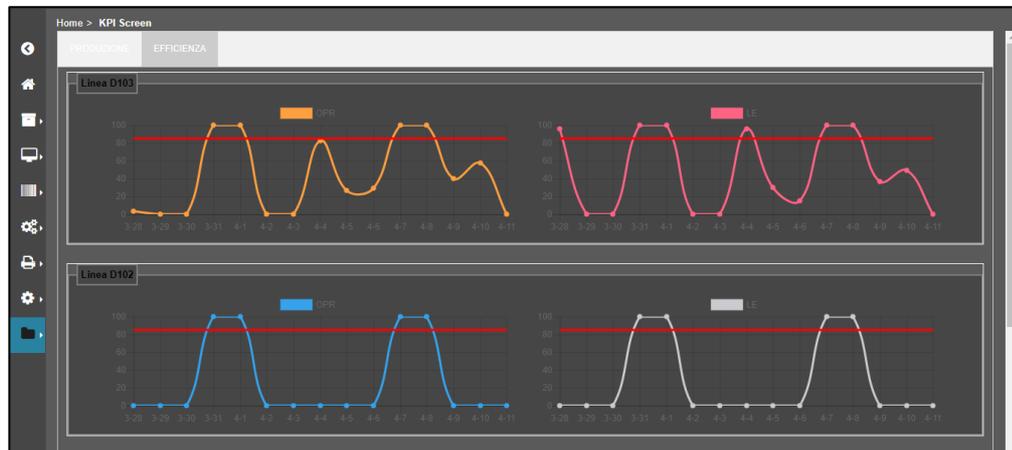


Figura 4.11 – Grafici storici sull'efficienza della linea pilota D103.

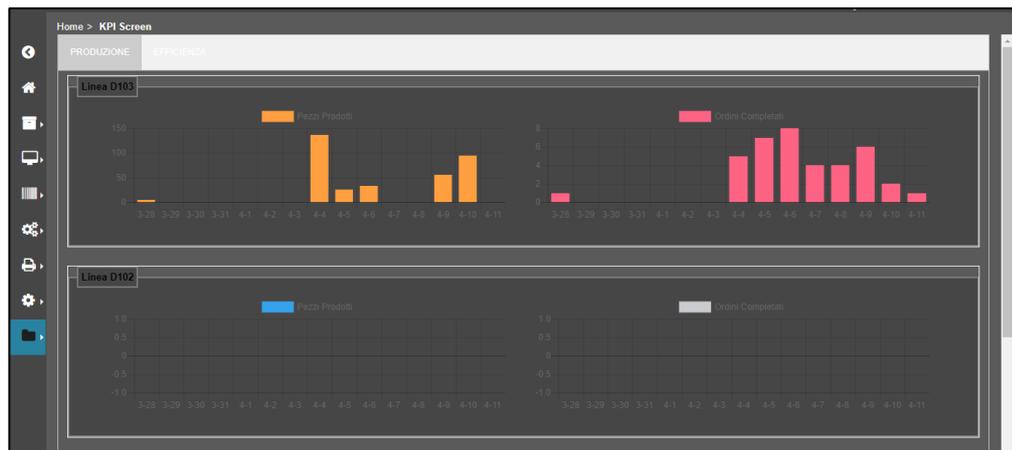


Figura 4.12 – Grafici storici dell'andamento della produzione per la linea pilota D103

La fase di definizione del sinottico ha richiesto l'intervento del responsabile della produzione, del plant manager, del logistic manager e del COO di gruppo. Basandosi sui loro feedback e su altri casi aziendali suggeriti dai consulenti di Engineering è stato possibile definire i dati che sarebbero stati visualizzati nelle diverse schermate di stabilimento, di reparto e di linea.

4.3.2.8 La Serializzazione

La scelta da parte dell'azienda DAB Pumps di serializzare il prodotto finito deriva dalla necessità di soddisfare una richiesta del mercato e, per renderla possibile in vasta scala, è stato deciso di utilizzare delle funzionalità introdotte con il Manufacturing Execution System.

La serializzazione di una pompa viene effettuata per creare una “carta d'identità” che è utile a fornire informazioni che la riguardano, come ad esempio il luogo di assemblaggio, i collaudi che ha subito ed i loro esiti, i lotti di materiali che sono stati utilizzati per realizzarla, il cliente a cui è destinata, in che data è stata avviata e terminata la sua produzione e molte altre informazioni.

Una funzione del MES permette di generare dei codici seriali univoci per ogni singolo prodotto finito al momento del rilascio dell'ordine produttivo corrispondente. Questa funzionalità permette di identificare ogni singola pompa: al rilascio dell'ordine i seriali vengono automaticamente assegnati all'ordine di produzione e, al momento dell'avvio, vengono mostrati sul tablet della prima postazione della linea di assemblaggio. Ogni qualvolta l'operatore esegue un'operazione su un seriale come l'avvio, il collaudo o il completamento del prodotto, ad esso vengono associate istantaneamente le informazioni riguardanti le attività effettuate.

Nel lungo termine, le informazioni provenienti dal MES possono essere utilizzate anche per estrarre trend storici, individuare criticità e identificare le cause di scarto dei prodotti. Questo sistema di tracciabilità, derivante dall'integrazione tra il nuovo sistema manufacturing e la produzione di linea, diventa una solida base per migliorare i sistemi di analisi dati necessari per un monitoraggio efficiente.

Per serializzare la pompa è stata utilizzata un'etichetta con un codice a barre di tipo Code 128⁸³. In fase di analisi e test erano stati valutati altri formati, come i codici

⁸³ Code 128 è un codice a barre ad una dimensione che permette di rappresentare tutti e 128 caratteri del codice ASCII (a 7 bit).

2D⁸⁴, che sono risultati però più complessi da leggere tramite il lettore di codice a barre poiché necessitano la lettura completa del codice, rispetto ai codici 1D i quali vengono rilevati dal sistema anche se viene effettuata una lettura parziale del codice a barre.

L'etichetta seriale è stata inserita all'interno del vano morsettiera poiché le pompe subiscono tutto un processo di verniciatura sulla parete esterna, che comprometterebbe completamente la lettura del codice a barre, mentre l'interno del vano morsettiera non viene verniciato.

La soluzione appena descritta non risulta quella ottimale: l'etichetta all'interno del vano morsettiera risulta spesso scomoda da leggere e nelle pompe più piccole può diventare difficoltoso trovare uno spazio che non venga poi coperto dalla morsettiera stessa. Per questo motivo, la soluzione implementata è in fase di analisi e miglioramento costante.

In Figura 4.16 è possibile vedere una serie di prototipi di etichetta seriale utilizzati per testare l'efficienza nella loro lettura. I primi due sono Code 128 con definizione diversa, il terzo è un codice a barre 2D Matrix.



Figura 4.13 – Prototipi di etichetta seriale da inserire nel vano morsettiera.

Durante la definizione del metodo di serializzazione del prodotto finito è stata fondamentale la presenza di una figura che conoscesse approfonditamente le tipologie di pompe prodotte nella linea pilota. Questo perché, ad esempio, per definire la posizione di collocamento dell'etichetta seriale (codice a barre) è stato

⁸⁴ I codici 2D sono codici a barre bidimensionali (come il QR code) ossia a matrice, composto da moduli neri disposti all'interno di uno schema bianco di forma quadrata. Viene impiegato per memorizzare informazioni generalmente destinate a essere lette tramite uno smartphone.

necessario individuare una posizione comune a tutti i tipi di pompa in modo da standardizzare il più possibile il processo. Inoltre, è stato necessario definire dove posizionare il numero seriale in modo tale da renderlo leggibile all'utente finale, nel caso in cui si manifestasse la necessità di comunicare il codice al servizio clienti aziendale. Si è deciso dunque di stampare il seriale direttamente nell'etichetta dati che viene applicata sulla superficie della pompa.

In prima analisi non si era tenuto conto di alcune tipologie di pompe sulle quali non è possibile applicare le etichette dati standard ma necessitano di etichette metalliche, le quali vengono stampate grazie da una punzonatrice situata nello stabilimento di Brendola (VI) e successivamente inviate a Mestrino (PD), con notevoli tempi di approvvigionamento. La produzione con il nuovo sistema MES prevede la stampa delle etichette dati direttamente in linea, al termine del processo di assemblaggio e verniciatura, attività non possibile per le pompe con etichetta metallica. Per risolvere questa problematica sono state prese in considerazione diverse soluzioni come ad esempio:

- La modifica del componente coprimorsettiera dei codici interessati in modo da renderlo compatibile con le etichette stampate in linea con la conseguente eliminazione delle targhette metalliche.
- Lo spostamento della punzonatrice nello stabilimento di Mestrino e l'asservimento, tramite la suddetta stampante, di tutte le linee che producono pompe che necessitano dell'etichetta metallica.
- Lo spostamento della punzonatrice nello stabilimento di Mestrino in modo da poterla affiancare alla linea e l'acquisto di una punzonatrice per ogni linea per cui fosse necessaria.

L'opzione meno dispendiosa ed efficace è risultata essere la modifica del coprimorsettiera dei codici interessati renderlo possibile l'utilizzo di etichette standard, stampate direttamente in linea, con la conseguente eliminazione delle targhette metalliche.

Per la risoluzione di questo problema è stato utilizzato con successo il metodo agile Scrum. È stato infatti possibile raggiungere il risultato nel tempo prestabilito senza modificare la data di go live⁸⁵ del MES. Il risultato è stato raggiunto grazie al coinvolgimento dei dipartimenti interessati e ai Daily Scrum che hanno consentito di mantenere costantemente monitorato l'avanzamento della soluzione scelta.

4.3.2.9 FMEA Linea Pilota

Quando avvengono delle modifiche al processo produttivo di un prodotto è importante svolgere un'analisi preventiva denominata FMEA⁸⁶ che permette di evidenziare le possibili modalità di guasto basandosi sul calcolo di un indice RPN (Risk, Priority, Number) basato su tre indicatori (gravità, frequenza, rintracciabilità). Tale analisi deve essere aggiornata in modo continuo riflettendo le modifiche del progetto e del processo.

La caratteristica principale dell'analisi è quella di essere un'azione preventiva e non un intervento correttivo, per questo deve essere svolta il prima possibile. Inoltre è un lavoro di gruppo: l'analisi può essere condotta da tecnici di vari settori aziendali.⁸⁷

Durante il progetto sviluppato in DAB Pumps sono stati invitati a partecipare alla FMEA tutti gli attori artefici del processo di introduzione del MES tra cui i membri dei dipartimenti IT, qualità, industrializzazione e anche degli operatori della linea pilota. Questo ha contribuito a svolgere un'analisi completa.

Durante la FMEA, grazie al diverso approccio utilizzato dalle persone appartenenti ai vari dipartimenti, è stato possibile evidenziare problematiche che non erano

⁸⁵ Il termine “go live” (dall'inglese “andare in diretta”) viene utilizzato spesso per indicare la fase finale di un progetto in cui si “inaugura” il prodotto finito.

⁸⁶ La FMEA (o Analisi dei modi e degli effetti dei guasti, dall'inglese Failure Mode and Effect Analysis) è una metodologia utilizzata per analizzare le modalità di guasto o di difetto di un processo, prodotto o sistema. Generalmente (ma non necessariamente) l'analisi è eseguita preventivamente e quindi si basa su considerazioni teoriche e non sperimentali.

⁸⁷ <http://www.produzioneagile.it/2018/03/03/fmea-guida-pratica/>

ancora state valutate e questo ha permesso di evitare errori in fase di implementazione.

La Tabella 4.3 mostra una parte del resoconto della FMEA, il cui svolgimento prevede di ripercorrere tutte le fasi del processo analizzando le modalità, gli effetti e le cause di guasto. Successivamente vengono individuati ed indicati quali sono i controlli attuali riguardanti il processo specifico e si provvede a fornire un giudizio sulla gravità, la probabilità e la rintracciabilità del guasto. Infine viene indicata qual è l'azione consigliata da intraprendere per ridurre il rischio di guasto quali figure si prenderanno carico della modifica.

Tabella 4.3 – Schermata riassuntiva della FMEA pre-installazione MES

		PRMEA (Process FMEA)		Data Redazione / Completion date: PRMEA:						
Tipo processo /Process type: Linea MEC100 Codice Prodotto/Item Code: Descrizione prodotto/Item Description: Codice Mezzo/Impianto/Macchine/line code: Descrizione Mezzo/Impianto/Macchine/line description:		Process Manager: Team:		Data revisione/Revision date PRMEA: Preparato da/Compiled by:						
Item	Pks (del processo / Requiriti / Process steps /Requirements	Modalità di guasto / Potential Failure mode	Effetti del guasto / Potential Failure effects	Gravità /Severity	Cause potenziali di guasto/ Potential failure cause	Probab./Occurency	Controlli attuali sul processo	Individ./Detectability	RPN n° A	Azione consigliata/Actions recommended
1	STAMPA ETICHETTA SERIALE stampa etichetta fallia ribbon o carta esaurita etichetta non posizionata stampante rotta connessione assente server riciclabi non disponibile	non serializzo la pompa non serializzo la pompa non serializzo le pompe non serializzo le pompe non serializzo le pompe	4 incapacamento/ma funzionamento 4 non è stato fatto il riordino 4 errore umano 4 mancata manutenzione 4 rottura switch/avv. rete 4	3 nessuno 3 nessuno 4 calaudi 6 nessuno nessuno 4	9 9 1 9 0 0	108 108 36 216 0 0	istruzioni su procedura riordino a vista ribbon; rivelare quantità riordino a vista aggiornare procedura manutenzione ordinaria; stampante di riserva; struire su procedura pulizia settimanale installazione switch ridondante; procedura produzione senza MES	9 9 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	procedura produzione senza MES procedura produzione senza MES procedura manutenzione periodica tablet; istruzioni su cambio tablet; procedura barcode multielo; procedura configurazione; individuare armadio controllare con crime engineering fuso materiale istruzione su procedura interruzione ordine
2	AVVIO PRODUZIONE conversione assente server mes non funzionante rottura tablet rottura lettori barcode rottura lettori barcode controllo materiale sbagliato per materiale in attesa collaudo controllo materiale sbagliato per assenza ripresenza	impossibilità di produrre con MES impossibilità di produrre con MES riscaldamento produzione riscaldamento produzione invecchiamento seriel number materiale non esattamente disponibile materiale non esattamente disponibile	4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4	9 9 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	procedura produzione senza MES procedura produzione senza MES procedura manutenzione periodica tablet; istruzioni su cambio tablet; procedura barcode multielo; procedura configurazione; individuare armadio controllare con crime engineering fuso materiale istruzione su procedura interruzione ordine	9 9 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	procedura produzione senza MES procedura produzione senza MES procedura manutenzione periodica tablet; istruzioni su cambio tablet; procedura barcode multielo; procedura configurazione; individuare armadio controllare con crime engineering fuso materiale istruzione su procedura interruzione ordine
3	controllo dati collaudo per zero serie controllo dati etichette per zero serie inserimento dati su vvv touchill rottura andon televicore touch	controllo dati collaudo per zero serie controllo dati etichette per zero serie inserimento dati su vvv touchill rottura andon televicore touch	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	discutere con engineering discutere con engineering discutere con cdm procedura importazione massiva prevedere andon multielo da 3 a 4 settimane per riordino
6	disaster recovery su MES manca seriale mancata disponibilità MFOR ambiente test MES verificare contatto manutenzione con MITEC valutazione UPS e gruppo elettrogeno (valutazione con vigili fuoco)	disaster recovery su MES manca seriale mancata disponibilità MFOR ambiente test MES verificare contatto manutenzione con MITEC valutazione UPS e gruppo elettrogeno (valutazione con vigili fuoco)	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	valutare tempo intervento definire persona backup per funzionamento MES definire persona per gestione ON non garantire attualmente su linee manuali; da valutare se implementare procedura manuale o locale come su NG decidere orario a cui dover fare manutenzione dei sistemi e riavvio macchine da prevedere ambiente di test; Discutere riavvio; Inviare riavvio e manutenzione

Alcuni esempi di guasti individuati sono i seguenti:

- In caso di fallimento di stampa dell'etichetta seriale l'effetto sarà la mancata serializzazione della pompa, l'azione consigliata è la formazione di un addetto che effettuerà la stampa manuale dell'etichetta.
- In caso di mancanza di connessione con il MES, l'effetto è dato dall'impossibilità totale di produrre appoggiandosi al nuovo sistema e quindi la procedura prevede la produzione offline.

È stata svolta anche una seconda FMEA per comprendere quali fossero i nuovi ruoli necessari una volta conclusa la fase d'introduzione del MES, come ad esempio nel caso ci fossero problemi di rete, di stampa, di software e così via.

Un argomento discusso nei capitoli precedenti riguarda proprio il cambiamento dei ruoli e delle skills richieste, più digitali e dinamiche rispetto al passato. Non è più possibile, per rimanere al passo con il cambiamento, continuare a fare ciò che si è sempre fatto. “Vedendo e facendo sempre le stesse cose, si perde l'abitudine e la possibilità di esercitare la propria intelligenza” (Albert Camus).

Nel caso dell'utilizzo di un sistema digitale e altamente informatizzato qual è il Manufacturing Execution System, è di fondamentale importanza formare delle figure che intervengano in caso di necessità e comprendere, tramite la definizione di procedure, quando e come queste persone debbano intervenire.

Dopo un roll-out completo del MES vi sarà la nascita di ruoli totalmente nuove mentre alcune figure vedranno i propri compiti completamente modificati. Ad esempio, nello stabilimento di Mestrino esiste una figura addetta alla stampa delle etichette ed al loro approvvigionamento nelle linee produttive ma, quando verrà introdotto il MES e la stampa automatica su tutte le linee, a questa risorsa verranno assegnate nuove attività con maggior valore aggiunto. Lo scopo dell'industria 4.0 non è quello di ridurre il personale ma di utilizzarlo per creare valore.

In generale, lo sviluppo di Industria 4.0 sarà accompagnato da un cambiamento sia nella tipologia che nella varietà dei task che i lavoratori si troveranno a svolgere nei contesti manifatturieri. È importante ricordare che il lavoratore è, e rimane, il componente più flessibile di una struttura cyber-fisica qual è il sistema produttivo

(Gorecky, Schmitt, Loskyll, Zühlke, 2014)⁸⁸ e per questo i suoi ruoli andranno ad arricchirsi e a portare sempre maggior valore aggiunto rispetto ai task ripetitivi per i quali veniva precedentemente applicato. Lo scopo di industria 4.0 non è quello di ridurre il personale ma di utilizzarlo per creare valore.

Inoltre, la FMEA e le prove sul campo hanno permesso di comprendere come continuare a produrre in caso di assenza del MES (produzione offline). La scelta di mantenere la possibilità di produrre in caso di mancanza di rete o di interruzione di servizio dipende da due fattori chiave: il primo dipende dalla perdita economica causata da un fermo linea, il secondo sono i costi che è necessario sostenere per mantenere sempre operativa l'intera infrastruttura dovuti per esempio ad un contratto con un'azienda terza addetta alla gestione del mantenimento del MES. Per mantenere il Manufacturing Execution System operativo in caso di malfunzionamenti sarà quindi necessario predisporre un piano con delle procedure ben chiare ed in esso dovranno essere specificati gli orari in cui sarà possibile ottenere supporto in caso di difficoltà. Questo piano deve essere stilato il prima possibile in modo da poter attivare le risorse interessate in tempi brevi.

La complessità dello stabilimento e l'eterogeneità delle linee produttive, in termini anche di turni effettuati, rende molto difficile pensare di poter mantenere attivo un servizio di supporto interno la totalità della struttura. Dunque, diventerà probabilmente necessario doversi affidare ad aziende terze per ottenere l'adeguata assistenza in base alle necessità.

Le risorse da prevedere per il mantenimento del MES sono molto simili a quelle già messe in campo per la manutenzione dell'ERP aziendale, con la differenza sostanziale che nel secondo caso si tratta di personale atto a risolvere solamente problemi software mentre per quanto riguarda il MES, si ha a che fare con un sistema che influisce direttamente sul reparto produttivo. Inoltre, oltre alla parte software, vi è anche tutto l'insieme di hardware per il collegamento tra macchine e MES come cavi, switch o router che necessita a sua volta di una manutenzione dedicata.

⁸⁸ Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D., 2014, Human-machine-interaction in the industry 4.0 era, Industrial Informatics (INDIN), 2014 12th IEEE International Conference, 2014, pp 289-294.

In aggiunta a ciò, per aumentare il livello di sicurezza della rete di connessione si dovrebbe valutare la possibilità di ridondare i cablaggi e gli switch. In questo caso, per indirizzare correttamente gli investimenti, è importante individuare e decidere quali sono i fattori a cui dare maggior peso ponendosi domande come ad esempio: è più importante che ogni prodotto venga serializzato o che la produzione non si arresti mai? In base alla risposta verrà scelto se ridondare i cablaggi oppure se migliorare e rafforzare le modalità di produzione offline. Questo tipo di domande dovranno sicuramente trovare una risposta negli Sprint successivi per poter garantire un funzionamento corretto del MES stesso.

Non è ancora stata stilata una procedura ufficiale ma, allo stato attuale, in caso di mancanza di interfacciamento con il MES, l'ordine di produzione viene avviato tramite dei fogli di carta che ne indicano la distinta base, stampati direttamente tramite l'ERP, come avveniva prima dell'introduzione del nuovo sistema, anche i collaudi devono essere impostati per funzionare senza MES (è stato richiesto ai fornitori di lasciare questa opzione nel software delle macchine): la procedura prevede di selezionare manualmente la scheda di collaudo per il tipo di pompa dell'ordine in produzione. Le etichette verranno quindi stampate su richiesta in anticipo, senza seriale identificativo, di conseguenza le pompe così prodotte non saranno serializzate.

Come visto nei capitoli precedenti, essendo il MES un software a tutti gli effetti, può essere soggetto a bug⁸⁹, attacchi cibernetici e necessitare interventi di Disaster Recovery⁹⁰. Questi aspetti fanno parte del delicato argomento di Cyber Security che evidenzia l'importanza di definire delle misure di sicurezza e un piano di ripristino in caso di necessità.

⁸⁹ Il termine inglese bug, in italiano baco, identifica in informatica un errore nella scrittura del codice sorgente di un programma software. In certi casi, i bug in un programma possono essere particolarmente gravi, fino al punto di rendere vulnerabile ad attacchi informatici anche il computer che ospita il software.

⁹⁰ Il Disaster Recovery (brevemente DR, in italiano: Recupero dal Disastro), in informatica ed in particolare nell'ambito della sicurezza informatica, si intende l'insieme delle misure tecnologiche e logistico/organizzative atte a ripristinare sistemi, dati e infrastrutture necessarie all'erogazione di servizi di business per imprese, associazioni o enti, a fronte di gravi emergenze che ne intacchino la regolare attività.

4.3.3 Approccio utilizzato con gli operatori della linea pilota

Una componente chiave di questo progetto è stata ed è la comunicazione. Si tratta di un argomento molto delicato: permette sia di far ottenere visibilità al progetto all'interno dei diversi dipartimenti, soprattutto quelli non direttamente coinvolti nelle attività di sviluppo, sia di far ottenere una maggiore collaborazione e coinvolgimento da parte di tutte le figure direttamente interessate all'implementazione del nuovo sistema.

La scelta di avviare il progetto relativo allo sviluppo del Manufacturing Execution System è stata comunicata a tutti gli impiegati tramite una newsletter interna all'azienda. Per coinvolgere però gli operatori di linea, sprovvisti di posta elettronica aziendale, è stata fondamentale la comunicazione con le RSU⁹¹. A causa dell'impatto diretto di alcune parti del progetto sulla valutazione e monitoraggio dell'efficienza e produttività della linea pilota, era necessario ottenere la fiducia dei sindacati e degli stessi operatori specialmente durante la fase introduttiva del progetto. Per riuscire nell'intento, l'azienda avrebbe dovuto comunicare tempestivamente alle RSU la scelta e le modalità di implementazione del nuovo sistema MES, invece si è affidata al dipartimento marketing e comunicazione interno soltanto a progetto già avviato (anche se in fase iniziale). Questo dipartimento ha provveduto allo sviluppo di una presentazione inerente alle funzionalità di alcuni strumenti di cui era stata prevista l'introduzione, come ad esempio gli smartwatch, e più in generale di come la "fabbrica del futuro" avrebbe permesso di migliorare alcuni aspetti del lavoro.

A causa del mancato coinvolgimento di tutte le risorse aziendali che, con l'introduzione di alcuni aspetti dell'industria 4.0, sarebbero state interessate dal cambiamento, non è stato possibile implementare alcuni strumenti scelti in fase di pianificazione. Ciò che ha suscitato maggior clamore è stata la scelta da parte del team di sviluppo di utilizzare degli smartwatch per agevolare alcune attività di produzione e, specialmente per una comunicazione non corretta e probabilmente

⁹¹ La rappresentanza sindacale unitaria, abbreviata RSU, è un organismo collettivo rappresentativo di tutti i lavoratori, senza alcun riferimento alla loro iscrizione ad un sindacato, che sono occupati in una stessa realtà lavorativa, pubblica o privata.

per dettagli non condivisi adeguatamente, non è stato possibile implementare questi strumenti.

Entrando più nel dettaglio, le principali funzionalità previste per lo smartwatch erano le seguenti:

- Associazione utente – postazione di lavoro (stabilimento, linea, postazione) tramite NFC⁹².
- Promemoria relativi alla sicurezza: lo smartwatch, a inizio turno, basandosi sulla postazione in cui si effettua il login, chiede conferma dei DPI indossati per evitare dimenticanze.
- Funzione di avanzamento del seriale.
- Visualizzazione e conferma di allarmi, difetti, avanzamento del componente.
- Chiamate al Team Leader o alla Qualità.
- Chiamate materiale in caso di mancanza di componenti per l'assemblaggio, con possibilità di specificare quale componente.
- Richiesta di arresto della linea.

L'utilizzo dello smartwatch avrebbe permesso al MES di ricevere dati sull'avanzamento dell'ordine di produzione in ogni postazione, sui tempi e cause di fermo linea e di difettosità, in tempo reale.

Il metodo Agile Scrum, utilizzato per la gestione del progetto, ha permesso di modificare il Product Backlog anche in fase di sviluppo e gli smartwatch sono quindi stati sostituiti da tablet. Le funzionalità dello smartwatch sono state quasi

⁹² NFC, acronimo di Near Field Communication (comunicazione in prossimità), è una tecnologia che fornisce connettività wireless bidirezionale a corto raggio fino a un massimo di 10 cm. L'NFC è un'evoluzione della tecnologia Radio Frequency Identification (RFID, identificazione a radio frequenza) che, a differenza di quest'ultima, consente una comunicazione bidirezionale e non più monodirezionale. Viene utilizzata ad esempio per i pagamenti con carte dotate di tecnologia contactless.

completamente sostituite da una web application⁹³ personalizzata che permette di completare tutte le operazioni che erano state pensate per gli smartwatch, ad esclusione del login di ogni singolo operatore per ogni postazione e della visualizzazione dei DPI richiesti.

Inoltre altre funzionalità, come il controllo dello stato di avanzamento del prodotto finito su ogni singola postazione, che erano state previste con l'utilizzo degli smartwatch, con un'analisi più approfondita, sono risultate superflue. Ad esempio, al posto di sviluppare la funzionalità di controllo dello stato di avanzamento del prodotto, con l'introduzione dei tablet si è deciso di individuare dei punti di controllo del processo: l'operazione di avvio, quelle di collaudo e l'operazione di imballaggio.

In un futuro, sarebbe interessante poter valutare l'utilizzo degli smartwatch per il capo reparto e per gli addetti del reparto qualità che potrebbero ricevere così delle notifiche più comodamente, anziché tramite tablet o altri dispositivi tipo smartphone.

Gli operatori di linea hanno avuto un'idea chiara di cosa implicasse l'introduzione del MES grazie alla partecipazione ad alcune ore di formazione da parte del team leader di linea e del capo reparto. In questa fase è stato possibile spiegare loro con maggior dettaglio di cosa si trattasse e quali fossero le potenzialità del nuovo sistema. L'incontro è stato svolto da un consulente esterno ed è stato utile per la formazione anche del Team di Sviluppo. In questo incontro che è si è svolto in concomitanza con la fase intermedia del secondo Sprint, nella quale non era ancora stato installato l'hardware in linea, è stata presentata l'interfaccia della piattaforma UADM⁹⁴ e una Demo di funzionamento della web application che avrebbero utilizzato gli operatori tramite tablet. Sono state spiegate in questo incontro la funzione di avanzamento di un seriale di un ordine di produzione e le procedure

⁹³ Una web application permette all'utente di interagire con un sistema cyber fisico senza bisogno di installare nulla sul dispositivo. L'applicazione viene gestita tramite cloud ed è accessibile da qualunque posto tramite il solo utilizzo di un web browser.

⁹⁴ UADM, Unified Architecture for Discrete Manufacturing è l'HMI messa a disposizione dal Manufacturing Execution System di SIEMENS.

per alcune funzionalità come la dichiarazione di uno scarto o di una rilavorazione, il rilascio di un ordine, la chiamata al team leader e la chiamata materiale.

La reazione degli operatori coinvolti è stata positiva, hanno commentato l'incontro sostenendo di essersi aspettati qualcosa di più complesso e meno intuitivo, ritenendo che il MES potesse portare dei reali miglioramenti alle attività quotidiane in produzione, come ad esempio nel caso della chiamata al Team Leader il quale non sempre è facilmente reperibile.

Per permettere agli operatori della linea pilota di familiarizzare con lo strumento, dopo aver completato la selezione dell'hardware, è stato predisposto un banco di prova di fianco alla linea in cui sono stati installati dei tablet con una demo funzionale dell'interfaccia del MES con cui era possibile interagire. Questa attività ha permesso di far notare agli operatori che, nonostante i loro scetticismi, si trattava di uno strumento semplice da utilizzare. Infatti, benché lo strumento sia notevolmente evoluto da un punto di vista tecnologico, grazie alle personalizzazioni studiate ad hoc, è stato possibile realizzare un'interfaccia intuitiva.

Il coinvolgimento nel Team di Sviluppo di uno schedatore addetto alla linea pilota ha permesso inoltre di ampliare i canali comunicativi verso la linea. Lo schedatore comunica molto spesso con i capi reparto e lo fa anche in prima persona andando fisicamente nella linea. Nelle occasioni in cui vi erano avanzamenti nel progetto lo schedatore poteva informare gli operatori di quello che stava succedendo. Oltre a questo è stata introdotta una lavagna di fianco alla linea pilota sulla quale vengono indicati i prossimi passi riguardanti l'introduzione del MES, in modo da fornire più visibilità possibile agli operatori coinvolti nel processo di cambiamento.

4.3.4 Il team e la collaborazione

Una grossa difficoltà riscontrata durante la fase di implementazione è stata il reperimento delle risorse necessarie per lo svolgimento di lavori improrogabili, che avrebbero influenzato la data prevista per l'avvio del MES, come l'inserimento di dati di collaudo sul PLM e la creazione di nuovi layout per le etichette sul nuovo software di stampa. Queste attività vanno a carico di dipartimenti spesso non

direttamente coinvolti nel progetto di sviluppo del MES e per questo non allineati con le tempistiche definite. Grazie agli Scrum giornalieri è stato possibile tenere traccia dell'avanzamento di queste attività e, in caso di difficoltà, è stato possibile intervenire per aumentare le risorse dedicate. Questo tipo di collaborazione ha aumentato l'affiatamento del Team di Sviluppo che ha anche colto l'occasione per migliorare i rapporti interni e la conoscenza reciproca.

A volte sono gli stessi supervisor di altri dipartimenti che ritengono di non essere in grado di fornire risorse sufficienti al progetto in quanto le devono dedicare ad altre attività. In questo caso è difficile riuscire ad accordarsi internamente al Team di Sviluppo ed è fondamentale il ruolo del Management che deve essere in grado di allineare tutti i dipartimenti, soprattutto nel caso di progetti trasversali com'è il Manufacturing Execution System. Un disallineamento di priorità può infatti provocare dei contrasti tra le diverse figure coinvolte, che ritengono di dover svolgere altre attività. Questo influenza in un modo negativo l'efficienza delle persone e, di conseguenza, l'avanzamento e il rispetto delle tempistiche dei progetti.

4.3.5 Go Live

Il giorno 14 marzo 2018, come previsto, nella linea è stato ufficialmente avviato il Manufacturing Execution System.

L'avvio vero e proprio del sistema ha permesso di istruire sul campo gli operatori di linea e soprattutto di mettere in evidenza le problematiche che non erano state riscontrate in fase di analisi e test. Alcune difficoltà sono state le seguenti: lavorando con ordini numerosi si è notato che dopo aver effettuato una serie di avanzamenti di seriale sulla prima postazione, l'applicazione sul tablet diventava molto lenta a rispondere e per questo si rendeva necessario un riavvio della stessa; inoltre, si è notato che la stampa dell'etichetta dati e delle etichette imballo non avveniva in contemporanea come avrebbe dovuto essere. I test eseguiti in precedenza non avevano evidenziato queste problematiche in quanto non erano stati effettuati con ordini di produzione numerosi.

Il go live ha permesso quindi di individuare i punti critici, bloccanti il proseguimento della produzione con il supporto del MES, e consentito di definire le nuove priorità per l'avvio dello Sprint successivo.

Dopo l'introduzione del MES nella linea di assemblaggio pilota è stata di fondamentale importanza la presenza costante di un team interno di supporto, dedito completamente alla risoluzione dei problemi nascenti a causa dell'utilizzo del nuovo sistema. La costante presenza sul campo di queste persone dedicate ha consentito la costruzione di un rapporto di fiducia tra il Team di Sviluppo e gli operatori di linea, facendo emergere alcuni problemi anche meno visibili ed avviando un processo di collaborazione per la realizzazione di soluzioni ad hoc che hanno permesso un notevole miglioramento del lavoro per le risorse in produzione.

Ascoltare costantemente le necessità degli operatori e capire dove fosse possibile agire per migliorare il processo produttivo con l'utilizzo del MES, oltre che intervenire tempestivamente ogni qualvolta venisse riscontrato un problema, ha sicuramente permesso un go live più fluido e rapido allo stesso tempo.

4.4 Prossimi Sprint

Nei prossimi Sprint (Sprint 3 e successivi) è stato pianificato il roll-out del sistema MES nelle altre due linee del reparto della linea pilota (D102 e D21), il suo interfacciamento con la pressa Oti dello stabilimento di Mestrino e l'interfacciamento della linea NG (New Generation). Oltre a queste attività, vi sarà il completamento di funzionalità del MES già introdotte e l'implementazione di sue nuove funzionalità come:

Tra le nuove funzionalità previste per il MES vi sono:

- Il login degli operatori per un calcolo corretto dell'efficienza.
- Una funzione di verifica dei dispositivi di protezione individuale (DPI).
- Lo sviluppo di un'applicazione mobile per il supporto del cliente a distanza.
- L'implementazione di una Skills Matrix basata sul sistema di gestione delle risorse umane.

- L'attivazione della tracciabilità dei lotti dei componenti di assemblaggio.
- L'integrazione con Qlik⁹⁵, il pacchetto di Business Intelligence aziendale.
- L'attivazione di una chiamata al reparto qualità.
- L'attivazione delle notifiche in reparto qualità con la classificazione per priorità delle chiamate.
- L'installazione di un Andon in reparto qualità.
- Lo sviluppo di un'interfaccia applicativa dedicata al reparto qualità.
- Lo sviluppo di report statistici per il reparto qualità.
- L'attivazione di una chiamata al reparto manutenzione.
- L'attivazione delle notifiche in reparto manutenzione con la classificazione per priorità delle chiamate.
- L'installazione di un Andon in reparto manutenzione.
- Lo sviluppo di un'interfaccia applicativa dedicata al reparto manutenzione.
- L'attivazione di una funzione di Visual Maintenance.
- Lo sviluppo di sistemi per la manutenzione preventiva e predittiva.
- La creazione di una lista con gli status della manutenzione dei macchinari.
- L'integrazione di Preactor per il dipartimento schedulazione.
- Lo sviluppo di un'interfaccia per il supervisore (sinottico) con l'introduzione degli obiettivi di costo e qualità.

Nello Sprint 3, come anticipato, verrà esteso l'utilizzo del MES anche nelle altre due linee manuali D102 e D21 che fanno parte dello stesso reparto produttivo della linea pilota D103 e verrà interfacciata con il sistema anche la pressa Oti (Figura 4.18) sempre all'interno dello stabilimento di DAB Mestrino. La pressa Oti è una macchina semiautomatica sulla quale verranno effettuate solamente operazioni di rilievo dati tramite il MES per finalità di manutenzione preventiva e predittiva, oltre che per il controllo del processo produttivo.

⁹⁵ L'integrazione con Qlik (software di Business Intelligence) può essere sfruttata per l'analisi dei dati ricavati dal MES tramite l'utilizzo di strumenti statistici e grafici.

In un periodo successivo allo Sprint 3 sarà collegata con il MES anche la nuova linea completamente automatica per la produzione di circolatori di nuova generazione, da cui il nome New Generation.



Figura 4.14 – Oti Presse Lever Drive

La scelta di interfacciare prima la pressa Oti e successivamente la linea NG deriva dal fatto che la prima è una macchina semiautomatica abbastanza semplice, utilizzabile come “pilota” per comprendere quali sono i dati importanti da raccogliere tramite MES, la seconda invece è una linea completamente automatica molto complessa e per questo può convenire utilizzare la conoscenza acquisita dalla pressa Oti. È importante definire chiaramente quali sono le informazioni necessarie e come gestire i dati prima di cimentarsi nella connessione di PLC e SCADA. Questo aspetto diventa fondamentale considerando inoltre che per la linea NG si prevede una gestione e controllo totale dei processi, dalla produzione alla manutenzione, tramite il sistema MES.

Il collegamento di questi due sistemi complessi consente di completare i casi studio principali dell'introduzione di un sistema MES: una linea completamente manuale, una macchina semiautomatica e una linea automatica.

4.5 Analisi Costi e Benefici

Lo scopo di questo paragrafo è quello di evidenziare l'impatto delle diverse voci di costo del progetto rispetto all'investimento totale⁹⁶, oltre a focalizzare l'attenzione sui benefici che ha apportato e che apporterà l'introduzione del Manufacturing Execution System.

4.5.1 Costi

È importante sottolineare che l'impatto delle diverse delle voci di costo sull'investimento totale è una conseguenza diretta della strategia adottata dall'azienda nella fase di pianificazione e successiva implementazione del progetto analizzato.

L'upgrade aziendale al modello di Industria 4.0 può incidere in modo significativo sul bilancio, in particolar modo per un'impresa operante nel settore manifatturiero, dal momento in cui digitalizzare gli impianti produttivi è un fattore necessario ma non sufficiente. È possibile effettuare la digitalizzazione degli impianti sia acquistando nuovi macchinari 4.0 digitalizzati e connessi in rete, sia acquistando o realizzando software su misura per rendere in intelligenti i macchinari già esistenti e disponibili in azienda. Ovviamente rinnovare completamente il parco macchine è un'ipotesi molto più costosa rispetto all'applicazione di tecnologie e software digitali al sistema già utilizzato. Ad esempio, nel caso si voglia introdurre un sistema MES in un a linea completamente automatica e già informatizzata non sarà necessario l'acquisto di nuovi macchinari, mentre nel caso di una linea manuale datata e con macchinari non interfacciabili con i nuovi software potrebbe rendersi necessaria una spesa cospicua a livello di attrezzatura hardware.

Per questo motivo, le due voci di costo rispettivamente "hardware" e "licenze software" non impatteranno sempre allo stesso modo nelle diverse aziende che decidono di intraprendere il percorso di digitalizzazione ma, come anticipato, dipenderanno soprattutto dalla scelta di implementazione delle tecnologie abilitanti

⁹⁶ L'analisi dei costi è stata limitata alla sola linea pilota allo stato attuale di implementazione.

ed anche dalla struttura della linea produttiva su cui verranno implementate delle nuove logiche di gestione come il MES.

Le macro categorie di voci di costo individuate sono quattro e a loro volta sono composte da voci di costo più specifiche:

1. Consulenza
 - a. Consulenza di Engineering
 - b. Integrazione delle macchine di collaudo
 - c. Integrazione dell'ERP
 - d. Integrazione del PLM
 - e. Personalizzazioni speciali
2. Licenze Software
 - a. Software MES
 - b. Software SQL
3. Team interni
 - a. Team di Sviluppo
 - b. Team del dipartimento Logistica
 - c. Team del dipartimento IT
 - d. Team del dipartimento R&D
 - e. Team del dipartimento Marketing
4. Hardware
 - a. Hardware di linea
 - b. Cablaggio
 - c. Costo di esercizio

Dal grafico di figura 4.20 si può vedere l'incidenza delle macro categorie sull'investimento totale per la linea pilota suddivise per colori. Si può notare come i costi di consulenza (in blu) e di acquisto del software (in giallo) siano i più impattanti (rispettivamente 39% e 26%) ed insieme compongano il 65% del costo totale.

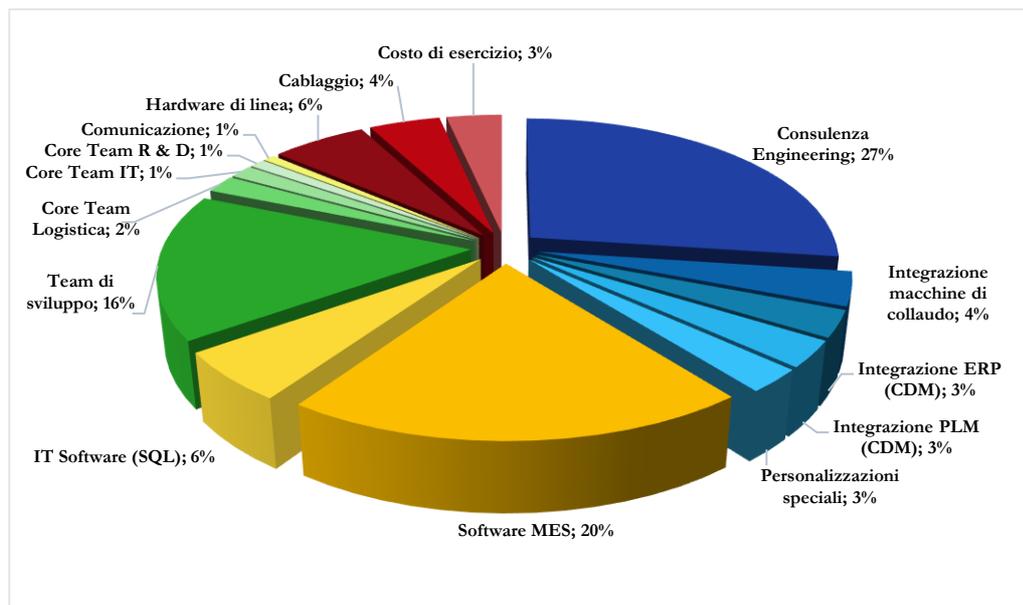


Figura 4.15 – Grafico a torta rappresentante le voci di costo per l'implementazione del MES nella linea pilota.

La consulenza di Engineering risulta la più impattante di tutte le voci presenti in quanto comprende al suo interno tutte le attività di supporto per lo sviluppo e la configurazione del sistema implementato nella linea pilota, che hanno richiesto massicci interventi. La collaborazione con una società esterna di consulenza è stata fondamentale sia in fase di analisi iniziale, sia in fase di implementazione e test. Nella fase di roll-out sulle altre linee e negli altri stabilimenti, invece, la voce di costo riguardante la parte consulenziale andrà ad impattare sempre meno poiché il team interno dedicato al progetto avrà acquisito man mano sempre più conoscenze specifiche. Anche i costi di integrazione tra ERP e PLM sono da sostenere solo in fase di avvio (escluse alcune condizioni particolari o successive modifiche), mentre le spese per l'integrazione delle macchine di collaudo e le personalizzazioni speciali rimarranno necessarie anche nel momento in cui verranno digitalizzate altre aree in quanto possono variare notevolmente tra le diverse linee in cui verrà implementato il MES.

Infine, tutti gli altri costi, come ad esempio quelli delle licenze software, dei team di sviluppo e quelli riguardanti l'integrazione hardware, rimarranno verosimilmente proporzionali anche nelle successive implementazioni. Questo è dovuto al fatto che le altre linee dello stabilimento di Mestrino e degli altri stabilimenti di proprietà dell'azienda in esame presentano molta diversità dal punto di vista delle attrezzature e macchinari di produzione.

4.5.2 Benefici

Molti dei benefici raggiungibili grazie all'introduzione del MES non sono attualmente quantificabili in modo preciso in quanto sarebbe necessaria una valutazione di medio-lungo termine a posteriori.

È possibile però stimare molti dei benefici più significativi, alcuni dei quali sono i seguenti:

- La diminuzione del lead time di produzione da 20 giorni a 5 giorni. Questa riduzione è stimata sulla base del miglioramento del flusso di comunicazione tra reparto di schedulazione e produzione, che ora verrà gestito dal MES. Inoltre l'introduzione di un software di schedulazione permetterà di ridurre il numero di setup della linea e consentirà di schedulare la produzione sulla base delle giacenze reali a magazzino.
- L'aumento dell'efficienza della linea di assemblaggio dall'80% al 90%. Il miglioramento sarà possibile grazie alla riduzione dei MUDA⁹⁷, in particolare grazie alle seguenti migliorie:
 - La riduzione dei difetti, raggiungibile grazie all'analisi di dati che sarà possibile effettuare sui prodotti non conformi.
 - La riduzione delle attese per la disponibilità di materiale per la produzione grazie alla verifica preventiva delle giacenze effettuata dal software di schedulazione, oltre alla maggiore visibilità data dagli strumenti implementati, come l'andon board che permette di verificare lo stato di avanzamento dell'ordine attuale.
 - La riduzione degli errori umani grazie all'automazione di alcune procedure come il setup dei collaudi e la stampa delle etichette.
 - La visualizzazione da parte degli operatori di istruzioni sempre coerenti con il prodotto processato in fase di assemblaggio.

⁹⁷ Muda è un termine giapponese che identifica attività inutili o che non aggiungono valore o improduttive. Fa parte dei concetti lean alla base del Toyota Production System.

- La riduzione del numero di setup grazie ad una schedulazione più efficiente derivante da logiche implementate nel software di schedulazione.
- La riduzione del tempo di setup per le macchine di collaudo grazie all'automazione della procedura.
- La riduzione del flow time⁹⁸ da 4 mesi a 3 mesi dovuta ad un miglioramento dell'efficienza della linea e alla maggior puntualità nel reperimento del materiale necessario alla produzione.
- L'aumento delle spedizioni dirette dal 50% al 60%.

Altri importanti benefici per i quali non vi è ancora una stima sono:

- L'eliminazione totale della carta presente in linea con l'introduzione di istruzioni e ordini di produzione in formato digitale consultabili direttamente su tablet.
- La tracciabilità completa del prodotto finito e dei consumi grazie al continuo immagazzinamento di informazioni di avanzamento di produzione che permettono di misurare la produttività delle risorse mediante il calcolo e l'analisi dei principali indicatori di efficienza.
- Un'importante riduzione della perdita di informazioni come quelle sui prodotti rilavorati o scartati che ora possono diventare una fonte di dati per analisi sul processo.
- La rilevazione della qualità durante le attività produttive che consente di reagire tempestivamente alle eventuali non conformità e permettere così di evitare la produzione di scarti e difettosità.
- La visibilità in real time grazie alle dashboard di controllo delle performance grazie alle quali si possono individuare immediatamente criticità nella produzione ed è possibile intervenire direttamente dall'ufficio incaricando gli addetti di eseguire azioni correttive mentre la produzione è ancora in corso.

⁹⁸ Flow time (che, tradotto dall'inglese, significa tempo di attraversamento), è un termine tecnico usato in gestione d'azienda per indicare il tempo impiegato da un pezzo (o da un lotto) per completare il proprio percorso all'interno di un sistema di produzione.

Come visto nel primo capitolo, in cui si è parlato in generale di Industria 4.0, molti dei benefici derivanti dall'introduzione di un Manufacturing Execution System sono percettibili solamente nel medio/lungo termine, anche grazie a successive calibrazioni e miglioramenti. Inoltre, è importante ricordare che in questa fase storica in cui tutti stanno “diventando digitali”, per un'azienda manifatturiera diventa fondamentale essere in grado di rimanere al passo e di riuscire a comunicare tempestivamente con fornitori, spedizionieri, clienti. Il MES è uno strumento che svolge un ruolo chiave nel raggiungimento di questi obiettivi.

Capitolo 5. Altri Progetti di Digitalizzazione

in DAB Pumps

In questo capitolo saranno trattati gli altri progetti di digitalizzazione sponsorizzati direttamente dal management, in particolar modo dall'amministratore delegato, che si impegna con costanza a portare avanti. Per ottenere il massimo impegno da parte del management vengono organizzate una volta al mese degli incontri di circa 4 ore in cui il comitato per la digitalizzazione (DAB Digital Committee) si riunisce e presenta i risultati raggiunti e gli obiettivi futuri dei diversi progetti di digitalizzazione.

Tra questi vi sono l'avvio di magazzini verticali per i ricambi, una piattaforma B2B (Business to Business), l'introduzione di un nuovo WMS per il magazzino prodotti finiti, l'introduzione di AGV e un sistema di tracking online⁹⁹ delle spedizioni a disposizione del cliente finale denominato "Where is my Pump".

Per lo sviluppo dei progetti ed il loro follow-up viene utilizzato il metodo di project management Agile Scrum che è stato approfondito in precedenza.

5.1 Magazzini Verticali

I magazzini verticali sono un progetto avviato per migliorare i lead time di consegna dei pezzi di ricambio sia per i clienti italiani che per i clienti esteri.

Il magazzino verticale è un magazzino automatico a struttura verticale a cassette che permette di sfruttare numerosi vantaggi rispetto ad un magazzino completamente manuale come una maggiore frequenza di prelievo, minor spazio occupato a terra per le operazioni di picking e l'integrazione con i sistemi informativi aziendali.

⁹⁹ Il tracking online (o tracciabilità di una spedizione) consiste nella possibilità di consultare i dati di transito della spedizione. Fornisce indicazioni circa lo stato della spedizione come la sua fase operativa (inserita, confermata, ritirata, inviata, in consegnata, consegnata, in giacenza).

La necessità è quella di ridurre i tempi di picking dovuti ad un magazzino completamente manuale e con locazioni non dedicate ai diversi codici che quindi creano confusione e rallentamenti nel processo di prelievo del materiale da parte dell'operatore. Il magazzino verticale, grazie all'automatismo di prelievo a cassette, permette all'operatore addetto al picking di prelevare in tempi molto rapidi, pari anche ad un terzo rispetto ai tempi necessari in un magazzino manuale, i componenti necessari al completamento dell'ordine. Il magazzino verticale è inoltre dotato di un sistema WMS interno che permette il completo interfacciamento all'ERP aziendale, il quale può comunicare automaticamente una lista di ordini di prelievo che l'operatore può selezionare dando l'avvio alle operazioni di picking. Dopo aver selezionato l'ordine di prelievo il magazzino si avvia per estrarre in ordine i cassette su cui si trovano i pezzi da prelevare, l'operatore attende di fronte ad esso l'uscita del cassetto, senza dover compiere movimenti non necessari. All'uscita del cassetto l'operatore preleva il componente e dà conferma, a quel punto il magazzino riporta in posizione il cassetto ed estrae il successivo. Il magazzino automatico è dotato anche di un sistema pick to light¹⁰⁰ che, all'uscita del cassetto contenente più codici, permette di evidenziare il componente da prelevare consentendo all'operatore di riconoscerlo immediatamente e riducendo drasticamente così anche gli errori umani dovuti al prelievo a vista.

I magazzini sono stati posti in una posizione strategica vicino alle baie di carico per permettere di ridurre al minimo gli spostamenti tra l'area di imballaggio e l'area di spedizione.

Sono stati implementati due magazzini verticali nella sede di Mestrino (Figura 5.1) ed uno nello stabilimento produttivo di Bientina.

¹⁰⁰ Il sistema pick to light è un sistema utilizzato nelle attività di picking e smistamento che aiuta l'operatore a svolgere correttamente e velocemente le attività a lui destinate. Permette di individuare la locazione di prelievo mediante una segnalazione luminosa e riporta la quantità da prelevare utilizzando un display abbinato al vano di presa.



Figura 5.1 - I due magazzini verticali installati nello stabilimento di Mestrino

I prossimi step del progetto prevedono l'interfacciamento completo con l'ERP e l'avvio dei magazzini di Mestrino, successivamente quello di Bientina.

5.2 D2B

Il Business to Business (B2B) è un sistema che permette la comunicazione diretta di transazioni commerciali elettroniche tra due imprese, in particolare in questo caso si tratta di ordini che i clienti fanno a DAB, sia italiani che internazionali. DAB Pumps ha denominato questo sistema D2B (DAB to Business).

Quello che si vuole ottenere con questa innovazione è fornire maggiore visibilità al cliente ed offrirgli la possibilità di gestire gli ordini, verificare la disponibilità dei prodotti e soprattutto la possibilità di farlo in qualunque momento e da qualunque dispositivo: si vuole rendere il cliente parte integrante dell'azienda. Un altro obiettivo è quello di ridurre il carico di lavoro del dipartimento Internal Sales per poter limitare l'impiego di tempo a non valore aggiunto e poterlo reimpiegare in attività che invece portano valore aggiunto.

Nella Figura 5.2 si può vedere una schermata di Google Analytics¹⁰¹ che a sinistra mostra l'andamento degli accessi effettuati alla piattaforma negli ultimi trenta giorni, in centro una matrice che mostra gli orari più comuni di accesso mentre a destra una panoramica in tempo reale degli utenti attivi in quel momento sulla piattaforma con un dettaglio sulle pagine che stanno venendo visualizzate.

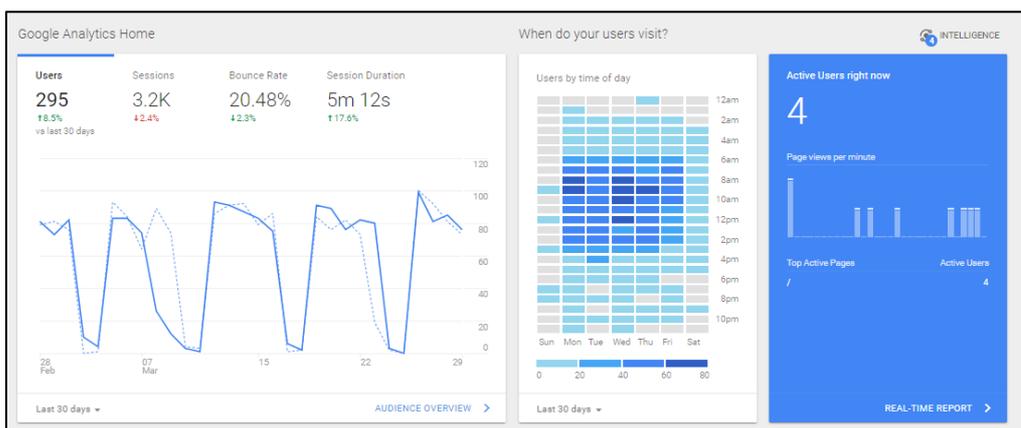


Figura 5.2 – Andamento degli accessi alla piattaforma D2B

Nel concreto il D2B una piattaforma web a cui il cliente può accedere ed avere visibilità su un insieme di magazzini della sua area in cui sono stoccati prodotti finiti di DAB in pronta consegna. Il cliente a questo punto può selezionare la merce di suo interesse, come nel caso di un e-commerce, e procedere all'invio dell'ordine che DAB riceve in tempo reale direttamente a gestionale. Questo grazie ad un interfacciamento tra la piattaforma D2B e l'ERP aziendale.

In questo momento la piattaforma è molto utilizzata in Russia e sta venendo ampliata anche ad altri paesi tra cui il Regno Unito, l'Olanda, gli Stati Uniti e il Sud Africa. In Figura 5.3 a sinistra è visibile un grafico sulla modalità di acquisizione

¹⁰¹ Google Analytics è un servizio di Web analytics gratuito di Google che consente di analizzare delle dettagliate statistiche sui visitatori di un sito web. Il sito si rivolge principalmente al marketing di internet e ai webmaster. L'approccio del servizio è quello di mostrare ad alto livello vari tipi di dashboard, in grado di soddisfare velocemente l'utente occasionale, ma anche report più approfonditi che rispondono alle esigenze degli utenti più esperti e dei responsabili di Marketing. Attraverso l'utilizzo di GA, è possibile individuare quali siano le pagine più visualizzate dai visitatori di un sito, la loro provenienza, per quanto tempo sono rimasti all'interno del sito e la loro posizione geografica.

degli utenti e a destra la provenienza geografica del traffico generato dai visitatori della piattaforma.

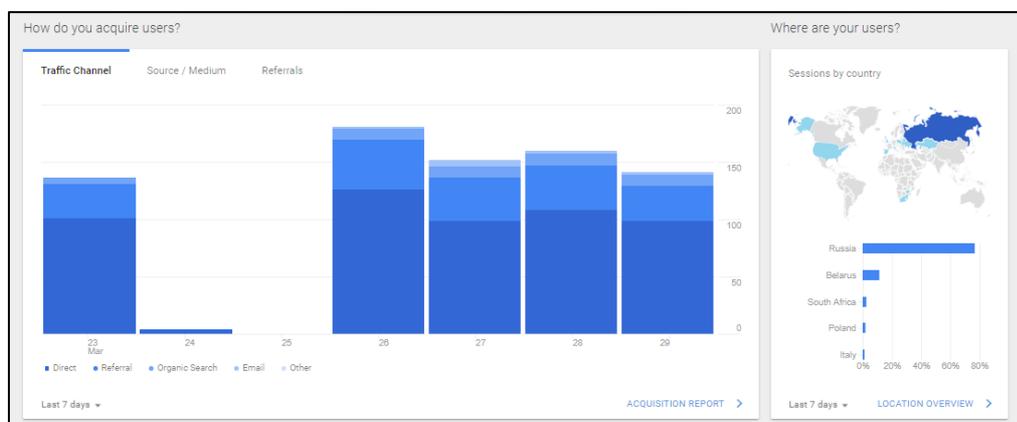


Figura 5.3 – Grafici sulla modalità di acquisizione degli utenti (sinistra) e sulla provenienza dei visitatori (destra)

Il D2B potrà inoltre essere sfruttato in ottica 4.0 grazie ai dati generati dai clienti che la utilizzano per diversi scopi di analisi come ad esempio l'andamento della domanda di un determinato prodotto per area geografica, non solo a livello di magazzino, ma anche a livello di ubicazione fisica del cliente, o l'interesse che può suscitare un nuovo prodotto appena rilasciato tramite l'analisi delle visualizzazioni della sua pagina e molto altro.

Per il futuro si stanno apportando miglioramenti continui anche grazie all'azienda che si occupa dello sviluppo della piattaforma. Alcuni di essi sono ad esempio: la possibilità da parte della filiale che si occupa di una determinata area di poter decidere autonomamente che prodotti mostrare o nascondere ad uno specifico cliente e la possibilità per i clienti di vedere a che punto si trova il proprio ordine.

5.3 Warehouse Management System

Il Warehouse Management System (WMS)¹⁰², in DAB Pumps è già presente sotto forma di modulo di estensione dell'ERP INFOR, ma si tratta di un sistema obsoleto che l'azienda sta cercando di sostituire con uno più recente e funzionale. Il progetto nasce anche per sopperire alla mancanza di un WMS prestante e integrabile con l'ERP nei nuovi magazzini verticali.

Il WMS si propone per risolvere alcuni problemi del magazzino spedizioni e anche di implementare nuove funzionalità che permettano di migliorare l'efficienza dello stesso come il tracciamento dei livelli di inventario e della locazione dei prodotti.

Le inefficienze del magazzino dipendono da diversi fattori tra cui ad esempio:

- L'impossibilità di visualizzare sul terminale del magazziniere la lista completa di prelievo che comporta delle difficoltà da parte di quest'ultimo nella scelta della rotta più efficiente.
- La mancanza di una mappatura dei posti a picking che costringe il magazziniere ad andare a memoria per trovare il codice da prelevare.
- La mancanza di una gestione informatizzata degli abbassamenti che obbliga a svolgere questo compito a vista.

Il magazzino prodotti finiti si trova a dover effettuare sia spedizioni di pallet interi, sia a dover effettuare picking per la creazione di un pallet misto. In questo caso le difficoltà che si riscontrano consistono sia nel trovare l'ubicazione del prodotto, sia nel decidere in che modo posizionarlo nel pallet in quanto, generalmente, deve posizionare i prodotti più pesanti sotto e quelli più leggeri sopra, ma vi possono essere prodotti con volumi importanti molto più leggeri di prodotti con volumi inferiori. Grazie ad informazioni gestite tramite WMS come la posizione, il peso e

¹⁰² Un sistema per la gestione del magazzino (in inglese Warehouse Management System - WMS) è una parte fondamentale del sistema di gestione dell'intera catena di distribuzione. Il suo obiettivo principale è quello di controllare i movimenti e il deposito di materiali nel magazzino e di processare le transizioni, inclusi spedizione, ricezione, riordino e raccolta. In generale, i WMS moderni sono in grado di dare un supporto fondamentale all'utente per ottimizzare l'utilizzo delle risorse all'interno del magazzino.

il volume del prodotto, sarà possibile guidare gli operatori nella creazione dei pallet dando loro indicazioni di priorità sulla merce da prendere a picking.

Un altro importante miglioramento che può essere introdotto con un nuovo sistema WMS è l'interfacciamento con i 3PL¹⁰³ che permette un aumento di efficienza sia nei tempi di evasione sia nel tracciamento delle spedizioni e nella diminuzione di possibili errori dovuti ad una comunicazione errata.

La scelta del nuovo WMS si sta svolgendo sia tramite degli incontri con dei fornitori sia visitando casi studio aziendali suggeriti da questi ultimi. In questa fase è molto difficile individuare casi studio simili a DAB Pumps e questo spinge i fornitori a mostrare aziende che si occupano di grande distribuzione e dotate di magazzini spesso automatici con trasloelevatori che non corrispondono ad un esempio pratico di come la tecnologia potrebbe essere applicata nel magazzino di DAB, ma piuttosto ad una dimostrazione di cosa la tecnologia è in grado di fare. Questo complica di molto il processo di selezione poiché non permette un'analisi oggettiva delle funzionalità che si vogliono andare sfruttare.

Per la selezione dei fornitori è stata utilizzata inoltre una matrice AHP¹⁰⁴ in cui sono state date delle valutazioni ad ogni possibile partner in base a dei KPI chiave scelti dall'azienda come il costo dell'implementazione della soluzione e i tempi necessari al suo completamento. Tramite questa matrice è stata possibile una prima scrematura dei possibili partner.

¹⁰³ 3PL (Third Party Logistic Service Provider) Fornitore di servizi logistici integrati. Si distingue dal fornitore di servizi semplice (o LSP, logistic service provider) perché offre un insieme integrato di attività, di solito contigue fra loro come ricevimento, magazzinaggio, preparazione ordini, confezionamento, trasporto e consegna finale. Un 3PL si avvale di solito di uno o più subfornitori (LSP) per le attività elementari (es. aziende di trasporto, cooperative di facchinaggio, ecc.) ma risponde direttamente al cliente del risultato complessivo anche per le attività svolte dai subfornitori.

¹⁰⁴ L'analytic hierarchy process (AHP) è una tecnica di supporto alle decisioni multicriterio, la metodologia consente di confrontare più alternative in relazione ad una pluralità di criteri, di tipo quantitativo o qualitativo, e ricavare una valutazione globale per ciascuna di esse.

I prossimi passi da affrontare saranno l'individuazione di un fornitore definitivo e l'implementazione del WMS nello stabilimento ungherese, che diventerà il pilota di questo progetto, per poi effettuare un roll-out nella sede di Mestrino.

5.4 Automated Guided Vehicles

DAB sta valutando la possibilità di introdurre degli Automated Guided Vehicles (AGV nella sede di Mestrino. Lo stato di avanzamento di questo progetto è ancora allo studio di fattibilità e dei benefici che può portare. Gli AGV sono delle navette a guida autonoma che permettono di trasportare unità di carico all'interno di uno stabilimento. Lo scopo di questi mezzi è quello di ottimizzare la logistica interna e ridurre i costi di trasporto pallet. La loro introduzione nello stabilimento produttivo di Mestrino è prevista per lo spostamento di UDC di prodotti finiti dalla linea di assemblaggio fino ad una baia di carico del magazzino prodotti finiti.

Allo stato attuale il progetto è “on hold” perché è stata data priorità a progetti ritenuti più strategici ed impattanti. Il prossimo passo sarà comunque la selezione di un fornitore.

5.5 Where Is My Pump?

Where Is My Pump (WIMP, dov'è la mia pompa), è un servizio di tracciabilità delle spedizioni dirette offerto da DAB Pumps.

Tra i motivi che hanno spinto DAB Pumps a sviluppare il servizio WIMP vi è la crescente richiesta da parte dei clienti di avere visibilità sullo stato di spedizione della merce da loro richiesta. Questi ultimi molto spesso telefonavano direttamente in azienda per ottenere informazioni riguardanti lo stato della propria spedizione, ovvero a porre la domanda “dov'è la mia pompa?”. La conseguenza principale di questo passaggio era che il dipartimento logistica veniva costantemente sommerso di richieste di tracciabilità della spedizione che costringevano il personale a contattare lo spedizioniere per ottenere informazioni per poi poterle comunicare al cliente che le aveva richieste.

Il nuovo sistema ha quindi lo scopo di ridurre drasticamente il tempo a non valore aggiunto del personale DAB per la ricerca delle spedizioni e soprattutto di fornire un servizio più puntuale e preciso al cliente per renderlo maggiormente coinvolto nell'esperienza di acquisto, garantendogli una maggior visibilità sulla stessa.

L'applicazione sviluppata, denominata Where is my Pump si basa su di una piattaforma web interfacciata attualmente con un 3PL di DAB che permette di recuperare tutte le informazioni della spedizione come: la data di spedizione, il luogo preciso in cui si trova (partita da magazzino DAB, HUB¹⁰⁵ del 3PL, consegnata), il contenuto stesso della spedizione con il dettaglio sui prodotti al suo interno e sul loro numero.

Vi sono, ad oggi, circa 50 utilizzatori settimanali della piattaforma. Generalmente è utilizzata da clienti con un'elevata frequenza d'acquisto diretto.

Anche nel caso di WIMP è possibile estrapolare, grazie a Google Analytics, dei dati relativi all'utilizzo del servizio di tracciabilità come ad esempio la posizione geografica approssimativa del cliente che vi accede, alla frequenza di utilizzo, all'interesse dimostrato nell'utilizzo di funzioni specifiche come la visualizzazione del contenuto della spedizione. Questo tipo di dati può essere utilizzato sia per svolgere analisi sulla clientela, sia per capire se l'applicazione viene sfruttata appieno o se è gradita. Ad esempio è possibile che non sia stata sufficientemente pubblicizzata una determinata funzionalità e che quindi non venga utilizzata, oppure è possibile risalire a carenze nella navigabilità dell'applicazione magari dovute ad una scarsa semplicità di utilizzo. Tutti questi feedback indiretti sono un valore aggiunto molto importante per poter continuare a migliorare il servizio offerto.

¹⁰⁵ HUB, letteralmente: mozzo della ruota. Si dice di un nodo logistico che è al centro di una rete Hub and spoke, cioè una rete i cui nodi sono collegati solo con l'hub, senza connessioni fra loro. Di solito è riferito ad un porto o aeroporto, ma si possono anche avere hub nel trasporto stradale o ferroviario. Per estensione, è spesso usato per indicare un grosso nodo merci, sul quale convergono (o dal quale si dipartono) molte linee di traffico.

La Figura 5.4 mostra un report prodotto settimanalmente sull'utilizzo della piattaforma "Where is my Pump". Si possono notare, sulla prima riga, due grafici riguardanti l'andamento della settimana precedente (a sinistra) e l'andamento della settimana corrente (a destra), sulla seconda riga sono visualizzate le località dalle quali avvengono le sessioni degli utenti (a sinistra) e la località dei nuovi utenti (a destra), nell'ultima riga un'analisi sui clienti che visitano più spesso la pagina effettuata tramite un'estrapolazione di dati da Google Analytics e il successivo incrocio tramite una tabella Pivot su Excel con i codici di riferimento dei Business Partner.

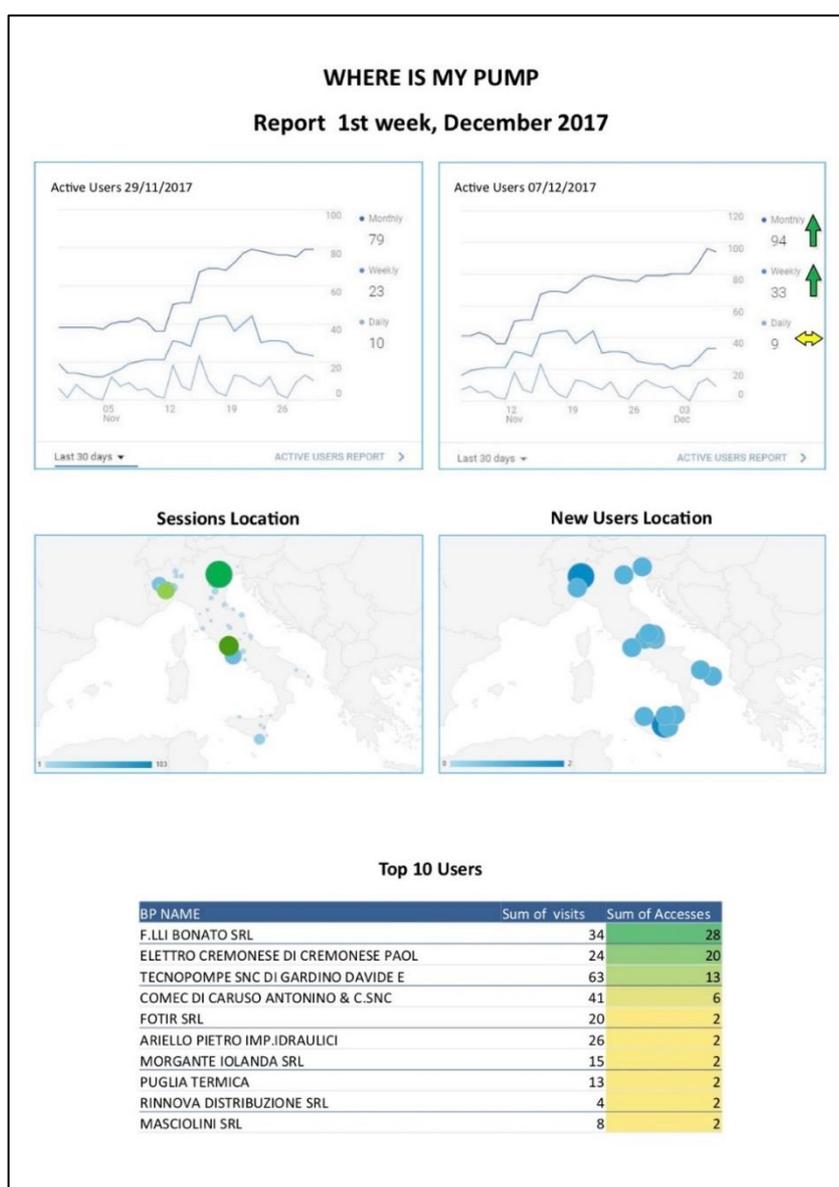


Figura 5.4 – Report settimanale sul progetto Where is my Pump

Per sponsorizzare il servizio ai clienti sono stati utilizzati diversi metodi, in alcuni casi l'agenzia di riferimento di quella zona, che veniva sempre informata per prima rispetto al cliente finale, faceva da tramite e contattava direttamente i suoi clienti per informarli dell'applicazione, in altri casi DAB si è occupata direttamente di informare questi ultimi tramite l'invio di email personalizzate al cliente. In ognuna di esse veniva indicato un indirizzo web specifico per quel cliente che gli permette di vedere tutte le spedizioni a lui indirizzate e i dettagli di queste ultime, senza necessità di registrarsi o di effettuare login di alcun tipo (Figura 5.5). I clienti sono stati quindi informati ad aree geografiche fino a coprire tutta l'Italia.

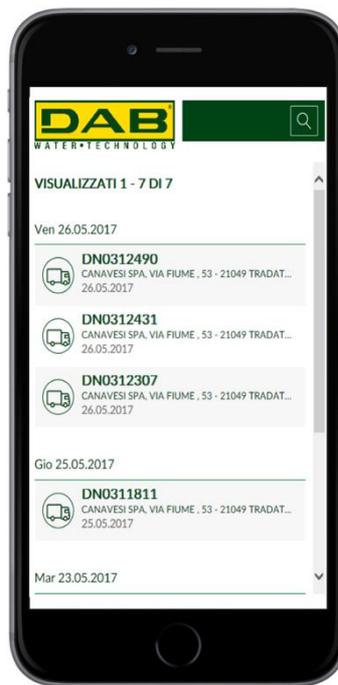


Figura 5.5 – Schermata WIMP su smartphone

È stata svolta un'indagine diretta tramite un questionario proposto telefonicamente ai clienti di tutta Italia per comprendere se stessero utilizzando il servizio, se fosse di loro gradimento e di facile utilizzo. È stato inoltre chiesto ai clienti di indicare se vi fossero delle funzionalità non ancora implementate ma che potessero tornare utili ai fini pratici. Da questo studio è emerso che gli utilizzatori del servizio ne sono molto soddisfatti, inoltre lo ritengono all'altezza dell'azienda e al passo con i tempi. I clienti che non lo utilizzano, invece, nella metà dei casi indica di non essere stato

raggiunto dall'informazione sull'esistenza del servizio mentre la restante metà non è interessata o perché ordina di rado direttamente a DAB o perché ordina tramite agenzia. Grazie a questa analisi è stato possibile ricavare informazioni utili al miglioramento del metodo di comunicazione e all'arricchimento delle funzionalità dell'applicazione stessa.

I prossimi passi di questo progetto saranno la collaborazione con un altro 3PL di DAB che permetterà una copertura più ampia di spedizioni da parte della piattaforma di tracking e, al contempo, l'introduzione del servizio in Polonia, dove è già stato avviato per i primi clienti più importanti.

5.6 D-Connect

Il D-Connect è un'applicazione mobile studiata per rendere più efficace e pratico il lavoro di installatori e manutentori (Figura 5.6). Quest'applicazione serve per la verifica dello stato di funzionamento dei sistemi senza necessariamente trovarsi nel luogo dov'è stata effettuata l'installazione. Può essere utilizzata anche dal cliente finale e permette di ricevere notifiche immediate in caso di malfunzionamenti, aggiornamento dei software dei prodotti, assistenza preventiva e informazioni per ottimizzare l'impianto.

L'applicazione è compatibile con un'ampia gamma di prodotti DAB, dai sistemi di pressurizzazione integrati ai circolatori Evoplus.

Le funzioni principali del D-Connect sono le seguenti:

- La visualizzazione di un Pannello Stato con le informazioni principali sul prodotto installato.
- La presenza di un Pannello Configurazione che permette il controllo e la modifica dei vari setpoint del prodotto.
- Una sezione Allarmi e Avvisi che permette di ricevere notifiche tempestive sull'andamento del prodotto o su malfunzionamenti.
- Un pannello di schedulazione che permette di schedulare le attività inerenti all'impianto.

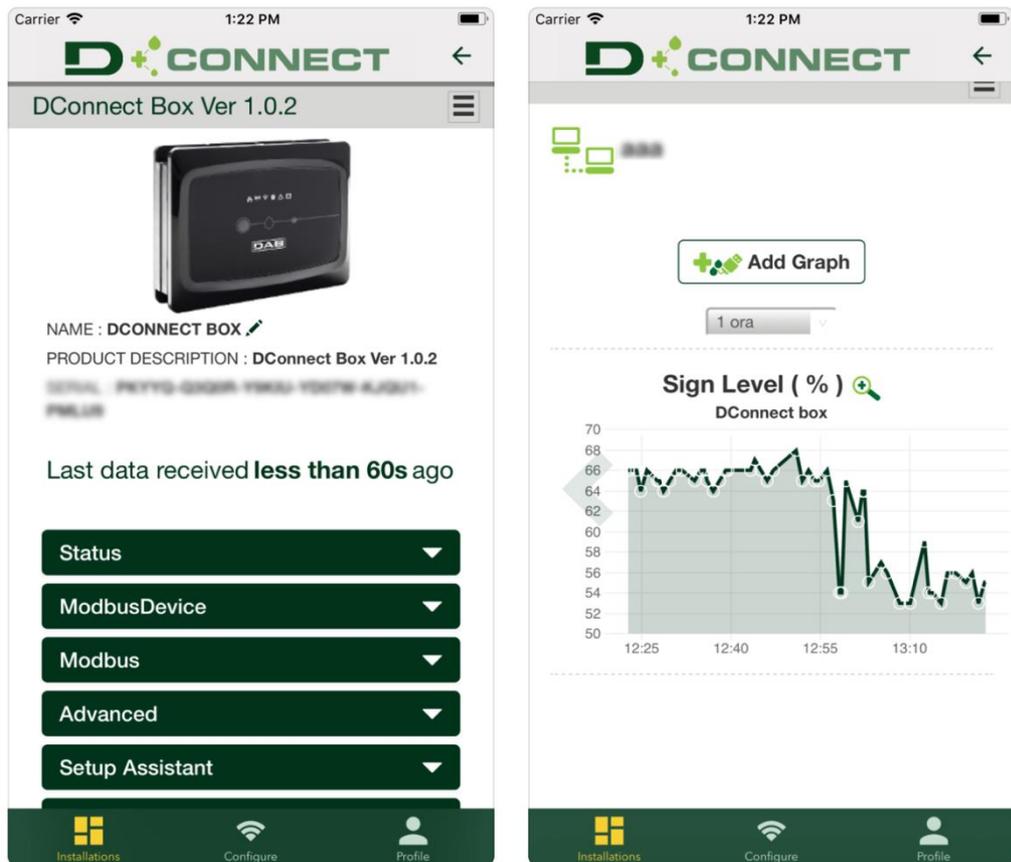


Figura 5.6 – Schermate dell'app D-Connect ¹⁰⁶

¹⁰⁶ <https://itunes.apple.com/us/app/dconnect-dab/id1353979229?mt=8>

Conclusioni

Questa tesi ha avuto lo scopo di presentare l'introduzione di un Manufacturing Execution System in un'azienda manifatturiera e come questo aspetto faccia parte di un processo di cambiamento verso una digitalizzazione aziendale. Si è cercato di evidenziare quali sono stati i cambiamenti introdotti, per dare risalto a come questi influenzino la normale gestione dei processi, e quali sono i benefici che si possono raggiungere oltre alle sfide che è necessario affrontare.

L'azienda DAB Pumps S.p.A. ha una strategia chiara per il proprio sviluppo e sa che per poter continuare a competere in uno scenario tecnologico in continua evoluzione è necessario cavalcare l'enorme onda di Industria 4.0 e non farsi invece travolgere da essa. Le sfide che un'azienda è chiamata ad affrontare in una fase di digitalizzazione aziendale sono importanti e per superarle è necessario avere una strategia consolidata fin dal principio. L'identificazione di aree chiave di miglioramento, come ad esempio la flessibilità, la velocità, la produttività, la qualità e la successiva comprensione di come le tecnologie abilitanti possano portare a dei miglioramenti in queste aree, è il primo passo da affrontare per coprire i gap tecnologici rilevati durante la prima necessaria fase iniziale di analisi della situazione di partenza. È importante non rimanere bloccati in un approccio lineare nel quale viene sviluppata e digitalizzata solamente un'area alla volta, comportando dei ritardi tecnologici nelle altre aree che inibiscono notevolmente i benefici dovrebbero derivare da una connessione tra più aree. Conviene dunque prendersi carico sinergicamente di piccole-grandi innovazioni fondamentali da implementare nelle diverse aree che possono essere abilitate introducendo una combinazione di nuove tecnologie, in modo da trarre il massimo beneficio dalla digitalizzazione con il minor sforzo e nel minor tempo possibile.

Uno dei benefici principali dell'introduzione di un Manufacturing Execution System consiste nel rendere disponibili strumenti in grado di migliorare il modo di lavorare e di aumentare la qualità delle decisioni prese basandosi su dati più coerenti e precisi a supporto delle stesse. Per raggiungere questo obiettivo, in riferimento al caso studio presentato nel corso dell'elaborato, sono state affrontate delle fasi di

analisi e test sulla linea pilota. Queste fasi hanno permesso di determinare quali fossero le informazioni di cui necessitano le diverse figure aziendali coinvolte nel processo decisionale garantendo loro l'attendibilità dei dati ricavati grazie all'utilizzo di nuove tecnologie e la connessione in rete di alcune parti degli impianti produttivi.

Lo studio ha permesso di evidenziare l'importanza della centralità del lavoratore rispetto al sistema produttivo, infatti, egli è il componente più flessibile di tutta la struttura cyber-fisica. Il ruolo del lavoratore nella fabbrica contemporanea sta virando verso una figura sempre più dinamica, che si occupa della gestione dei macchinari, della progettazione dei prodotti e della risoluzione dei problemi che questi possono avere, rispetto ad una situazione precedente in cui gli operatori erano responsabili di sole attività statiche e ripetitive. Le competenze che vengono richieste con l'introduzione di nuovi sistemi tecnologici non sono da sottovalutare per quanto possano sembrare banali, poiché il cambiamento delle conoscenze ed abilità richieste sta alzando l'asticella della selezione del personale e dunque della qualità del lavoratore all'interno delle aziende.

Il nuovo approccio delle aziende verso l'Industria 4.0 è una rivoluzione a tutti gli effetti per questo il management deve svolgere un ruolo chiave di orchestratore del cambiamento, garantendo lo sviluppo di una nuova cultura aziendale.

La digitalizzazione non è un processo automatico per il quale è sufficiente l'introduzione di un nuovo software o di un nuovo dispositivo per definirsi completo, spesso, il fattore più complesso da gestire è il cambiamento della cultura delle persone, risorse direttamente coinvolte in questo percorso di trasformazione aziendale. Inoltre, nel caso studio presentato, si è fatto riferimento a come le resistenze interne abbiano imposto dei ritmi di lavoro diversi e, in alcuni casi, portato alla modifica totale di alcune funzionalità che erano state previste in fase di pianificazione del progetto. Per riuscire a raggiungere gli obiettivi, è fondamentale una comunicazione trasparente di come si vogliono sfruttare le nuove tecnologie e di come queste effettivamente andranno ad impattare sul lavoro delle persone coinvolte.

Grazie all'implementazione di nuove tecnologie proprie dell'Industria 4.0, DAB Pumps vuole cogliere le opportunità di miglioramento e crescita ponendo sempre al centro delle proprie decisioni il cliente finale. Per questo motivo il Manufacturing Execution System è stato progettato anche per offrire un maggior servizio al cliente in termini di affidabilità e qualità. Gli investimenti sostenuti saranno ripagati con un aumento della fiducia da parte del cliente, fattore sempre più importante nel mercato moderno.

Oltre all'introduzione di un Manufacturing Execution System, DAB Pumps ha in programma altri progetti di digitalizzazione aziendale che intende portare avanti il più possibile in contemporanea tra loro, come ad esempio l'introduzione di un nuovo WMS, lo sviluppo di una piattaforma per il tracking delle spedizioni dirette e l'introduzione di magazzini verticali. Questi progetti porteranno, oltre a fornire un più completo servizio al cliente, anche ad avere informazioni quantificabili e puntuali su diversi aspetti che non erano precedentemente monitorati, garantendo così un maggior controllo su di essi e la possibilità di intervenire tempestivamente.

In conclusione, nell'intraprendere un percorso di digitalizzazione l'azienda ha la possibilità di guadagnare notevole efficienza e agilità che può sfruttare per diventare sempre più competitiva nel mercato e crescere. Il management deve saper guidare il cambiamento avendo una strategia chiara e consolidata focalizzandosi sugli obiettivi aziendali, sul cliente finale e sull'intero organico, dimostrando inoltre di avere il coraggio di intraprendere un percorso che sicuramente porterà a notevoli vantaggi anche nel lungo termine, senza farsi scoraggiare dal fatto che si tratta un processo complesso e non privo di ostacoli.

Bibliografia e Sitografia

- Arntz M., Gregory T., Zierahn U., 2017, *Revisiting the risk of automation*, Elsevier
- Bahrin M., Othman M., Nor N., Azli M., *Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic*, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), eISSN 2016, pp 137-143
- Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., 2017, *La Fabbrica Connessa La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, Guerini e Associati
- D'antonio G., Bedolla J., Chiabert P., 2017, *A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach*, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, Modena, Italy
- Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D., 2014, *Human-machine-interaction in the industry 4.0 era*, Industrial Informatics (INDIN), 2014 12th IEEE International Conference, 2014, pp. 289-294
- Hu H., Wen Y., Chua T., Li X., 2014, *Toward Scalable Systems for Big Data Analytics: A Technology Tutorial*, IEEE Xplore Digital Library, Vol. 2, pp. 652-687
- Lee J, Bagheri B, Kao HA. *A cyber-physical systems architecture for Industry4.0-based manufacturing systems*. Manuf Lett 2015; pp. 18-23
- Meyer H., Fuchs F., Thiesl K., *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal design, planning, and deployment*, first ed., McGraw-Hill Professional, New York, 2009
- Pereira T., Barreto L., Amaral A., 2017, *Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm*, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017,28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain

- Qin J., Liu Y., Grosvenor R., 2016, *A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, *Procedia CIRP* 52, pp. 173-178
- Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, Aprile 2015, pp.1-14
- Schwaber K., 2004, *Agile Project Management with Scrum*, Microsoft, pp. 22-38
- Urbina Coronado P. D., 2018, *Part data integration in the Shop Floor Digital Twin: Mobile and cloud technologies to enable a manufacturing execution system*. *J Manuf Syst*
- Vaidya S., Ambad P., Bhosle S., 2018, *2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering*, *Procedia Manufacturing* 20, pp. 233-238
- Witkowski K., 2017, *Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management*, 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, *Procedia Engineering*, pp. 763-769
- Wu D., Terpenney J., Gentsch W., 2015, *Cloud-Based Design, Engineering Analysis, and Manufacturing: A Cost-Benefit Analysis*, *Procedia Manufacturing*, Vol. 1, pp 64-76
- <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>, *Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0*, data di consultazione 01/2018
- <http://www.europarl.europa.eu/>, *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*, data ultimo aggiornamento 09/2015
- <https://www.logisticaefficiente.it/>, data di consultazione 01/2018
- <https://www.idc.com/home.jsp>, data di consultazione 04/2018
- <http://www.assolombarda.it/centro-studi/automazione-come-cambia-il-lavoro-qual-impatto-su-crescita-e-produttivita>, data di consultazione 03/2018
- https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx, data ultimo aggiornamento 04/2015

<https://www.bcg.com/publications/2016/lean-manufacturing-technology-digital-sprinting-to-value-industry-40.aspx>, *Sprinting to Value in Industry 4.0*, data ultimo aggiornamento 12/2016

<https://www.bigdata4innovation.it/big-data/big-data-analytics-data-science-e-data-scientist-soluzioni-e-skill-della-data-driven-economy/>, *Big Data: Cosa sono, come utilizzarli, soluzioni ed esempi applicativi*, data ultimo aggiornamento 11/2017

<http://www.selltek.it/stampa-3d-industria-4-0/>, *La stampa 3D professionale per l'industria 4.0*, data ultimo aggiornamento 06/2016

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42209117>, data ultimo aggiornamento 01/2017

<https://www.agendadigitale.eu/>, data di consultazione 04/2018

<https://www.asi.it/it/news/portable-board-printer-esperimento-riuscito>, *Stampante 3D: esperimento riuscito*, data ultimo aggiornamento 02/2016

<https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality>, data di consultazione 01/2018

<http://www.thenextfactory.it/2017/06/piu-flessibili-virtual-commissioning/>, *Più flessibili con il Virtual Commissioning*, data di consultazione 04/2018

https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0, data di consultazione 12/2017

<https://view.joomag.com/the-next-factory-settembre-ottobre-2017/0362119001501662106?short>, *Next Factory: Industria 4.0 e tecnologie innovative*, data ultimo aggiornamento 10/2017

<https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/analyst/2016-state-ics-security-survey-37067>, data di consultazione 03/2018

<https://eidonlab.org/integrazione-orizzontale-verticale/>, *Integrazione Orizzontale/Verticale: Tecnologia Abilitante Industria 4.0*, data ultimo aggiornamento 06/2017

<https://www.it-adp.com/ricerche-ed-eventi/studi-e-ricerche-hr/ricerca-adp-ambrosetti-automazione-digitalizzazione-lavoro>, *Come le nuove tecnologie trasformano il modo di lavorare in azienda?*, data di consultazione 04/2018

<https://clusit.it/rapporto-clusit/>, *Rapporto Clusit 2018*, data di consultazione 05/2018

<https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights>, *The Internet of Things: Sizing up the opportunity*, data di consultazione 04/2018

<http://img.musvc2.net/static/83215/documenti/10/ListDocuments/Sirmi%20-%20II%20mercato%20Cloud%20Computing.pdf>, *Il mercato Cloud Computing in Italia*, data ultimo aggiornamento 11/2016

<http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>, *Piano nazionale Impresa 4.0*, data ultimo aggiornamento 02/2018

<https://www.dabpumps.com/>, data di consultazione 03/2018

<https://itunes.apple.com/us/app/dconnect-dab/id1353979229?mt=8>, data di consultazione 04/2018

<http://www.sviluppoleadership.com/leadership/leadership4-0-quarta-rivoluzione-industriale/>, *Leadership 4.0: come gestire la Quarta Rivoluzione Industriale*, data ultimo aggiornamento 11/2017